



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0019592

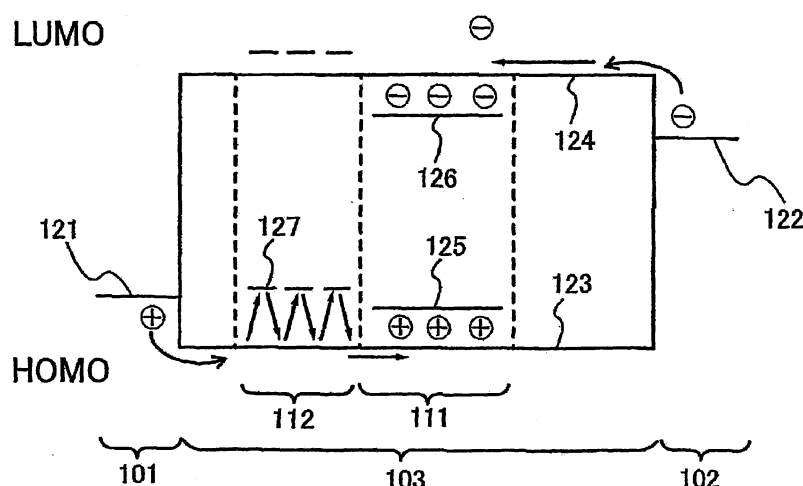
(51)⁷ H01L 51/50

(13) B

(21) 1-2010-03387 (22) 07.05.2009
(86) PCT/JP2009/058959 07.05.2009 (87) WO2009/145062 03.12.2009
(30) 2008-130215 16.05.2008 JP
2008-198721 31.07.2008 JP
(45) 27.08.2018 365 (43) 27.06.2011 279
(73) Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd. (JP)
398, Hase, Atsugi-shi, Kanagawa, 2430036 JAPAN
(72) SEO, Satoshi (JP), OHSAWA, Nobuharu (JP)
(74) Công ty TNHH T&T INVENMARK Sở hữu trí tuệ Quốc tế (T&T INVENMARK CO., LTD.)

(54) LINH KIỆN PHÁT SÁNG, THIẾT BỊ CHIẾU SÁNG VÀ THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ ỨNG DỤNG LINH KIỆN PHÁT SÁNG NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến linh kiện phát sáng có trạng thái cân bằng hạt tải tốt và phương pháp sản xuất linh kiện phát sáng này mà không cần tạo thành cấu trúc không đồng nhất. Linh kiện phát sáng theo sáng chế bao gồm lớp màng hợp chất hữu cơ chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất làm thành phần chính (chất nền) giữa anốt và catôt, trong đó lớp màng hợp chất hữu cơ này được tiếp xúc với anốt và với catôt. Lớp màng chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất còn bao gồm vùng phát sáng trong đó có bổ sung chất phát sáng và vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống và/hoặc vùng vận chuyển electron trong đó có bổ sung chất bẫy electron. Vùng vận chuyển lỗ trống nằm giữa vùng phát sáng và anốt, và vùng vận chuyển electron nằm giữa vùng phát sáng và catôt. Sáng chế cũng bao gồm thiết bị chiếu sáng và thiết bị điện tử sử dụng linh kiện phát sáng này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến linh kiện phát sáng sử dụng hiện tượng điện phát quang. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến thiết bị chiếu sáng và thiết bị điện tử chứa linh kiện phát sáng này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, việc nghiên cứu và phát triển các linh kiện phát sáng sử dụng hiện tượng điện phát quang (EL: electroluminescence) đã được thực hiện một cách rộng rãi. Trong cấu trúc của linh kiện phát sáng này, chất phát sáng được đưa vào giữa hai điện cực. Khi đặt điện áp vào linh kiện này có thể thu được sự phát sáng từ chất phát sáng.

Vì loại linh kiện phát sáng này là loại tự phát sáng nên nó có ưu điểm so với màn hình tinh thể lỏng ở chỗ độ khả kiến của điểm ảnh là cao và không cần đèn chiếu nền. Do đó, linh kiện phát sáng được cho là thích hợp để làm bộ phận hiển thị dạng panen phẳng. Hơn nữa, linh kiện phát sáng này còn có ưu điểm ở chỗ linh kiện này có thể được chế tạo ở dạng mỏng và nhẹ và có tốc độ đáp ứng rất cao.

Ngoài ra, vì loại linh kiện phát sáng này có thể được chế tạo ở dạng màng mỏng nên có thể dễ dàng thu được sự phát sáng bề mặt. Đặc điểm này là rất khó đạt được với các nguồn sáng điểm như đèn dây tóc và LED hoặc với các nguồn sáng tuyến tính như đèn huỳnh quang. Do đó, các linh kiện phát sáng này còn có giá trị sử dụng cao như nguồn sáng bề mặt để có thể được dùng cho các thiết bị chiếu sáng hoặc các thiết bị tương tự.

Linh kiện phát sáng sử dụng hiện tượng điện phát quang được phân loại chung dựa trên việc chúng sử dụng hợp chất hữu cơ hay hợp chất vô cơ làm chất phát sáng.

Nếu hợp chất hữu cơ được dùng làm chất phát sáng, khi đặt điện áp vào linh kiện phát sáng, các electron và các lỗ trống được phun vào lớp chứa hợp chất hữu cơ phát sáng từ cặp điện cực, nhờ đó dòng điện chạy qua. Sau đó, các hạt tải (tức là các electron và các lỗ trống) kết hợp lại để đưa hợp chất hữu cơ phát sáng vào trạng thái kích thích. Hợp chất hữu cơ phát sáng này trở về trạng thái cơ bản từ trạng thái kích thích, nhờ đó phát ra ánh sáng. Linh kiện phát sáng sử dụng hợp chất hữu cơ phát sáng này thường được gọi là linh kiện EL hữu cơ.

Lưu ý là trạng thái kích thích của hợp chất hữu cơ có thể có hai loại: trạng thái kích thích bội đơn và trạng thái kích thích bội ba, và sự phát sáng từ trạng thái kích thích bội đơn được gọi là sự phát huỳnh quang, và sự phát sáng từ trạng thái kích thích bội ba được gọi là sự phát lân quang.

Việc đề xuất cấu trúc không đồng nhất trong đó các lớp hợp chất hữu cơ khác nhau được xếp chồng lên nhau đã mang lại sự phát triển đáng kể cho các linh kiện phát sáng này (xem Tư liệu không phải patent 1). Điều này là do việc sử dụng cấu trúc không đồng nhất làm tăng hiệu quả kết hợp lại hạt tải và do đó cải thiện hiệu quả phát sáng. Sau đó, cấu trúc không đồng nhất kép trong đó lớp phát sáng được tạo thành giữa lớp vận chuyển lỗ trống và lớp vận chuyển electron đã được đề xuất (xem Tư liệu không phải patent 2). Cấu trúc linh kiện dựa trên cấu trúc không đồng nhất kép hiện nay là xu thế chủ đạo.

Hơn nữa, bằng cách tăng số lớp được xếp chồng, gần đây thời hạn sử dụng của linh kiện đã được cải thiện. Ví dụ, trong Tư liệu patent 1, thời hạn sử dụng được tăng lên bằng cách tạo thêm một lớp ngoài lớp vận chuyển electron để làm giảm sự vận chuyển các electron.

Tư liệu patent 1: Công bố đơn patent Nhật số 2006-66890.

Tư liệu không phải patent 1: C. W. Tang and S. A. Vanslyke, *Applied Physics Letters*, Vol. 51, No. 12, 913-915, 1987.

Tư liệu không phải patent 2 : C. Adachi, et al., *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 27, L269-L271, 1988.

Theo nguyên lý phát xạ của các linh kiện EL hữu cơ, sự tăng hiệu quả kết hợp lại hạt tải sẽ cho phép cải thiện hiệu quả phát xạ. Ngoài ra, do sự thay đổi trạng thái cân bằng của sự kết hợp lại (trạng thái cân bằng hạt tải) theo thời gian dẫn đến sự thay đổi hiệu suất phát xạ theo thời gian nên việc ngăn chặn sự thay đổi trạng thái cân bằng hạt tải theo thời gian sẽ dẫn đến làm gia tăng thời hạn sử dụng.

Lý do cần có cấu trúc không đồng nhất như được mô tả trong phần Tình trạng kỹ thuật của sáng chế là ở chỗ, với một hợp chất thì rất khó chế tạo linh kiện phát sáng có hiệu quả kết hợp lại hạt tải cao (tức là, trạng thái cân bằng hạt tải tốt giữa sự vận chuyển các lỗ trống và sự vận chuyển các electron) hoặc có trạng thái cân bằng hạt tải không dễ thay đổi theo thời gian. Do đó, bằng cách tạo ra cấu trúc không đồng nhất, cả hiệu suất phát xạ và thời hạn sử dụng đã được cải thiện.

Tuy nhiên, tính phức tạp của cấu trúc không đồng nhất làm cho quy trình chế tạo linh kiện phức tạp và ảnh hưởng bất lợi đến chi phí và năng suất sản xuất. Ví dụ, để chế tạo linh kiện EL hữu cơ có cấu trúc đa lớp phức tạp bằng phương pháp bay hơi chân không, hợp chất cần đi qua một số khoang để tạo thành một số lượng lớn lớp, điều này làm tăng chi phí sản xuất (đặc biệt là chi phí cho thiết bị sản xuất). Ngoài ra, nếu chỉ một trong số các lớp bị hỏng thì toàn bộ linh kiện sẽ bị hỏng, điều này làm giảm đáng kể hiệu suất sản phẩm.

Như được mô tả ở trên, độ phức tạp của cấu trúc không đồng nhất có ảnh hưởng bất lợi đến chi phí và năng suất sản xuất, và theo đó là yếu tố chính làm cản trở việc ứng dụng trong thực tế của linh kiện EL hữu cơ hiện nay.

Ngoài ra, theo quan điểm phát triển vật liệu, định hướng phát triển là không rõ ràng vì số tổ hợp vật liệu có thể có trong cấu trúc không đồng nhất trở nên rất lớn. Ví dụ, ngay cả khi lớp vận chuyển electron có hiệu quả cao trong việc cải thiện năng suất và thời hạn sử dụng của linh kiện phát sáng có lớp phát ra ánh sáng màu đỏ được phát triển, lớp vận chuyển electron này vẫn thường có nhược điểm là làm giảm đáng kể thời hạn sử dụng khi áp dụng cho linh kiện

phát sáng có lớp phát sáng có màu phát ra không phải màu đỏ (ví dụ, linh kiện phát ra ánh sáng màu xanh).

Cụ thể, mặc dù có thể đảm bảo hiệu suất phát xạ nhất định bằng cách sử dụng cấu trúc không đồng nhất, nhưng thời hạn sử dụng có thể cải thiện hoặc giảm mạnh tùy thuộc vào cấu trúc không đồng nhất được sử dụng. Nguyên nhân của hiện tượng này là rất khó giải thích. Do đó, hiện nay, hiện tượng này có xu hướng đơn giản được cho là do ái lực của các vật liệu và gây cản trở việc thiết lập chiến lược phát triển vật liệu.

Vấn đề trên đây có thể được cho là ảnh hưởng bất lợi của chiến lược truyền thống trong việc phát triển các đặc tính thiết bị dựa trên cấu trúc không đồng nhất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất linh kiện phát sáng khắc phục được vấn đề trên đây và được chế tạo một cách dễ dàng.

Do đó, theo một phương án của sáng chế, linh kiện phát sáng có trạng thái cân bằng hạt tải tốt được chế tạo mà không tạo thành cấu trúc không đồng nhất. Theo đó, sáng chế đề xuất linh kiện phát sáng có hiệu suất phát xạ cao, có thể được chế tạo một cách dễ dàng.

Ngoài ra, theo một phương án của sáng chế, linh kiện phát sáng có mức độ biến đổi nhỏ của trạng thái cân bằng hạt tải theo thời gian được chế tạo mà không tạo thành cấu trúc không đồng nhất. Theo đó, sáng chế đề xuất linh kiện phát sáng có thời hạn sử dụng dài, có thể được chế tạo một cách dễ dàng.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất thiết bị phát sáng sử dụng linh kiện phát sáng theo một phương án của sáng chế có mức tiêu thụ năng lượng thấp và thời hạn sử dụng dài. Hơn nữa, sáng chế còn đề xuất thiết bị điện tử có thời hạn sử dụng dài.

Nhiều hợp chất hữu cơ cho phép cả lỗ trống và electron đi qua ở trạng thái màng mỏng và do đó các hợp chất này là lưỡng cực. Nói cách khác, trong

nhiều trường hợp, ngay cả các vật liệu được gọi là vật liệu vận chuyển lỗ trống cũng cho phép các electron đi qua, trong khi đó ngay cả các vật liệu được gọi là vật liệu vận chuyển electron cũng cho phép các lỗ trống đi qua. Tuy nhiên, trong các hợp chất hữu cơ, vì khả năng vận chuyển lỗ trống và khả năng vận chuyển electron là khác nhau nên trạng thái cân bằng hạt tải giữa các lỗ trống và các electron là khó đạt được với vật liệu đơn.

Tuy nhiên, nhờ nghiên cứu sâu, các tác giả sáng chế đã phát hiện được là ngay cả với màng đơn chứa một chất duy nhất, trạng thái cân bằng hạt tải có thể được cải thiện bằng cách bổ sung chất bẫy hạt tải vào vị trí thích hợp của màng này. Các tác giả sáng chế đã thấy rằng phát hiện này có thể được dùng để giải quyết vấn đề nêu trên mà không tạo thành cấu trúc không đồng nhất bằng cách sử dụng cấu trúc linh kiện như được mô tả sau đây.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất linh kiện phát sáng bao gồm màng hợp chất hữu cơ chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất giữa anốt và catốt. Màng hợp chất hữu cơ này tiếp xúc với anốt và với catốt. Màng hợp chất hữu cơ này bao gồm vùng phát sáng trong đó có bổ sung chất phát sáng và vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống. Vùng vận chuyển lỗ trống nằm giữa vùng phát sáng và anốt.

Theo một phương án khác, sáng chế đề xuất linh kiện phát sáng bao gồm màng hợp chất hữu cơ chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất giữa anốt và catốt. Màng hợp chất hữu cơ này tiếp xúc với anốt và với catốt. Màng hợp chất hữu cơ này bao gồm vùng phát sáng trong đó có bổ sung chất phát sáng và vùng vận chuyển electron trong đó có bổ sung chất bẫy electron. Vùng vận chuyển electron nằm giữa vùng phát sáng và catốt.

Theo một phương án khác, sáng chế đề xuất linh kiện phát sáng bao gồm màng hợp chất hữu cơ chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất giữa anốt và catốt. Màng hợp chất hữu cơ này tiếp xúc với anốt và với catốt. Màng hợp chất hữu cơ này bao gồm vùng phát sáng trong đó có bổ sung chất phát sáng, vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống, và vùng vận chuyển electron trong

đó có bổ sung chất bẫy electron. Vùng vận chuyển lỗ trống nằm giữa vùng phát sáng và anốt. Vùng vận chuyển electron nằm giữa vùng phát sáng và catốt.

Lưu ý là trong cấu trúc nêu trên, để chất bẫy lỗ trống có thể bẫy hiệu quả các lỗ trống, tốt hơn nếu mức năng lượng cao nhất của orbital phân tử có electron chiếm chỗ (highest occupied molecular orbital: HOMO) của chất bẫy lỗ trống cao hơn mức HOMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2 eV hoặc trên 0,2 eV. Ngoài ra, để chất bẫy electron bẫy hiệu quả electron, tốt hơn nếu mức năng lượng thấp nhất của orbital phân tử không có electron chiếm chỗ (lowest unoccupied molecular orbital: LUMO) của chất bẫy electron thấp hơn mức LUMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2 eV hoặc trên 0,2 eV.

Ở đây, mặc dù linh kiện phát sáng được mô tả trên đây có cấu trúc trong đó trạng thái cân bằng hạt tải trong màng hợp chất hữu cơ chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất được cải thiện, việc phun hạt tải từ các điện cực vào màng hợp chất hữu cơ cũng quan trọng để linh kiện phát sáng phát ánh sáng hiệu quả hơn. Trạng thái cân bằng của việc phun từ các điện cực này cũng quan trọng về mặt thời hạn sử dụng vì sự thay đổi trạng thái cân bằng hạt tải theo thời gian dẫn đến sự giảm độ sáng.

Do đó, trong linh kiện phát sáng được mô tả trên đây, tốt hơn nếu chất nhận electron được bổ sung vào vùng tiếp xúc với anốt của màng hợp chất hữu cơ. Hơn nữa, tốt hơn nếu chất cho electron được bổ sung vào vùng tiếp xúc với catốt của màng hợp chất hữu cơ. Để đạt được trạng thái cân bằng hạt tải tốt hơn, tốt hơn nếu chất nhận electron được bổ sung vào vùng tiếp xúc với anốt của màng hợp chất hữu cơ, và chất cho electron được bổ sung vào vùng tiếp xúc với catốt của màng hợp chất hữu cơ.

Ngoài ra, tốt hơn nếu sử dụng cơ chế tạo điện tích đối với việc phun các hạt tải từ điện cực vào màng hợp chất hữu cơ.

Cụ thể, theo phương án ưu tiên, sáng chế đề xuất linh kiện phát sáng như được mô tả trên đây, trong đó vùng tạo điện tích được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với anốt. Vùng tạo điện tích này bao gồm vùng

kiểu N mà trong đó có bổ sung chất cho electron và vùng kiểu P mà trong đó có bổ sung chất nhận electron. Vùng kiểu N nằm giữa vùng kiểu P và anôt.

Theo một phương án ưu tiên khác, sáng chế đề xuất linh kiện phát sáng như được mô tả trên đây, trong đó vùng tạo điện tích được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với catôt. Vùng tạo điện tích này bao gồm vùng kiểu N mà chất cho electron được bổ sung vào và vùng kiểu P mà chất nhận electron được bổ sung vào. Vùng kiểu P nằm giữa vùng kiểu N và catôt.

Để đạt được trạng thái cân bằng hạt tải tốt hơn, tốt hơn nếu các vùng tạo điện tích được bố trí trên cả mặt anôt và mặt catôt. Do đó, phương án được ưu tiên khác của sáng chế là linh kiện phát sáng như được mô tả trên đây, trong đó vùng tạo điện tích thứ nhất được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với anôt và vùng tạo điện tích thứ hai được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với catôt. Vùng tạo điện tích thứ nhất bao gồm vùng kiểu N thứ nhất mà trong đó có bổ sung chất cho electron thứ nhất và vùng kiểu P thứ nhất mà trong đó có bổ sung chất nhận electron thứ nhất. Vùng kiểu N thứ nhất nằm giữa vùng kiểu P thứ nhất và anôt. Vùng tạo điện tích thứ hai bao gồm vùng kiểu N thứ hai mà trong đó có bổ sung chất cho electron thứ hai và vùng kiểu P thứ hai mà trong đó có bổ sung chất nhận electron thứ hai. Vùng kiểu P thứ hai nằm giữa vùng kiểu N thứ hai và catôt.

Ngoài ra, phương án được ưu tiên của sáng chế mà trong đó cơ chế tạo điện tích được áp dụng là linh kiện phát sáng như được mô tả trên đây, trong đó chất nhận electron thứ nhất được bổ sung vào vùng mà ở đó màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với anôt và vùng tạo điện tích được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với catôt. Vùng tạo điện tích bao gồm vùng kiểu N mà trong đó có bổ sung chất cho electron và vùng kiểu P mà trong đó có bổ sung chất nhận electron thứ hai. Vùng kiểu P nằm giữa vùng kiểu N và catôt.

Ngoài ra, phương án ưu tiên của sáng chế mà cơ chế tạo điện tích được áp dụng là linh kiện phát sáng như được mô tả trên đây, trong đó vùng tạo điện tích được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với anôt và

chất cho electron thứ nhất được bổ sung vào vùng mà ở đó màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với catôt. Vùng tạo điện tích bao gồm vùng kiểu N mà trong đó có bổ sung chất cho electron thứ hai và vùng kiểu P mà trong đó có bổ sung chất nhận electron. Vùng kiểu N nằm giữa vùng kiểu P và anôt.

Cấu trúc của linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế như được mô tả trên đây là đặc biệt hữu dụng để đơn giản hóa linh kiện phát ra ánh sáng lân quang thông thường đòi hỏi cấu trúc linh kiện đặc biệt bao gồm lớp ngăn chặn lỗ trống hoặc lớp tương tự. Do đó, cấu trúc ưu tiên của linh kiện phát sáng theo một phương án của sáng chế là linh kiện phát sáng trong đó chất phát sáng là hợp chất lân quang.

Trong những năm gần đây, kỹ thuật trong đó màn hình đầy đủ màu có thể được chế tạo bằng cách tạo ra linh kiện phát ra ánh sáng màu trắng cùng với các bộ lọc màu đã được đề xuất. Đặc điểm của kỹ thuật này là đơn giản, theo đó màn hình đầy đủ màu có thể được chế tạo bằng cách chỉ tạo ra linh kiện phát ra ánh sáng màu trắng trên lớp nền. Do đó, linh kiện phát sáng theo phương án này của sáng chế mà có thể chế tạo dễ dàng được áp dụng cho linh kiện phát ra ánh sáng màu trắng kết hợp với các bộ lọc màu; do đó, có thể đồng thời làm giảm chi phí chế tạo.

Linh kiện phát ra ánh sáng màu trắng thường bao gồm các chất phát sáng phát ra ánh sáng có màu khác nhau. Do đó, phương án ưu tiên của linh kiện phát sáng theo sáng chế là linh kiện phát sáng có cấu trúc của linh kiện phát sáng được mô tả trên đây, và chất phát sáng là các chất phát sáng phát ra ánh sáng có màu khác nhau. Tốt hơn nếu các chất phát sáng bao gồm cụ thể là chất phát sáng phát ra ánh sáng màu đỏ, chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lục, và chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lam. Ngoài ra, để cải thiện hiệu suất phát sáng, tốt hơn nếu các chất phát sáng bao gồm chất phát sáng phát ra ánh sáng màu đỏ, chất phát sáng phát ra ánh sáng màu vàng, chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lục, và chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lam. Với cấu trúc này, có thể thu được linh kiện phát ra ánh sáng màu trắng có cấu trúc của

linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế và có sự phát ra ánh sáng màu trắng.

Lưu ý là phương án của sáng chế bao gồm thiết bị phát sáng có linh kiện phát sáng được mô tả trên đây. Do đó, theo một phương án, sáng chế đề xuất thiết bị phát sáng có linh kiện phát sáng được mô tả trên đây. Mạch kích thích có cấu hình để kiểm soát sự phát sáng của linh kiện phát sáng có thể được kết hợp vào thiết bị phát sáng này.

Lưu ý là thuật ngữ "thiết bị phát sáng" trong bản mô tả sáng chế bao gồm thiết bị hiển thị hình ảnh, thiết bị phát sáng, hoặc nguồn sáng (bao gồm thiết bị chiếu sáng). Ngoài ra, tất cả các bộ phận sau đây đều nằm trong phạm vi thuật ngữ "thiết bị phát sáng": môđun trong đó bộ kết nối, ví dụ, mạch in mềm (FPC: flexible printed circuit), băng ghép nối băng từ tự động (TAB: tape automated bonding), hoặc gói mang băng từ (TCP: tape carrier package) gắn với tấm panen có linh kiện phát sáng; môđun có băng mạch in ở cuối băng TAB hoặc TCP; và môđun trong đó mạch tích hợp (IC: integrated circuit) được gắn trực tiếp vào linh kiện phát sáng theo phương pháp gắn chip trên thủy tinh (COG: chip on glass).

Ngoài ra, thiết bị điện tử trong đó linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế được dùng cho bộ phận hiển thị cũng thuộc phạm vi của sáng chế. Do đó, thiết bị điện tử theo một phương án của sáng chế bao gồm bộ phận hiển thị, trong đó bộ phận hiển thị bao gồm linh kiện phát sáng được mô tả trên đây. Mạch kích thích có cấu hình để kiểm soát sự phát sáng của linh kiện phát sáng có thể được đính đưa vào thiết bị phát sáng.

Bằng cách áp dụng sáng chế, linh kiện phát sáng có trạng thái cân bằng hạt tải tốt có thể được chế tạo mà không tạo thành cấu trúc không đồng nhất. Do đó, có thể tạo ra linh kiện phát sáng có hiệu suất phát xạ cao và được chế tạo dễ dàng.

Ngoài ra, bằng cách áp dụng sáng chế, có thể chế tạo linh kiện phát sáng có sự thay đổi nhỏ của trạng thái cân bằng hạt tải theo thời gian mà không tạo

thành cấu trúc không đồng nhất. Do đó, có thể tạo ra linh kiện phát sáng có thời hạn sử dụng dài.

Ngoài ra, bằng cách áp dụng sáng chế, có thể tạo ra thiết bị phát sáng có mức tiêu thụ năng lượng thấp và thời hạn sử dụng dài. Hơn nữa, có thể tạo ra thiết bị điện tử có thời hạn sử dụng dài.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ Fig.1A và Fig.1B minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế.

Các hình vẽ Fig.2A và Fig.2B minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế.

Các hình vẽ Fig.3A và Fig.3B minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế.

Mỗi hình vẽ Fig.4A và Fig.4B minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế.

Fig.5 minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế.

Mỗi hình vẽ Fig.6A và Fig.6B minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế.

Fig.7 minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế.

Mỗi hình vẽ Fig.8A và Fig.8B minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế.

Fig.9 minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế.

Các hình vẽ Fig.10A và Fig.10B minh họa thiết bị phát sáng theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ Fig.11A và Fig.11B minh họa thiết bị phát sáng theo một phương án của sáng chế.

Fig.12 minh họa thiết bị phát sáng theo một phương án của sáng chế.

Fig.13 minh họa thiết bị phát sáng theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ Fig.14A đến Fig.14D minh họa các thiết bị điện tử theo một phương án của sáng chế.

Fig.15 minh họa thiết bị điện tử theo một phương án của sáng chế.

Fig.16 minh họa thiết bị điện tử theo một phương án của sáng chế.

Fig.17 minh họa thiết bị điện tử theo một phương án của sáng chế.

Fig.18 minh họa thiết bị chiếu sáng theo một phương án của sáng chế.

Fig.19 minh họa thiết bị chiếu sáng và thiết bị điện tử theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ Fig.20A và Fig.20B thể hiện các đặc tính của các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 1.

Các hình vẽ Fig.21A và Fig.21B thể hiện các đặc tính của các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 1.

Các hình vẽ Fig.22A và Fig.22B thể hiện các đặc tính của các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 1.

Các hình vẽ Fig.23A và Fig.23B thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 2.

Các hình vẽ Fig.24A và Fig.24B thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 2.

Fig.25 thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 2.

Các hình vẽ Fig.26A và Fig.26B thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 3.

Các hình vẽ Fig.27A và Fig.27B thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 3.

Fig.28 thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 3.

Các hình vẽ Fig.29A và Fig.29B thể hiện các đặc tính trong phép đo điện

lượng tuần hoàn (cyclic voltammetry: CV) của BPAPQ.

Các hình vẽ Fig.30A và Fig.30B thể hiện các đặc tính CV của $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$.

Fig.31 thể hiện đặc tính CV của 1'-TNATA.

Fig.32 thể hiện đặc tính CV của DNTPD.

Các hình vẽ Fig.33A và Fig.33B thể hiện các đặc tính CV của CzPA.

Các hình vẽ Fig.34A và Fig.34B thể hiện các đặc tính CV của 2PCAPA.

Fig.35 thể hiện đặc tính CV của DPQd.

Fig.36 thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 1.

Fig.37 thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 1.

Các hình vẽ Fig.38A và Fig.38B thể hiện các đặc tính của các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 5.

Các hình vẽ Fig.39A và Fig.39B thể hiện các đặc tính của các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 5.

Fig.40 thể hiện các đặc tính của các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 5.

Các hình vẽ Fig.41A và Fig.41B thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 6.

Các hình vẽ Fig.42A và Fig.42B thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 6.

Các hình vẽ Fig.43A và Fig.43B thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 6.

Fig.44 thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 6.

Các hình vẽ Fig.45A và Fig.45B thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 7.

Các hình vẽ Fig.46A và Fig.46B thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 7.

Fig.47 thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 7.

Fig.48 thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng theo Ví dụ 7.

Các hình vẽ Fig.49A và Fig.49B thể hiện các đặc tính CV của YGAO11.

Các hình vẽ Fig.50A và Fig.50B thể hiện các đặc tính CV của $\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các phương án của sáng chế sẽ được mô tả dựa vào các hình vẽ đi kèm. Lưu ý là sáng chế không chỉ giới hạn ở phần mô tả dưới đây, và các cách thức thực hiện và nội dung chi tiết của sáng chế có thể được thay đổi một cách dễ dàng theo nhiều cách khác nhau bởi chuyên gia trong lĩnh vực kỹ thuật mà không đi chệch khỏi phạm vi của sáng chế. Do đó, các phương án của sáng chế sẽ không được hiểu là giới hạn ở phần mô tả các phương án và các ví dụ dưới đây. Lưu ý là trong phần mô tả các phương án của sáng chế dưới đây, các số chỉ dẫn giống nhau có thể được dùng để chỉ các chi tiết giống nhau trong các hình vẽ khác nhau trong một số trường hợp.

Phương án 1

Theo phương án 1, dấu hiệu và cấu trúc cơ bản theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả liên quan đến các vật liệu và các phương pháp chế tạo được sử dụng.

Đầu tiên, xem xét trường hợp trong đó màng hợp chất hữu cơ được tạo ra giữa anốt và catốt chứa một hợp chất hữu cơ (sau đây được gọi là hợp chất hữu cơ thứ nhất) và chất phát sáng được bổ sung vào màng hợp chất hữu cơ này để kiểm soát vùng phát sáng và màu sắc phát ra. Tốt hơn nếu vùng phát sáng có bổ sung chất phát sáng này nằm cách xa anốt và cách xa catốt để ngăn ngừa sự dập tắt do điện cực.

Nhiều hợp chất hữu cơ cho phép cả lỗ trống và electron đi qua ở trạng thái màng mỏng. Nói cách khác, trong nhiều trường hợp, ngay cả chất thường được gọi là chất vận chuyển lỗ trống cũng cho phép các electron đi qua, trong

khi đó ngay cả chất được gọi là chất vận chuyển electron cũng cho phép các lỗ trống đi qua. Do đó, bằng cách xác định công thoát của anôt và catôt thích hợp (cụ thể là chọn anôt có công thoát cao và catôt có công thoát thấp), chức năng phát sáng có thể đạt được ngay cả với cấu trúc được mô tả trên đây.

Tuy nhiên, chỉ với cấu trúc này thì linh kiện phát sáng khó phát sáng hiệu quả. Điều này là do trong hợp chất hữu cơ, khả năng vận chuyển lỗ trống và khả năng vận chuyển electron thường là khác nhau, và do đó ngay cả khi màng hợp chất hữu cơ chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất làm thành phần chính (chất nền) thì cũng khó đạt được trạng thái cân bằng hạt tải giữa các lỗ trống và electron. Do đó, ngay cả khi chất phát sáng được bổ sung vào màng hợp chất hữu cơ để tạo thành vùng phát sáng thì vị trí của vùng phát sáng là không chắc sẽ trùng với vị trí của vùng chủ yếu để cho hạt tải kết hợp lại, và do đó khó cải thiện hiệu suất phát xạ.

Các tác giả sáng chế cho rằng trạng thái cân bằng hạt tải có thể được điều chỉnh bằng chất phụ gia để giải quyết vấn đề này. Nói cách khác, các tác giả sáng chế cho rằng khi hợp chất hữu cơ thứ nhất là chất có đặc tính vận chuyển lỗ trống cao hơn đặc tính vận chuyển electron, thì tỷ lệ vận chuyển lỗ trống ở vùng nằm giữa anôt và vùng phát sáng có thể giảm đi, và hiệu suất kết hợp lại hạt tải có thể tăng lên, không chỉ bằng cách bổ sung chất phát sáng để tạo thành vùng phát sáng mà còn bằng cách bổ sung chất bẫy lỗ trống vào giữa vùng phát sáng và anôt. Các tác giả sáng chế cũng cho rằng ngược lại khi hợp chất hữu cơ thứ nhất là chất có đặc tính vận chuyển electron cao hơn đặc tính vận chuyển lỗ trống thì tỷ lệ vận chuyển electron trong vùng nằm giữa catôt và vùng phát sáng có thể giảm đi và hiệu suất kết hợp lại hạt tải có thể tăng lên, không chỉ bằng cách bổ sung chất phát sáng để tạo thành vùng phát sáng, mà còn bằng cách bổ sung chất bẫy electron vào giữa vùng phát sáng và catôt. Tất nhiên là các cấu trúc này có thể được kết hợp để tạo nên trạng thái cân bằng hạt tải thích hợp nhất giữa lỗ trống và electron.

Nói cách khác, một dấu hiệu quan trọng của sáng chế là trạng thái cân

bằng hạt tải được điều chỉnh không phải bằng vùng nổi không đồng nhất giữa các lớp xếp chồng của các chất khác nhau mà bằng vùng nổi đồng nhất giữa các vùng xếp chồng trong đó một chất cụ thể được dùng làm thành phần chính của chúng (chất nền) và các chất phụ gia thích hợp được bổ sung vào vùng thích hợp.

Sau đây, cấu trúc linh kiện dựa trên dấu hiệu nêu trên được mô tả cụ thể dựa vào các hình vẽ Fig.1A và Fig.1B, Fig.2A và Fig.2B, và Fig.3A và Fig.3B.

Đầu tiên, các hình vẽ Fig.1A và Fig.1B minh họa một ví dụ về linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế có màng hợp chất hữu cơ 103 chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất giữa anốt 101 và catốt 102. Màng hợp chất hữu cơ 103 được tiếp xúc với anốt 101 và với catốt 102. Màng hợp chất hữu cơ 103 bao gồm vùng phát sáng 111 có bổ sung chất phát sáng và vùng vận chuyển lỗ trống 112 có bổ sung chất bẫy lỗ trống. Vùng vận chuyển lỗ trống 112 nằm giữa vùng phát sáng 111 và anốt 101. Fig.1A thể hiện sơ đồ cấu trúc linh kiện, và Fig.1B thể hiện sơ đồ vùng năng lượng của nó.

Lưu ý là trên Fig.1B, số chỉ dẫn 121 thể hiện mức Fermi của anốt 101, số chỉ dẫn 122 thể hiện mức Fermi của catốt 102, số chỉ dẫn 123 thể hiện mức HOMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất, số chỉ dẫn 124 thể hiện mức LUMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất, số chỉ dẫn 125 thể hiện mức HOMO của chất phát sáng, số chỉ dẫn 126 thể hiện mức LUMO của chất phát sáng, và số chỉ dẫn 127 thể hiện mức HOMO của chất bẫy lỗ trống. Ở đây, để bẫy hiệu quả lỗ trống, tốt hơn nếu mức HOMO 127 của chất bẫy lỗ trống cao hơn mức HOMO 123 của hợp chất hữu cơ thứ nhất, tốt hơn nữa là cao hơn cụ thể là khoảng 0,2 eV hoặc trên 0,2 eV.

Lưu ý là trong phần mô tả này, "có mức HOMO cao hoặc mức LUMO cao" có nghĩa là có mức năng lượng cao, và "có mức HOMO thấp hoặc mức LUMO thấp" có nghĩa là có mức năng lượng thấp. Ví dụ, có thể nói rằng chất A có mức HOMO bằng -5,5 eV sẽ có mức HOMO thấp hơn 0,3 eV so với chất B có mức HOMO bằng -5,2 eV và sẽ có mức HOMO cao hơn 0,2 eV so với chất

C có mức HOMO bằng $-5,7$ eV.

Cấu trúc như được minh họa trên các Fig.1A và Fig.1B là đặc biệt hiệu quả khi hợp chất hữu cơ thứ nhất có đặc tính vận chuyển lỗ trống cao. Nói cách khác, bằng cách tạo ra vùng vận chuyển lỗ trống 112 có bổ sung chất bẫy lỗ trống giữa vùng phát sáng 111 và anốt 101, tốc độ vận chuyển lỗ trống trong vùng vận chuyển lỗ trống 112 giảm đi, và các lỗ trống thừa có thể được ngăn không cho đi vào vùng phát sáng 111. Do có thể được ngăn chặn hiện tượng lỗ trống đi qua vùng phát sáng 111, hiệu quả kết hợp lại hạt tải có thể tăng lên.

Mặt khác, các hình vẽ Fig.2A và Fig.2B minh họa ví dụ về linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế bao gồm màng hợp chất hữu cơ 103 chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất giữa anốt 101 và catốt 102. Màng hợp chất hữu cơ 103 được tiếp xúc với anốt 101 và với catốt 102. Màng hợp chất hữu cơ 103 bao gồm vùng phát sáng 111 có bổ sung chất phát sáng và vùng vận chuyển electron 113 có bổ sung chất bẫy electron. Vùng vận chuyển electron 113 nằm giữa vùng phát sáng 111 và catốt 102. Fig.2A thể hiện sơ đồ của cấu trúc linh kiện, và Fig.2B thể hiện sơ đồ vùng năng lượng của nó.

Lưu ý là trên Fig.2B, số chỉ dẫn 128 thể hiện mức LUMO của chất bẫy electron và các số chỉ dẫn khác là giống như các số chỉ dẫn trên các Fig.1A và Fig.1B. Ở đây, để bẫy hiệu quả electron, tốt hơn nếu mức LUMO 128 của chất bẫy electron thấp hơn mức LUMO 124 của hợp chất hữu cơ thứ nhất, tốt hơn nữa là thấp hơn khoảng $0,2$ eV hoặc trên $0,2$ eV.

Cấu trúc như được minh họa trên các Fig.2A và Fig.2B là đặc biệt hiệu quả khi hợp chất hữu cơ thứ nhất có đặc tính vận chuyển electron cao. Nói cách khác, bằng cách tạo ra vùng vận chuyển electron 113 trong đó có bổ sung chất bẫy electron giữa vùng phát sáng 111 và catốt 102, tốc độ vận chuyển electron ở vùng vận chuyển electron 113 giảm đi, và các electron thừa có thể được ngăn không cho đi vào vùng phát sáng 111. Do có thể ngăn chặn hiện tượng trong đó các electron đi qua vùng phát sáng 111, hiệu quả kết hợp lại hạt tải có thể tăng lên.

Hơn nữa, cấu trúc trong đó sự vận chuyển của cả lỗ trống và electron được kiểm soát, như cấu trúc linh kiện được thể hiện trên các hình vẽ Fig.3A và Fig.3B, là được ưu tiên hơn. Các hình vẽ Fig.3A và Fig.3B minh họa ví dụ về linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế bao gồm màng hợp chất hữu cơ 103 chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất giữa anốt 101 và catốt 102. Màng hợp chất hữu cơ 103 được tiếp xúc với anốt 101 và với catốt 102. Màng hợp chất hữu cơ 103 bao gồm vùng phát sáng 111 trong đó có bổ sung chất phát sáng, vùng vận chuyển lỗ trống 112 có bổ sung chất bẫy lỗ trống, và vùng vận chuyển electron 113 có bổ sung chất bẫy electron. Vùng vận chuyển lỗ trống 112 nằm giữa vùng phát sáng 111 và anốt 101. Vùng vận chuyển electron 113 nằm giữa vùng phát sáng 111 và catốt 102. Fig.3A thể hiện sơ đồ của cấu trúc linh kiện, và Fig.3B thể hiện sơ đồ vùng năng lượng của nó. Ngoài ra, các số chỉ dẫn trên các hình vẽ Fig.3A và Fig.3B là giống như các số chỉ dẫn trên các hình vẽ Fig.1A và Fig.1B và Fig.2A và Fig.2B.

Cũng trong trường hợp này, để bẫy hiệu quả lỗ trống, tốt hơn nếu mức HOMO 127 của chất bẫy lỗ trống cao hơn mức HOMO 123 của hợp chất hữu cơ thứ nhất, tốt hơn nữa là cao hơn khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV. Ngoài ra, để bẫy hiệu quả electron, tốt hơn nếu mức LUMO 128 của chất bẫy electron thấp hơn mức LUMO 124 của hợp chất hữu cơ thứ nhất, tốt hơn nữa là thấp hơn khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

Với cấu trúc như được minh họa trên các hình vẽ Fig.3A và Fig.3B, cả sự vận chuyển lỗ trống và electron được kiểm soát, và hiệu quả kết hợp lại hạt tải có thể tăng lên.

Lưu ý là trong linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế, như được minh họa trên các hình vẽ Fig.1A và Fig.1B hoặc Fig.3A và Fig.3B, vùng phát sáng 111 và vùng vận chuyển lỗ trống 112 có thể tiếp xúc với nhau hoặc cách xa nhau. Ngoài ra, vùng vận chuyển lỗ trống 112 và anốt 101 có thể tiếp xúc với nhau hoặc cách xa nhau. Ngoài ra, nhiều vùng phát sáng 111 và/hoặc nhiều vùng vận chuyển lỗ trống 112 có thể được tạo ra. Ngoài ra, nhiều loại chất

phát sáng và/hoặc nhiều loại chất bẫy lỗ trống có thể được bổ sung.

Ngoài ra, trong linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế như được minh họa trên các hình vẽ Fig.2A và Fig.2B hoặc Fig.3A và Fig.3B, vùng phát sáng 111 và vùng vận chuyển electron 113 có thể tiếp xúc với nhau hoặc cách xa nhau. Ngoài ra, vùng vận chuyển electron 113 và catốt 102 có thể tiếp xúc với nhau hoặc cách xa nhau. Hơn nữa, nhiều vùng phát sáng 111 và/hoặc nhiều vùng vận chuyển electron 113 có thể được tạo ra. Hơn nữa, nhiều loại chất phát sáng và/hoặc nhiều loại chất bẫy electron có thể được bổ sung.

Lưu ý là màng hợp chất hữu cơ chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất có thể còn chứa chất khác không phải chất phát sáng, chất bẫy lỗ trống, và chất bẫy electron. Ví dụ về các chất này bao gồm chất phụ gia để ức chế sự kết tinh của màng hợp chất hữu cơ chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất phụ trợ để truyền năng lượng hiệu quả từ hợp chất hữu cơ thứ nhất đến chất phát sáng.

Trong cấu trúc bất kỳ trong số các cấu trúc thể hiện trên các hình vẽ Fig.1A và Fig.1B, Fig.2A và Fig.2B, và Fig.3A và Fig.3B, quan trọng là sự vận chuyển lỗ trống và/hoặc electron được kiểm soát bằng cách bổ sung chất để bẫy các hạt tải. Việc kiểm soát sự vận chuyển lỗ trống như được minh họa trên các hình vẽ Fig.1A và Fig.1B có thể được thực hiện một cách dễ dàng và chính xác bằng cách thay đổi các thông số như sự chênh lệch năng lượng giữa mức HOMO 127 của chất bẫy lỗ trống và mức HOMO 123 của hợp chất hữu cơ thứ nhất, lượng chất bẫy lỗ trống mà được bổ sung vào, độ dày của vùng vận chuyển lỗ trống 112 có bổ sung chất bẫy lỗ trống, v.v.. Ngoài ra, có thể kiểm soát sự vận chuyển electron như được minh họa trên các hình vẽ Fig.2A và Fig.2B một cách dễ dàng và chính xác bằng cách thay đổi các thông số như sự chênh lệch năng lượng giữa mức LUMO 128 của chất bẫy electron và mức LUMO 124 của hợp chất hữu cơ thứ nhất, lượng chất bẫy electron được bổ sung vào, độ dày của vùng vận chuyển electron 113 có bổ sung chất bẫy electron, v.v..

Nói cách khác, trong cấu trúc linh kiện dựa trên vùng nối đồng nhất như được mô tả trong các phương án của sáng chế, trạng thái cân bằng hạt tải thích

hợp nhất có thể dễ dàng đạt được bằng cách xác định chất được dùng làm hợp chất hữu cơ thứ nhất, đây là thành phần chính (chất nền) của màng hợp chất hữu cơ, sau đó bổ sung một cách thích hợp chất bẫy hạt tải có mức HOMO hoặc LUMO đã biết. Bậc tự do cao của việc chọn chất hoặc linh kiện này không thể thực hiện được với vùng nổi không đồng nhất thông thường.

Như được mô tả trên, đặc điểm của các phương án của sáng chế là ở chỗ linh kiện phát sáng có hiệu suất phát xạ cao có thể dễ dàng được tạo ra bằng cách tăng hiệu quả kết hợp lại hạt tải với cấu trúc linh kiện đơn giản có bậc tự do cao. Đặc điểm này cũng rất có lợi theo quan điểm về thời hạn sử dụng của linh kiện.

Đầu tiên, trong linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, vì hợp chất hữu cơ thứ nhất là thành phần chính (chất nền) của toàn bộ màng hợp chất hữu cơ, nên không có mặt phân cách trong màng hợp chất hữu cơ. Do đó, linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế là hữu dụng trong việc kiểm tra sự hỏng hóc của linh kiện, vì việc xác định mặt phân cách có bất lợi là rất khó thực hiện trong trường hợp vùng nổi không đồng nhất đa lớp. Nghĩa là, trong linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế, không cần xem xét vấn đề phát sinh ở mặt phân cách giữa các lớp (tạo thành phức chất khi được kích thích hoặc khuếch tán tương hỗ của các chất). Do đó, việc phát triển các chất để làm linh kiện phát sáng có thể chỉ tập trung vào các đặc tính riêng biệt của chúng, điều này tạo điều kiện thuận lợi cho việc đưa ra chiến lược thiết kế cấu trúc linh kiện.

Hơn nữa, vì tốc độ vận chuyển các hạt tải có thể được kiểm soát bằng thành phần (tức là, chất bẫy hạt tải) có lượng nhỏ nhất trong các thành phần có trong vùng cho trước, nên có thể tạo ra linh kiện phát sáng không dễ thay đổi đặc tính theo thời gian và có thời hạn sử dụng dài hơn. Nói cách khác, trạng thái cân bằng hạt tải không dễ thay đổi so với trường hợp mà trạng thái cân bằng hạt tải được kiểm soát bằng một chất duy nhất. Ví dụ, trạng thái cân bằng hạt tải của lớp chứa một chất duy nhất có thể dễ dàng thay đổi bởi sự thay đổi một phần về

dạng đa hình, sự kết tinh một phần, hoặc các yếu tố tương tự. Tuy nhiên, trong linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, tốc độ vận chuyển các hạt tải được kiểm soát bằng thành phần (tức là, chất bẫy hạt tải) có lượng nhỏ nhất trong số các thành phần có trong vùng cho trước, và không chắc xảy ra sự thay đổi về dạng đa hình, sự kết tinh, sự kết tập, hoặc các yếu tố tương tự trong thành phần này (chất bẫy hạt tải). Do đó, có thể thu được linh kiện phát sáng có trạng thái cân bằng hạt tải không dễ thay đổi theo thời gian và có thời hạn sử dụng dài, điều này góp phần giảm hiệu suất phát xạ theo thời gian.

Ngoài ra, linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế cũng có ưu điểm xét về phương pháp chế tạo. Hiện nay, hầu hết linh kiện phát sáng dùng trong thực tế được sản xuất bằng phương pháp khô như phương pháp bay hơi chân không. Điều này là do phương pháp khô mà trong đó sự ảnh hưởng của oxy hoặc nước có thể được loại bỏ dễ dàng là có lợi để cải thiện thời hạn sử dụng.

Tuy nhiên, để chế tạo linh kiện phát sáng có cấu trúc không đồng nhất bằng phương pháp khô, nên cần chuyển qua nhiều buồng để tạo thành nhiều lớp, điều này làm tăng chi phí sản xuất (đặc biệt là chi phí cho thiết bị sản xuất). Hơn nữa, nếu một trong số các lớp này bị hỏng thì toàn bộ linh kiện bị hỏng, điều này làm giảm đáng kể năng suất sản phẩm. Ngoài ra, vì ngay cả trong chân không, lượng oxy, hơi ẩm, hoặc chất tương tự còn lại được cho là có thể được hấp thụ giữa các bước tạo lớp (ví dụ, trong quá trình vận chuyển chất), nên cần thận trọng để đảm bảo thời hạn sử dụng.

Mặt khác, linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế có thể được chế tạo bằng phương pháp khô chỉ bằng cách mà các chất phụ gia được bổ sung bằng cách bay hơi đồng thời trong khi hợp chất hữu cơ thứ nhất được bay hơi. Do đó, thiết bị sản xuất có thể được đơn giản hóa để đạt được ưu điểm về chi phí hoặc năng suất sản xuất. Hơn nữa, do có thể tạo các lớp màng hợp chất hữu cơ liên tiếp trong chân không nên có thể ngăn ngừa sự hấp thụ oxy hoặc hơi ẩm còn lại, do đó có thể đạt được hiệu quả cải thiện thời hạn sử dụng. Lưu ý là phương pháp bay hơi đồng thời để chỉ phương pháp bay hơi mà theo đó quá trình bay

hơi được thực hiện từ nhiều nguồn bay hơi đồng thời trong một buồng xử lý.

Như được mô tả trên đây, bằng cách sử dụng các phương án theo sáng chế, có thể chế tạo linh kiện phát sáng có trạng thái cân bằng hạt tải tốt mà không tạo thành cấu trúc không đồng nhất. Do đó, có thể tạo ra linh kiện phát sáng dễ chế tạo và có hiệu suất phát xạ cao.

Hơn nữa, bằng cách sử dụng các phương án theo sáng chế, có thể chế tạo linh kiện phát sáng trong đó sự thay đổi trạng thái cân bằng hạt tải theo thời gian là không đáng kể mà không tạo thành cấu trúc không đồng nhất. Do đó, có thể tạo ra linh kiện phát sáng dễ chế tạo và có thời hạn sử dụng dài.

Tiếp theo, ví dụ về các chất có thể được dùng cho linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế sẽ được đưa ra cụ thể dưới đây.

Đầu tiên, đối với hợp chất hữu cơ thứ nhất, mặc dù không có giới hạn bất kỳ miễn là nó có thể vận chuyển hạt tải, nhưng vẫn khó sử dụng chất có điện thế ion hóa rất cao hoặc chất có ái lực electron rất thấp vì cả lỗ trống và electron cần được phun từ các điện cực. Do đó, tốt hơn nếu điện thế ion hóa nhỏ hơn hoặc bằng 6,5eV (tức là mức HOMO bằng hoặc cao hơn -6,5eV) và ái lực electron bằng hoặc cao hơn 2,0eV (tức là mức LUMO bằng hoặc nhỏ hơn -2,0eV). Ngoài ra, nếu khả năng vận chuyển lỗ trống và khả năng vận chuyển electron là rất khác nhau, thì trạng thái cân bằng hạt tải có thể khó kiểm soát ngay cả khi bổ sung chất bẫy hạt tải; do đó, tốt hơn nếu hợp chất hữu cơ thứ nhất có khả năng vận chuyển lỗ trống nhất định và khả năng vận chuyển electron nhất định.

Do đó, tốt hơn nếu hợp chất hữu cơ thứ nhất là hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất thơm ngưng tụ như dẫn xuất naphthalen, dẫn xuất anthracen, dẫn xuất phenantren, dẫn xuất pyren, dẫn xuất tetraxen, dẫn xuất crysen, và các chất tương tự. Cụ thể, hợp chất này là 9,10-điphenylanthracen (ký hiệu viết tắt: DPAnth), 9,10-bis(3,5-điphenylphenyl)anthracen (DPPA), 9,10-đi(2-naphtyl)-anthracen (ký hiệu viết tắt: DNA), 2-*tert*-butyl-9,10-đi(2-naphtyl)anthracen (ký hiệu viết tắt: t-BuDNA), 9,9'-biantryl (ký hiệu viết tắt: BANT), 9,9'-(stilben-3,3'-điyl)điphenantren (ký hiệu viết tắt: DPNS), 9,9'-(stilben-

4,4'-điyl)điphenantren (ký hiệu viết tắt: DPNS2), 3,3',3''-(benzen-1,3,5-triyl)-tripyren (ký hiệu viết tắt: TPB3), 5,12-điphenyltetrazen, rubren, và các chất tương tự. Ngoài ra, trong số các hợp chất thơm ngưng tụ, hợp chất thơm ngưng tụ có khung amin thơm hoặc khung giàu electron như dị vòng thơm giàu electron π (ví dụ, pyrol, indol, carbazol, đibenzofuran, hoặc đibenzothiophen) có thể dễ dàng nhận cả lỗ trống và electron là được đặc biệt ưu tiên. Cụ thể, hợp chất này là 4,4'-bis[*N*-(1-naphtyl)-*N*-phenylamino]biphenyl (ký hiệu viết tắt: NPB hoặc α -NPD) *N*-điphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-antryl)phenyl]-9*H*-carbazol-3-amin (ký hiệu viết tắt: CzA1PA), 9-phenyl-9'-[4-(10-phenyl-9-antryl)-phenyl]-3,3'-bi(9*H*-carbazol) (ký hiệu viết tắt: PCCPA), 4-(10-phenyl-9-antryl)-triphenylamin (ký hiệu viết tắt: DPhPA), 4-(9*H*-carbazol-9-yl)-4'-(10-phenyl-9-antryl)-triphenylamin (ký hiệu viết tắt: YGAPA), *N*,9-điphenyl-*N*-[4-(10-phenyl-9-antryl)-phenyl]-9*H*-carbazol-3-amin (ký hiệu viết tắt: PCAPA), *N*,9-điphenyl-*N*-{4-[4-(10-phenyl-9-antryl)-phenyl]phenyl}-9*H*-carbazol-3-amin (ký hiệu viết tắt: PCAPBA), *N*,9-điphenyl-*N*-(9,10-điphenyl-2-antryl)-9*H*-carbazol-3-amin (ký hiệu viết tắt: 2PCAPA), 6,12-đimethoxy-5,11-điphenylcrysén, *N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''*-octaphenylđibenzo[*g,p*]crysén-2,7,10,15-tetraamin (ký hiệu viết tắt: DBC1), 9-[4-(10-phenyl-9-antryl)phenyl]-9*H*-carbazol (ký hiệu viết tắt: CzPA), 3,6-điphenyl-9-[4-(10-phenyl-9-antryl)phenyl]-9*H*-carbazol (ký hiệu viết tắt: DPCzPA), và các chất tương tự.

Ngoài ra, khi xem xét đặc tính nhận cả lỗ trống và electron, tốt hơn nữa nếu hợp chất hữu cơ thứ nhất là hợp chất lưỡng cực có cả khung giàu electron như khung amin thơm hoặc dị vòng thơm giàu electron π (ví dụ, pyrol, indol, carbazol, đibenzofuran, hoặc đibenzothiophen) và khung thiếu electron như dị vòng thơm thiếu electron π (ví dụ, pyridin, quinolin, quinoxalin, diazol, hoặc polyazol) đồng thời trong phân tử. Cụ thể, hợp chất này là 4,4'-(quinoxalin-2,3-điyl)bis(*N,N*-điphenylanilin) (ký hiệu viết tắt: TPAQn), *N,N'*-(quinoxalin-2,3-điylđi-4,1-phenylen)bis(*N*-phenyl-1,1'-biphenyl-4-amin)

(ký hiệu viết tắt: BPAPQ), *N,N'*-(quinoxalin-2,3-diylđi-4,1-phenylen)-bis[bis(1,1'-biphenyl-4-yl)amin] (ký hiệu viết tắt: BBAPQ), 4,4'-(quinoxalin-2,3-diyl)bis{*N*-[4-(9*H*-carbazol-9-yl)phenyl]-*N*-phenylanilin} (ký hiệu viết tắt: YGAPQ), *N,N'*-(quinoxalin-2,3-diylđi-4,1-phenylen)bis(*N*,9-điphenyl-9*H*-carbazol-3-amin) (ký hiệu viết tắt: PCAPQ), 4-(9*H*-carbazol-9-yl)-4'-(3-phenylquinoxalin-2-yl)triphenylamin (ký hiệu viết tắt: YGA1PQ), *N*,9-điphenyl-*N*-[4-(3-phenylquinoxalin-2-yl)phenyl]-9*H*-carbazol-3-amin (ký hiệu viết tắt: PCA1PQ), *N,N,N'*-triphenyl-*N'*-[4-(3-phenylquinoxalin-2-yl)-phenyl]-1,4-phenylendiamin (ký hiệu viết tắt: DPA1PQ), 9-[4-(5-phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-9*H*-carbazol (ký hiệu viết tắt: CO11), 4-(9*H*-carbazol-9-yl)-4'-(5-phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)triphenylamin (ký hiệu viết tắt: YGAO11), *N*,9-điphenyl-*N*-[4-(5-phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-9*H*-carbazol-3-amin (ký hiệu viết tắt: PCAO11), *N,N,N'*-triphenyl-*N'*-[4-(5-phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)phenyl]-1,4-phenylenđiamin (ký hiệu viết tắt: DPAO11), 4-(9*H*-carbazol-9-yl)-4'-(4,5-điphenyl-4*H*-1,2,4-triazol-3-yl)triphenylamin (ký hiệu viết tắt: YGATAZ1), 4-(9*H*-carbazol-9-yl)-4'-(3,5-điphenyl-4*H*-1,2,4-triazol-4-yl)triphenylamin (ký hiệu viết tắt: YGATAZ2), và các chất tương tự.

Ngoài ra, nhiều phức chất kim loại có đặc tính vận chuyển electron và đồng thời có thể nhận lỗ trống. Do đó, hợp chất bất kỳ trong số các chất sau có thể được dùng cho hợp chất hữu cơ thứ nhất: tris(8-quinolinolato)nhôm(III) (ký hiệu viết tắt: Alq), tris(4-metyl-8-quinolinolato)nhôm(III) (ký hiệu viết tắt: Almq₃), bis(10-hydroxybenzo[*h*]quinolinato)beryli(II) (ký hiệu viết tắt: BeBq₂), bis(8-quinolinolato)kẽm(II) (ký hiệu viết tắt: Znq), bis[2-(2-benzoxazolyl)phenolato]kẽm(II) (ký hiệu viết tắt: ZnPBO), bis[2-(2-benzothiazolyl)phenolato]-kẽm(II) (ký hiệu viết tắt: ZnBTZ), và các chất tương tự.

Lưu ý là mặc dù các ví dụ trên của hợp chất hữu cơ thứ nhất là các hợp chất có trọng lượng phân tử thấp, các hợp chất có trọng lượng phân tử cao bất kỳ sau đây có thể được sử dụng: poly(9,9-diocylflorene-2,7-diyl) (ký hiệu viết tắt:

PFO), poly[(9,9-di-octylflorene-2,7-diyl)-*co*-(2,5-dimethoxybenzene-1,4-diyl)] (ký hiệu viết tắt: PF-DMOP), poly{(9,9-di-octylflorene-2,7-diyl)-*co*-[*N,N'*-di-(*p-n*-butylphenyl)-1,4-diaminobenzene]} (ký hiệu viết tắt: TAB-PFH), poly(*p*-phenylenevinylene) (ký hiệu viết tắt: PPV), poly[(9,9-di-hexylflorene-2,7-diyl)-*alt-co*-(benzo[2,1,3]thiadiazole-4,7-diyl)] (ký hiệu viết tắt: PFBT), poly[(9,9-di-octyl-2,7-divinylflorene)-*alt-co*-(2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-phenylene)], poly[2-methoxy-5-(2'-ethylhexyloxy)-1,4-phenylenevinylene] (ký hiệu viết tắt: MEH-PPV), poly(3-butylthiophene-2,5-diyl) (ký hiệu viết tắt: R4-PAT), poly{[9,9-di-hexyl-2,7-bis(1-cyanovinylene) florenylene]-*alt-co*-[2,5-bis-(*N,N'*-diphenylamino)-1,4-phenylene]}, poly{[2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-bis(1-cyanovinylene)phenylene]-*alt-co*-[2,5-bis(*N,N'*-diphenylamino)-1,4-phenylene]} (ký hiệu viết tắt: CN-PPV-DPD), và các chất tương tự.

Hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất huỳnh quang khác nhau sau đây có thể được sử dụng làm chất phát sáng để bổ sung vào vùng phát sáng:

N,N'-bis[4-(9*H*-carbazol-9-yl)phenyl]-*N,N'*-diphenylstilbene-4,4'-diamine (ký hiệu viết tắt: YGA2S), 4-(9*H*-carbazol-9-yl)-4'-(10-phenyl-9-antryl)triphenylamine (ký hiệu viết tắt: YGAPA), 4-(9*H*-carbazol-9-yl)-4'-(9,10-diphenyl-2-antryl)-triphenylamine (ký hiệu viết tắt: 2YGAPPA), *N*,9-diphenyl-*N*-[4-(10-phenyl-9-antryl)phenyl]-9*H*-carbazol-3-amine (ký hiệu viết tắt: PCAPA), perylene, 2,5,8,11-tetra-*tert*-butylperylene (ký hiệu viết tắt: TBP), 4-(10-phenyl-9-antryl)-4'-(9-phenyl-9*H*-carbazol-3-yl)triphenylamine (ký hiệu viết tắt: PCBAPA), *N,N''*-(2-*tert*-butylantraxene-9,10-diyl)-4,1-phenylene bis[*N,N',N'*-triphenyl-1,4-phenylenediamine] (ký hiệu viết tắt: DPABPA), *N*,9-diphenyl-*N*-[4-(9,10-diphenyl-2-antryl)phenyl]-9*H*-carbazol-3-amine (ký hiệu viết tắt: 2PCAPPA), *N*-[4-(9,10-diphenyl-2-antryl)phenyl]-*N,N',N'*-triphenyl-1,4-phenylenediamine (ký hiệu viết tắt: 2DPAPPA), *N,N,N',N',N'',N''',N''',N'''*-octaphenyldibenzo[*g,p*]-crysene-2,7,10,15-tetraamine (ký hiệu viết tắt: DBC1), cumarine 30, *N*-(9,10-diphenyl-2-antryl)-*N*,9-diphenyl-9*H*-carbazol-3-amine (ký hiệu viết tắt: 2PCAPA), *N*-[9,10-bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-antryl]-*N*,9-diphenyl-9*H*-carbazol-

-3-amin (ký hiệu viết tắt: 2PCABPhA), *N*-(9,10-diphenyl-2-antryl)-*N,N',N'*-triphenyl-1,4-phenylendiamin (ký hiệu viết tắt: 2DPAPA), *N*-[9,10-bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-2-antryl]-*N,N',N'*-triphenyl-1,4-phenylendiamin (ký hiệu viết tắt: 2DPABPhA), 9,10-bis(1,1'-biphenyl-2-yl)-*N*-[4-(9*H*-carbazol-9-yl)phenyl]-*N*-phenylantraxen-2-amin (ký hiệu viết tắt: 2YGABPhA), *N,N*,9-triphenylantraxen-9-amin (ký hiệu viết tắt: DPhAPhA), cumarin 545T, *N,N'*-diphenylquinacridon (ký hiệu viết tắt: DPQd), rubren, 5,12-bis(1,1'-biphenyl-4-yl)-6,11-diphenyltetraxen (ký hiệu viết tắt: BPT), 2-(2-{2-[4-(đimetylaminophenyl)etenyl]-6-metyl-4*H*-pyran-4-yliden)propanđinitril (ký hiệu viết tắt: DCM1), 2-{2-metyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1*H*,5*H*-benzo[*ij*]quinolizin-9-yl)etenyl]-4*H*-pyran-4-yliden}-propandinitril (ký hiệu viết tắt: DCM2), *N,N,N',N'*-tetrakis(4-metylphenyl)tetraxen-5,11-diamin (ký hiệu viết tắt: p-mPhTD), 7,13-diphenyl-*N,N,N',N'*-tetrakis(4-metylphenyl)-axenaphto[1,2-*a*]-floranthen-3,10-diamin (ký hiệu viết tắt: p-mPhAFD), 2-{2-isopropyl-6-[2-(1,1,7,7-tetrametyl-2,3,6,7-tetrahydro-1*H*,5*H*-benzo[*ij*]-quinolizin-9-yl)etenyl]-4*H*-pyran-4-yliden}propandinitril (ký hiệu viết tắt: DCJTI), 2-{2-*tert*-butyl-6-[2-(1,1,7,7-tetrametyl-2,3,6,7-tetrahydro-1*H*,5*H*-benzo[*ij*]quinolizin-9-yl)etenyl]-4*H*-pyran-4-yliden}propandinitril (ký hiệu viết tắt: DCJTB), 2-(2,6-bis{2-[4-(đimetylaminophenyl)etenyl]-4*H*-pyran-4-yliden)-propandinitril (ký hiệu viết tắt: BisDCM), 2-{2,6-bis[2-(8-metoxi-1,1,7,7-tetrametyl-2,3,6,7-tetrahydro-1*H*,5*H*-benzo[*ij*]quinolizin-9-yl)etenyl]-4*H*-pyran-4-yliden}propandinitril (ký hiệu viết tắt: BisDCJTM), và các chất tương tự.

Ngoài ra, như được mô tả trên đây, tốt hơn nếu hợp chất lân quang được sử dụng làm chất phát sáng để bổ sung vào vùng phát sáng. Điều này là do linh kiện phát ra ánh sáng lân quang thông thường cần có cấu trúc linh kiện đặc biệt bao gồm lớp ngăn chặn lỗ trống hoặc lớp tương tự, và do đó linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế có thể dùng để đơn giản hóa linh kiện phát ra ánh sáng lân quang.

Thêm nữa, để hợp chất lân quang phát sáng hiệu quả với cấu trúc không

đồng nhất thông thường, cần tăng không chỉ năng lượng kích thích ở trạng thái bội ba của chất chủ của lớp phát sáng mà còn cần tăng năng lượng kích thích ở trạng thái bội ba của chất trong lớp vận chuyển lỗ trống và/hoặc lớp vận chuyển electron liền kề với lớp phát sáng (tức là chất trong lớp liền kề với lớp phát sáng). Điều này đặt gánh nặng đáng kể đối với việc phát triển chất dùng cho linh kiện phát sáng. Ngược lại, linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế có ưu điểm là cho phép hợp chất lân quang phát sáng hiệu quả chỉ bằng cách tăng năng lượng kích thích ở trạng thái bội ba của hợp chất hữu cơ thứ nhất. Tất nhiên là cũng trong linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế, chất bẫy lỗ trống và/hoặc chất bẫy electron được bổ sung vào vùng liền kề vùng phát sáng. Tuy nhiên, đây là các chất phụ gia và không tiếp xúc trực tiếp với chất lân quang đã bổ sung vào vùng phát sáng. Vì hiệu suất truyền năng lượng tỷ lệ nghịch với lũy thừa bậc 6 của khoảng cách nói chung, năng lượng không dễ truyền từ chất lân quang sang chất bẫy lỗ trống hoặc chất vận chuyển electron trong cấu trúc của thiết bị theo các phương án của sáng chế. Do đó, các phương án theo sáng chế có thể có đủ lợi thế về khả năng có hiệu suất phát xạ cao của linh kiện phát ra ánh sáng lân quang.

Từ lý do được mô tả trên đây, trong cấu trúc ưu tiên của linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế, chất phát sáng là hợp chất lân quang. Hợp chất lân quang cụ thể là bis[2-(4',6'-diflophenyl)pyridinato-*N,C*^{2'}]iridi(III) tetrakis(1-pyrazolyl)borat (ký hiệu viết tắt: FIr6), bis[2-(4',6'-diflophenyl)-pyridinato-*N,C*^{2'}]iridi(III)picolinat (ký hiệu viết tắt: FIrpic), bis[2-(3',5'-bistriflo- metylphenyl)pyridinato-*N,C*^{2'}]iridi(III)picolinat (ký hiệu viết tắt: Ir(CF₃ppy)₂(pic)), bis[2-(4',6'-diflophenyl)pyridinato-*N,C*^{2'}]iridi(III)-axetylaxetonat (ký hiệu viết tắt: FIracac), tris(2-phenylpyridinato-*N,C*^{2'})iridi(III) (ký hiệu viết tắt: Ir(ppy)₃), bis(2-phenylpyridinato)iridi(III)axetylaxetonato (ký hiệu viết tắt: Ir(ppy)₂(acac)), bis(benzo[*h*]quinolinato)iridi(III)axetylaxetonat (ký hiệu viết tắt: Ir(bzq)₂(acac)), bis(2,4-diphenyl-1,3-oxazolato-*N,C*^{2'})iridi(III)-axetylaxetonat (ký hiệu viết tắt: Ir(dpo)₂(acac)), bis[2-(4'-perflophenylphenyl)

-pyridinato]iriđi(III) axetylaxetonat (ký hiệu viết tắt: Ir(p-PF-ph)₂(acac)), bis(2-phenylbenzothiazolato-*N,C*^{2'})iriđi(III) axetylaxetonat (ký hiệu viết tắt: Ir(bt)₂(acac)), bis[2-(2'-benzo[4,5- α]thienyl)-pyridinato-*N,C*^{3'}]iriđi(III)axetylaxetonat (ký hiệu viết tắt: Ir(btp)₂(acac)), bis(1-phenylisoquinolinato-*N,C*^{2'})-iriđi(III)axetylaxetonat (ký hiệu viết tắt: Ir(piq)₂(acac)), (axetylaxetonato)-bis[2,3-bis(4-flophenyl)quinoxalinato]iriđi(III) (ký hiệu viết tắt: Ir(Fdpq)₂(acac)), (axetylaxetonato)bis(2,3,5-triphenylpyrazinato)iriđi(III) (ký hiệu viết tắt: Ir(tppr)₂(acac)), 2,3,7,8,12,13,17,18-octaetyl-21*H*,23*H*-porphyrin platin(II) (ký hiệu viết tắt: PtOEP), tris(axetylaxetonato)(monophenantrolin)tebi(III) (ký hiệu viết tắt: Tb(acac)₃(Phen)), tris(1,3-điphenyl-1,3-propandionato)(monophenantrolin)-europi(III) (ký hiệu viết tắt: Eu(DBM)₃(Phen)), tris[1-(2-thenoyl)-3,3,3-trifloaxetonato]-(monophenantrolin)europi(III) (ký hiệu viết tắt: Eu(TTA)₃(Phen)), và các chất tương tự.

Lưu ý là khi hợp chất lân quang được dùng làm chất phát sáng, hợp chất hữu cơ thứ nhất cần có mức năng lượng kích thích ở trạng thái bội ba cao. Theo quan điểm này, hợp chất lưỡng cực có dị vòng thơm như được mô tả trên đây là được ưu tiên để làm hợp chất hữu cơ thứ nhất.

Mặc dù không có giới hạn đối với chất bẫy lỗ trống để bổ sung vào vùng vận chuyển lỗ trống, miễn là đặc tính bẫy lỗ trống được thể hiện với hợp chất hữu cơ thứ nhất, chất có điện thế ion hóa thấp (tức là mức HOMO cao) là được ưu tiên. Cụ thể, chất này là 4,4',4''-tris[*N*-(1-naphtyl)-*N*-phenylamino]-triphenylamin (ký hiệu viết tắt: 1'-TNATA), 3-[*N*-(9-phenylcarbazol-3-yl)-*N*-phenyl-amino]-9-phenylcarbazol (ký hiệu viết tắt: PCzPCA1), 4,4',4''-tris-(*N,N*-điphenylamino)-triphenylamin (ký hiệu viết tắt: TDATA), 4,4',4''-tris[*N*-(3-metylphenyl)-*N*-phenylamino]triphenylamin (ký hiệu viết tắt: MTDATA), 1,3,5-tris[*N*-(4-điphenylamino-phenyl)-*N*-phenylamino]benzen (ký hiệu viết tắt: DPA3B), *N,N'*-bis(4-metylphenyl)-*N,N'*-điphenyl-*p*-phenylenđiamin (ký hiệu viết tắt: DTDPPA), 4,4'-bis[*N*-(4-điphenylaminophenyl)-*N*-phenylamino]biphenyl (ký hiệu viết tắt: DPAB), 4,4'-bis(*N*-{4-[*N'*-(3-metyl

-phenyl)-*N'*-phenylamino]phenyl}-*N*-phenylamino)- biphenyl (ký hiệu viết tắt: DNTPD), và các chất tương tự.

Mặc dù không có giới hạn đối với chất bẫy electron để bổ sung vào vùng vận chuyển electron, miễn là đặc tính bẫy electron được thể hiện đối với hợp chất hữu cơ thứ nhất, chất có ái lực electron cao (tức là mức LUMO thấp) là được ưu tiên. Cụ thể, chất này là acridon, cumarin 102, cumarin 6H, cumarin 480D, cumarin 30, *N,N'*-đimetylquinacridon (ký hiệu viết tắt: DMQd), *N,N'*-diphenylquinacridon (ký hiệu viết tắt: DPQd), 9,18-đihydrobenzo[*h*]-benzo[7,8] -quino[2,3-*b*]acridin-7,16-dion (ký hiệu viết tắt: DMNQd-1), 9,18-đimetyl-9,18-đihydro -benzo[*h*]benzo[7,8]quino[2,3- *b*]acridin-7,16-dion (ký hiệu viết tắt: DMNQd-2), cumarin 6, cumarin 545T, cumarin 153, (2-{2-[4-(9*H*-carbazol-9-yl) -phenyl]etenyl}-6-metyl-4*H*- pyran-4-yliden)propan-đinitril (ký hiệu viết tắt: DCMCz), 2-(2-{2-[4-(đimetylaminophenyl]-etenyl}-6-metyl-4*H*-pyran-4-yliden)-propanđinitril (ký hiệu viết tắt: DCM1), 2-{2-metyl-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1*H*,5*H*-benzo[*ij*]quinolizin-9-yl)etenyl]-4*H*-pyran-4-yliden}propanđinitril (ký hiệu viết tắt: DCM2), {2-(1,1-đimetyletyl)-6-[2-(2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetrametyl-1*H*,5*H*-benzo[*ij*]quinolizin-9-yl)etenyl]-4*H*-pyran-4-yliden}propanđinitril (ký hiệu viết tắt: DCJTB), thuốc nhuộm đỏ Nile, 2,3-diphenylquinoxalin (ký hiệu viết tắt: DPQ), 2,3-bis(4-flophenyl)quinoxalin (ký hiệu viết tắt: FDPQ), 2,3-bis(4-triflometylphenyl) -quinoxalin (ký hiệu viết tắt: CF₃-DPQ), 2,3,5,8-tetraphenylquinoxalin (ký hiệu viết tắt: TPQ), 2,3,2',3'-tetraphenyl-6,6'-biquinoxalin (ký hiệu viết tắt: DPQ2), 2,3,2',3'-tetrakis (4-flophenyl)-6,6'-biquinoxalin (ký hiệu viết tắt: FDPQ2), và các chất tương tự.

Đối với anôt, tốt hơn nếu kim loại, hợp kim, hợp chất dẫn điện, hỗn hợp của chúng, hoặc các chất tương tự có công thoát cao (cụ thể, công thoát bằng hoặc cao hơn 4,0eV là được ưu tiên) được sử dụng. Cụ thể, anôt là indi oxit-thiếc oxit (ITO: indium tin oxide), indi oxit-thiếc oxit chứa silic hoặc silic oxit, indi oxit-kẽm oxit (IZO), indi oxit chứa vonfram oxit và kẽm oxit (IWZO),

và các chất tương tự. Các màng oxit kim loại dẫn điện này thường được tạo thành bằng cách phún xạ, nhưng cũng có thể được tạo ra bằng phương pháp in phun, phương pháp phủ quay, hoặc các phương pháp tương tự bằng cách ứng dụng phương pháp sol-gel hoặc phương pháp tương tự. Ví dụ, màng inđi oxit-kẽm oxit (IZO) có thể được tạo ra bằng phương pháp phún xạ sử dụng bia trong đó kẽm oxit được bổ sung vào inđi oxit với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 20% trọng lượng. Màng inđi oxit chứa vonfram oxit và kẽm oxit (IWZO) có thể được tạo ra bằng phương pháp phún xạ sử dụng bia trong đó vonfram oxit với lượng nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5% trọng lượng và kẽm oxit với lượng 0,1 đến 1% trọng lượng được bổ sung vào inđi oxit. Ngoài ra, vàng (Au), platin (Pt), niken (Ni), vonfram (W), crôm (Cr), molybđen (Mo), sắt (Fe), coban (Co), đồng (Cu), paladi (Pd), titan (Ti), nitrua của kim loại (ví dụ, titan nitrua), molybđen oxit, vanadi oxit, ruteni oxit, vonfram oxit, mangan oxit, titan oxit, và các chất tương tự được sử dụng. Ngoài ra, polyme dẫn điện như poly(3,4-etylenđioxythiophen)/poly(axit styrenesulfonic) (PEDOT/PSS) hoặc polyanilin/poly(axit styrenesulfonic) (PAni/PSS) có thể được sử dụng.

Đối với catôt, kim loại, hợp kim, hợp chất dẫn điện, hỗn hợp của chúng, hoặc các chất tương tự có công thoát thấp (cụ thể, công thoát bằng hoặc nhỏ hơn 3,8 eV là được ưu tiên) có thể được sử dụng. Các ví dụ cụ thể của các vật liệu làm catôt này bao gồm các nguyên tố thuộc nhóm 1 và 2 của bảng tuần hoàn, tức là các kim loại kiềm như lithi (Li) và xesi (Cs), các kim loại kiềm thổ như magie (Mg), canxi (Ca), và stronti (Sr), các hợp kim của chúng (ví dụ, MgAg, AlLi), các kim loại đất hiếm như europi (Eu) và ytecbi (Yb), các hợp kim của chúng, và các chất tương tự. Ngoài ra, catôt có thể được tạo ra bằng cách sử dụng nhiều lớp màng mỏng làm bằng hợp chất kim loại kiềm, hợp chất kim loại kiềm thổ, hoặc hợp chất kim loại đất hiếm (ví dụ, lithi florua (LiF), lithi oxit (LiOx), xesi florua (CsF), canxi florua (CaF₂), hoặc ecbi florua (ErF₃)) và màng kim loại như nhôm. Màng kim loại kiềm, kim loại kiềm thổ, hoặc hợp kim chứa nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố này có thể được tạo ra bằng phương pháp bay hơi chân không. Ngoài ra, màng hợp kim chứa kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ

có thể được tạo ra bằng phương pháp phun xạ. Ngoài ra, màng kim loại kìm bằng bột nhão bạc hoặc chất tương tự có thể được tạo ra bằng phương pháp in phun.

Lưu ý là trong linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, ít nhất một trong số anốt và catốt cần có đặc tính truyền ánh sáng. Đặc tính truyền ánh sáng có thể được đảm bảo bằng cách sử dụng vật liệu làm điện cực có đặc tính truyền ánh sáng, như ITO, hoặc bằng cách sử dụng điện cực được làm mỏng.

Bằng cách kết hợp các vật liệu như được mô tả trên đây, linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế có thể được chế tạo. Mặc dù sự phát sáng từ chất phát sáng nêu trên có thể đạt được với linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế, nhưng sự phát ra ánh sáng có màu khác nhau cũng có thể đạt được bằng cách thay đổi chất phát sáng. Cụ thể, bằng cách sử dụng nhiều chất phát sáng phát ra ánh sáng có màu khác nhau để làm chất phát sáng, có thể phát ra ánh sáng có phổ rộng hoặc ánh sáng có màu trắng.

Với linh kiện phát ra ánh sáng màu trắng, có thể chế tạo màn hình đầy đủ màu bằng cách sử dụng các bộ lọc màu. Đặc điểm của kỹ thuật này là tính đơn giản, có thể chế tạo màn hình đầy đủ màu chỉ bằng cách chế tạo linh kiện phát ra ánh sáng màu trắng trên lớp nền. Do đó, linh kiện phát sáng có thể được chế tạo dễ dàng theo một phương án của sáng chế được áp dụng cho linh kiện phát ra ánh sáng màu trắng kết hợp với các bộ lọc màu; do đó, có thể đồng thời đạt được hiệu quả giảm chi phí sản xuất.

Trong cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế có khả năng phát sáng từ nhiều chất phát sáng phát ra ánh sáng có màu khác nhau, vùng phát sáng chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất trong đó có bổ sung tất cả các chất phát sáng phát ra ánh sáng có màu khác nhau có thể được tạo ra, hoặc theo cách khác, nhiều vùng phát sáng trong đó mỗi vùng có bổ sung chất phát sáng có thể được xếp chồng. Ví dụ, khi ba loại chất A, B, và C được sử dụng làm các chất phát sáng phát ra ánh sáng có màu khác nhau, thì cả ba chất A, B, và C này có thể được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất để tạo thành một

vùng phát sáng trong khi nồng độ được điều chỉnh sao cho có thể thu được sự phát sáng từ tất cả các chất A, B, và C. Theo cách khác, vùng phát sáng chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất mà trong đó có bổ sung chất A, vùng phát sáng chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất mà trong đó có bổ sung chất B, và vùng phát sáng chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất mà trong đó có bổ sung chất C có thể được xếp chồng liên tiếp sao cho có thể thu được sự phát sáng từ tất cả các chất A, B, và C.

Nhiều chất phát sáng phát ra ánh sáng có màu khác nhau có thể được chọn từ các hợp chất huỳnh quang và hợp chất lân quang được mô tả trên đây, nếu thích hợp. Ví dụ, bằng cách kết hợp PCBAPA phát ra ánh sáng màu xanh lam và rubren phát ra ánh sáng vàng, có thể thu được sự phát ra ánh sáng màu trắng. Cũng vậy, bằng cách kết hợp $\text{Ir}(\text{CF}_3\text{ppy})_2(\text{pic})$ phát ánh sáng màu xanh lam và $\text{Ir}(\text{btp})_2(\text{acac})$ phát ánh sáng màu đỏ, có thể thu được sự phát ra ánh sáng màu trắng.

Cụ thể, tốt hơn nếu các chất phát sáng phát ra ánh sáng có màu khác nhau bao gồm chất phát sáng phát ra ánh sáng màu đỏ, chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lục, và chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lam. Tốt hơn nếu chất phát sáng phát ra ánh sáng màu đỏ có đỉnh phát sáng nằm trong khoảng từ 580 đến 700nm. Tốt hơn nếu chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lục có đỉnh phát sáng nằm trong khoảng từ 500 đến 540nm. Tốt hơn nếu chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lam có đỉnh phát sáng nằm trong khoảng từ 400 đến 480nm. Ví dụ, bằng cách kết hợp DCJTI phát ra ánh sáng màu đỏ, 2PCAPA phát ra ánh sáng màu xanh lục, và PCBAPA phát ra ánh sáng màu xanh lam, có thể thu được sự phát ra ánh sáng màu trắng.

Để cải thiện hiệu suất phát sáng, tốt hơn nếu các chất phát sáng phát ra ánh sáng có màu khác nhau bao gồm chất phát sáng phát ra ánh sáng màu đỏ, chất phát sáng phát ra ánh sáng màu vàng, chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lục, và chất phát sáng phát ra ánh sáng màu xanh lam. Tốt hơn nếu chất phát sáng phát ra ánh sáng màu vàng có đỉnh phát sáng nằm trong khoảng từ 550 đến 570nm. Ví dụ, có thể kết hợp DCJTI phát ra ánh sáng màu đỏ, rubren phát

ánh sáng vàng, 2PCAPA phát ra ánh sáng màu xanh lục, và PCBAPA phát ra ánh sáng màu xanh lam.

Linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế như được mô tả trên đây có thể được tạo ra trên lớp nền bất kỳ trong số các lớp nền khác nhau. Để làm lớp nền này có thể sử dụng thủy tinh, thạch anh, chất dẻo, tấm kim loại, lá kim loại, hoặc vật liệu tương tự. Khi sự phát sáng của linh kiện phát sáng là từ phía lớp nền, lớp nền có đặc tính truyền ánh sáng có thể được sử dụng. Lưu ý là đối với lớp nền này, vật liệu bất kỳ khác có thể được sử dụng miễn là vật liệu này có thể dùng làm nền trong quá trình chế tạo linh kiện phát sáng.

Hơn nữa, bằng cách tạo thành nhiều linh kiện phát sáng trên lớp nền, có thể chế tạo thiết bị phát sáng ma trận thụ động. Ngoài ra, tranzito kiểu màng mỏng (thin film transistor: TFT) có thể được tạo ra trên lớp nền sao cho có thể chế tạo linh kiện phát sáng trên điện cực được nối điện với TFT. Do đó, có thể chế tạo thiết bị phát sáng ma trận chủ động để kiểm soát sự hoạt động của linh kiện phát sáng bằng TFT. Lưu ý là không có giới hạn đối với cấu trúc của TFT. TFT có cấu trúc kiểu so le hoặc loại so le ngược có thể được sử dụng. Ngoài ra, có thể tạo mạch kích thích trên lớp nền của TFT bằng cách sử dụng cả TFT kiểu N và kiểu P, hoặc sử dụng TFT kiểu N hoặc TFT kiểu P. Ngoài ra, không có giới hạn đối với độ kết tinh của màng bán dẫn dùng cho TFT. Màng bán dẫn vô định hình hoặc màng bán dẫn tinh thể đều có thể sử dụng cho TFT. Ngoài ra, có thể sử dụng màng bán dẫn tinh thể đơn. Màng bán dẫn tinh thể đơn có thể được tạo ra bằng phương pháp Smart Cut (đã được đăng ký nhãn hiệu) hoặc các phương pháp tương tự.

Tiếp theo, phương pháp chế tạo linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế được mô tả. Đối với phương pháp chế tạo, phương pháp như phương pháp bay hơi chân không được mô tả trên đây là được ưu tiên. Đó là vì trong màng hợp chất hữu cơ của linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế, hợp chất hữu cơ thứ nhất là thành phần chính (chất nền) của toàn bộ vùng phát sáng, vùng vận chuyển lỗ trống, và vùng vận chuyển electron, và các

vùng tương tự, và phương pháp khô cho phép dễ dàng tạo thành mỗi vùng riêng rẽ. Từ quan điểm này, tốt hơn nếu hợp chất hữu cơ thứ nhất là hợp chất có trọng lượng phân tử thấp.

Tuy nhiên, phương pháp bất kỳ trong số rất nhiều phương pháp khác nhau có thể được sử dụng để chế tạo linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế mà không quan tâm đến phương pháp khô hay phương pháp ướt. Ví dụ điển hình về phương pháp ướt bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, phương pháp in phun, phương pháp phủ quay, và các phương pháp tương tự.

Phương án 2

Theo phương án 2, cấu trúc khác theo một phương án của sáng chế thu được bằng cách phát triển cấu trúc cơ bản bộc lộ trong phương án 1 sẽ được mô tả dựa vào các hình vẽ Fig.4A và Fig.4B và Fig.5.

Các hình vẽ Fig.4A và Fig.4B và Fig.5 minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế bao gồm màng hợp chất hữu cơ 103 chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất giữa anốt 101 và catốt 102; màng hợp chất hữu cơ 103 được tiếp xúc với anốt 101 và với catốt 102. Do đó, màng hợp chất hữu cơ 103 bao gồm vùng phát sáng trong đó có bổ sung chất phát sáng và còn bao gồm vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống và/hoặc vùng vận chuyển electron trong đó có bổ sung chất bẫy electron. Cấu trúc gồm các vùng phát sáng, vùng vận chuyển lỗ trống, và vùng vận chuyển electron này là như được bộc lộ trong phương án 1.

Trong linh kiện phát sáng theo phương án 2, mặt phân cách trong đó điện cực và màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với nhau được cải tiến hơn so với trong linh kiện phát sáng được bộc lộ trong phương án 1. Sau đây, linh kiện phát sáng này được mô tả dựa vào các hình vẽ Fig.4A và Fig.4B và Fig.5.

Fig.4A minh họa linh kiện phát sáng dựa trên linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế được bộc lộ trong phương án 1, trong đó vùng 114 trong đó có bổ sung chất nhận electron (sau đây được gọi là vùng phun lỗ trống 114)

còn được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anốt 101. Thông thường, khi hợp chất hữu cơ thứ nhất có mặt trong màng hợp chất hữu cơ 103 có điện thế ion hóa cao (mức HOMO thấp), thì khó phun lỗ trống từ anốt 101 đến màng hợp chất hữu cơ 103. Tuy nhiên, vấn đề này có thể được giải quyết bằng cách tạo ra vùng phun lỗ trống 114 như được minh họa trên Fig.4A sao cho phức chất truyền điện tích được tạo ra trong hợp chất hữu cơ thứ nhất để làm giảm sự cản trở phun lỗ trống. Do đó, cấu trúc thể hiện trên Fig.4A là hiệu quả khi điện thế ion hóa của hợp chất hữu cơ thứ nhất là cao (mức HOMO thấp).

Mặt khác, Fig.4B minh họa linh kiện phát sáng dựa trên linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế được bộc lộ trong phương án 1, trong đó vùng 115 trong đó có bổ sung chất cho electron (sau đây được gọi là vùng phun electron 115) được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catốt 102. Thông thường, khi hợp chất hữu cơ thứ nhất có mặt trong màng hợp chất hữu cơ 103 có ái lực electron thấp (mức LUMO cao), thì khó phun electron từ catốt 102 đến màng hợp chất hữu cơ 103. Tuy nhiên, vấn đề này có thể được giải quyết bằng cách tạo ra vùng phun electron 115 như được minh họa trên Fig.4B sao cho phức chất truyền điện tích được tạo ra trong hợp chất hữu cơ thứ nhất để làm giảm sự cản trở phun electron. Do đó, cấu trúc thể hiện trên Fig.4B là hiệu quả khi ái lực electron của hợp chất hữu cơ thứ nhất thấp (mức LUMO cao).

Cấu trúc linh kiện được minh họa trên Fig.5 là ví dụ được ưu tiên hơn nữa. Fig.5 minh họa linh kiện phát sáng dựa trên linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế được bộc lộ trong phương án 1, trong đó chất nhận electron được bổ sung vào vùng mà ở đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anốt 101 (tức là vùng phun lỗ trống 114 được tạo thành), và chất cho electron được bổ sung vào vùng mà ở đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catốt 102 (tức là vùng phun electron 115 được tạo thành). Theo phần mô tả trên đây, cấu trúc thể hiện trên Fig.5 là hiệu quả khi điện thế ion hóa của hợp chất hữu cơ thứ nhất có mặt trong màng hợp chất hữu cơ 103 là cao (mức HOMO là thấp) và

ái lực electron của hợp chất hữu cơ thứ nhất là thấp (mức LUMO là cao). Nghĩa là, cấu trúc linh kiện như được minh họa trên Fig.5 là rất hữu dụng khi khe năng lượng của hợp chất hữu cơ thứ nhất là lớn.

Do đó, cấu trúc thể hiện trên Fig.5 được cho là hữu dụng khi ánh sáng có màu có năng lượng cao, như xanh lam, hoặc trắng được phát ra. Hơn nữa, vì hợp chất hữu cơ thứ nhất cần có khe năng lượng lớn khi chất phát sáng là hợp chất lân quang nên cấu trúc linh kiện thể hiện trên Fig.5 là hữu dụng.

Đối với các cấu trúc linh kiện được minh họa trên các hình vẽ Fig.4A và Fig.4B và Fig.5, ví dụ về chất nhận electron bao gồm các hợp chất hữu cơ như 7,7,8,8-tetraxyno-2,3,5,6-tetrafloquinoximetan (ký hiệu viết tắt: F₄-TCNQ) và cloranil và các oxit kim loại chuyển tiếp. Ví dụ khác về chúng là các oxit của các kim loại thuộc nhóm 4 đến nhóm 8 của bảng tuần hoàn. Cụ thể, vanadi oxit, niobi oxit, tantan oxit, crôm oxit, molybden oxit, vonfram oxit, mangan oxit, và reni oxit là ưu tiên vì các đặc tính nhận electron của chúng là cao. Trong số này, molybden oxit là đặc biệt ưu tiên vì nó bền trong không khí và tính chất hút ẩm của nó là thấp, do đó nó có thể được xử lý dễ dàng.

Ngoài ra, ví dụ về chất cho electron bao gồm các hợp chất hữu cơ như tetrathianaphthaxen (ký hiệu viết tắt: TTN), nikeloxen, và decametylnikeloxen; các kim loại kiềm như lithi (Li) và xesi (Cs), kim loại kiềm thổ như magie (Mg), canxi (Ca), và stronti (Sr), và các hợp kim của chúng (ví dụ, MgAg, AlLi). Theo cách khác, có thể sử dụng hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất kim loại kiềm (ví dụ, lithi oxit (LiOx)), hợp chất kim loại kiềm thổ, hoặc hợp chất kim loại hiếm.

Lưu ý là vùng phun lỗ trống 114 được minh họa trên mỗi hình vẽ Fig.4A và Fig.5 có thể được tạo ra bằng cách bay hơi đồng thời hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất nhận electron được mô tả trên đây. Ngoài ra, vùng phun electron 115 được minh họa trên mỗi hình vẽ Fig.4B và Fig.5 có thể được tạo ra bằng cách bay hơi đồng thời hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất cho electron được mô tả trên đây.

Ở đây, đặc điểm của cấu trúc như được minh họa trên hình vẽ Fig.4A hoặc Fig.5 là chất bất kỳ trong số các kim loại, hợp kim, hợp chất dẫn điện, hỗn hợp của chúng, hoặc các chất tương tự có thể được sử dụng đối với anốt 101 mà không quan tâm đến công thoát. Các vật liệu dùng cho anốt 101 được đưa ra theo phương án 1 có thể được sử dụng, và theo cách khác, nhôm (Al), bạc (Ag), hợp kim chứa nhôm (ví dụ, AlSi), hoặc chất tương tự có thể được sử dụng. Chất bất kỳ trong số các chất sau đây có công thoát thấp đều có thể được sử dụng: các nguyên tố thuộc nhóm 1 và 2 của bảng tuần hoàn, tức là các kim loại kiềm như lithi (Li) và xesi (Cs), kim loại kiềm thổ như magie (Mg), canxi (Ca), và stronti (Sr), các hợp kim của chúng (ví dụ, MgAg, AlLi), các kim loại đất hiếm như europi (Eu) và ytecbi (Yb), các hợp kim của chúng, và các chất tương tự. Màng kim loại kiềm, kim loại kiềm thổ, hoặc hợp kim chứa nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố này có thể được tạo ra bằng phương pháp bay hơi chân không. Ngoài ra, màng hợp kim chứa kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ có thể được tạo ra bằng phương pháp phún xạ. Ngoài ra, màng được tạo thành từ bột nhão bạc hoặc chất tương tự có thể được tạo ra bằng phương pháp in phun.

Hơn nữa, trong cấu trúc như được minh họa trên hình vẽ Fig.4B và Fig.5, đối với lớp tiếp xúc với catốt 102, có thể sử dụng chất bất kỳ trong số các chất dẫn điện như Al, Ag, ITO, và indi oxit-thiếc oxit chứa silic hoặc silic oxit, không quan tâm đến công thoát. Màng làm bằng các chất dẫn điện này có thể được tạo ra bằng phương pháp phún xạ, phương pháp in phun, phương pháp phủ quay, hoặc các phương pháp tương tự.

Lưu ý là phương án 2 có thể được kết hợp với phương án bất kỳ khác nếu thích hợp.

Phương án 3

Theo phương án 3, cấu trúc khác theo một phương án của sáng chế đạt được bằng cách phát triển cấu trúc cơ bản bộc lộ trong phương án 1 sẽ được mô tả dựa vào các hình vẽ Fig.6A và Fig.6B và Fig.7.

Các hình vẽ Fig.6A và Fig.6B và Fig.7 minh họa linh kiện phát sáng theo

phương án của sáng chế bao gồm màng hợp chất hữu cơ 103 chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất giữa anốt 101 và catốt 102, trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 được tiếp xúc với anốt 101 và với catốt 102. Do đó, màng hợp chất hữu cơ 103 bao gồm vùng phát sáng trong đó có bổ sung chất phát sáng và còn bao gồm vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống và/hoặc vùng vận chuyển electron trong đó có bổ sung chất bẫy electron. Các cấu trúc gồm vùng phát sáng, vùng vận chuyển lỗ trống, và vùng vận chuyển electron này là tương tự như được bộc lộ trong phương án 1.

Trong linh kiện phát sáng theo phương án 3, mặt phân cách trong đó điện cực và màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với nhau được cải tiến hơn so với trong linh kiện phát sáng được bộc lộ trong phương án 1. Sau đây, linh kiện phát sáng này được mô tả dựa vào các hình vẽ Fig.6A và Fig.6B và Fig.7.

Fig.6A minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế được bộc lộ trong phương án 1, trong đó vùng tạo điện tích 116 được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anốt 101. Vùng tạo điện tích 116 bao gồm vùng kiểu N 116b trong đó chất cho electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất và vùng kiểu P 116a trong đó chất nhận electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất. Vùng kiểu N 116b nằm giữa vùng kiểu P 116a và anốt 101.

Thông thường, khi hợp chất hữu cơ thứ nhất có mặt trong màng hợp chất hữu cơ 103 có điện thế ion hóa cao (mức HOMO thấp), các lỗ trống khó phun từ anốt 101 đến màng hợp chất hữu cơ 103. Tuy nhiên, với vùng tạo điện tích 116 như được thể hiện trong Fig.6A, vì các electron và lỗ trống được tạo ra trong vùng tạo điện tích 116 và lần lượt được chuyển đến anốt 101 và catốt 102 khi đặt điện áp vào đó, nên sự cản trở phun lỗ trống từ anốt 101 đến màng hợp chất hữu cơ 103 có thể giảm đi. Do đó, cấu trúc thể hiện trên Fig.6A là hữu hiệu khi điện thế ion hóa của hợp chất hữu cơ thứ nhất là cao (mức HOMO là thấp).

Mặt khác, Fig.6B minh họa linh kiện phát sáng dựa trên linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế được bộc lộ trong phương án 1, trong đó vùng

tạo điện tích 117 được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catôt 102. Vùng tạo điện tích 117 bao gồm vùng kiểu N 117b trong đó chất cho electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất và vùng kiểu P 117a trong đó chất nhận electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất. Vùng kiểu P 117a nằm giữa vùng kiểu N 117b và catôt 102.

Thông thường, khi hợp chất hữu cơ thứ nhất có mặt trong màng hợp chất hữu cơ 103 có ái lực electron thấp (mức LUMO cao), các electron khó phun từ catôt 102 đến màng hợp chất hữu cơ 103. Tuy nhiên, với vùng tạo điện tích 117 như được thể hiện trên Fig.6B, vì các electron và lỗ trống được tạo ra trong vùng tạo điện tích 117 và được chuyển lần lượt đến anôt 101 và catôt 102 khi đặt điện áp vào đó, nên sự cản trở phun electron từ catôt 102 đến màng hợp chất hữu cơ 103 có thể giảm đi. Do đó, cấu trúc thể hiện trên Fig.6B là hữu hiệu khi ái lực electron của hợp chất hữu cơ thứ nhất là thấp (mức LUMO là cao).

Cấu trúc linh kiện được minh họa trên Fig.7 là ví dụ được ưu tiên hơn nữa. Fig.7 minh họa linh kiện phát sáng dựa trên linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế được bộc lộ trong phương án 1, trong đó vùng tạo điện tích thứ nhất 116 được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anôt 101, và vùng tạo điện tích thứ hai 117 được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catôt 102. Theo phần mô tả trên đây, cấu trúc thể hiện trên Fig.7 là hữu hiệu khi điện thế ion hóa của hợp chất hữu cơ thứ nhất có mặt trong màng hợp chất hữu cơ 103 là cao (mức HOMO là thấp) và ái lực electron của hợp chất hữu cơ thứ nhất là thấp (mức LUMO là cao). Nghĩa là, cấu trúc linh kiện như được minh họa trên Fig.7 là rất hữu dụng khi khe năng lượng của hợp chất hữu cơ thứ nhất là lớn.

Do đó, cấu trúc thể hiện trên Fig.7 là hữu dụng khi ánh sáng có màu có năng lượng cao, như xanh lam, hoặc trắng được phát ra. Hơn nữa, vì hợp chất hữu cơ thứ nhất cần có khe năng lượng lớn khi chất phát sáng là hợp chất lân quang, nên cấu trúc linh kiện thể hiện trên Fig.7 là hữu dụng.

Ngoài ra, trong cấu trúc như được minh họa trên Fig.7, các vùng tạo điện

tích có cấu trúc giống nhau có thể được tạo ra ở cả vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anôt 101 và vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catôt 102. Vùng tạo điện tích thứ nhất 116 cung cấp các lỗ trống cho vùng phát sáng của linh kiện phát sáng, và vùng tạo điện tích thứ hai 117 cung cấp các electron cho vùng phát sáng. Khi vùng tạo điện tích thứ nhất và vùng tạo điện tích thứ hai có cấu trúc giống nhau, trạng thái cân bằng của nguồn cung hạt tải không thay đổi theo thời gian. Thậm chí nếu vùng tạo điện tích thứ nhất bị giảm chất lượng dần thì vùng tạo điện tích thứ hai cũng bị giảm chất lượng ở cùng mức độ; do đó, trạng thái cân bằng nguồn cung giữa các lỗ trống và các electron đối với vùng phát sáng là không dễ dàng mất đi. Do đó, cấu trúc này cho phép tăng thời hạn sử dụng của linh kiện.

Lưu ý là các cấu trúc cụ thể chứa chất nhận electron, chất cho electron, anôt, và catôt có thể giống như các cấu trúc được bộc lộ trong phương án 2.

Lưu ý là phương án 3 có thể được kết hợp với phương án bất kỳ khác nếu thích hợp.

Phương án 4

Theo phương án 4, cấu trúc khác theo một phương án của sáng chế thu được bằng cách phát triển cấu trúc cơ bản được bộc lộ trong phương án 1 sẽ được mô tả dựa vào các hình vẽ Fig.8A và Fig.8B.

Mỗi hình vẽ Fig.8A và Fig.8B minh họa linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế bao gồm màng hợp chất hữu cơ 103 chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất giữa anôt 101 và catôt 102, và màng hợp chất hữu cơ 103 này được tiếp xúc với anôt 101 và với catôt 102. Do đó, màng hợp chất hữu cơ 103 bao gồm vùng phát sáng trong đó có bổ sung chất phát sáng và còn bao gồm vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống và/hoặc vùng vận chuyển electron trong đó có bổ sung chất bẫy electron. Các cấu trúc gồm các vùng phát sáng, vùng vận chuyển lỗ trống, và vùng vận chuyển electron này là tương tự như các cấu trúc được bộc lộ trong phương án 1.

Trong linh kiện phát sáng theo phương án 4, mặt phân cách mà ở đó điện cực và màng hợp chất hữu cơ tiếp xúc với nhau được cải tiến hơn so với trong linh kiện phát sáng được bộc lộ trong phương án 1. Sau đây, linh kiện phát sáng này được mô tả dựa vào các hình vẽ Fig.8A và Fig.8B.

Fig.8A minh họa linh kiện phát sáng dựa trên linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế được bộc lộ trong phương án 1, trong đó vùng phun lỗ trống 114 trong đó có bổ sung chất nhận electron được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anốt 101, và vùng tạo điện tích 117 được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catốt 102. Vùng tạo điện tích 117 bao gồm vùng kiểu N 117b trong đó chất cho electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất và vùng kiểu P 117a trong đó chất nhận electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất. Vùng kiểu P 117a nằm giữa vùng kiểu N 117b và catốt 102.

Các đặc điểm của vùng phun lỗ trống 114 là như được mô tả trong phương án 2. Ngoài ra, các đặc điểm của vùng tạo điện tích 117 là như được mô tả trong phương án 3. Do đó, cấu trúc như được thể hiện trên Fig.8A được cho là hữu hiệu khi điện thế ion hóa của hợp chất hữu cơ thứ nhất có mặt trong màng hợp chất hữu cơ 103 là cao (mức HOMO là thấp) và ái lực electron của hợp chất hữu cơ thứ nhất là thấp (mức LUMO là cao). Nghĩa là, cấu trúc linh kiện như được minh họa trên Fig.8A là rất hữu hiệu khi khe năng lượng của hợp chất hữu cơ thứ nhất là lớn.

Do đó, cấu trúc thể hiện trên Fig.8A là hữu dụng khi ánh sáng có màu có năng lượng cao, như xanh lam, hoặc trắng được phát ra. Ngoài ra, vì hợp chất hữu cơ thứ nhất cần có khe năng lượng lớn khi chất phát sáng là hợp chất lân quang nên cấu trúc linh kiện thể hiện trên Fig.8A là hữu dụng.

Mặt khác, Fig.8B minh họa linh kiện phát sáng dựa trên linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế được bộc lộ trong phương án 1, trong đó vùng tạo điện tích 116 được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anốt 101, và vùng phun electron 115 trong đó có bổ sung chất cho

electron được tạo ra trong vùng trong đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catôt 102. Vùng tạo điện tích 116 bao gồm vùng kiểu N 116b trong đó chất cho electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất và vùng kiểu P 116a trong đó chất nhận electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất. Vùng kiểu N 116b nằm giữa vùng kiểu P 116a và anôt 101.

Các đặc điểm của vùng tạo điện tích 116 là như được mô tả trong phương án 3. Ngoài ra, các đặc điểm của vùng phun electron 115 là như được mô tả trong phương án 2. Do đó, cấu trúc như được thể hiện trên Fig.8B được cho là hữu hiệu khi điện thế ion hóa của hợp chất hữu cơ thứ nhất có mặt trong màng hợp chất hữu cơ 103 là cao (mức HOMO là thấp) và ái lực electron của hợp chất hữu cơ thứ nhất là thấp (mức LUMO là cao). Nghĩa là, cấu trúc linh kiện như được minh họa trên Fig.8B là rất hữu hiệu khi khe năng lượng của hợp chất hữu cơ thứ nhất là lớn.

Do đó, cấu trúc thể hiện trên Fig.8B là hữu dụng khi ánh sáng có màu có năng lượng cao, như xanh lam, hoặc trắng được phát ra. Ngoài ra, vì hợp chất hữu cơ thứ nhất cần có khe năng lượng lớn khi chất phát sáng là hợp chất lân quang, cấu trúc linh kiện thể hiện trên Fig.8B là hữu dụng.

Ở đây, đặc điểm của cấu trúc linh kiện như được thể hiện trên mỗi hình vẽ Fig.8A và Fig.8B là ở chỗ cấu trúc giống nhau có thể được áp dụng cho mặt phân cách mà ở đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anôt 101 và mặt phân cách mà ở đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catôt 102. Trên Fig.8A, mặt phân cách mà ở đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anôt 101 là vùng phun lỗ trống 114, và mặt phân cách mà ở đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catôt 102 là vùng kiểu P 117a. Cả hai mặt phân cách đều có cấu trúc trong đó chất nhận electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ nhất. Tương tự, trên Fig.8B, mặt phân cách mà ở đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với anôt 101 là vùng kiểu N 116b, và mặt phân cách mà ở đó màng hợp chất hữu cơ 103 tiếp xúc với catôt 102 là vùng phun electron 115. Cả hai mặt phân cách đều có cấu trúc trong đó chất cho electron được bổ sung vào hợp chất hữu cơ thứ

nhất.

Nói cách khác, cả hai đầu (cả hai mặt) của màng hợp chất hữu cơ 103 đều có thể chứa cùng một vật liệu. Do đó, đặc điểm khác của linh kiện theo phương án 4 là ở chỗ áp lực ở mặt phân cách giữa màng hợp chất hữu cơ 103 và anôt và áp lực ở mặt phân cách giữa màng hợp chất hữu cơ 103 và catôt có thể được điều chỉnh ở trạng thái giống nhau hoặc gần giống nhau. Điều này có thể làm tăng độ bền của màng hợp chất hữu cơ.

Lưu ý là các cấu trúc cụ thể của chất nhận electron, chất cho electron, anôt, và catôt có thể tương tự như các cấu trúc được bộc lộ trong phương án 2.

Lưu ý là phương án 4 có thể được kết hợp với phương án bất kỳ khác nếu thích hợp.

Phương án 5

Theo phương án 5, linh kiện phát sáng kiểu nối tiếp trong đó nhiều màng hợp chất hữu cơ theo phương án của sáng chế như được mô tả trong các phương án từ 1 đến 4 được xếp chồng sao cho hiệu suất phát xạ và thời hạn sử dụng được cải thiện hơn nữa sẽ được mô tả dựa vào Fig.9.

Fig.9 minh họa ví dụ về linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế sử dụng cấu trúc nối tiếp. Giữa anôt 101 và catôt 102, hai màng hợp chất hữu cơ như được minh họa trên Fig.5 của phương án 2 (tức là màng hợp chất hữu cơ thứ nhất 103-1 và màng hợp chất hữu cơ thứ hai 103-2) được xếp chồng lên nhau. Như rõ ràng từ sự so sánh với Fig.5, màng hợp chất hữu cơ thứ nhất 103-1 bao gồm vùng phun lỗ trống 114-1 trong đó có bổ sung chất nhận electron và vùng phun electron 115-1 trong đó có bổ sung chất cho electron. Tương tự, màng hợp chất hữu cơ thứ hai 103-2 bao gồm vùng phun lỗ trống 114-2 trong đó có bổ sung chất nhận electron và vùng phun electron 115-2 trong đó có bổ sung chất cho electron. Lưu ý là mỗi màng trong số các màng hợp chất hữu cơ 103-1 và 103-2 bao gồm vùng phát sáng trong đó có bổ sung chất phát sáng, và còn bao gồm vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống và/hoặc

vùng vận chuyển electron trong đó có bổ sung chất bẫy electron. Các cấu trúc của vùng phát sáng, vùng vận chuyển lỗ trống, và vùng vận chuyển electron là như được mô tả trong phương án 1.

Trong cấu trúc thể hiện trên Fig.9, trong phân mà ở đó màng hợp chất hữu cơ thứ nhất 103-1 và màng hợp chất hữu cơ thứ hai 103-2 tiếp xúc với nhau, vùng phun electron 115-1 trong đó có bổ sung chất cho electron và vùng phun lỗ trống 114-2 trong đó có bổ sung chất nhận electron được xếp chồng theo thứ tự này theo chiều từ anôt 101 đến catôt 102. Cấu trúc xếp chồng này hoạt động như vùng tạo điện tích như được minh họa trên Fig.9. Do đó, các hạt tải kết hợp lại trong cả vùng phát sáng của màng hợp chất hữu cơ thứ nhất và vùng phát sáng của màng hợp chất hữu cơ thứ hai. Nói cách khác, với cùng dòng điện chạy qua, nói chung có thể đạt được cường độ sáng gấp đôi cường độ sáng của linh kiện phát sáng được mô tả trong phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 4.

Ngoài ra, điều quan trọng là linh kiện kiểu nối tiếp này thậm chí có thể được chế tạo rất đơn giản bằng cách sử dụng cấu trúc theo một phương án của sáng chế. Như được minh họa trên Fig.9, vì mỗi màng trong số hai màng hợp chất hữu cơ này (103-1 và 103-2) có thể được tạo ra bằng cách sử dụng hợp chất hữu cơ thứ nhất làm thành phần chính (chất nền) và được xếp chồng nên linh kiện này có thể được chế tạo chỉ bằng cách điều chỉnh chất phụ gia.

Lưu ý là mặc dù linh kiện kiểu nối tiếp có hai màng hợp chất hữu cơ được mô tả trong phương án 5, nhưng linh kiện phát sáng trong đó ba hoặc nhiều màng hợp chất hữu cơ được xếp chồng cũng có thể được áp dụng tương tự. Bằng cách áp dụng phương án 5, có thể chế tạo một cách đơn giản linh kiện phát sáng kiểu nối tiếp có thể phát sáng với cường độ sáng cao trong khi mật độ dòng điện được giữ ở mức thấp để có thời hạn sử dụng dài. Hơn nữa, có thể thu được thiết bị phát sáng có mức tiêu thụ năng lượng thấp. Đặc điểm này là có lợi khi áp dụng đối với thiết bị chiếu sáng.

Hơn nữa, có thể tạo thành các màng hợp chất hữu cơ để phát ra ánh sáng có màu khác nhau. Ví dụ, bằng cách chế tạo linh kiện phát sáng như được minh

họa trên Fig.9 sao cho màu phát ra của màng hợp chất hữu cơ thứ nhất 103-1 và màu phát ra của màng hợp chất hữu cơ thứ hai 103-2 là bổ sung cho nhau, linh kiện phát sáng có thể phát ra ánh sáng màu trắng. Lưu ý là "các màu bổ sung" được dùng để chỉ các màu có thể tạo ra màu không sắc khi được trộn lẫn. Nói cách khác, khi ánh sáng được phát ra từ các chất phát ra ánh sáng có màu bổ sung được trộn lẫn thì có thể thu được sự phát ra ánh sáng màu trắng. Hơn nữa, điều này có thể được áp dụng cho linh kiện phát sáng có ba màng hợp chất hữu cơ. Ví dụ, linh kiện phát sáng có thể phát ra ánh sáng màu trắng khi màng hợp chất hữu cơ thứ nhất phát ra ánh sáng màu đỏ, màng hợp chất hữu cơ thứ hai phát ra ánh sáng màu xanh lá, và màng hợp chất hữu cơ thứ ba phát ra ánh sáng màu xanh lam.

Lưu ý là phương án 5 có thể được kết hợp với phương án bất kỳ khác nếu thích hợp.

Phương án 6

Theo phương án 6, thiết bị phát sáng có linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả.

Theo phương án 6, thiết bị phát sáng bao gồm linh kiện phát sáng theo các phương án của sáng chế có phần điểm ảnh được mô tả dựa vào các hình vẽ Fig.10A và Fig.10B. Lưu ý là Fig.10A là hình chiếu bằng minh họa thiết bị phát sáng và Fig.10B là hình vẽ mặt cắt ngang của Fig.10A được cắt theo các đường A-A' và B-B'. Thiết bị phát sáng này bao gồm phần mạch kích thích (mạch kích thích phía nguồn) 601, phần điểm ảnh 602, và phần mạch kích thích (mạch kích thích phía cổng) 603, được thể hiện bằng đường chấm chấm, để kiểm soát sự phát sáng của linh kiện phát sáng. Ngoài ra, số chỉ dẫn 604 biểu thị nền để gắn, số chỉ dẫn 605 biểu thị chất gắn, và số chỉ dẫn 607 biểu thị khoảng không được bao quanh chất gắn 605.

Lưu ý là dây dẫn 608 là dây truyền các tín hiệu là đầu vào của mạch kích thích phía nguồn 601 và mạch kích thích phía cổng 603. Dây dẫn 608 nhận các tín hiệu hình ảnh, các tín hiệu đồng hồ, các tín hiệu khởi động, các tín hiệu khởi

động lại, và các tín hiệu tương tự từ mạch in mềm (flexible printed circuit: FPC) 609 đóng vai trò như là đầu vào của các tín hiệu từ bên ngoài. Lưu ý là mặc dù chỉ có FPC được minh họa ở đây, nhưng FPC này có thể có bảng mạch in (printed wiring board: PWB). Thiết bị phát sáng theo bản mô tả này bao gồm không chỉ bản thân thiết bị phát sáng mà còn bao gồm cả thiết bị phát sáng được gắn với FPC hoặc PWB.

Tiếp theo, cấu trúc mặt cắt ngang được mô tả dựa vào Fig.10B. Các phần mạch kích thích và phần điểm ảnh được tạo ra trên nền lắp linh kiện 610, nhưng chỉ mạch kích thích phía nguồn 601 là phần mạch kích thích và một điểm ảnh trong phần điểm ảnh 602 được minh họa trên Fig.10B.

Lưu ý là mạch CMOS là tổ hợp của TFT 623 n kênh và TFT 624 p kênh được tạo ra ở dạng mạch kích thích phía nguồn 601. Tuy nhiên, mạch kích thích này có thể được tạo ra bằng cách sử dụng các mạch khác nhau như mạch CMOS, mạch PMOS, hoặc mạch NMOS. Hơn nữa, mặc dù kiểu tích hợp mạch kích thích trong đó mạch kích thích được tạo ra trên nền có phần điểm ảnh được mô tả trong phương án 6, phương án này theo sáng chế không chỉ giới hạn ở kiểu này, và mạch kích thích có thể được tạo ra bên ngoài nền này.

Phần điểm ảnh 602 bao gồm nhiều điểm ảnh, mỗi điểm ảnh có TFT chuyển mạch 611, TFT kiểm soát dòng 612, và điện cực thứ nhất 613 được nối điện với điện cực máng của TFT kiểm soát dòng 612. Lưu ý là lớp cách điện 614 được tạo ra để che phủ phần đầu của điện cực thứ nhất 613. Ở đây, màng nhựa acrylic nhạy quang dương được dùng để tạo ra lớp cách điện 614.

Để cải thiện tác dụng che phủ, lớp cách điện 614 được tạo ra sao cho hoặc phần đầu trên hoặc phần đầu dưới của lớp cách điện 614 có bề mặt cong với độ cong nhất định. Ví dụ, khi acrylic nhạy quang dương được dùng làm vật liệu để làm lớp cách điện 614, tốt hơn nếu chỉ phần đầu trên của lớp cách điện 614 có bề mặt cong với bán kính cong (nằm trong khoảng từ 0,2 đến 3 μ m). Ngoài ra, lớp cách điện 614 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng chất nhạy quang âm, chất này sẽ trở nên không tan trong chất để khắc khi chiếu sáng hoặc

chất nhạy quang dương, chất này sẽ trở nên tan trong chất để khắc khi chiếu sáng.

Trên điện cực thứ nhất 613, màng hợp chất hữu cơ 616 và điện cực thứ hai 617 được tạo ra. Ở đây, đối với vật liệu được dùng cho điện cực thứ nhất 613, vật liệu bất kỳ trong số nhiều kim loại, hợp kim, hợp chất dẫn điện, hoặc hỗn hợp của chúng có thể được sử dụng. Trong số các vật liệu này, tốt hơn nếu kim loại, hợp kim, hợp chất dẫn điện, hỗn hợp của chúng, hoặc các vật liệu tương tự có công thoát cao (tốt hơn là công thoát bằng hoặc cao hơn 4,0eV) được sử dụng khi điện cực thứ nhất này được dùng làm anốt. Ví dụ, có thể sử dụng màng đơn lớp inđi oxit-thiếc oxit, màng chứa silic, màng inđi oxit-kẽm oxit, màng titan nitrua, màng crôm, màng vonfram, màng Zn, màng Pt, hoặc các màng tương tự, hoặc màng nhiều lớp gồm màng titan nitrua và màng chứa nhôm làm thành phần chính; hoặc màng có cấu trúc ba lớp gồm màng titan nitrua, màng chứa nhôm làm thành phần chính, và màng titan nitrua. Lưu ý là với cấu trúc nhiều lớp, điện cực thứ nhất 613 có điện trở thấp như là dây dẫn, tạo thành vùng tiếp xúc thuận trở có lợi, và có thể hoạt động như anốt.

Ngoài ra, màng hợp chất hữu cơ 616 được tạo ra bằng nhiều phương pháp khác nhau như phương pháp bay hơi sử dụng màng che bay hơi, phương pháp in phun, phương pháp phủ quay, hoặc các phương pháp tương tự. Màng hợp chất hữu cơ 616 có cấu trúc bất kỳ trong số các cấu trúc như được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5. Ngoài ra, để làm chất trong màng hợp chất hữu cơ 616, hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất có trọng lượng phân tử thấp, các hợp chất có trọng lượng phân tử cao, oligome, hoặc dendrime có thể được sử dụng. Chất được dùng cho màng hợp chất hữu cơ không chỉ giới hạn ở hợp chất hữu cơ và có thể là hợp chất vô cơ.

Để làm vật liệu dùng cho điện cực thứ hai 617, vật liệu bất kỳ trong số các kim loại, hợp kim, hợp chất dẫn điện, hỗn hợp của chúng, hoặc các vật liệu tương tự có thể được sử dụng. Trong số các vật liệu này, tốt hơn nếu kim loại, hợp kim, hợp chất dẫn điện, hỗn hợp của chúng, hoặc các vật liệu tương tự có

công thoát thấp (tốt hơn là công thoát bằng hoặc thấp hơn 3,8eV) được sử dụng khi điện cực thứ hai được dùng làm catốt. Ví dụ, các nguyên tố thuộc Nhóm 1 và Nhóm 2 của bảng tuần hoàn, tức là, các kim loại kiềm như lithi (Li) và xesi (Cs), kim loại kiềm thổ như magie (Mg), canxi (Ca), và stronti (Sr), các hợp kim của chúng (ví dụ, MgAg, AlLi), và các nguyên tố tương tự được sử dụng. Lưu ý rằng khi ánh sáng từ màng hợp chất hữu cơ 616 được truyền qua điện cực thứ hai 617, thì điện cực thứ hai 617 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng màng nhiều lớp gồm màng kim loại mỏng có độ dày nhỏ và màng dẫn điện trong suốt (inđi oxit-thiếc oxit (ITO), inđi oxit-thiếc oxit chứa silic hoặc silic oxit, inđi oxit-kẽm oxit (IZO), inđi oxit chứa vonfram oxit và kẽm oxit (IWZO), hoặc màng tương tự).

Bằng cách gắn nền đế gắn 604 và nền linh kiện 610 với nhau bằng chất gắn 605, linh kiện phát sáng 618 được tạo ra trong khoảng không 607 được bao quanh bởi nền linh kiện 610, nền đế gắn 604, và chất gắn 605. Lưu ý là khoảng không 607 có thể được nạp đầy chất độn. Cũng có trường hợp trong đó không gian 607 được nạp đầy khí trơ (như nitơ hoặc argon) và trường hợp trong đó khoảng không 607 được nạp đầy chất gắn 605.

Lưu ý là để làm chất gắn 605, tốt hơn nếu nhựa trên cơ sở epoxy được sử dụng. Ngoài ra, tốt hơn nếu chất này cho phép càng ít hơi ẩm hoặc oxy thấm vào càng tốt. Ngoài ra, để làm nền đế gắn 604, nền bằng chất dẻo được tạo ra bằng cách sử dụng chất dẻo được gia cường sợi thủy tinh (FRP: fiberglass-reinforced plastic), poly(vinyl florua) (PVF), polyeste, acrylic, hoặc các chất dẻo tương tự có thể được sử dụng thay cho nền thủy tinh hoặc nền thạch anh.

Như được mô tả trên đây, có thể thu được thiết bị phát sáng bao gồm linh kiện phát sáng theo phương án này của sáng chế.

Thiết bị phát sáng theo phương án này của sáng chế bao gồm linh kiện phát sáng bất kỳ trong số các linh kiện phát sáng được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5. Vì các linh kiện phát sáng này có hiệu suất phát xạ cao và có thể

thu được bằng quy trình đơn giản, nên có thể dễ dàng thu được thiết bị phát sáng có mức tiêu thụ năng lượng thấp.

Ngoài ra, các linh kiện phát sáng được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5 có thời hạn sử dụng dài. Do đó, có thể thu được thiết bị phát sáng có thời hạn sử dụng dài.

Mặc dù thiết bị phát sáng ma trận chủ động để kiểm soát sự hoạt động của linh kiện phát sáng bằng tranzito được mô tả trong phương án 6 như nêu trên, thiết bị phát sáng theo một phương án của sáng chế có thể là thiết bị phát sáng ma trận thụ động. Các hình vẽ Fig.11A và Fig.11B minh họa thiết bị phát sáng ma trận thụ động được chế tạo theo các phương án của sáng chế. Lưu ý là Fig.11A thể hiện hình phối cảnh của thiết bị phát sáng này và Fig.11B thể hiện hình vẽ mặt cắt ngang được cắt theo đường X-Y của Fig.11A. Trên các hình vẽ Fig.11A và Fig.11B, màng hợp chất hữu cơ 955 được tạo ra giữa điện cực 952 và điện cực 956 trên lớp nền 951. Phần đầu của điện cực 952 được che phủ bằng lớp cách điện 953. Ngoài ra, lớp ngăn 954 được tạo ra trên lớp cách điện 953. Các mặt bên của lớp ngăn 954 có độ nghiêng để khoảng cách giữa một mặt bên và mặt bên còn lại giảm dần về phía mặt của lớp nền. Nói cách khác, mặt cắt ngang được cắt theo phía ngăn của lớp ngăn 954 là hình thang, và đáy dưới (mặt tiếp xúc với lớp cách điện 953 là một trong hai mặt song song của mặt cắt ngang hình thang) là ngắn hơn so với đáy trên (mặt không tiếp xúc với lớp cách điện 953, đây là mặt còn lại của hai mặt song song). Việc tạo ra lớp ngăn 954 theo cách này cho phép tạo ra catôt. Ngoài ra, cũng với thiết bị phát sáng ma trận thụ động, bằng cách sử dụng linh kiện phát sáng có hiệu suất phát xạ cao theo phương án của sáng chế, có thể thu được thiết bị phát sáng có mức tiêu thụ năng lượng thấp và thời hạn sử dụng dài.

Lưu ý là phương án 6 có thể được kết hợp với phương án bất kỳ khác nếu thích hợp.

Phương án 7

Ở đây, ví dụ quy trình chế tạo thiết bị hiển thị ma trận chủ động sẽ được

mô tả dựa vào Fig.12.

Đầu tiên, màng nền cách điện 1002 được tạo thành trên lớp nền 1001. Để mô tả ví dụ trong đó sự phát sáng được tạo ra bằng cách sử dụng mặt của lớp nền 1001 làm mặt hiển thị, ở đây, nền thủy tinh hoặc nền thạch anh có đặc tính truyền ánh sáng được dùng cho nền 1001. Ngoài ra, có thể sử dụng nền bằng chất dẻo có đặc tính truyền ánh sáng và bền nhiệt đối với nhiệt độ xử lý.

Để làm màng nền cách điện 1002, màng nền bao gồm màng cách điện như màng silic oxit, màng silic nitrua, hoặc màng silic oxynitrua được tạo ra. Mặc dù ví dụ trong đó cấu trúc hai lớp được dùng cho màng nền được mô tả ở đây, màng nền có thể có cấu trúc đơn lớp hoặc cấu trúc trong đó hai hoặc nhiều lớp được xếp chồng. Lưu ý là không nhất thiết phải tạo ra màng nền cách điện.

Tiếp theo, lớp bán dẫn được chế tạo trên màng nền cách điện. Lớp bán dẫn này được tạo ra như sau: màng bán dẫn có cấu trúc vô định hình được chế tạo bằng các phương pháp đã biết (phương pháp phún xạ, phương pháp LPCVD, phương pháp CVD plasma, hoặc các phương pháp tương tự), sau đó có thể kết tinh bằng phương pháp kết tinh đã biết (phương pháp kết tinh laze, phương pháp kết tinh nhiệt, phương pháp kết tinh nhiệt sử dụng chất xúc tác như niken, hoặc các chất tương tự) để thu được màng bán dẫn tinh thể. Màng bán dẫn tinh thể hoặc vô định hình được tạo hình thành hình dạng mong muốn sử dụng mạng che quang thứ nhất. Lớp bán dẫn này được tạo ra tới độ dày nằm trong khoảng từ 25 đến 80nm (tốt hơn là, từ 30 đến 70nm). Mặc dù theo phương án này, quá trình kết tinh của màng bán dẫn được thực hiện, nhưng không nhất thiết phải thực hiện quá trình này. Mặc dù không có giới hạn đối với vật liệu làm màng bán dẫn, nhưng tốt hơn là sử dụng silic hoặc hợp kim silic-germani (SiGe).

Theo cách khác, đối với quá trình kết tinh màng bán dẫn có cấu trúc vô định hình, có thể sử dụng thiết bị laze sóng liên tục. Để thu được tinh thể có kích thước hạt lớn trong quá trình kết tinh màng bán dẫn vô định hình, tốt hơn là sử dụng sóng bất kỳ trong số các sóng hài bậc hai đến bậc bốn của sóng cơ bản được phát ra từ thiết bị laze trạng thái rắn có sóng liên tục. Thông thường, sóng

hải bậc hai (532nm) hoặc sóng hải bậc ba (355nm) của thiết bị laser Nd:YVO₄ (sóng cơ bản 1064nm) có thể được sử dụng. Với thiết bị laser sóng liên tục, chùm tia laser phát ra từ thiết bị laser YVO₄ sóng liên tục có đầu ra là 10W được biến đổi thành sóng hải bằng linh kiện quang học không tuyến tính. Theo cách khác, phương pháp mà nhờ đó tinh thể YVO₄ và linh kiện quang học không tuyến tính được đưa vào bộ cộng hưởng được sử dụng và sóng hải được phát ra. Tốt hơn nếu sau đó chùm tia laser được tạo hình thành chùm tia laser hình chữ nhật hoặc hình elip trên bề mặt được chiếu thông qua hệ thống quang học, và được cung cấp cho đối tượng. Mật độ năng lượng của chùm tia laser ở thời điểm này cần nằm trong khoảng từ 0,01 đến 100 MW/cm² (tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10 MW/cm²). Sau đó, màng bán dẫn có thể được di chuyển với tốc độ nằm trong khoảng từ 10 đến 2000 cm/s tương đối so với chùm tia laser trong quá trình chiếu tia laser.

Theo cách khác, phương pháp kết tinh bằng laser có thể được thực hiện bằng cách sử dụng chùm tia laser kiểu xung có tần số lặp lớn hơn hoặc bằng 0,5MHz trong đó tần số này cao hơn rất nhiều so với các tia laser có tần số lặp từ vài chục đến vài trăm Hz thường được sử dụng. Cần vài chục đến vài trăm nano giây để hóa rắn hoàn toàn màng bán dẫn sau khi màng bán dẫn được làm nóng chảy bằng cách chiếu chùm tia laser kiểu xung. Do đó, bằng cách sử dụng chùm tia laser kiểu xung có tần số lặp nêu trên, màng bán dẫn có thể được chiếu bằng chùm tia laser trước khi màng bán dẫn đã nóng chảy bằng chùm tia laser trước đó được hóa rắn. Do đó, mặt phân cách rắn-lỏng có thể được di chuyển liên tục trong màng bán dẫn sao cho tạo ra màng bán dẫn có các hạt tinh thể phát triển liên tục theo hướng quét. Cụ thể, có thể tạo thành khối kết tập các hạt tinh thể mà mỗi hạt có chiều rộng nằm trong khoảng từ 10 đến 30μm theo hướng quét và chiều rộng nằm trong khoảng từ 1 đến 5μm theo hướng vuông góc với hướng quét. Cũng có thể tạo ra màng bán dẫn gần như không có ranh giới hạt tinh thể ít nhất theo hướng kênh của tranzito màng mỏng bằng cách tạo thành hạt tinh thể của tinh thể đơn mà được kéo dài theo hướng quét.

Màng bán dẫn vô định hình có thể được kết tinh bằng cách kết hợp phương pháp xử lý nhiệt và phương pháp chiếu chùm tia laze, hoặc một trong số các phương pháp xử lý nhiệt và chiếu chùm tia laze có thể được thực hiện nhiều lần.

Tiếp theo, sau khi mặt nạ bảo vệ được loại bỏ, màng ngăn cách với cổng 1003 để che phủ lớp bán dẫn được tạo ra. Màng ngăn cách với cổng 1003 được tạo ra có độ dày nằm trong khoảng từ 1 đến 200nm bằng phương pháp CVD plasma hoặc phương pháp phún xạ.

Tiếp theo, màng dẫn điện được tạo ra có độ dày nằm trong khoảng từ 100 đến 600nm trên màng ngăn cách với cổng 1003. Ở đây, màng dẫn điện được tạo ra bằng cách sử dụng màng nhiều lớp gồm màng titan nitrua và màng vonfram bằng phương pháp phún xạ. Lưu ý là ví dụ trong đó màng dẫn điện là màng nhiều lớp gồm màng titan nitrua và màng vonfram được mô tả ở đây, không có giới hạn đối với ví dụ này. Màng dẫn điện có thể là màng đơn lớp được tạo ra bằng cách sử dụng nguyên tố được chọn từ Ta, W, Ti, Mo, Al, và Cu, hoặc hợp kim hoặc hợp chất chứa nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố này làm thành phần chính, hoặc màng nhiều lớp gồm các lớp này. Theo cách khác, màng bán dẫn như màng silic đa tinh thể có bổ sung nguyên tố pha tạp như phospho có thể được sử dụng.

Tiếp theo, mặt nạ bảo vệ được tạo ra bằng cách sử dụng mạng che quang thứ hai. Sau đó, quá trình khắc ăn mòn có thể được thực hiện bằng phương pháp khắc ăn mòn khô hoặc phương pháp khắc ăn mòn ướt. Thông qua bước khắc ăn mòn này, màng dẫn điện được khắc ăn mòn để tạo thành các lớp dẫn điện 1006 đến 1008. Lưu ý là mỗi lớp dẫn điện này đóng vai trò như là điện cực cổng của TFT.

Tiếp theo, sau khi mặt nạ bảo vệ được loại bỏ, mặt nạ bảo vệ mới được tạo ra bằng cách sử dụng mạng che quang thứ ba. Để chế tạo TFT n kênh của mạch điều khiển, bước pha tạp thứ nhất của quy trình pha tạp chất bán dẫn bằng nguyên tố pha tạp để tạo ra tính dẫn điện kiểu n (điển hình là phospho hoặc As)

ở nồng độ thấp được thực hiện. Vùng có vai trò như là TFT p kênh và vùng lân cận của lớp dẫn điện được che phủ bằng mặt nạ bảo vệ. Bước pha tạp thứ nhất này được thực hiện thông qua màng ngăn cách với cổng 1003 để tạo thành vùng pha tạp nồng độ thấp 1009. Mặc dù một linh kiện phát sáng riêng rẽ được kiểm soát bằng nhiều TFT, không nhất thiết phải thực hiện bước pha tạp nêu trên khi linh kiện phát sáng được kiểm soát chỉ bằng TFT p kênh hoặc khi điểm ảnh và mạch kích thích không được tạo ra trên cùng một nền.

Tiếp theo, sau khi mặt nạ bảo vệ được loại bỏ, mặt nạ bảo vệ mới được tạo ra bằng cách sử dụng mạng che quang thứ tư. Bước pha tạp thứ hai của quy trình pha tạp chất bán dẫn bằng nguyên tố pha tạp để tạo ra tính dẫn điện kiểu p (điển hình là bo) ở nồng độ cao được thực hiện. Bước pha tạp thứ hai này được thực hiện qua màng ngăn cách với cổng 1003 để tạo thành vùng pha tạp nồng độ cao kiểu p 1014 và 1015.

Tiếp theo, mặt nạ bảo vệ mới được tạo ra bằng cách sử dụng mạng che quang thứ năm. Để chế tạo TFT n kênh của mạch điều khiển, bước pha tạp thứ ba của quy trình pha tạp chất bán dẫn với nguyên tố pha tạp để tạo ra tính dẫn điện kiểu n (điển hình là phospho hoặc As) ở nồng độ cao được thực hiện. Các điều kiện của phương pháp pha tạp ion trong bước pha tạp thứ ba này là lượng nằm trong khoảng từ 1×10^{13} đến $5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ và điện áp gia tốc nằm trong khoảng từ 60 đến 100 keV. Vùng đóng vai trò như là TFT p kênh và vùng lân cận của lớp dẫn điện được che phủ bằng mặt nạ bảo vệ. Bước pha tạp thứ ba này được thực hiện thông qua màng ngăn cách với cổng 1003 để tạo thành các vùng pha tạp nồng độ cao kiểu n 1018.

Sau đó, mặt nạ bảo vệ được loại bỏ, và màng cách điện thứ nhất giữa các lớp 1020 bao gồm hydro được tạo ra. Sau đó, các nguyên tố pha tạp đã bổ sung vào lớp bán dẫn được hoạt hóa và hydro hóa. Để làm màng cách điện thứ nhất giữa các lớp 1020 chứa hydro, màng silic nitrua oxit (màng SiNO) thu được bằng phương pháp PCVD được sử dụng. Ngoài ra, khi màng bán dẫn này được kết tinh bằng cách sử dụng nguyên tố kim loại để đẩy mạnh quá trình kết tinh,

như niken, khử khí để giảm nồng độ niken trong vùng tạo kênh có thể được thực hiện đồng thời với quá trình hoạt hóa.

Tiếp theo, màng cách điện thứ hai giữa các lớp 1021 để làm phẳng được tạo ra để thu được bề mặt phẳng trên các TFT. Để làm màng cách điện thứ hai giữa các lớp 1021, màng cách điện trong đó cấu trúc khung bao gồm liên kết của silic (Si) và oxy (O) thu được bằng phương pháp phủ được sử dụng. Theo cách khác, để làm màng cách điện thứ hai giữa các lớp 1021, màng nhựa hữu cơ có tính chất truyền ánh sáng có thể được sử dụng. Theo cách khác nữa, để làm màng cách điện thứ hai giữa các lớp, màng cách điện bao gồm chất hữu cơ, chất vô cơ, hoặc các chất tương tự có thể được sử dụng.

Tiếp theo, màng cách điện thứ hai giữa các lớp 1021 được khắc ăn mòn bằng cách sử dụng mặt nạ thứ sáu để tạo thành các lỗ trống tiếp xúc. Đồng thời, màng cách điện thứ hai giữa các lớp 1021 ở phần xung quanh 1042 được loại bỏ.

Tiếp theo, bằng cách khắc ăn mòn lần lượt sử dụng mặt nạ thứ sáu làm mặt nạ, màng ngăn cách với cổng 1003 và màng cách điện thứ nhất giữa các lớp 1020 lộ ra được loại bỏ.

Tiếp theo, mặt nạ thứ sáu được loại bỏ, và sau đó màng dẫn điện có cấu trúc ba lớp mà tiếp xúc với lớp bán dẫn ở các lỗ trống tiếp xúc được tạo ra. Lưu ý rằng tốt hơn nếu tạo ra ba lớp này liên tiếp bằng cùng một thiết bị phun xạ để cho bề mặt của mỗi lớp không bị oxy hóa. Tuy nhiên, màng dẫn điện có thể có hai lớp hoặc một lớp mà không chỉ giới hạn ở cấu trúc ba lớp này, và có thể được tạo ra bằng cách sử dụng nguyên tố được chọn từ Ta, W, Ti, Mo, Al, và Cu, hoặc hợp kim hoặc hợp chất chứa nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố này làm thành phần chính.

Sau đó, màng dẫn điện này được khắc ăn mòn bằng cách sử dụng mặt nạ thứ bảy để tạo thành dây dẫn hoặc điện cực. Đối với dây dẫn hoặc điện cực, điện cực liên kết 1022 trong phần điểm ảnh 1040 để liên kết TFT và anốt của linh kiện phát sáng được minh họa, và điện cực liên kết 1023 trong phần mạch kích thích 1041 để nối điện TFT n kênh và TFT p kênh được minh họa.

Tiếp theo, màng dẫn điện trong suốt được tạo ra tiếp xúc với dây dẫn hoặc điện cực nêu trên có cấu trúc ba lớp. Sau đó, màng dẫn điện trong suốt này được khắc ăn mòn bằng cách sử dụng mặt nạ thứ tám để tạo thành các điện cực thứ nhất 1024W, 1024R, 1024G, và 1024B của các linh kiện phát sáng, tức là các anốt (hoặc các catốt) của linh kiện phát sáng hữu cơ hoặc linh kiện phát sáng vô cơ.

Đối với vật liệu làm anốt của linh kiện phát sáng được mô tả chi tiết trong các phương án 1 và 2, ITO (indium thiếc oxit) hoặc ITSO (indium thiếc oxit chứa silic oxit thu được bằng phương pháp phún xạ bằng cách sử dụng bia trong đó silic oxit được bổ sung với lượng nằm trong khoảng từ 2 đến 10% trong lượng vào ITO) được sử dụng. Theo cách khác với ITSO, màng dẫn điện trong suốt như màng oxit dẫn điện truyền ánh sáng (IZO) chứa silic oxit trong đó kẽm oxit (ZnO) với lượng nằm trong khoảng từ 2 đến 20% trọng lượng được trộn vào indium oxit có thể được sử dụng. Theo cách khác, có thể sử dụng màng dẫn điện trong suốt chứa antimon thiếc oxit (ATO).

Lưu ý là khi ITO được sử dụng cho các điện cực thứ nhất 1024W, 1024R, 1024G, và 1024B, phương pháp sấy để kết tinh được thực hiện để làm giảm điện trở suất. Ngược lại, khác với ITO, ITSO và IZO không được kết tinh và vẫn ở trạng thái vô định hình kể cả sau khi thực hiện bước sấy.

Tiếp theo, bằng cách sử dụng mặt nạ thứ tám, lớp cách điện 1025 (được gọi là bờ, lớp ngăn, lớp chắn, bờ kè, hoặc các thuật ngữ tương tự) để che phủ phần rìa của các điện cực thứ nhất 1024W, 1024R, 1024G, và 1024B được tạo ra. Đối với lớp cách điện 1025, màng tantan oxit hoặc màng titan oxit (TiO_2) được tạo ra bằng phương pháp phún xạ, hoặc màng nhựa hữu cơ được tạo ra bằng phương pháp phủ, có độ dày nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1 μm , được sử dụng.

Tiếp theo, màng hợp chất hữu cơ 1028 được tạo ra trên các điện cực thứ nhất 1024W, 1024R, 1024G, và 1024B và lớp cách điện 1025. Mặc dù màng hợp chất hữu cơ 1028 có thể được tạo ra dưới dạng một cấu trúc và bằng phương pháp như được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5, cấu trúc để phát ra ánh

sáng màu trắng được sử dụng theo phương án 7 (xem phương án 1 hoặc phương án 5). Lưu ý là để cải thiện độ bền của linh kiện phát sáng, tốt hơn nếu thực hiện gia nhiệt chân không để loại khí trước khi tạo ra màng hợp chất hữu cơ 1028. Ví dụ, trước khi hợp chất hữu cơ được bay hơi, tốt hơn nếu xử lý nhiệt ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 200°C đến 300°C trong môi trường áp suất giảm hoặc trong môi trường trơ để loại bỏ khí trong lớp nền.

Tiếp theo, điện cực thứ hai 1029 của các linh kiện phát sáng được tạo ra trên toàn bộ bề mặt của phần điểm ảnh 1040. Điện cực thứ hai 1029 dùng làm catôt. Để làm vật liệu có thể dùng cho catôt của linh kiện phát sáng được mô tả chi tiết trong các phương án 1 và 2, ở đây, màng nhôm có độ dày 200nm được tạo ra dưới dạng điện cực thứ hai 1029 bằng phương pháp bay hơi chân không. Theo phương án 7, để thu được phát sáng từ phía nền 1001, các điện cực thứ nhất 1024 là các anôt của các linh kiện phát sáng phải là các điện cực trong suốt. Trong số hai điện cực của linh kiện phát sáng, khi điện cực trên phía TFT đóng vai trò là catôt, thì TFT nối trực tiếp với linh kiện phát sáng được chế tạo dưới dạng TFT n kênh.

Tiếp theo, nền đế gắn 1031 được sử dụng để gắn. Để làm vật liệu của nền đế gắn 1031, vật liệu kim loại, vật liệu gốm, nền thủy tinh, hoặc các vật liệu tương tự có thể được sử dụng. Nền đế gắn 1031 được gắn với chất gắn 1032 ở phần biên 1042 của nền 1001. Lưu ý là vật liệu đệm hoặc chất độn có thể được dùng để giữ khe hở không đổi giữa các nền. Hơn nữa, tốt hơn nếu khe hở 1030 giữa hai lớp nền được nạp khí trơ.

Ngoài ra, đối với màn hình đầy đủ màu, các lớp có màu (lớp màu đỏ 1034R, lớp màu xanh lá cây 1034G, và lớp màu xanh lam 1034B) được tạo ra trên nền trong suốt 1033 để trùng khớp với các đường dẫn sáng để thu được sự phát sáng từ các linh kiện phát sáng ra phía ngoài thiết bị phát sáng. Hơn nữa, lớp màu đen (nền đen) 1035 có thể được tạo ra. Lớp nền trong suốt 1033 được tạo ra có các lớp màu và lớp màu đen được căn chỉnh hàng và gắn với nền 1001. Lưu ý là các lớp màu và lớp màu đen được che phủ bằng lớp phủ ngoài 1036.

Hơn nữa, thiết bị hiển thị ma trận chủ động theo phương án 7 có ánh sáng của lớp phát sáng được chiết xuất ra ngoài mà không truyền qua lớp màu bất kỳ và có ánh sáng của các lớp phát sáng được truyền qua các lớp màu và được chiết xuất ra ngoài. Ánh sáng không được truyền qua lớp màu bất kỳ là ánh sáng trắng 1044W, và ánh sáng được truyền qua các lớp màu trở thành ánh sáng đỏ 1044R, ánh sáng xanh lam 1044B, và ánh sáng xanh lá cây 1044G. Do đó, hình ảnh có thể được thể hiện với các điểm ảnh có bốn màu.

Thiết bị phát sáng được mô tả trên đây là thiết bị phát sáng có cấu trúc trong đó ánh sáng được chiết xuất từ phía nền 1001 trong đó các TFT được tạo ra (cấu trúc phát sáng đáy), nhưng có thể là thiết bị phát sáng có cấu trúc trong đó ánh sáng được chiết xuất từ phía nền để gắn 1031 (cấu trúc phát sáng đỉnh). Fig.13 là hình vẽ mặt cắt ngang minh họa thiết bị phát sáng có cấu trúc phát đỉnh. Trong trường hợp này, nền không truyền ánh sáng có thể được sử dụng làm nền 1001. Quy trình chế tạo cho đến bước tạo thành điện cực liên kết 1022 để liên kết TFT và anốt của linh kiện phát sáng được thực hiện theo cách tương tự như đối với thiết bị phát sáng có cấu trúc phát sáng đáy. Sau đó, màng cách điện thứ ba giữa các lớp 1037 được tạo ra để che phủ điện cực liên kết 1022. Màng cách điện này có thể có chức năng tạo phẳng. Màng cách điện thứ ba giữa các lớp 1037 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng vật liệu tương tự với vật liệu làm màng cách điện thứ hai giữa các lớp, và theo cách khác có thể được tạo ra bằng cách sử dụng vật liệu đã biết bất kỳ khác.

Tiếp theo, các điện cực thứ nhất 1024W, 1024R, 1024G, và 1024B của các linh kiện phát sáng được chế tạo. Mỗi điện cực thứ nhất 1024W, 1024R, 1024G, và 1024B đóng vai trò làm anốt ở đây, nhưng có thể đóng vai trò làm catốt. Hơn nữa, trong trường hợp thiết bị phát sáng có cấu trúc phát sáng đỉnh, tốt hơn nếu các điện cực thứ nhất là các điện cực phản xạ.

Sau đó, màng hợp chất hữu cơ 1028 được tạo ra để che phủ các phần lộ ra ngoài của các điện cực thứ nhất 1024W, 1024R, 1024G, và 1024B và màng cách điện thứ ba giữa các lớp. Mặc dù màng hợp chất hữu cơ 1028 được tạo ra

có cấu trúc như được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5, cấu trúc phát ra ánh sáng màu trắng được sử dụng theo phương án 7 (xem phương án 1 hoặc phương án 5). Tiếp theo, điện cực thứ hai 1029 của các linh kiện phát sáng được tạo ra để truyền ánh sáng từ các linh kiện phát sáng này.

Sau đó, bước gắn được thực hiện với nền đế gắn 1031 có các lớp màu (lớp màu đỏ 1034R, lớp màu xanh lá cây 1034G, và lớp màu xanh lam 1034B) trong đường truyền sáng mà qua đó ánh sáng từ các linh kiện phát sáng được lấy ra; do đó, thiết bị phát sáng có cấu trúc phát sáng đỉnh có thể được tạo ra. Lớp màu đen (nền màu đen) 1035 có thể được tạo ra trên nền đế gắn 1031 sao cho nằm giữa các điểm ảnh. Các lớp màu (lớp màu đỏ 1034R, lớp màu xanh lá cây 1034G, và lớp màu xanh lam 1034B) và lớp màu đen (nền màu đen) 1035 có thể được che phủ bằng lớp phủ ngoài 1036 (không được thể hiện). Lưu ý là để làm nền đế gắn 1031, nền có tính chất truyền sáng được sử dụng.

Bằng cách đặt điện áp giữa cặp điện cực của các linh kiện phát sáng này, có thể thu được vùng phát ra ánh sáng màu trắng 1044W. Hơn nữa, bằng cách sử dụng các lớp màu kết hợp, có thể thu được vùng phát ra ánh sáng màu đỏ 1044R, vùng phát ra ánh sáng màu xanh lam 1044B, và vùng phát ánh sáng xanh lá cây 1044G. Vì linh kiện phát ra ánh sáng màu trắng được sử dụng theo phương án 7, nên không cần tạo ra các linh kiện phát sáng có các màu sắc khác nhau tương ứng với các màu sắc phát ra của các điểm ảnh; do đó, có thể thu được thiết bị phát sáng đầy đủ màu sắc một cách đơn giản với chi phí thấp.

Mặc dù TFT cổng trên có polysilicon làm lớp hoạt tính được sử dụng ở đây, không có giới hạn đối với TFT miễn là nó có thể đóng vai trò linh kiện chuyển mạch, và TFT cổng dưới (so le ngược) hoặc TFT so le có thể được sử dụng. Theo cách khác, TFT có màng silic vô định hình hoặc màng ZnO làm lớp hoạt tính có thể được sử dụng. Hơn nữa, phương án theo sáng chế không chỉ giới hạn ở TFT có cấu trúc cổng đơn hoặc cấu trúc cổng kép, và TFT nhiều cổng có ba hoặc nhiều vùng tạo kênh có thể được sử dụng.

Hơn nữa, mặc dù ví dụ trong đó sự hiển thị đầy đủ màu sắc đạt được

bằng cách vận hành với bốn màu đỏ, xanh lá, xanh lam, và trắng được mô tả ở đây, nhưng không chỉ giới hạn ở đó. Màn hình đầy đủ màu có thể được đạt được bằng cách vận hành với ba màu đỏ, xanh lá, và xanh lam.

Lưu ý là phương án 7 có thể được kết hợp với phương án bất kỳ khác nếu thích hợp.

Phương án 8

Theo phương án 8, các thiết bị điện tử theo một phương án của sáng chế, chứa thiết bị phát sáng được mô tả trong phương án 6 sẽ được mô tả. Mỗi thiết bị điện tử theo phương án này của sáng chế bao gồm bộ phận hiển thị chứa linh kiện phát sáng bất kỳ trong số các linh kiện phát sáng được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5 và có mức tiêu thụ năng lượng thấp và thời hạn sử dụng dài.

Ví dụ về các thiết bị điện tử được sản xuất bằng cách sử dụng thiết bị phát sáng theo một phương án của sáng chế bao gồm camera như camera video hoặc camera kỹ thuật số, màn hình loại kính an toàn, hệ thống định vị, thiết bị phát lại audio (ví dụ, hệ thống audio và hệ thống audio của ô tô), máy tính, máy chơi trò chơi, thiết bị đầu cuối thông tin xách tay (ví dụ, máy tính xách tay, điện thoại di động, máy chơi trò chơi di động và sách điện tử), thiết bị sao lưu hình ảnh có phương tiện ghi âm (cụ thể, thiết bị có khả năng sao chép phương tiện ghi âm như đĩa đa năng số (digital versatile disc-DVD) và có thiết bị hiển thị có thể hiển thị hình ảnh), và các thiết bị tương tự. Ví dụ cụ thể về các thiết bị điện tử này được minh họa trong các hình vẽ Fig.14A đến Fig.14D.

Fig.14A minh họa máy thu hình theo phương án 8 bao gồm vỏ máy 9101, giá đỡ 9102, màn hình 9103, loa 9104, cổng đầu vào video 9105, và các bộ phận tương tự. Trong màn hình 9103 của máy thu hình này, các linh kiện phát sáng tương tự như các linh kiện được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5 được sắp xếp theo ma trận. Đặc điểm của các linh kiện phát sáng này là hiệu suất phát xạ cao, tiêu thụ năng lượng ít, và thời hạn sử dụng dài. Màn hình 9103 bao gồm các linh kiện phát sáng cũng có các đặc điểm tương tự như các đặc điểm của các linh

kiện phát sáng này. Do đó, trong máy thu hình này, mức độ giảm chất lượng hiển thị hình ảnh là nhỏ, và mức tiêu thụ năng lượng giảm. Với các đặc điểm này, hệ mạch chức năng để bù lại sự giảm chất lượng hoặc các mạch cung cấp điện trong máy thu hình có thể được thu nhỏ hoặc giảm kích thước rất nhiều; do đó, có thể giảm kích thước và trọng lượng của vỏ 9101 và giá đỡ 9102. Trong máy thu hình theo phương án 8, có thể đạt được mức tiêu thụ năng lượng thấp, chất lượng hình ảnh cao, và giảm kích thước và trọng lượng; do đó, có thể tạo ra sản phẩm thích hợp cho môi trường sống.

Fig.14B minh họa máy vi tính theo phương án 8 bao gồm thân máy vi tính 9201, vỏ máy vi tính 9202, màn hình 9203, bàn phím 9204, cổng kết nối ngoài 9205, thiết bị trở 9206, và các bộ phận tương tự. Trong màn hình 9203 của máy vi tính này, các linh kiện phát sáng tương tự như các linh kiện phát sáng được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5 được sắp xếp theo ma trận. Các đặc điểm của linh kiện phát sáng này là hiệu suất phát xạ cao, mức tiêu thụ năng lượng thấp, và thời hạn sử dụng dài. Màn hình 9203 bao gồm các linh kiện phát sáng cũng có các đặc điểm tương tự như các đặc điểm của các linh kiện phát sáng này. Do đó, trong máy vi tính này, mức độ giảm chất lượng hiển thị hình ảnh là nhỏ, và mức tiêu thụ năng lượng giảm đi. Với các đặc điểm này, mạch chức năng để bù lại sự giảm chất lượng hoặc các mạch cung cấp điện trong máy vi tính có thể được thu nhỏ hoặc giảm kích thước rất nhiều; do đó, có thể giảm kích thước và trọng lượng của thân máy vi tính 9201 và vỏ máy vi tính 9202. Trong máy vi tính theo phương án 8, có thể đạt được mức tiêu thụ năng lượng thấp, chất lượng hình ảnh cao, và giảm kích thước và trọng lượng; do đó có thể sản xuất sản phẩm thích hợp với môi trường.

Fig.14C minh họa camera theo phương án 8 bao gồm phần thân chính 9301, bộ phận hiển thị 9302, vỏ camera 9303, cổng kết nối ngoài 9304, bộ phận nhận tín hiệu điều khiển từ xa 9305, bộ phận nhận hình ảnh 9306, pin 9307, đầu vào audio 9308, phím thao tác 9309, thị kính 9310, và các bộ phận tương tự. Trong bộ phận hiển thị 9302 của camera này, các linh kiện phát sáng tương tự

như các linh kiện phát sáng được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5 được sắp xếp theo ma trận. Đặc điểm của các linh kiện phát sáng này là thời hạn sử dụng dài. Bộ phận hiển thị 9302 bao gồm các linh kiện phát sáng cũng có các đặc điểm tương tự như các đặc điểm của các linh kiện phát sáng này. Do đó, trong camera này, mức độ giảm chất lượng hiển thị hình ảnh là nhỏ, và mức tiêu thụ năng lượng giảm. Với các đặc điểm này, mạch chức năng để bù lại sự giảm chất lượng hoặc các mạch cung cấp điện trong camera có thể được thu nhỏ hoặc giảm kích thước rất nhiều; do đó, có thể giảm kích thước và trọng lượng của thân chính 9301. Trong camera theo phương án 8, có thể đạt được mức tiêu thụ năng lượng thấp, chất lượng hình ảnh cao, và giảm kích thước và trọng lượng; do đó có thể sản xuất sản phẩm thích hợp để xách tay.

Fig.14D minh họa điện thoại di động theo phương án 8 bao gồm thân chính 9401, vỏ 9402, màn hình 9403, cổng đầu vào audio 9404, cổng đầu ra audio 9405, phím thao tác 9406, cổng kết nối ngoài 9407, ăng ten 9408, và các bộ phận tương tự. Trong màn hình 9403 của điện thoại di động này, các linh kiện phát sáng tương tự như các linh kiện phát sáng được mô tả trong các phương án từ 1 đến 5 được sắp xếp theo ma trận. Đặc điểm của các linh kiện phát sáng này là hiệu suất phát xạ cao, mức tiêu thụ năng lượng thấp, và thời hạn sử dụng dài. Màn hình 9403 bao gồm các linh kiện phát sáng cũng có các đặc điểm tương tự như các đặc điểm của các linh kiện phát sáng này. Do đó, trong điện thoại di động này, mức độ giảm chất lượng hiển thị hình ảnh là nhỏ, và mức tiêu thụ năng lượng giảm đi. Với các đặc điểm này, mạch chức năng để bù lại sự giảm chất lượng hoặc các mạch cung cấp điện trong điện thoại di động có thể được thu nhỏ hoặc giảm kích thước rất nhiều; do đó, có thể giảm kích thước và trọng lượng của thân chính 9401 và vỏ 9402. Trong điện thoại di động theo phương án 8, có thể đạt được mức tiêu thụ năng lượng thấp, chất lượng hình ảnh cao, và giảm kích thước và trọng lượng; do đó có thể sản xuất sản phẩm thích hợp để mang theo.

Fig.15 minh họa thiết bị phát lại audio, cụ thể là, hệ thống audio trong ô

tô bao gồm phần thân chính 701, bộ phận hiển thị 702, và các phím thao tác 703 và 704. Bộ phận hiển thị 702 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phát sáng (kiểu ma trận thụ động hoặc kiểu ma trận chủ động) được mô tả trong phương án 6. Ngoài ra, bộ phận hiển thị 702 có thể được chế tạo bằng cách sử dụng thiết bị phát sáng kiểu đoạn. Trong trường hợp bất kỳ, bằng cách sử dụng linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, có thể chế tạo bộ phận hiển thị có mức tiêu thụ năng lượng thấp và độ sáng cao khi sử dụng nguồn điện trong xe hơi (từ 12 đến 42V). Hơn nữa, mặc dù phương án 8 mô tả hệ thống audio trong xe, thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế cũng có thể được dùng trong các hệ thống audio xách tay hoặc các hệ thống audio để sử dụng trong gia đình.

Fig.16 minh họa máy nghe nhạc số là một ví dụ về hệ thống phát lại audio. Máy nghe nhạc số được minh họa trên Fig.16 bao gồm phần thân chính 710, bộ phận hiển thị 711, bộ phận nhớ 712, bộ phận thao tác 713, cặp tai nghe 714, và các bộ phận tương tự. Lưu ý là cặp tai nghe choàng qua đầu hoặc cặp tai nghe không dây có thể được dùng thay cho cặp tai nghe 714. Bộ phận hiển thị 711 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phát sáng (kiểu ma trận thụ động hoặc kiểu ma trận chủ động) được mô tả trong phương án 6. Hơn nữa, bộ phận hiển thị 711 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị phát sáng kiểu đoạn. Trong trường hợp bất kỳ, việc sử dụng linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế làm cho có thể tạo ra bộ phận hiển thị có mức tiêu thụ năng lượng thấp và độ sáng cao, có thể hiển thị hình ảnh ngay khi sử dụng pin phụ (ví dụ, pin niken-hydro). Đĩa cứng hoặc bộ nhớ không biến đổi được sử dụng làm bộ phận nhớ 712. Ví dụ, bằng cách sử dụng bộ nhớ không biến đổi kiểu NAND có dung lượng ghi nằm trong khoảng từ 20 đến 200 gigabyte (GB) và bằng cách điều khiển bộ phận thao tác 713, hình ảnh hoặc âm thanh (nhạc) có thể được ghi và phát lại. Lưu ý là trong bộ phận hiển thị 702 và bộ phận hiển thị 711, các ký tự màu trắng được hiển thị trên nền đen, và do đó có thể giảm mức tiêu thụ năng lượng. Điều này là đặc biệt hiệu quả đối với các hệ thống audio xách tay.

Như được mô tả trên đây, phạm vi ứng dụng của thiết bị phát sáng được

sản xuất bằng cách áp dụng phương án theo sáng chế là rất rộng nên thiết bị phát sáng có thể được ứng dụng cho các thiết bị điện tử trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Bằng cách áp dụng phương án theo sáng chế, có thể sản xuất thiết bị điện tử có bộ phận hiển thị có mức tiêu thụ năng lượng thấp và thời hạn sử dụng dài.

Thiết bị phát sáng mà phương án theo sáng chế được áp dụng có hiệu suất phát xạ cao và cũng có thể được sử dụng làm thiết bị chiếu sáng. Một cách sử dụng linh kiện phát sáng mà phương án theo sáng chế được áp dụng là thiết bị chiếu sáng được mô tả dựa vào Fig.17.

Fig.17 minh họa thiết bị màn hình tinh thể lỏng sử dụng thiết bị phát sáng mà phương án theo sáng chế được áp dụng làm bộ phận chiếu sáng nền, đây là ví dụ về thiết bị điện tử sử dụng thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế làm thiết bị chiếu sáng. Thiết bị màn hình tinh thể lỏng được minh họa trên Fig.17 bao gồm vỏ 901, lớp tinh thể lỏng 902, bộ phận chiếu sáng nền 903, và vỏ 904, và lớp tinh thể lỏng 902 được kết nối với chip điều khiển 905. Hơn nữa, thiết bị phát sáng mà phương án theo sáng chế được áp dụng được sử dụng làm bộ phận chiếu sáng nền 903, và dòng điện được cung cấp qua phân công kết nối 906.

Vì thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế là mỏng và có mức tiêu thụ năng lượng thấp, nên độ dày và mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị màn hình tinh thể lỏng có thể giảm đi bằng cách sử dụng thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế làm bộ phận chiếu sáng nền của thiết bị màn hình tinh thể lỏng. Hơn nữa, thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế là thiết bị chiếu sáng kiểu phát sáng trong mặt phẳng và có thể có diện tích lớn. Do đó bộ phận chiếu sáng nền có thể có diện tích lớn, và có thể chế tạo thiết bị màn hình tinh thể lỏng có diện tích lớn.

Fig.18 minh họa ví dụ trong đó thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế được sử dụng làm đèn bàn, đây là một trong số các thiết bị chiếu sáng. Đèn bàn được minh họa trên Fig.18 bao gồm vỏ đèn 2001 và nguồn sáng 2002, và thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế được dùng làm nguồn sáng

2002. Vì thiết bị phát sáng theo một phương án của sáng chế có mức tiêu thụ năng lượng thấp, nên đèn bàn cũng có mức tiêu thụ năng lượng thấp.

Fig.19 minh họa ví dụ trong đó thiết bị phát sáng mà phương án theo sáng chế được áp dụng được sử dụng làm thiết bị chiếu sáng trong nhà 3001. Vì thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế có thể có diện tích lớn, nên thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế có thể được sử dụng làm thiết bị chiếu sáng có diện tích lớn. Hơn nữa, vì thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế có mức tiêu thụ năng lượng thấp, nên thiết bị phát sáng theo phương án của sáng chế có thể được sử dụng làm thiết bị chiếu sáng có mức tiêu thụ năng lượng thấp. Trong phòng trong đó thiết bị phát sáng mà phương án theo sáng chế được áp dụng được sử dụng làm thiết bị chiếu sáng trong nhà 3001, máy thu hình 3002 theo phương án của sáng chế như được minh họa trên Fig.14A có thể được bố trí sao cho có thể xem được chương trình truyền hình công cộng hoặc phim ở đó. Trong trường hợp này, vì cả hai thiết bị đều có mức tiêu thụ năng lượng thấp, tải đối với môi trường có thể giảm đi.

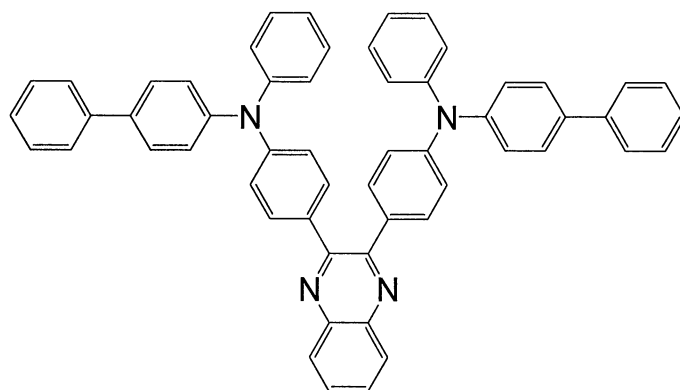
Lưu ý là phương án 8 có thể được kết hợp với phương án bất kỳ khác nếu thích hợp.

Ví dụ thực hiện sáng chế

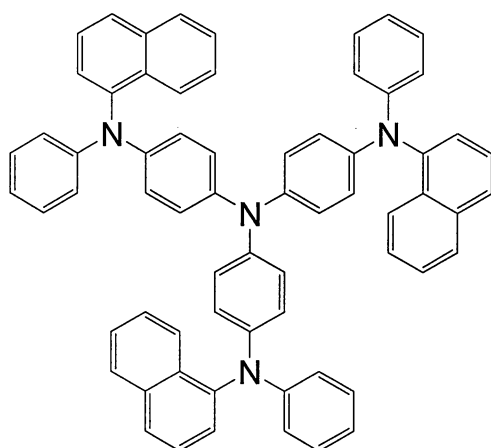
Ví dụ 1

Trong Ví dụ 1, ví dụ chế tạo linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả cụ thể. Công thức cấu trúc của các chất dùng trong Ví dụ 1 được minh họa dưới đây.

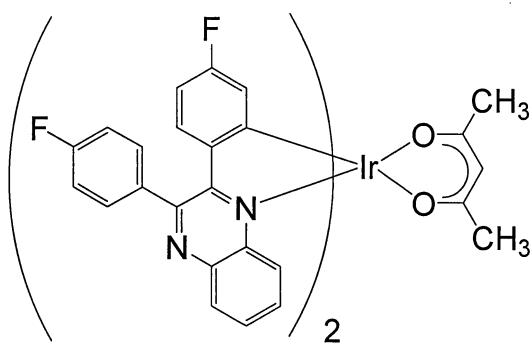
19592



BPAPQ



1'-TNATA

Ir(Fdpq)₂(acac)

Sau đây, phương pháp cụ thể để chế tạo các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 1 được mô tả.

Linh kiện phát sáng 1

Đầu tiên, nền thủy tinh trên đó màng inđi thiếc silic oxit (ITSO) có độ dày 110nm được tạo ra để làm anốt được chuẩn bị. Phần rìa bề mặt của màng ITSO được che phủ bằng màng polyimit sao cho phần hình vuông có cạnh 2mm của bề mặt này được phơi sáng. Diện tích điện cực được đặt bằng 2mm × 2mm. để xử lý sơ bộ để tạo ra linh kiện phát sáng trên nền này, bề mặt của nền được rửa bằng nước và sấy ở nhiệt độ 200°C trong một giờ, và sau đó xử lý UV ôzôn trong 370 giây. Sau đó, nền được chuyển vào thiết bị bay hơi chân không ở đó áp suất giảm tới khoảng 10⁻⁵ Pa. Trong buồng gia nhiệt của thiết bị bay hơi chân không, quá trình sấy được thực hiện ở 170°C trong 30 phút trong chân không. Sau đó, nền được làm nguội trong thời gian khoảng 30 phút.

Tiếp theo, nền thủy tinh có anốt này được cố định vào giá đỡ nền trong buồng tạo màng của thiết bị bay hơi chân không sao cho bề mặt trên đó anốt tạo ra hướng xuống dưới.

Sau đó, đầu tiên, *N,N'*-(quinoxalin-2,3-diylđi-4,1-phenylen)bis(*N*-phenyl-1,1'-biphenyl-4-amin) (ký hiệu viết tắt: BPAPQ) và molybden(VI) oxit được bay hơi đồng thời trên anốt, nhờ đó tạo thành vùng phun lỗ trống mà molybden oxit là chất nhận electron được bổ sung vào. Phương pháp gia nhiệt bằng điện trở được sử dụng để làm bay hơi. Độ dày của vùng phun lỗ trống được đặt bằng 50nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của BPAPQ với molybden oxit (BPAPQ:molybden oxit) là 1:0,5. Lưu ý là phương pháp bay hơi đồng thời được dùng để chỉ phương pháp bay hơi trong đó quá trình bay hơi nhiều chất được thực hiện đồng thời từ nhiều nguồn bay hơi trong một buồng xử lý.

Tiếp theo, bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở, màng có độ dày 10nm được tạo thành chỉ chứa BPAPQ và sau đó BPAPQ và 4,4',4''-tris[*N*-(1-naphtyl)-*N*-phenylamino]triphenylamin (ký hiệu viết tắt: 1'-TNATA) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống 1'-TNATA. Độ dày của vùng vận chuyển lỗ trống được đặt bằng 10nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của BPAPQ với 1'-TNATA (BPAPQ:1'-TNATA) là 1:0,01.

Tiếp theo, BPAPQ và (axetylaxetonato)bis[2,3-bis(4-flophenyl)quinoxalinato]iriđi(III) (ký hiệu viết tắt: Ir(Fdpq)₂(acac)) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phát sáng trong đó có bổ sung chất phát sáng Ir(Fdpq)₂(acac). Độ dày của vùng phát sáng được đặt bằng 30nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của BPAPQ với Ir(Fdpq)₂(acac) (BPAPQ:Ir(Fdpq)₂(acac)) là 1:0,08.

Ngoài ra, màng có độ dày 10nm được tạo ra chỉ chứa BPAPQ, và sau đó BPAPQ và lithi (Li) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phun electron trong đó có bổ sung chất cho electron là lithi. Độ dày của vùng phun

electron được đặt bằng 50nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của BPAPQ với lithi (BPAPQ:lithi) là 1:0,01.

Cuối cùng, màng nhôm có độ dày 200nm được tạo ra trên vùng phun electron bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở, nhờ đó tạo ra catôt. Như vậy đã chế tạo được linh kiện phát sáng 1.

Linh kiện phát sáng so sánh 2

Đối với linh kiện phát sáng so sánh 2, nền thuộc loại giống như linh kiện phát sáng 1 được sử dụng, và vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống không được tạo ra. Nghĩa là, linh kiện phát sáng so sánh 2 được chế tạo theo cách tương tự như đối với linh kiện phát sáng 1 chỉ khác là không bổ sung 1'-TNATA.

Linh kiện phát sáng 1 và linh kiện phát sáng so sánh 2 thu được này được gắn trong hộp găng tay chứa khí nitơ để không bị tiếp xúc với không khí. Sau đó, các đặc tính hoạt động của các linh kiện phát sáng này được xác định. Lưu ý là việc xác định được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng (trong môi trường được duy trì ở nhiệt độ 25°C).

Fig.20A thể hiện các đặc tính điện áp theo mật độ dòng điện của linh kiện phát sáng 1 và linh kiện phát sáng so sánh 2, và Fig.20B thể hiện các đặc tính mật độ dòng điện theo cường độ sáng của các linh kiện này. Fig.21A thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 1 và linh kiện phát sáng so sánh 2, và Fig.21B thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất sử dụng điện của các linh kiện này. Fig.22A thể hiện phổ phát sáng khi linh kiện phát sáng 1 và linh kiện phát sáng so sánh 2 được phát sáng bởi dòng điện có mật độ dòng điện 25mA/cm². Fig.22B là hình vẽ phóng to của Fig.22A. Như thấy rõ từ các hình vẽ Fig.22A và Fig.22B, mỗi linh kiện phát sáng có sự phát ra ánh sáng màu đỏ (bước sóng đỉnh phát sáng là 650nm) từ chất phát sáng Ir(Fdpq)₂(acac).

Tuy nhiên, như thấy rõ từ các hình vẽ Fig.20A và Fig.20B, mặc dù dòng

điện lớn đi qua linh kiện phát sáng so sánh 2, nhưng cường độ sáng của nó vẫn thấp so với linh kiện phát sáng 1. Do đó, như cũng có thể thấy từ Fig.21A, có sự khác biệt rất đáng kể về hiệu suất dòng điện. Linh kiện phát sáng 1 theo phương án của sáng chế có thể đạt hiệu suất dòng điện cao, trong khi hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng so sánh 2 lại rất thấp. Ví dụ, ở cường độ sáng bằng 500 cd/m^2 , hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 1 là $2,2 \text{ cd/A}$ trong khi hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng so sánh 2 là khoảng $0,05 \text{ cd/A}$. Nói cách khác, chỉ bằng cách bổ sung một lượng nhỏ chất bẫy lỗ trống, hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 1 theo phương án của sáng chế được cải thiện khoảng gần 50 lần. Dựa vào kết quả đo được, đã phát hiện được rằng ở cường độ sáng bằng 500 cd/m^2 , hiệu suất sử dụng điện được cải thiện từ khoảng $0,02 \text{ lm/W}$ lên $0,66 \text{ lm/W}$ và do đó mức tiêu thụ năng lượng giảm xuống còn một phần ba mươi hoặc ít hơn.

Phần dưới đây giải thích cho điều này. Bảng 1 dưới đây thể hiện mức HOMO và mức LUMO của BPAPQ và $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ và cả mức HOMO của 1'-TNATA. Lưu ý là mức HOMO và mức LUMO được tính bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV: cyclic voltammetry) (xem Ví dụ 4).

Bảng 1

Tên chất	HOMO (eV)	LUMO (eV)
BPAPQ	-5,58	-2,97
$\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$	-5,80	-3,41
1'-TNATA	-4,98	-

Như có thể thấy từ bảng 1, trong vùng phát sáng thu được bằng cách bổ sung $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ vào BPAPQ, $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ có xu hướng bẫy các electron mạnh nhưng chắc chắn là không bẫy lỗ trống. Do đó, vùng phát sáng có xu hướng cho các lỗ trống được vận chuyển đến catốt mà không cho đủ cơ hội để

kết hợp lại. Thực vậy, trên Fig.22B, sự phát sáng không cần thiết từ linh kiện phát sáng so sánh 2 được quan sát ở bước sóng khoảng 500nm. Điều này có thể là do hiện tượng trong đó các lỗ trống đi qua vùng phát sáng kết hợp lại với các electron trong lớp chỉ chứa BPAPQ giữa vùng phát sáng và vùng phun electron để cho phép BPAPQ phát sáng. Ngoài ra, điều hợp lý là trong linh kiện phát sáng 1 theo Ví dụ 1, các lỗ trống dễ dàng đi qua vùng phát sáng được bẫy bằng 1'-TNATA bổ sung vào nên hiệu suất kết hợp lại tăng lên; do đó, hiệu suất phát xạ được cải thiện đáng kể mà không có sự phát sáng từ BPAPQ.

Từ các kết quả nêu trên, cần hiểu rằng bằng cách áp dụng cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, mặc dù đó là cấu trúc linh kiện đơn giản, nhưng hiệu suất phát xạ có thể tăng lên đáng kể.

Hơn nữa, các thử nghiệm được thực hiện trong đó linh kiện phát sáng 1 và linh kiện phát sáng so sánh 2 được phát sáng liên tục bằng cách kích thích bằng dòng điện không đổi với cường độ sáng ban đầu của chúng được đặt bằng 500 cd/m². Fig.36 thể hiện các kết quả của linh kiện phát sáng 1, và Fig.37 thể hiện các kết quả của linh kiện phát sáng so sánh 2. Trục tung thể hiện cường độ sáng được chuẩn hóa trong các điều kiện mà cường độ sáng ban đầu là 100%, và trục hoành thể hiện thời gian kích thích.

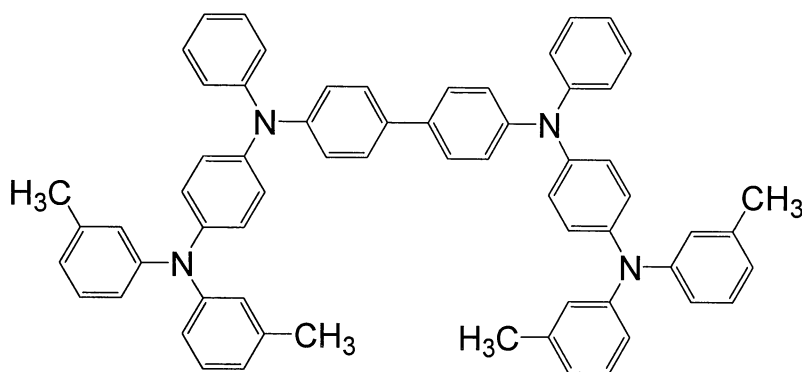
Như có thể thấy từ việc so sánh hình vẽ Fig.36 và Fig.37, có sự khác biệt về thời hạn sử dụng lớn hơn nhiều so với sự khác biệt về hiệu suất dòng điện. Như được thể hiện trên Fig.37, với linh kiện phát sáng so sánh 2, cường độ sáng tăng lên khoảng 2,5 lần ở thời điểm bắt đầu kích thích bằng dòng điện và sau đó giảm ngay; sau 75 giờ, cường độ sáng giảm khoảng một nửa. Mặt khác, như được thể hiện trên Fig.36, với linh kiện phát sáng 1 theo phương án của sáng chế, cường độ sáng tăng lên không đáng kể, chỉ khoảng 1% ở thời điểm bắt đầu kích thích và có sự giảm rất ít sau đó; thậm chí sau 900 giờ, cường độ sáng được thấy là vẫn duy trì gần như 100% cường độ sáng ban đầu. Do đó, có thể sản xuất linh kiện phát sáng hầu như không giảm chất lượng và có thời hạn sử dụng dài đến mức khó ước đoán được thời gian bán hủy của nó.

Linh kiện phát sáng 1 và linh kiện phát sáng so sánh 2 chỉ khác nhau ở chỗ là chỉ khoảng 1% trọng lượng chất bẫy lỗ trống (1'-TNATA) có được bổ sung vào vùng vận chuyển lỗ trống hay không. Tuy nhiên, hiệu quả cải thiện rõ rệt thời hạn sử dụng này là bất ngờ và không thể dự đoán từ kiến thức kỹ thuật thông thường nói chung, Điều này cho thấy rằng phương án theo sáng chế tạo ra tác dụng đặc biệt.

Từ các kết quả nêu trên, cần hiểu rằng bằng cách áp dụng cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, mặc dù đó là cấu trúc linh kiện đơn giản, có thể chế tạo linh kiện phát sáng có thời hạn sử dụng rất dài.

Ví dụ 2

Trong Ví dụ 2, ví dụ chế tạo linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả cụ thể. Công thức cấu trúc của vật liệu được sử dụng trong Ví dụ 2 sẽ được minh họa dưới đây. Lưu ý là các công thức cấu trúc của các chất được sử dụng trong Ví dụ 1 không được nêu ra ở đây.



DNTPD

Linh kiện phát sáng 3

Linh kiện phát sáng 3 được chế tạo theo cách tương tự như đối với linh kiện phát sáng 1 chỉ khác là 4,4'-bis(*N*-{4-[*N'*-(3-methylphenyl)-*N'*-phenylamino]phenyl}-*N*-phenylamino)biphenyl (ký hiệu viết tắt: DNTPD) được sử dụng thay cho 1'-TNATA để làm chất bẫy lỗ trống. Lưu ý là trong linh kiện phát sáng 3, DNTPD được bổ sung với tỷ lệ trọng lượng của BPAPQ với DNTPD là 1:0,1.

Linh kiện phát sáng 3 thu được theo cách này được gắn vào hộp găng tay chứa khí nitơ để không tiếp xúc với không khí. Sau đó, các đặc tính hoạt động của linh kiện phát sáng này được xác định. Lưu ý là việc xác định này được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng (trong môi trường được duy trì ở 25°C).

Fig.23A thể hiện các đặc tính điện áp theo mật độ dòng điện của linh kiện phát sáng 3, và Fig.23B thể hiện các đặc tính mật độ dòng điện theo cường độ sáng của các linh kiện này. Fig.24A thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 3, và Fig.24B thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất sử dụng điện của linh kiện này. Fig.25 thể hiện phổ phát sáng khi linh kiện phát sáng 3 được phát sáng bởi dòng điện với mật độ dòng điện là 25mA/cm². Như thấy rõ từ Fig.25, linh kiện phát sáng 3 có sự phát ra ánh sáng màu đỏ (bước sóng đỉnh phát sáng là 650 nm) từ chất phát sáng Ir(Fdpq)₂(acac).

Hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 3 ở cường độ sáng 500 cd/m² là 0,69 cd/A, giá trị này thấp hơn giá trị tương ứng của linh kiện phát sáng 1 theo Ví dụ 1 nhưng lớn hơn hoặc bằng 10 lần so với giá trị tương ứng của linh kiện phát sáng so sánh 2 theo Ví dụ 1. Ngoài ra, hiệu suất sử dụng điện ở cường độ sáng 500 cd/m² là khoảng 0,17 lm/W, và mức tiêu thụ năng lượng bằng khoảng một phần mười so với mức tiêu thụ năng lượng của linh kiện phát sáng so sánh 2.

Bảng 2 sau đây thể hiện mức HOMO và mức LUMO của BPAPQ và Ir(Fdpq)₂(acac) và cả mức HOMO của DNTPD. Lưu ý là mức HOMO và mức LUMO được tính bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV: cyclic voltammetry) (xem Ví dụ 4).

Bảng 2

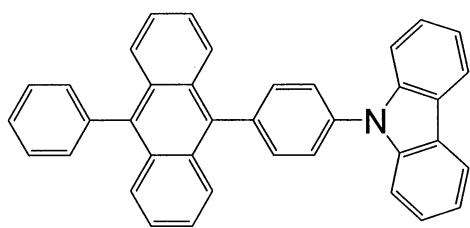
Tên chất	HOMO (eV)	LUMO (eV)
BPAPQ	-5,58	-2,97
Ir(Fdpq) ₂ (acac)	-5,80	-3,41
DNTPD	-5,16	-

Từ các kết quả nêu trong bảng 2, điều hợp lý là như trong Ví dụ 1, các lỗ trống dễ dàng đi qua vùng phát sáng được bẫy bằng DNTPD bổ sung vào nên hiệu suất kết hợp lại tăng lên; do đó, hiệu suất phát xạ được cải thiện đáng kể mà không có sự phát sáng từ BPAPQ.

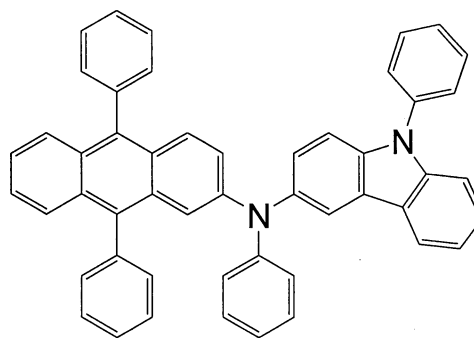
Từ các kết quả nêu trên, cần hiểu rằng bằng việc áp dụng cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, mặc dù đó là cấu trúc linh kiện đơn giản, hiệu suất phát xạ có thể tăng lên một cách đáng kể.

Ví dụ 3

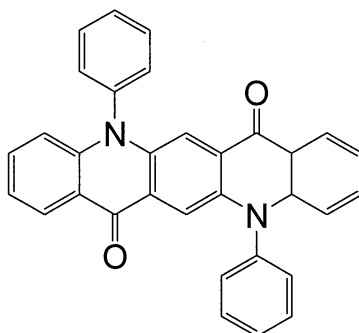
Trong Ví dụ 3, ví dụ chế tạo linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả cụ thể. Công thức cấu trúc của các chất sử dụng trong Ví dụ 3 được minh họa dưới đây.



CzPA



2PCAPA



DPQd

Sau đây, phương pháp cụ thể để chế tạo các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 3 được mô tả.

Linh kiện phát sáng 4

Đầu tiên, nền thủy tinh trên đó màng indi thiếc silic oxit (ITSO) có độ dày 110nm được tạo ra dưới dạng anốt được chuẩn bị. Phần rìa của bề mặt của màng ITSO được che phủ bằng màng polyimit sao cho phần hình vuông có cạnh 2mm của bề mặt này được phơi sáng. Diện tích điện cực được đặt bằng 2mm × 2mm. Để xử lý sơ bộ để tạo thành linh kiện phát sáng trên nền này, bề mặt của nền được rửa bằng nước và được sấy ở 200°C trong một giờ, và sau đó xử lý bằng UV ôzôn trong 370 giây. Sau đó, nền được chuyển vào thiết bị bay hơi chân không ở đó áp suất được giảm tới khoảng 10^{-5} Pa. Trong buồng gia nhiệt của thiết bị bay hơi chân không, quá trình sấy được thực hiện ở 170°C trong 30 phút trong chân không. Sau đó, nền được làm nguội trong khoảng 30 phút.

Tiếp theo, nền thủy tinh có anốt này được gắn với giá đỡ nền trong khoang tạo màng của thiết bị bay hơi chân không sao cho bề mặt trên đó anốt

được tạo ra hướng xuống dưới.

Sau đó, đầu tiên, 9-[4-(10-phenyl-9-antryl)phenyl]-9*H*-carbazol (ký hiệu viết tắt: CzPA) và molybden(VI) oxit được bay hơi đồng thời trên anôt, nhờ đó tạo thành vùng phun lỗ trống mà trong đó chất nhận electron là molybden oxit được bổ sung vào. Bước gia nhiệt bằng điện trở được sử dụng để làm bay hơi. Độ dày của vùng phun lỗ trống được đặt bằng 50nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của CzPA với molybden oxit (CzPA:molybden oxit) là 1:0,5. Lưu ý là phương pháp bay hơi đồng thời được dùng để chỉ phương pháp bay hơi mà theo đó quá trình bay hơi đồng thời nhiều chất được thực hiện từ nhiều nguồn bay hơi trong một buồng xử lý.

Tiếp theo, bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở, màng có độ dày 10nm được tạo thành chỉ chứa CzPA và sau đó CzPA và *N*,9-điphenyl-*N*-(9,10-điphenyl-2-antryl)-9*H*-carbazol-3-amin (ký hiệu viết tắt: 2PCAPA) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phát sáng mà trong đó chất phát sáng 2PCAPA được bổ sung vào. Độ dày của vùng phát sáng được đặt bằng 40nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của CzPA với 2PCAPA (CzPA:2PCAPA) là 1:0,05.

Tiếp theo, CzPA và *N,N'*-điphenylquinacridon (ký hiệu viết tắt: DPQd) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng vận chuyển electron mà trong đó chất bẫy electron là DPQd được bổ sung vào. Độ dày của vùng vận chuyển electron được đặt bằng 10nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của CzPA với DPQd (CzPA:DPQd) là 1:0,005.

Ngoài ra, CzPA và lithi (Li) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phun electron mà trong đó chất cho electron là lithi được bổ sung vào. Độ dày của vùng phun electron được đặt bằng 20nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của CzPA với lithi (CzPA:lithi) là 1:0,01.

Cuối cùng, màng nhôm có độ dày 200nm được tạo thành trên vùng phun electron bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở, nhờ đó catôt được tạo thành. Như vậy, linh kiện phát sáng 4 được chế tạo.

Linh kiện phát sáng 4 thu được theo cách này được gắn trong hộp găng tay chứa khí nitơ để không tiếp xúc với không khí. Sau đó, các đặc tính hoạt động của linh kiện phát sáng này được xác định. Lưu ý là việc xác định này được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng (trong môi trường được duy trì ở 25°C).

Fig.26A thể hiện các đặc tính điện áp theo mật độ dòng điện của linh kiện phát sáng 4, và Fig.26B thể hiện các đặc tính mật độ dòng điện theo cường độ sáng của các linh kiện này. Fig.27A thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 4, và Fig.27B thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất sử dụng điện của linh kiện này. Fig.28 thể hiện phổ phát sáng khi linh kiện phát sáng 4 được phát sáng bởi dòng điện với mật độ dòng điện là 25 mA/cm². Như thấy rõ từ Fig.28, linh kiện phát sáng 4 có sự phát ánh sáng màu xanh lá cây (bước sóng đỉnh phát sáng là 520nm) từ chất phát sáng 2PCAPA.

Hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 4 ở cường độ sáng 1000 cd/m² là 6,6 cd/A, và do đó đạt được hiệu suất dòng điện cao. Hiệu suất sử dụng điện ở cường độ sáng 1000 cd/m² là khoảng 3,2 lm/W, điều này có thể tạo ra mức tiêu thụ năng lượng đủ thấp.

Bảng 3 dưới đây thể hiện mức HOMO và mức LUMO của CzPA và 2PCAPA và cả mức LUMO của DPQd. Lưu ý là mức HOMO và mức LUMO được tính bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV: cyclic voltammetry) (xem Ví dụ 4).

Bảng 3

Tên chất	HOMO (eV)	LUMO (eV)
CzPA	-5,79	-2,73
2PCAPA	-5,29	-2,70
DPQd	-	-3,28

Như có thể thấy từ bảng 3, trong vùng phát sáng thu được bằng cách bổ sung CzPA vào 2PCAPA, 2PCAPA có xu hướng bẫy lỗ trống mạnh nhưng ít bẫy electron. Do đó, vùng phát sáng có xu hướng cho phép electron vận chuyển đến anốt mà không cho đủ cơ hội để kết hợp lại. Ngoài ra, điều hợp lý là trong linh kiện phát sáng 4 của Ví dụ 3, các electron dễ dàng đi qua vùng phát sáng được bẫy bằng DPQd bổ sung vào nên hiệu suất kết hợp lại tăng lên; do đó, đạt được hiệu suất phát xạ cao.

Từ các kết quả nêu trên, cần hiểu rằng bằng việc áp dụng cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, mặc dù đó là cấu trúc linh kiện đơn giản, có thể đạt được hiệu suất phát xạ cao.

Ví dụ 4

Trong Ví dụ 4, các đặc tính oxy hóa và các đặc tính khử của các chất sử dụng cho các linh kiện phát sáng từ 1 đến 4 chế tạo được theo các Ví dụ từ 1 đến 3 được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Hơn nữa, từ việc đo này, mức HOMO và mức LUMO của mỗi chất được xác định. Lưu ý là thiết bị phân tích điện hóa (ALS model 600A hoặc 600C, sản phẩm của BAS Inc.) được sử dụng để đo.

Đối với dung dịch được sử dụng để đo CV, *N,N*-dimetylformamit được khử nước (DMF, sản phẩm của Sigma-Aldrich Inc., 99,8%, mã sản phẩm trong catalog 22705-6) được sử dụng làm dung môi, và tetra-*n*-butylamoni perclorat ($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$, sản phẩm của Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., mã sản phẩm trong catalog T0836), là chất điện giải hỗ trợ, được hòa tan trong dung môi sao cho nồng độ của tetra-*n*-butylamoni perclorat là 100 mmol/l. Đối tượng cần đo cũng được hòa tan trong dung môi sao cho nồng độ của nó là 2 mmol/l. Lưu ý là đối với chất có độ tan thấp, mà không thể hòa tan được ở nồng độ 2 mmol/l, phần không tan của chất này được lọc bỏ và sau đó dịch lọc được sử dụng để đo. Điện cực platin (sản phẩm của BAS Inc., PTE platinum electrode) được sử dụng làm điện cực làm việc, điện cực platin (sản phẩm của BAS Inc., điện cực đối Pt

đối với VC-3, (5 cm)) được sử dụng làm điện cực phụ, và điện cực Ag/Ag^+ (sản phẩm của BAS Inc., điện cực đối chứng RE-7 đối với dung môi không chứa nước) được sử dụng làm điện cực đối chứng. Lưu ý là việc đo được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng (từ 20 đến 25°C). Ngoài ra, tốc độ quét của phép đo CV được đặt bằng 0,1 V/giây trong tất cả các phép đo.

Tính toán thế năng của điện cực đối chứng so với mức chân không

Đầu tiên, thế năng (đơn vị là eV) của điện cực đối chứng (điện cực Ag/Ag^+) được sử dụng trong Ví dụ 4, so với mức chân không được tính toán. Tức là, mức Fermi của điện cực Ag/Ag^+ được tính toán. Đã biết là thế oxy hóa-khử của feroxen trong metanol là +0,610 [V đối với SHE] đối với điện cực hydro chuẩn (Tham khảo: C. R. Goldsmith, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, Vol. 124, No. 1, trang 83-96, 2002). Mặt khác, bằng cách sử dụng điện cực đối chứng trong Ví dụ 4, thế oxy hóa-khử của feroxen trong metanol được tính toán là +0,11V [đối với Ag/Ag^+]. Do đó, đã phát hiện được là thế năng của điện cực đối chứng dùng trong Ví dụ 4 là thấp hơn so với thế năng của điện cực hydro chuẩn khoảng 0,50 [eV].

Ở đây, đã biết là thế năng của điện cực hydro chuẩn so với mức chân không là -4,44 eV (Tham khảo: T. Ohnishi and T. Koyama, *High Molecular EL Material*, Kyoritsu Shuppan, trang 64-67). Do đó, thế năng của điện cực đối chứng sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không có thể được tính như sau:

$$-4,44 - 0,50 = -4,94 \text{ [eV]}.$$

Ví dụ đo 1: BPAPQ

Trong Ví dụ đo 1, đặc tính oxy hóa và đặc tính khử của BPAPQ được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Fig.29A và Fig.29B thể hiện các kết quả đo. Fig.29A thể hiện đặc tính oxy hóa, và Fig.29B thể hiện đặc tính khử. Lưu ý là để đo đặc tính oxy hóa, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ 0,15V đến 1,00V và sau đó từ 1,00V đến 0,15V. Hơn nữa, để đo đặc tính phản ứng khử, điện thế của điện cực làm việc so

với điện cực đối chứng được quét từ $-0,75\text{V}$ đến $-2,40\text{V}$ và sau đó từ $-2,40\text{V}$ đến $-0,75\text{V}$.

Như được thể hiện trên Fig.29A, thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là $0,53\text{V}$ và thế đỉnh khử E_{pc} là $0,75\text{V}$. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được toán là bằng $0,64\text{V}$. Điều này cho thấy rằng BPAPQ được oxy hóa bằng năng lượng điện $0,64\text{ [V đối với Ag/Ag}^+]$, và năng lượng này tương ứng với mức HOMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là $-4,94\text{ [eV]}$. Do đó, phát hiện được là mức HOMO của BPAPQ được tính như sau:

$$-4,94 - (0,64) = -5,58\text{ [eV]}.$$

Hơn nữa, như được thể hiện trên Fig.29B, thế đỉnh khử E_{pc} là $-2,00\text{V}$ và thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là $-1,93\text{V}$. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng $-1,97\text{V}$. Điều này cho thấy rằng BPAPQ được khử bởi năng lượng điện $-1,97\text{ [V đối với Ag/Ag}^+]$, và năng lượng này tương ứng với mức LUMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là $-4,94\text{ [eV]}$. Do đó, đã phát hiện được là mức LUMO của BPAPQ được tính như sau:

$$-4,94 - (-1,97) = -2,97\text{ [eV]}.$$

Ví dụ đo 2: $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$

Trong Ví dụ đo 2, đặc tính oxy hóa và đặc tính khử của $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Các Fig.30A và Fig.30B thể hiện các kết quả đo này. Fig.30A thể hiện đặc tính oxy hóa, và Fig.30B thể hiện đặc tính khử. Lưu ý là để đo đặc tính oxy hóa, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ $0,10\text{V}$ đến $1,00\text{V}$ và sau đó từ $1,00\text{V}$ đến $0,10\text{V}$. Hơn nữa, để đo đặc tính khử, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ $-1,20\text{V}$ đến $-2,05\text{V}$ và sau đó từ $-2,05\text{V}$ đến $-1,20\text{V}$.

Như được thể hiện trên Fig.30A, thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là 0,92V và thế đỉnh khử E_{pc} là 0,79V. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng 0,86V. Điều này cho thấy rằng Ir(Fdpq)₂(acac) được oxy hóa bởi năng lượng điện 0,86 [V đối với Ag/Ag⁺], và năng lượng này tương ứng với mức HOMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là -4,94 [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức HOMO của Ir(Fdpq)₂(acac) được tính như sau:

$$-4,94 - (0,86) = -5,80 \text{ [eV]}.$$

Hơn nữa, như được thể hiện trên Fig.30B, thế đỉnh khử E_{pc} là -1,56 V và thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là -1,49 V. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng -1,53V. Điều này cho thấy rằng Ir(Fdpq)₂(acac) được khử bởi năng lượng điện -1,53 [V đối với Ag/Ag⁺], và năng lượng này tương ứng với mức LUMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là -4,94 [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức LUMO của Ir(Fdpq)₂(acac) được tính như sau:

$$-4,94 - (-1,53) = -3,41 \text{ [eV]}.$$

Ví dụ đo 3: 1'-TNATA

Trong Ví dụ đo 3, đặc tính oxy hóa của 1'-TNATA được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Fig.31 thể hiện các kết quả đo này. Fig.31 thể hiện đặc tính oxy hóa. Lưu ý là để đo đặc tính oxy hóa, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ -0,35V đến 0,60V và sau đó từ 0,60V đến -0,35V.

Như được thể hiện trên Fig.31, thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là 0,08V và thế đỉnh khử E_{pc} là 0,01V. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng 0,04V. Điều này cho thấy rằng 1'-TNATA được oxy hóa bởi năng lượng điện 0,04 [V đối với Ag/Ag⁺], và năng lượng này tương ứng với mức HOMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được

sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là $-4,94$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức HOMO của 1'-TNATA được tính như sau:

$$-4,94 - (0,04) = -4,98 \text{ [eV]}.$$

Ví dụ đo 4: DNTPD

Trong Ví dụ đo 4, đặc tính oxy hóa của DNTPD được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Fig.32 thể hiện các kết quả đo này. Fig.32 thể hiện đặc tính oxy hóa. Lưu ý là để đo đặc tính oxy hóa, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ $-0,43\text{V}$ đến $0,50\text{V}$ và sau đó từ $0,50\text{V}$ đến $-0,43\text{V}$.

Như được thể hiện trên Fig.32, thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là $0,28\text{ V}$ và thế đỉnh khử E_{pc} là $0,16\text{V}$. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng $0,22\text{V}$. Điều này cho thấy rằng DNTPD được oxy hóa bởi năng lượng điện $0,22$ [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức HOMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là $-4,94$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức HOMO của DNTPD được tính như sau:

$$-4,94 - (0,22) = -5,16 \text{ [eV]}.$$

Ví dụ đo 5: CzPA

Trong Ví dụ đo 1, đặc tính oxy hóa và đặc tính khử của CzPA được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Các Fig.33A và Fig.33B thể hiện các kết quả đo này. Fig.33A thể hiện đặc tính oxy hóa, và Fig.33B thể hiện đặc tính khử. Lưu ý là để đo đặc tính oxy hóa, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ $0,50\text{V}$ đến $1,50\text{V}$ và sau đó từ $1,50\text{V}$ đến $0,50\text{V}$. Hơn nữa, để đo đặc tính khử, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ $-0,36\text{V}$ đến $-2,50\text{V}$ và sau đó từ $-2,50\text{V}$ đến $-0,36\text{V}$.

Như được thể hiện trên Fig.33A, thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là $0,92\text{V}$ và thế

đỉnh khử E_{pc} là 0,79V. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng 0,85V. Điều này cho thấy rằng CzPA được oxy hóa bởi năng lượng điện 0,85 [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức HOMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là $-4,94$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức HOMO của CzPA được tính như sau:

$$-4,94 - (0,85) = -5,79 \text{ [eV]}.$$

Hơn nữa, như được thể hiện trên Fig.33B, thế đỉnh khử E_{pc} là $-2,26$ V và thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là $-2,17$ V. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng $-2,21$ V. Điều này cho thấy rằng CzPA được khử bởi năng lượng điện $-2,73$ [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức LUMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là $-4,94$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức LUMO của CzPA được tính như sau:

$$-4,94 - (-2,21) = -2,73 \text{ [eV]}.$$

Ví dụ đo 6: 2PCAPA

Trong Ví dụ đo 6, đặc tính oxy hóa và đặc tính khử của 2PCAPA được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Các Fig.34A và Fig.34B thể hiện các kết quả đo này. Fig.34A thể hiện đặc tính oxy hóa, và Fig.34B thể hiện đặc tính khử. Lưu ý là để đo đặc tính oxy hóa, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ 0,34V đến 0,60V và sau đó từ 0,60V đến 0,34V. Hơn nữa, để đo đặc tính khử, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ $-0,43$ V đến $-3,00$ V và sau đó từ $-3,00$ V đến $-0,43$ V.

Như được thể hiện trên Fig.34A, thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là 0,39V và thế đỉnh khử E_{pc} là 0,31V. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng 0,35V. Điều này cho thấy rằng 2PCAPA được oxy hóa bởi năng lượng điện 0,35 [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức

HOMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là $-4,94$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức HOMO của 2PCAPA được tính như sau:

$$-4,94 - (0,35) = -5,34 \text{ [eV]}.$$

Hơn nữa, như được thể hiện trên Fig.34B, thế đỉnh khử E_{pc} là $-2,29V$ và thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là $-2,20V$. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng $-2,24V$. Điều này cho thấy rằng 2PCAPA được khử bởi năng lượng điện $-2,24$ [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức LUMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là $-4,94$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức LUMO của 2PCAPA được tính như sau:

$$-4,94 - (-2,24) = -2,70 \text{ [eV]}.$$

Ví dụ đo 7: DPQd

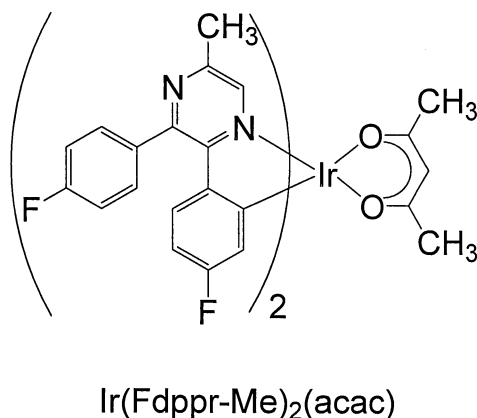
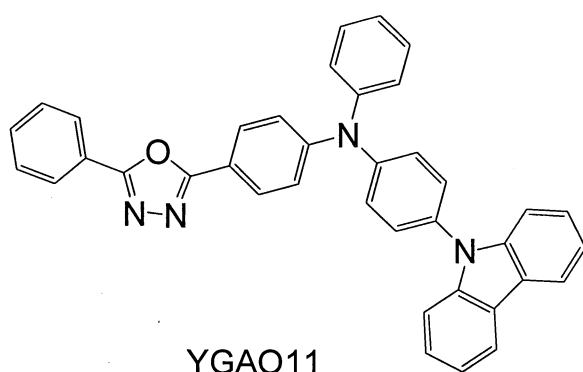
Trong Ví dụ đo 7, đặc tính khử của DPQd được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Fig.35 thể hiện các kết quả đo. Fig.35 thể hiện đặc tính khử. Lưu ý là để đo đặc tính khử, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ $-0,94V$ đến $-2,40V$ và sau đó từ $-2,40V$ đến $-0,94V$.

Hơn nữa, như được thể hiện trên Fig.35, thế đỉnh khử E_{pc} là $-1,70V$ và thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là $-1,62V$. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng $-1,66V$. Điều này cho thấy rằng DPQd được khử bởi năng lượng điện $-1,66$ [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức LUMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 4 so với mức chân không là $-4,94$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức LUMO của DPQd được tính như sau:

$$-4,94 - (-1,66) = -3,28 \text{ [eV]}.$$

Ví dụ 5

Trong Ví dụ 5, ví dụ chế tạo linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả cụ thể. Công thức cấu trúc của các chất sử dụng trong Ví dụ 5 được minh họa dưới đây. Lưu ý là công thức cấu trúc của các chất đã được minh họa trong các Ví dụ khác không được nêu ở đây.



Sau đây, các phương pháp cụ thể để chế tạo các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 5 được mô tả.

Linh kiện phát sáng 5

Đầu tiên, nền thủy tinh mà trên đó màng inđi thiếc silic oxit (ITSO) có độ dày 110nm được tạo ra dưới dạng anôt được chuẩn bị. Phần rìa của bề mặt của màng ITSO được che phủ bằng màng polyimit sao cho phần hình vuông có cạnh 2mm của bề mặt này được phơi sáng. Diện tích điện cực được đặt bằng $2\text{mm} \times 2\text{mm}$. Để xử lý sơ bộ để tạo thành linh kiện phát sáng trên nền này, bề mặt của nền được rửa bằng nước và sấy ở 200°C trong một giờ, và sau đó xử lý bằng UV ôzôn trong 370 giây. Sau đó, nền này được chuyển vào thiết bị bay hơi chân không ở đó áp suất được giảm tới khoảng 10^{-5} Pa. Trong buồng gia nhiệt của thiết bị bay hơi chân không, quá trình sấy được thực hiện ở 170°C trong 30 phút trong chân không. Sau đó, nền được làm nguội trong khoảng 30 phút.

Tiếp theo, nền thủy tinh có anôt này được gắn với giá đỡ nền trong buồng tạo màng của thiết bị bay hơi chân không sao cho bề mặt mà trên đó anôt được tạo ra hướng xuống dưới.

Sau đó, đầu tiên, 4-(9*H*-carbazol-9-yl)-4'-(5-phenyl-1,3,4-

oxadiazol-2-yl)triphenylamin (ký hiệu viết tắt: YGAO11) và molybden(VI) oxit được bay hơi đồng thời trên anôt, nhờ đó tạo thành vùng phun lỗ trống mà trong đó chất nhận electron là molybden oxit được bổ sung vào. Phương pháp gia nhiệt bằng điện trở được sử dụng để bay hơi. Độ dày của vùng phun lỗ trống được đặt bằng 50nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của YGAO11 với molybden oxit (YGAO11:molybden oxit) là 1:0,5. Lưu ý là phương pháp bay hơi đồng thời được dùng để chỉ phương pháp bay hơi mà theo đó quá trình bay hơi đồng thời nhiều chất được thực hiện từ nhiều nguồn bay hơi trong một buồng xử lý.

Tiếp theo, bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở, màng có độ dày 10nm được tạo thành chỉ sử dụng YGAO11 và sau đó YGAO11 và 4,4',4''-tris[*N*-(1-naphtyl)-*N*-phenylamino]triphenylamin (ký hiệu viết tắt: 1'-TNATA) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng vận chuyển lỗ trống mà trong đó chất bẫy lỗ trống là 1'-TNATA được bổ sung vào. Độ dày của vùng vận chuyển lỗ trống được đặt bằng 10nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của YGAO11 với 1'-TNATA (YGAO11:1'-TNATA) là 1:0,005.

Tiếp theo, YGAO11 và (axetylaxetonato)bis[2,3-bis(4-flophenyl)-5-metylpyrazinato]iridi(III) (ký hiệu viết tắt: Ir(Fdppr-Me)₂(acac)) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phát sáng mà trong đó chất phát sáng Ir(Fdppr-Me)₂(acac) được bổ sung vào. Độ dày của vùng phát sáng được đặt bằng 30nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của YGAO11 với Ir(Fdppr-Me)₂(acac) (YGAO11 : Ir(Fdppr-Me)₂(acac)) là 1:0,05.

Hơn nữa, màng có độ dày 10nm được tạo thành chỉ sử dụng YGAO11, và sau đó YGAO11 và lithi (Li) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phun electron mà trong đó chất cho electron là lithi được bổ sung vào. Độ dày của vùng phun electron được đặt bằng 40nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của YGAO11 với lithi (YGAO11:lithi) là 1:0,02.

Cuối cùng, màng nhôm có độ dày 200nm được tạo ra trên vùng phun

electron bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở, nhờ đó tạo thành catốt. Như vậy, linh kiện phát sáng 5 được chế tạo.

Linh kiện phát sáng 6

Linh kiện phát sáng 6 được chế tạo bằng cách sử dụng nền thuộc loại giống như linh kiện phát sáng 5 với tỷ lệ trọng lượng của YGAO11 với 1'-TNATA (YGAO11:1'-TNATA) là 1:0,01 trong vùng vận chuyển lỗ trống mà trong đó chất vận chuyển lỗ trống được bổ sung. Linh kiện phát sáng 6 được chế tạo theo cách tương tự như đối với linh kiện phát sáng 5 chỉ khác là vùng vận chuyển lỗ trống có bổ sung chất bẫy lỗ trống.

Linh kiện phát sáng so sánh 7

Đối với linh kiện phát sáng so sánh 7, nền thuộc loại giống như linh kiện phát sáng 5 được sử dụng, và vùng vận chuyển lỗ trống trong đó có bổ sung chất bẫy lỗ trống không được tạo ra. Nghĩa là, linh kiện phát sáng so sánh 7 được chế tạo theo cách tương tự như đối với linh kiện phát sáng 5 chỉ khác là không bổ sung 1'-TNATA.

Các linh kiện phát sáng 5 và 6 và linh kiện phát sáng so sánh 7 được chế tạo theo cách này được gắn trong hộp gang tay chứa khí nitơ để không tiếp xúc với không khí. Sau đó, các đặc tính hoạt động của các linh kiện phát sáng này được xác định. Lưu ý là việc xác định này được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng (trong môi trường được duy trì ở 25°C).

Fig.38A thể hiện các đặc tính điện áp theo mật độ dòng điện của các linh kiện phát sáng 5 và 6 và linh kiện phát sáng so sánh 7, và Fig.38B thể hiện các đặc tính mật độ dòng điện theo cường độ sáng của các linh kiện này. Fig.39A thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất dòng điện của các linh kiện phát sáng 5 và 6 và linh kiện phát sáng so sánh 7, và Fig.39B thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất sử dụng điện của các linh kiện này. Trên Fig.38A đến Fig.39B, hình tam giác trống (Δ), hình vuông trống ($\square$), và hình tròn tô đậm ($\bullet$) lần lượt tương ứng với linh kiện phát sáng 5, linh kiện phát sáng 6, và linh

kiện phát sáng so sánh 7. Fig.40 thể hiện phổ phát sáng khi các linh kiện phát sáng 5 và 6 và linh kiện phát sáng so sánh 7 được phát sáng bằng dòng điện với mật độ dòng điện là 25 mA/cm^2 . Như thấy rõ từ Fig.40, mỗi linh kiện phát sáng có sự phát ánh sáng màu vàng (bước sóng đỉnh phát sáng là 560nm) từ chất phát sáng $\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$.

Tuy nhiên, như thấy rõ từ các hình vẽ Fig.38A và Fig.38B, mặc dù dòng điện lớn đi qua linh kiện phát sáng so sánh 7, nhưng cường độ sáng của nó vẫn thấp so với các linh kiện phát sáng 5 và 6. Do đó, như cũng có thể thấy từ Fig.39A, có sự khác biệt lớn về hiệu suất dòng điện. Mỗi linh kiện phát sáng 5 và 6 theo phương án của sáng chế có thể đạt được hiệu suất dòng điện cao, trong khi đó hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng so sánh 7 là thấp. Ví dụ, ở cường độ sáng 500 cd/m^2 , hiệu suất dòng điện của các linh kiện 5 và 6 là khoảng 20 cd/A trong khi hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng so sánh 7 là khoảng 10 cd/A . Nói cách khác, chỉ bằng cách bổ sung lượng nhỏ chất bẫy lỗ trống, hiệu suất dòng điện của các linh kiện phát sáng 5 và 6 theo sáng chế được cải thiện khoảng gần hai lần. Theo kết quả thu được, đã phát hiện được là ở cường độ sáng 500 cd/m^2 , hiệu suất sử dụng điện được cải thiện từ $3,0 \text{ lm/W}$ lên $5,0 \text{ lm/W}$ và do đó mức tiêu thụ năng lượng giảm đi khoảng một nửa.

Phần dưới đây giải thích các kết quả này. Bảng 4 dưới đây thể hiện mức HOMO và mức LUMO của YGAO11 và $\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$ và cả mức HOMO của 1'-TNATA. Lưu ý là các mức HOMO và mức LUMO được tính bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV: cyclic voltammetry) (xem Ví dụ 8).

Bảng 4

Tên chất	HOMO (eV)	LUMO (eV)
YGAO11	-5,58	-2,49
$\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$	-5,59	-2,85
1'-TNATA	-4,98	-

Như có thể thấy từ bảng 4, trong vùng phát sáng thu được bằng cách bổ sung YGAO11 vào $\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$, $\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$ có xu hướng bẫy electron mạnh nhưng ít bẫy lỗ trống. Do đó, vùng phát sáng có xu hướng cho các lỗ trống được vận chuyển đến catôt. Ngoài ra, điều hợp lý là trong mỗi linh kiện phát sáng 5 và 6 theo phương án của sáng chế, các lỗ trống dễ dàng đi qua vùng phát sáng được bẫy bằng 1'-TNATA bổ sung vào nên hiệu suất kết hợp lại tăng lên, điều này góp phần cải thiện hiệu quả phát xạ.

Từ các kết quả nêu trên, cần hiểu rằng bằng việc áp dụng cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, mặc dù đó là cấu trúc linh kiện đơn giản, có thể đạt được hiệu suất phát xạ cao.

Ví dụ 6

Trong Ví dụ 6, ví dụ chế tạo linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả cụ thể. Sau đây, các phương pháp cụ thể để chế tạo các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 6 được mô tả.

Linh kiện phát sáng 8

Đầu tiên, nền thủy tinh (nền thuộc loại giống như nền được sử dụng để chế tạo linh kiện phát sáng 1 và linh kiện phát sáng so sánh 2 của Ví dụ 1) trên đó màng indium thiếc oxit (ITSO) được tạo ra có độ dày 110nm dưới dạng anôt được chuẩn bị. Phần rìa của bề mặt của màng ITSO được che phủ bằng màng polyimide sao cho phần hình vuông có cạnh 2mm của bề mặt này được phơi sáng. Diện tích điện cực được đặt bằng $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$. Để xử lý sơ bộ để tạo thành linh kiện phát sáng trên nền này, bề mặt của nền được rửa bằng nước và sấy ở 200°C trong một giờ, và sau đó xử lý bằng UV ôzôn trong 370 giây. Sau đó, nền này được chuyển vào thiết bị bay hơi chân không ở đó áp suất được giảm tới khoảng 10^{-5} Pa . Trong buồng gia nhiệt của thiết bị bay hơi chân không, quá trình sấy được thực hiện ở 170°C trong 30 phút trong chân không. Sau đó, nền này được làm nguội trong khoảng 30 phút.

Tiếp theo, nền thủy tinh có anốt này được gắn với giá đỡ nền trong buồng tạo màng của thiết bị bay hơi chân không sao cho bề mặt trên đó anốt được tạo ra hướng xuống dưới.

Sau đó, đầu tiên, *N,N'*-(quinoxalin-2,3-diylđi-4,1-phenylen)bis(*N*-phenyl-1,1'-biphenyl-4-amin) (ký hiệu viết tắt: BPAPQ) và molybden(VI) oxit được bay hơi đồng thời trên anốt, nhờ đó tạo thành vùng phun lỗ trống mà trong đó chất nhận electron là molybden oxit được bổ sung vào. Phương pháp gia nhiệt bằng điện trở được sử dụng để làm bay hơi. Độ dày của vùng phun lỗ trống được đặt bằng 50nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của BPAPQ với molybden oxit (BPAPQ:molybden oxit) là 1:0,5. Lưu ý là phương pháp bay hơi đồng thời được dùng để chỉ phương pháp bay hơi mà theo đó quá trình bay hơi đồng thời nhiều chất được thực hiện từ nhiều nguồn bay hơi trong một buồng xử lý.

Tiếp theo, bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở, màng có độ dày 10nm được tạo thành chỉ chứa BPAPQ và sau đó BPAPQ và 4,4',4''-tris[*N*-(1-naphtyl)-*N*-phenylamino]triphenylamin (ký hiệu viết tắt: 1'-TNATA) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng vận chuyển lỗ trống mà trong đó chất bẫy lỗ trống 1'-TNATA được bổ sung vào. Độ dày của vùng vận chuyển lỗ trống được đặt bằng 10nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của BPAPQ với 1'-TNATA (BPAPQ:1'-TNATA) là 1:0,05.

Tiếp theo, BPAPQ và (axetylaxetonato)bis[2,3-bis(4-flophenyl)-quinoxalinato]iridi(III) (ký hiệu viết tắt: Ir(Fdpq)₂(acac)) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phát sáng mà trong đó chất phát sáng Ir(Fdpq)₂(acac) được bổ sung vào. Độ dày của vùng phát sáng được đặt bằng 30nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của BPAPQ với Ir(Fdpq)₂(acac) (BPAPQ:Ir(Fdpq)₂(acac)) là 1:0,08.

Ngoài ra, màng có độ dày 10nm được tạo thành chỉ chứa BPAPQ, và sau đó BPAPQ và lithi (Li) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phun

electron mà trong đó chất cho electron là lithi được bổ sung vào. Độ dày của vùng phun electron được đặt bằng 50nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của BPAPQ với lithi (BPAPQ:lithi) là 1:0,01.

Cuối cùng, màng nhôm có độ dày 200nm được tạo thành trên vùng phun electron bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở, nhờ đó catôt được tạo thành. Do đó, linh kiện phát sáng 8 được chế tạo.

Linh kiện phát sáng 8 thu được được gắn trong hộp găng tay chứa khí nitơ để không tiếp xúc với không khí. Sau đó, các đặc tính hoạt động của linh kiện phát sáng này được xác định. Lưu ý là việc xác định này được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng (trong môi trường được duy trì ở 25°C).

Fig.41A thể hiện các đặc tính điện áp theo mật độ dòng điện của linh kiện phát sáng 8, và Fig.41B thể hiện các đặc tính mật độ dòng điện theo cường độ sáng của các linh kiện này. Fig.42A thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 8, và Fig.42B thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất sử dụng điện của linh kiện này. Trong Fig.41A và Fig.42B, hình thoi trống ($\square$) và hình tròn tô đậm ($\bullet$) lần lượt tương ứng với linh kiện phát sáng 8 và linh kiện phát sáng so sánh 2. Các Fig.43A và Fig.43B thể hiện phổ phát sáng khi linh kiện phát sáng 8 được kích thích để phát sáng bằng dòng điện với mật độ dòng điện là 25 mA/cm². Fig.43B là hình vẽ phóng to của Fig.43A. Các hình vẽ Fig.41A và Fig.41B, Fig.42A và Fig.42B, và Fig.43A và Fig.43B cũng thể hiện các đặc tính của linh kiện phát sáng so sánh 2 được chế tạo theo Ví dụ 1 để so sánh. Như thấy rõ từ các hình vẽ Fig.43A và Fig.43B, linh kiện phát sáng 8 có sự phát ra ánh sáng màu đỏ (bước sóng đỉnh phát sáng là 650nm) từ chất phát sáng Ir(Fdpq)₂(acac).

Tuy nhiên, như thấy rõ từ các hình vẽ Fig.41A và Fig.41B, mặc dù dòng điện lớn đi qua linh kiện phát sáng so sánh 2, nhưng cường độ sáng của nó vẫn thấp so với linh kiện phát sáng 8. Do đó, như cũng có thể thấy từ Fig.42A, có sự khác biệt rất đáng kể về hiệu suất dòng điện. Linh kiện phát sáng 8 theo sáng chế có thể đạt được hiệu suất dòng điện cao, trong khi hiệu suất dòng điện của linh

kiện phát sáng so sánh 2 là rất thấp. Ví dụ, ở cường độ sáng 500 cd/m^2 , hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 8 là $2,4 \text{ cd/A}$ trong khi hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng so sánh 2 là khoảng $0,05 \text{ cd/A}$. Nói cách khác, chỉ bằng cách bổ sung lượng nhỏ chất bẫy lỗ trống, hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 8 theo sáng chế được tăng lên khoảng 50 lần. Theo kết quả thu được đã phát hiện là, ở cường độ sáng 500 cd/m^2 , hiệu suất sử dụng điện tăng từ khoảng $0,02 \text{ lm/W}$ lên $0,60 \text{ lm/W}$ và do đó mức tiêu thụ năng lượng giảm xuống một phần ba mươi hoặc ít hơn.

Như được mô tả trong Ví dụ 1, trong vùng phát sáng thu được bằng cách bổ sung BPAPQ vào $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$, $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ có xu hướng bẫy electron mạnh nhưng ít bẫy lỗ trống. Do đó, vùng phát sáng có xu hướng cho các lỗ trống vận chuyển đến catốt. Thực vậy, trên Fig.43B, sự phát sáng không cần thiết từ linh kiện phát sáng so sánh 2 được quan sát ở khoảng 500nm . Điều này có thể là do hiện tượng trong đó các lỗ trống đi qua vùng phát sáng kết hợp lại với các electron trong lớp chỉ chứa BPAPQ giữa vùng phát sáng và vùng phun electron cho phép BPAPQ phát ra ánh sáng. Ngoài ra, điều hợp lý là trong linh kiện phát sáng 8 theo sáng chế, các lỗ trống dễ dàng đi qua vùng phát sáng được bẫy bằng 1'-TNATA đã bổ sung vào nên hiệu suất kết hợp lại tăng lên; do đó, hiệu suất phát xạ được cải thiện đáng kể mà không có sự phát sáng từ BPAPQ.

Từ các kết quả nêu trên, cần hiểu rằng bằng việc áp dụng cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, mặc dù đó là cấu trúc linh kiện đơn giản, hiệu suất phát xạ có thể tăng lên một cách đáng kể.

Hơn nữa, các thử nghiệm được thực hiện trong đó linh kiện phát sáng 8 được chiếu sáng liên tục bằng cách kích thích bằng dòng điện không đổi. Đầu tiên, linh kiện phát sáng 8 được phát sáng ở dòng điện $0,8\text{mA}$ (ở mật độ dòng điện 20 mA/cm^2) trong 48 giờ và được xử lý hóa già. Mặc dù cường độ sáng ban đầu là khoảng 500 cd/m^2 , hiệu suất dòng điện được cải thiện khoảng 3,6 lần bằng việc xử lý hóa già. Do đó, sau 48 giờ, cường độ sáng tăng đến khoảng 1800 d/m^2 . Ở thời điểm này, hiệu suất dòng điện là $9,0 \text{ cd/A}$ và hiệu suất lượng tử bên

ngoài là 21%. Điều này cho thấy rằng để kích thích linh kiện phát sáng theo sáng chế, việc xử lý hóa già là hữu hiệu để ổn định hiệu suất dòng điện.

Sau khi xử lý hóa già, cường độ sáng 1800 d/m^2 được đặt bằng cường độ sáng ban đầu, và linh kiện phát sáng 8 được chiếu sáng liên tục bằng cách kích thích bằng dòng điện không đổi. Fig.44 thể hiện các kết quả này. Trục tung thể hiện cường độ sáng được chuẩn hóa ở điều kiện mà cường độ sáng ban đầu là 100%, và trục hoành thể hiện thời gian kích thích.

Như được thể hiện trên Fig.44, linh kiện phát sáng 8 theo sáng chế có mức độ giảm chất lượng nhỏ và duy trì được 89% cường độ sáng ban đầu ngay cả sau 4000 giờ; do đó, linh kiện này được phát hiện là có thời hạn sử dụng rất dài. Hơn nữa, hiệu suất rất cao đạt được sau khi xử lý hóa già. Nghĩa là, bằng việc xử lý hóa già, hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng theo sáng chế được ổn định, và có thể đạt được thời hạn sử dụng dài trong lần kích thích tiếp theo.

Từ các kết quả nêu trên, cần hiểu rằng bằng việc áp dụng cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo sáng chế, mặc dù đó là cấu trúc linh kiện đơn giản, có thể chế tạo linh kiện phát sáng có thời hạn sử dụng rất dài.

Linh kiện phát sáng 8 và linh kiện phát sáng so sánh 2 chỉ khác nhau ở chỗ chất bẫy lỗ trống (1'-TNATA) với lượng khoảng 5% trong lượng có được bổ sung vào vùng vận chuyển lỗ trống hay không. Tuy nhiên, hiệu quả cải thiện mạnh hiệu suất phát xạ và thời hạn sử dụng là bất ngờ và không thể dự đoán từ kiến thức kỹ thuật thông thường, Điều này cho thấy rằng sáng chế tạo ra hiệu quả đáng kể.

Ví dụ 7

Trong Ví dụ 7, ví dụ chế tạo linh kiện phát sáng theo sáng chế sẽ được mô tả cụ thể. Sau đây, các phương pháp cụ thể để chế tạo các linh kiện phát sáng theo Ví dụ 7 được mô tả.

Linh kiện phát sáng 9

Đầu tiên, nền thủy tinh mà trên đó màng inđi thiếc silic oxit (ITSO) có độ dày 110nm được tạo ra dưới dạng anốt được chuẩn bị. Phần rìa của bề mặt của màng ITSO được che phủ bằng màng polyimide sao cho phần hình vuông có cạnh 2mm của bề mặt này được phơi sáng. Diện tích điện cực được đặt bằng $2\text{mm} \times 2\text{mm}$. Để xử lý sơ bộ để tạo thành linh kiện phát sáng trên nền này, bề mặt của nền được rửa bằng nước và sấy ở 200°C trong một giờ, và sau đó xử lý bằng UV ôzôn trong 370 giây. Sau đó, nền này được chuyển vào thiết bị bay hơi chân không ở đó áp suất được giảm tới khoảng 10^{-5} Pa. Trong buồng gia nhiệt của thiết bị bay hơi chân không, quá trình sấy được thực hiện ở 170°C trong 30 phút trong chân không. Sau đó, nền được làm nguội trong khoảng 30 phút.

Tiếp theo, nền thủy tinh có anốt này được gắn với giá đỡ nền trong buồng tạo màng của thiết bị bay hơi chân không sao cho bề mặt mà trên đó anốt được tạo ra hướng xuống dưới.

Sau đó, đầu tiên, 9-[4-(10-phenyl-9-antryl)phenyl]-9*H*-carbazol (ký hiệu viết tắt: CzPA) và molybden(VI) oxit được bay hơi đồng thời trên anốt, nhờ đó tạo thành vùng phun lỗ trống mà trong đó chất nhận electron là molybden oxit được bổ sung vào. Phương pháp gia nhiệt bằng điện trở được sử dụng để làm bay hơi. Độ dày của vùng phun lỗ trống được đặt bằng 50nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của CzPA với molybden oxit (CzPA:molybden oxit) là 1:0,5. Lưu ý là phương pháp bay hơi đồng thời để chỉ phương pháp bay hơi mà quá trình bay hơi được thực hiện đồng thời từ nhiều nguồn bay hơi trong một buồng xử lý.

Tiếp theo, CzPA và *N*,9-điphenyl-*N*-(9,10-điphenyl-2-antryl)-9*H*-carbazol-3-amin (ký hiệu viết tắt: 2PCAPA) được bay hơi đồng thời bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở để tạo thành màng có độ dày 10nm. Tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của CzPA với 2PCAPA (CzPA:2PCAPA) là 1:0,5.

Tiếp theo, màng có độ dày 10nm được tạo thành chỉ chứa CzPA, và sau đó CzPA và 2PCAPA được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phát sáng

mà trong đó chất phát sáng là 2PCAPA được bổ sung vào. Độ dày của vùng phát sáng được đặt bằng 30nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của CzPA với 2PCAPA (CzPA:2PCAPA) là 1:0,05.

Tiếp theo, CzPA và *N,N'*-diphenylquinacridon (ký hiệu viết tắt: DPQd) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng vận chuyển electron mà trong đó chất bẫy electron là DPQd được bổ sung vào. Độ dày của vùng vận chuyển electron được đặt bằng 10nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của CzPA với DPQd là 1:0,005 (= CzPA:DPQd).

Ngoài ra, CzPA và lithi (Li) được bay hơi đồng thời, nhờ đó tạo thành vùng phun electron mà trong đó chất cho electron là lithi được bổ sung vào. Độ dày của vùng phun electron được đặt bằng 20nm, và tốc độ bay hơi được điều chỉnh sao cho tỷ lệ trọng lượng của CzPA với lithi (CzPA:lithi) là 1:0,02.

Cuối cùng, màng nhôm có độ dày 200nm được tạo thành trên vùng phun electron bằng quy trình bay hơi sử dụng phương pháp gia nhiệt bằng điện trở, nhờ đó tạo thành catôt. Do đó, linh kiện phát sáng 9 được chế tạo.

Linh kiện phát sáng 9 thu được được gắn trong hộp găng tay chứa khí nitơ để không tiếp xúc với không khí. Sau đó, các đặc tính hoạt động của linh kiện phát sáng này được xác định. Lưu ý là việc xác định này được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng (trong môi trường được duy trì ở 25°C).

Fig.45A thể hiện các đặc tính điện áp theo mật độ dòng điện của linh kiện phát sáng 9, và Fig.45B thể hiện các đặc tính mật độ dòng điện theo cường độ sáng của các linh kiện này. Fig.46A thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 9, và Fig.46B thể hiện các đặc tính cường độ sáng theo hiệu suất sử dụng điện của linh kiện này. Fig.47 thể hiện phổ phát sáng khi linh kiện phát sáng 9 được phát sáng bởi dòng điện với mật độ dòng điện là 25 mA/cm². Như thấy rõ từ Fig.47, linh kiện phát sáng 9 có sự phát ánh sáng màu xanh lá cây (bước sóng đỉnh phát sáng là 520 nm) từ chất phát sáng 2PCAPA.

Hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng 9 ở cường độ sáng 1000 cd/m^2 là 8,2 cd/A , và do đó đạt được hiệu suất dòng điện cao. Hiệu suất sử dụng điện ở cường độ sáng là khoảng 3,3 lm/W , điều này có thể tạo ra mức thụ năng lượng đủ thấp.

Như được mô tả trong Ví dụ 3, trong vùng phát sáng thu được bằng cách bổ sung CzPA vào 2PCAPA, 2PCAPA có xu hướng bẫy lỗ trống mạnh trong khi thường không bẫy electron. Do đó, vùng phát sáng có xu hướng cho các electron được vận chuyển đến anốt. Ngoài ra, đã được cho rằng trong linh kiện phát sáng 9 theo sáng chế, các electron dễ dàng đi qua vùng phát sáng được bẫy bằng DPQd đã bổ sung vào nên hiệu suất kết hợp lại tăng lên; do đó, đạt được hiệu suất phát xạ cao.

Từ các kết quả nêu trên, cần hiểu rằng bằng việc áp dụng cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo sáng chế, mặc dù đó là cấu trúc linh kiện đơn giản, có thể đạt được hiệu suất phát xạ cao.

Hơn nữa, các thử nghiệm được thực hiện trong đó linh kiện phát sáng 9 được phát sáng liên tục bằng cách kích thích bằng dòng điện không đổi. Đầu tiên, linh kiện phát sáng 9 được kích thích để phát ánh sáng ở dòng điện 0,8mA (với mật độ dòng điện 20 mA/cm^2) trong 48 giờ và bước xử lý hóa già được thực hiện. Mặc dù cường độ sáng ban đầu là khoảng 1000 cd/m^2 , nhưng hiệu suất dòng điện giảm khoảng 22% bằng cách xử lý hóa già. Do đó, sau 48 giờ, cường độ sáng giảm tới khoảng 780 d/m^2 . Điều này cho thấy rằng để kích thích linh kiện phát sáng theo phương án của sáng chế, việc xử lý hóa già là hữu hiệu để ổn định hiệu suất dòng điện.

Sau khi xử lý hóa già, cường độ sáng 780 d/m^2 được duy trì và được đặt là cường độ sáng ban đầu, linh kiện phát sáng 9 được phát sáng liên tục bằng cách kích thích bằng dòng điện không đổi. Fig.48 thể hiện các kết quả này. Trục tung thể hiện cường độ sáng được chuẩn hóa trong các điều kiện mà cường độ sáng ban đầu là 100%, và trục hoành thể hiện thời gian kích thích.

Như được thể hiện trên Fig.48, linh kiện phát sáng 9 theo sáng chế có sự giảm chất lượng nhẹ và duy trì 97% cường độ sáng ban đầu ngay cả sau 2000 giờ; do đó, linh kiện này được thấy là có thời hạn sử dụng rất dài. Bằng việc xử lý hóa già, hiệu suất dòng điện của linh kiện phát sáng theo sáng chế được ổn định, và do đó có thể đạt được thời hạn sử dụng dài trong lần kích thích tiếp theo.

Từ các kết quả nêu trên, cần hiểu rằng bằng việc áp dụng cấu trúc linh kiện của linh kiện phát sáng theo sáng chế, mặc dù đó là cấu trúc linh kiện đơn giản, có thể chế tạo linh kiện phát sáng có thời hạn sử dụng rất dài.

Ví dụ 8

Trong Ví dụ 8, theo cách tương tự như nêu trong Ví dụ 4, các đặc tính oxy hóa và các đặc tính khử của các chất sử dụng cho các linh kiện phát sáng từ 5 đến 7 thu được trong Ví dụ 5 được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Hơn nữa, từ kết quả đo này, mức HOMO và mức LUMO của mỗi chất được xác định. Lưu ý là thiết bị phân tích điện hóa (ALS model 600A hoặc 600C, sản phẩm của BAS Inc.) được sử dụng để đo.

Đối với dung dịch được sử dụng để đo CV, *N,N*-dimetylformamit khử nước (DMF, sản phẩm của Sigma-Aldrich Inc., 99,8%, mã sản phẩm trong catalog 22705-6) được sử dụng làm dung môi, và tetra-*n*-butylamoni perclorat ($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$, sản phẩm của Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., mã sản phẩm trong catalog T0836) là chất điện giải hỗ trợ, được hòa tan trong dung môi sao cho nồng độ của tetra-*n*-butylamoni perclorat là 100 mmol/l. Tiếp theo, chất cần đo được hòa tan trong dung môi sao cho nồng độ của nó là 2 mmol/l. Lưu ý là đối với chất có độ tan thấp không thể hòa tan được ở nồng độ 2 mmol/l, phần không tan của chất này được lọc bỏ và sau đó dịch lọc được sử dụng để đo. Điện cực platin (sản phẩm của BAS Inc., điện cực PTE platin) được sử dụng làm điện cực làm việc, điện cực platin (sản phẩm của BAS Inc., điện cực đối Pt đối với VC-3, (5 cm)) được sử dụng làm điện cực phụ, và điện cực Ag/Ag^+ (sản phẩm của BAS Inc., điện cực đối chứng RE-5 cho dung môi không chứa nước) được

sử dụng làm điện cực đối chứng. Lưu ý là việc đo được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng (từ 20 đến 25°C). Ngoài ra, tốc độ quét của phép đo CV được đặt bằng 0,1 V/giây trong tất cả các phép đo.

Tính toán thế năng của điện cực đối chứng so với mức chân không

Đầu tiên, thế năng (eV) của điện cực đối chứng (điện cực Ag/Ag⁺) sử dụng trong Ví dụ 8 so với mức chân không được tính toán. Nghĩa là, mức Fermi của điện cực Ag/Ag⁺ được tính toán. Đã biết là thế oxy hóa-khử của feroxen trong metanol là +0,610 [V đối với SHE] đối với điện cực hydro chuẩn (Tham khảo: C. R. Goldsmith, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, Vol. 124, No. 1, trang 83-96, 2002). Mặt khác, bằng cách sử dụng điện cực đối chứng dùng trong Ví dụ 8, thế oxy hóa-khử của feroxen trong metanol được tính là bằng +0,20 V [đối với Ag/Ag⁺]. Do đó, đã phát hiện được thế năng của điện cực đối chứng dùng trong Ví dụ 8 là thấp hơn so với thế năng của điện cực hydro chuẩn khoảng 0,41 [eV].

Ở đây, đã biết là thế năng của điện cực hydro chuẩn so với mức chân không là -4,44eV (Tham khảo: T. Ohnishi and T. Koyama, *High Molecular EL Material*, Kyoritsu Shuppan, trang 64-67). Do đó, thế năng của điện cực đối chứng sử dụng trong Ví dụ 8 so với mức chân không có thể được tính như sau:

$$-4,44 - 0,41 = -4,85 \text{ [eV]}.$$

Ví dụ đo 1: YGAO11

Trong Ví dụ đo 1, đặc tính oxy hóa và đặc tính khử của YGAO11 được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Các Fig.49A và Fig.49B thể hiện các kết quả đo này. Fig.49A thể hiện đặc tính oxy hóa, và Fig.49B thể hiện đặc tính khử. Lưu ý là để đo đặc tính oxy hóa, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ -0,11V đến 0,90V và sau đó từ 0,90V đến -0,11V. Hơn nữa, để đo đặc tính khử, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ -0,07V đến -2,60V và sau đó từ -2,60V đến -0,07V.

Như được thể hiện trên Fig.49A, thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là 0,68V và thế đỉnh khử E_{pc} là 0,78V. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng 0,73V. Điều này cho thấy rằng YGAO11 được oxy hóa bởi năng lượng điện 0,73 [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức HOMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng sử dụng trong Ví dụ 8 so với mức chân không là $-4,85$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức HOMO của YGAO11 được tính như sau:

$$-4,85 - (0,73) = -5,58 \text{ [eV]}.$$

Tiếp theo, như được thể hiện trên Fig.49B, thế đỉnh khử E_{pc} là $-2,40$ V và thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là $-2,31$ V. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng $-2,36$ V. Điều này cho thấy rằng YGAO11 được khử bởi năng lượng điện $-2,36$ [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức LUMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chứng được sử dụng trong Ví dụ 8 so với mức chân không là $-4,94$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức LUMO của YGAO11 được tính như sau:

$$-4,85 - (-2,36) = -2,49 \text{ [eV]}.$$

Ví dụ đo 2: $Ir(Fdppr-Me)_2(acac)$

Trong Ví dụ đo 2, đặc tính oxy hóa và đặc tính khử của $Ir(Fdppr-Me)_2(acac)$ được kiểm tra bằng phương pháp đo điện lượng tuần hoàn (CV). Các hình vẽ Fig.50A và Fig.50B thể hiện các kết quả đo này. Fig.50A thể hiện đặc tính oxy hóa, và Fig.50B thể hiện đặc tính khử. Lưu ý là để đo đặc tính phản ứng oxy hóa, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ 0,03V đến 1,00V và sau đó từ 1,00V đến 0,03V. Ngoài ra, để đo đặc tính khử, điện thế của điện cực làm việc so với điện cực đối chứng được quét từ $-0,27$ V đến $-2,30$ V và sau đó từ $-2,30$ V đến $-0,27$ V.

Như được thể hiện trên Fig.50A, thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là 0,80V và thế đỉnh khử E_{pc} là 0,67V. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng 0,74V. Điều này cho thấy rằng $Ir(Fdppr-Me)_2(acac)$ được

oxy hóa bởi năng lượng điện 0,74 [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức HOMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chúng sử dụng trong Ví dụ 8 so với mức chân không là $-4,85$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức HOMO của $\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$ được tính như sau:

$$-4,85 - (0,74) = -5,59 \text{ [eV]}.$$

Tiếp theo, như được thể hiện trên Fig.50B, thế đỉnh khử E_{pc} là $-2,03\text{V}$ và thế đỉnh oxy hóa E_{pa} là $-1,96\text{V}$. Do đó, thế nửa sóng (thế trung gian giữa E_{pc} và E_{pa}) có thể được tính là bằng $-2,00\text{V}$. Điều này cho thấy rằng $\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$ được khử bởi năng lượng điện $-2,00$ [V đối với Ag/Ag^+], và năng lượng này tương ứng với mức LUMO. Ở đây, như được mô tả trên đây, thế năng của điện cực đối chúng sử dụng trong Ví dụ 8 so với mức chân không là $-4,85$ [eV]. Do đó, đã phát hiện được là mức LUMO của $\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$ được tính như sau:

$$-4,85 - (-2,00) = -2,85 \text{ [eV]}.$$

Đơn này được dựa trên Đơn sáng chế Nhật số 2008-130215 được nộp cho Cơ quan sáng chế Nhật Bản ngày 16/5/2008 và Đơn sáng chế Nhật số 2008-198721 được nộp cho Cơ quan sáng chế Nhật Bản ngày 31/7/2008, toàn bộ nội dung của các đơn này được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Linh kiện phát sáng bao gồm:

anôt;

lớp thứ nhất nằm trên anôt và tiếp xúc với anôt, lớp thứ nhất này chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất;

lớp hợp chất hữu cơ nằm trên lớp thứ nhất và tiếp xúc với lớp thứ nhất;

lớp thứ hai nằm trên lớp hợp chất hữu cơ và tiếp xúc với lớp hợp chất hữu cơ, lớp thứ hai chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất; và

catôt nằm trên lớp thứ hai và tiếp xúc với lớp thứ hai,

trong đó:

lớp hợp chất hữu cơ bao gồm vùng thứ nhất, vùng phát sáng nằm trên vùng thứ nhất và tiếp xúc với vùng thứ nhất, và vùng thứ hai nằm trên vùng phát sáng và tiếp xúc với vùng phát sáng;

vùng thứ nhất bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy lỗ trống;

vùng phát sáng bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất phát sáng; và

vùng thứ hai bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy electron.

2. Linh kiện phát sáng theo điểm 1, trong đó chất phát sáng là hợp chất lân quang.

3. Linh kiện phát sáng theo điểm 1, trong đó mức năng lượng cao nhất của orbital phân tử có electron chiếm chỗ (highest occupied molecular orbital: HOMO) của chất bẫy lỗ trống lớn hơn mức HOMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

4. Linh kiện phát sáng theo điểm 1, trong đó mức năng lượng thấp nhất của orbital phân tử không có electron chiếm chỗ (lowest unoccupied molecular orbital: LUMO) của chất bẫy electron nhỏ hơn mức LUMO của hợp chất hữu cơ

thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

5. Thiết bị chiếu sáng chứa linh kiện phát sáng, linh kiện phát sáng này bao gồm:

anôt;

lớp thứ nhất nằm trên anôt và tiếp xúc với anôt, lớp thứ nhất này chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất;

lớp hợp chất hữu cơ nằm trên lớp thứ nhất và tiếp xúc với lớp thứ nhất;

lớp thứ hai nằm trên lớp hợp chất hữu cơ và tiếp xúc với lớp hợp chất hữu cơ, lớp thứ hai chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất; và

catôt nằm trên lớp thứ hai và tiếp xúc với lớp thứ hai,

trong đó:

lớp hợp chất hữu cơ bao gồm vùng thứ nhất, vùng phát sáng nằm trên và tiếp xúc với vùng thứ nhất, và vùng thứ hai nằm trên và tiếp xúc với vùng phát sáng;

vùng thứ nhất bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy lỗ trống;

vùng phát sáng bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất phát sáng; và

vùng thứ hai bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy electron.

6. Thiết bị chiếu sáng theo điểm 5, trong đó chất phát sáng là hợp chất lân quang.

7. Thiết bị chiếu sáng theo điểm 5, trong đó mức HOMO của chất bẫy lỗ trống lớn hơn mức HOMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

8. Thiết bị chiếu sáng theo điểm 5, trong đó mức LUMO của chất bẫy electron nhỏ hơn mức LUMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

9. Linh kiện phát sáng bao gồm:

anôt;

lớp thứ nhất nằm trên anôt và tiếp xúc với anôt, lớp thứ nhất này chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất;

lớp hợp chất hữu cơ nằm trên lớp thứ nhất và tiếp xúc với lớp thứ nhất;

lớp thứ hai nằm trên lớp hợp chất hữu cơ và tiếp xúc với lớp hợp chất hữu cơ, lớp thứ hai chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất; và catôt nằm trên lớp thứ hai và tiếp xúc với lớp thứ hai,

trong đó:

lớp hợp chất hữu cơ bao gồm vùng thứ nhất, vùng phát sáng nằm trên vùng thứ nhất và tiếp xúc với vùng thứ nhất, và vùng thứ hai nằm trên vùng phát sáng và tiếp xúc với vùng phát sáng;

vùng thứ nhất bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy lỗ trống; vùng phát sáng bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất phát sáng;

vùng thứ hai bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy electron; và hợp chất hữu cơ thứ nhất là dẫn xuất antraxen.

10. Linh kiện phát sáng theo điểm 9, trong đó chất phát sáng là hợp chất lân quang.

11. Linh kiện phát sáng theo điểm 9, trong đó mức HOMO của chất bẫy lỗ trống lớn hơn mức HOMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

12. Linh kiện phát sáng theo điểm 9, trong đó mức LUMO của chất bẫy electron nhỏ hơn mức LUMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

13. Thiết bị chiếu sáng chứa linh kiện phát sáng, linh kiện phát sáng này bao gồm:

anôt;

lớp thứ nhất nằm trên anôt và tiếp xúc với anôt, lớp thứ nhất này chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất; lớp hợp chất hữu cơ nằm trên lớp thứ nhất và tiếp xúc

với lớp thứ nhất;

lớp thứ hai nằm trên lớp hợp chất hữu cơ và tiếp xúc với lớp hợp chất hữu cơ, lớp thứ hai này chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất; và

catôt nằm trên lớp thứ hai và tiếp xúc với lớp thứ hai,

trong đó:

lớp hợp chất hữu cơ bao gồm vùng thứ nhất, vùng phát sáng nằm trên vùng thứ nhất và tiếp xúc với vùng thứ nhất, và vùng thứ hai nằm trên vùng phát sáng và tiếp xúc với vùng phát sáng;

vùng thứ nhất bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy lỗ trống;

vùng phát sáng bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất phát sáng;

vùng thứ hai bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy electron; và

hợp chất hữu cơ thứ nhất là dẫn xuất anthracen.

14. Thiết bị chiếu sáng theo điểm 13,

trong đó chất phát sáng là hợp chất lân quang.

15. Thiết bị chiếu sáng theo điểm 13, trong đó mức HOMO của chất bẫy lỗ trống lớn hơn mức HOMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

16. Thiết bị chiếu sáng theo điểm 13, trong đó mức LUMO của the chất bẫy electron nhỏ hơn mức LUMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2 eV hoặc trên 0,2eV.

17. Linh kiện phát sáng bao gồm:

anôt;

lớp thứ nhất nằm trên và tiếp xúc với anôt, lớp thứ nhất chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất;

lớp hợp chất hữu cơ nằm trên lớp thứ nhất và tiếp xúc với lớp thứ nhất;

lớp thứ hai nằm trên lớp hợp chất hữu cơ và tiếp xúc với lớp hợp chất

hữu cơ, lớp thứ hai này chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất; và

catôt nằm trên lớp thứ hai và tiếp xúc với lớp thứ hai,

trong đó:

lớp hợp chất hữu cơ bao gồm vùng thứ nhất và vùng phát sáng nằm trên vùng thứ nhất và tiếp xúc với vùng thứ nhất;

vùng thứ nhất bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy lỗ trống; và

vùng phát sáng bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất phát sáng.

18. Linh kiện phát sáng theo điểm 17, trong đó chất phát sáng là hợp chất lân quang.

19. Linh kiện phát sáng theo điểm 17, trong đó mức HOMO của chất bẫy lỗ trống lớn hơn mức HOMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

20. Linh kiện phát sáng theo điểm 17, trong đó hợp chất hữu cơ thứ nhất là dẫn xuất anthraxen.

21. Linh kiện phát sáng theo điểm 17, trong đó lớp thứ nhất còn bao gồm chất nhận electron.

22. Linh kiện phát sáng theo điểm 17, trong đó lớp thứ hai còn bao gồm chất cho electron.

23. Thiết bị điện tử chứa linh kiện phát sáng theo điểm 17.

24. Thiết bị chiếu sáng chứa linh kiện phát sáng theo điểm 17.

25. Linh kiện phát sáng bao gồm:

anôt;

lớp thứ nhất nằm trên anôt và tiếp xúc với anôt, lớp thứ nhất này bao gồm vùng kiểu N tiếp xúc với anôt và vùng kiểu P nằm trên vùng kiểu N và tiếp xúc với vùng kiểu N;

lớp hợp chất hữu cơ nằm trên lớp thứ nhất và tiếp xúc với lớp thứ nhất,

lớp hợp chất hữu cơ chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất;

lớp thứ hai nằm trên lớp hợp chất hữu cơ và tiếp xúc với lớp hợp chất hữu cơ, lớp thứ hai này chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất; và

catôt nằm trên lớp thứ hai và tiếp xúc với lớp thứ hai,

trong đó:

vùng kiểu N bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất cho electron;

vùng kiểu P bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất nhận electron;

lớp hợp chất hữu cơ bao gồm vùng thứ nhất và vùng phát sáng nằm trên vùng thứ nhất và tiếp xúc với vùng thứ nhất;

vùng thứ nhất bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy lỗ trống; và

vùng phát sáng bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất phát sáng.

26. Linh kiện phát sáng theo điểm 25, trong đó chất phát sáng là hợp chất lân quang.

27. Linh kiện phát sáng theo điểm 25, trong đó mức HOMO của chất bẫy lỗ trống lớn hơn mức HOMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

28. Linh kiện phát sáng theo điểm 25, trong đó hợp chất hữu cơ thứ nhất là dẫn xuất anthracen.

29. Linh kiện phát sáng theo điểm 25, trong đó lớp thứ hai còn bao gồm chất cho electron.

30. Thiết bị điện tử chứa linh kiện phát sáng theo điểm 25.

31. Thiết bị chiếu sáng chứa linh kiện phát sáng theo điểm 25.

32. Linh kiện phát sáng bao gồm:

anôt;

lớp thứ nhất nằm trên anôt và tiếp xúc với anôt, lớp thứ nhất này chứa hợp chất hữu cơ thứ nhất;

lớp hợp chất hữu cơ nằm trên lớp thứ nhất và tiếp xúc với lớp thứ nhất;

lớp thứ hai nằm trên lớp hợp chất hữu cơ và tiếp xúc với lớp hợp chất hữu cơ, lớp thứ hai này bao gồm vùng kiểu N và vùng kiểu P nằm trên vùng kiểu N và tiếp xúc với vùng kiểu N; và

catôt nằm trên lớp thứ hai và tiếp xúc với lớp thứ hai,

trong đó:

vùng kiểu N bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất cho electron;

vùng kiểu P bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất nhận electron;

lớp hợp chất hữu cơ bao gồm vùng thứ nhất và vùng phát sáng nằm trên vùng thứ nhất và tiếp xúc với vùng thứ nhất;

vùng thứ nhất bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất bẫy lỗ trống; và

vùng phát sáng bao gồm hợp chất hữu cơ thứ nhất và chất phát sáng.

33. Linh kiện phát sáng theo điểm 32, trong đó chất phát sáng là hợp chất lân quang.

34. Linh kiện phát sáng theo điểm 32, trong đó mức HOMO của chất bẫy lỗ trống lớn hơn mức HOMO của hợp chất hữu cơ thứ nhất khoảng 0,2eV hoặc trên 0,2eV.

35. Linh kiện phát sáng theo điểm 32, trong đó hợp chất hữu cơ thứ nhất là dẫn xuất anthracen.

36. Linh kiện phát sáng theo điểm 32, trong đó lớp thứ nhất còn bao gồm chất nhận electron.

37. Thiết bị điện tử chứa linh kiện phát sáng theo điểm 32.

38. Thiết bị chiếu sáng chứa linh kiện phát sáng theo điểm 32.

1/51

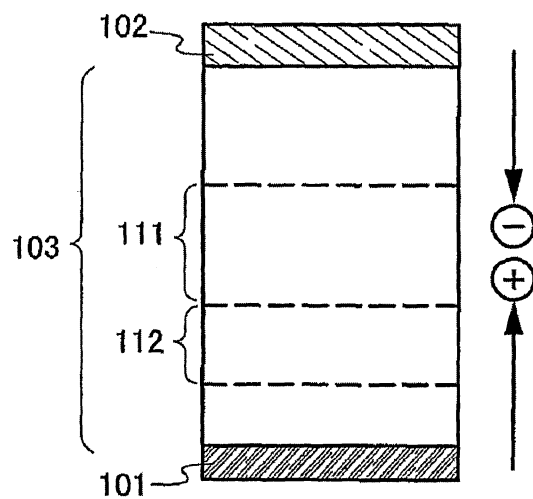


FIG. 1A

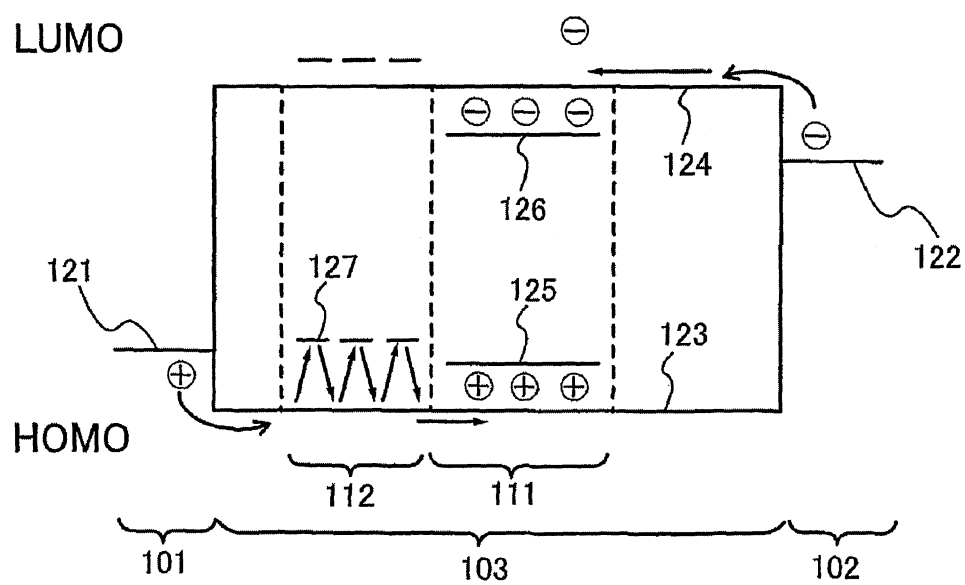


FIG. 1B

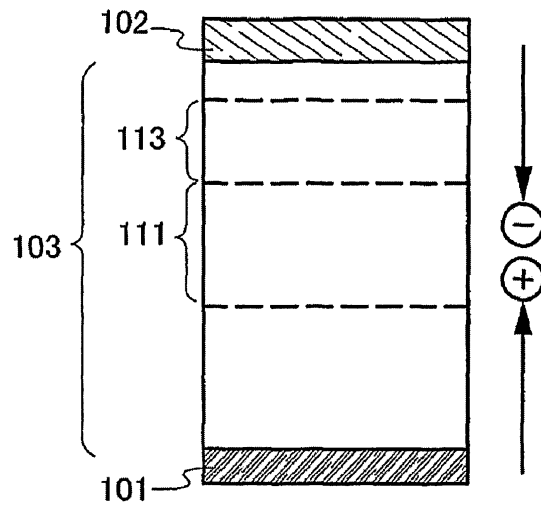


FIG. 2A

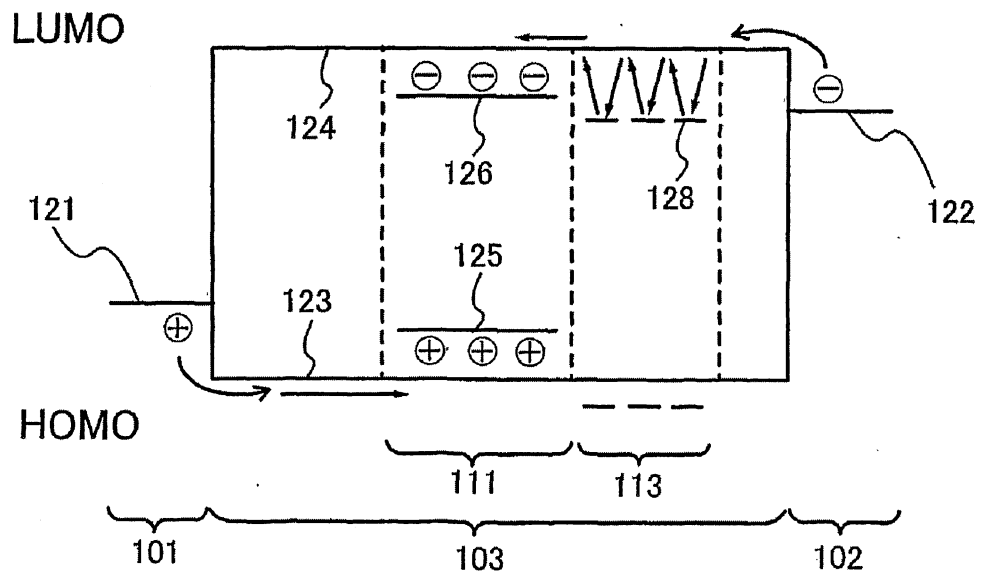


FIG. 2B

3/51

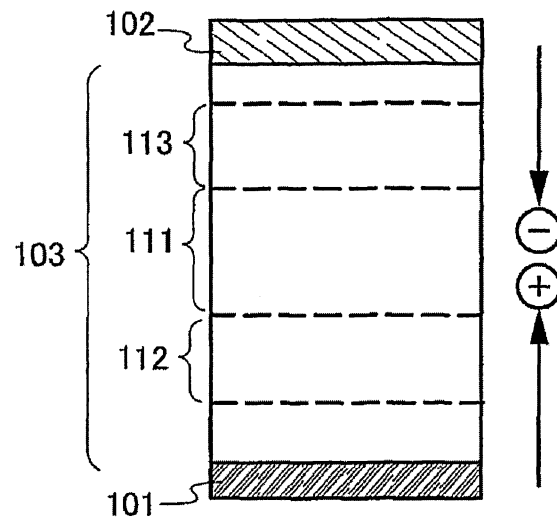


FIG. 3A

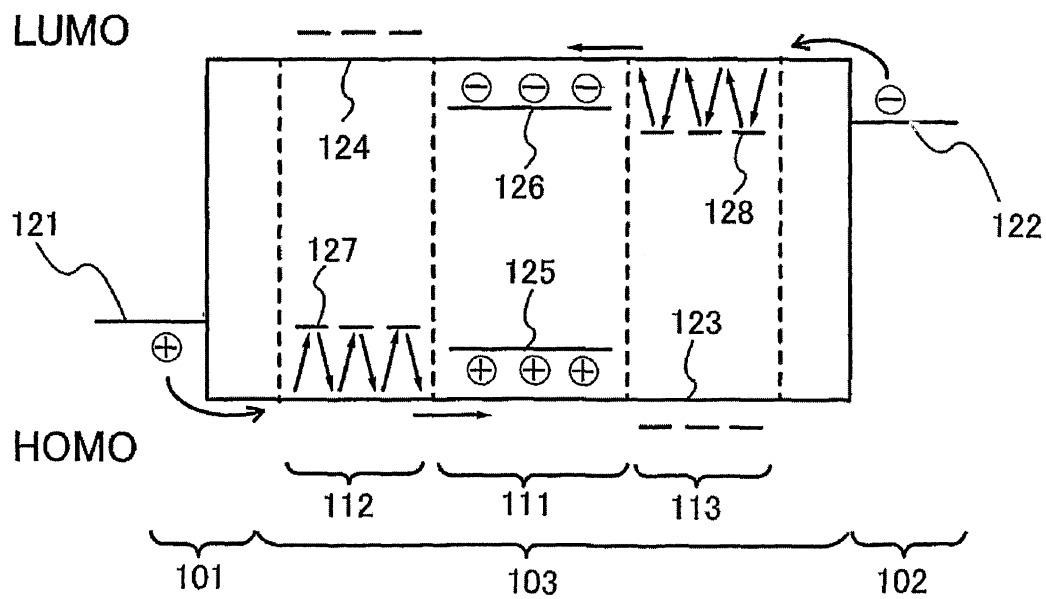


FIG. 3B

4/51

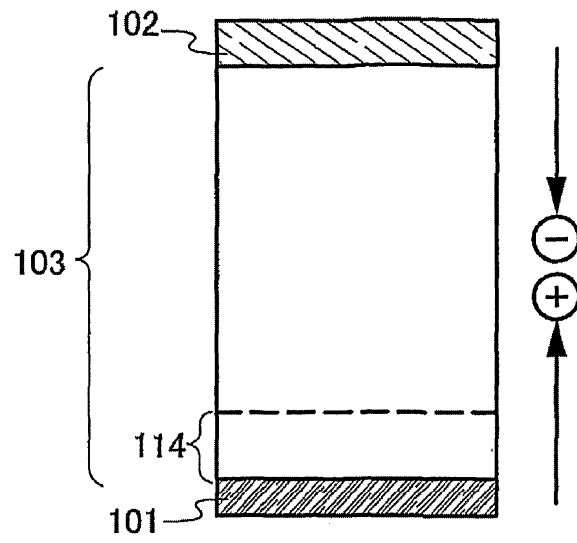


FIG. 4A

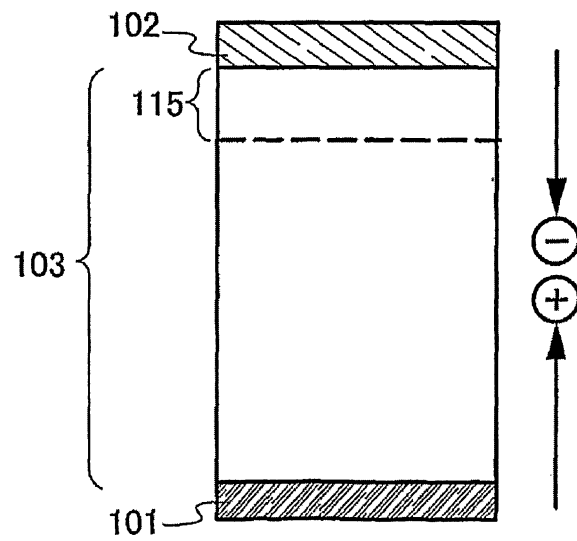
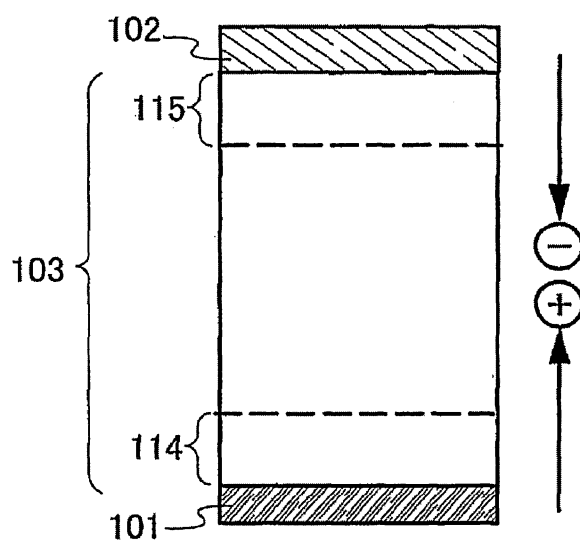


FIG. 4B

FIG. 5



.6/51

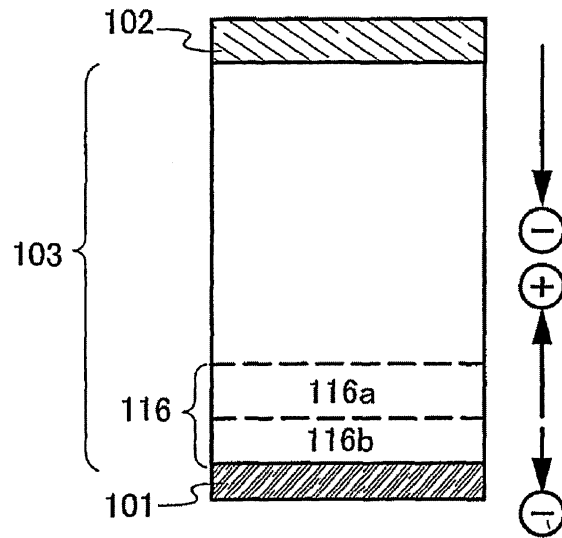


FIG. 6A

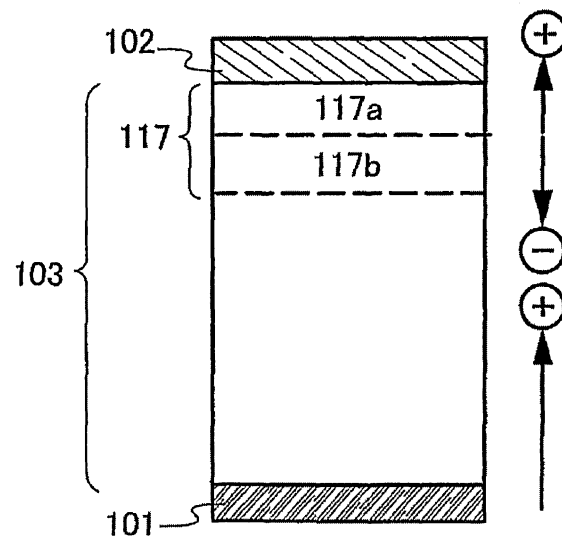
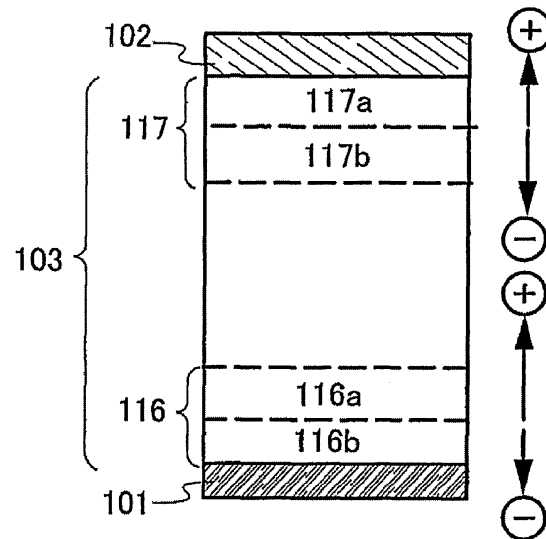


FIG. 6B

FIG. 7



8/51

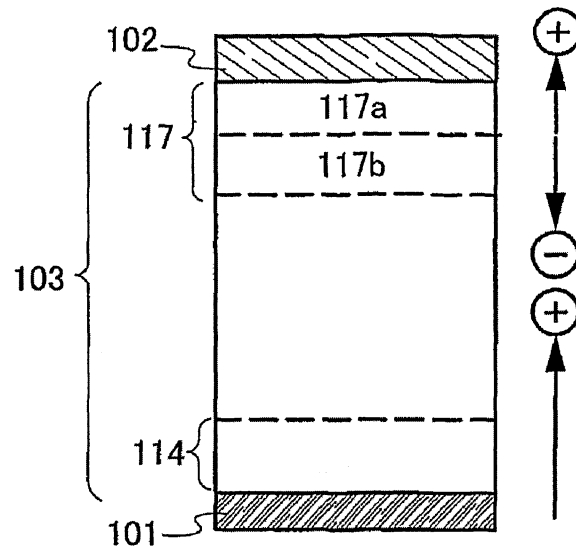


FIG. 8A

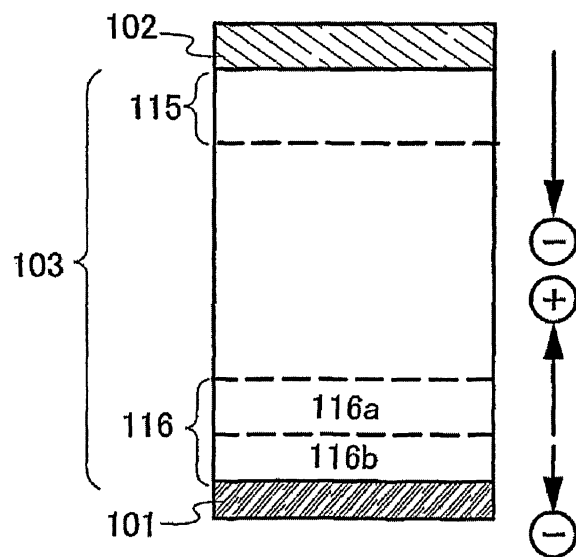


FIG. 8B

9/51

FIG. 9

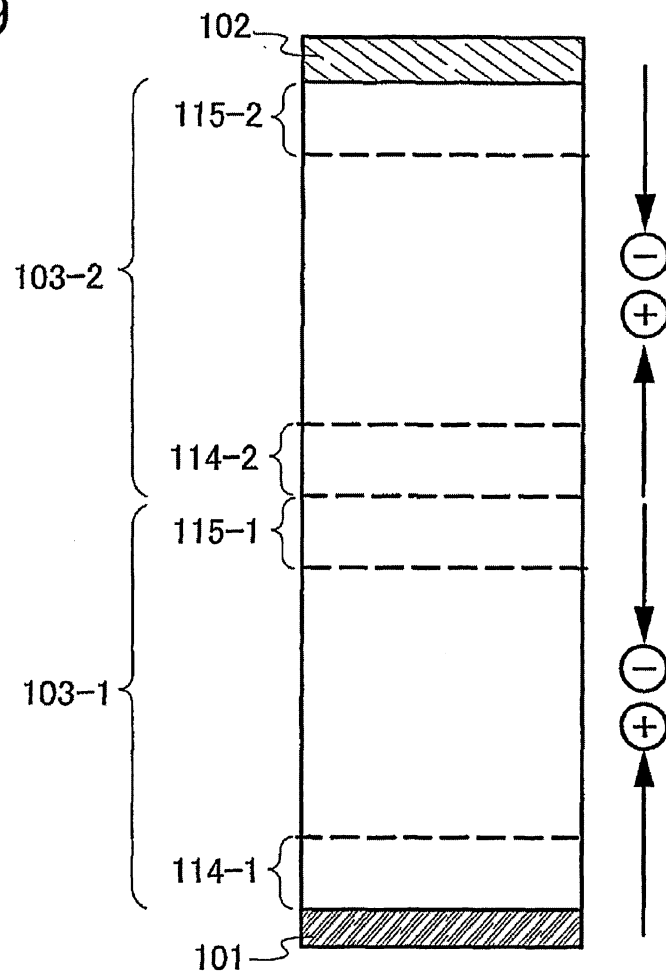


FIG. 10A

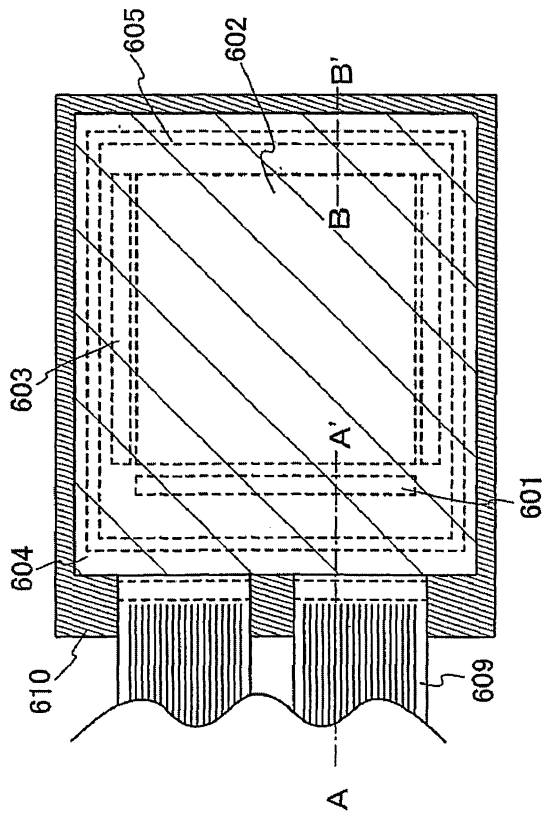
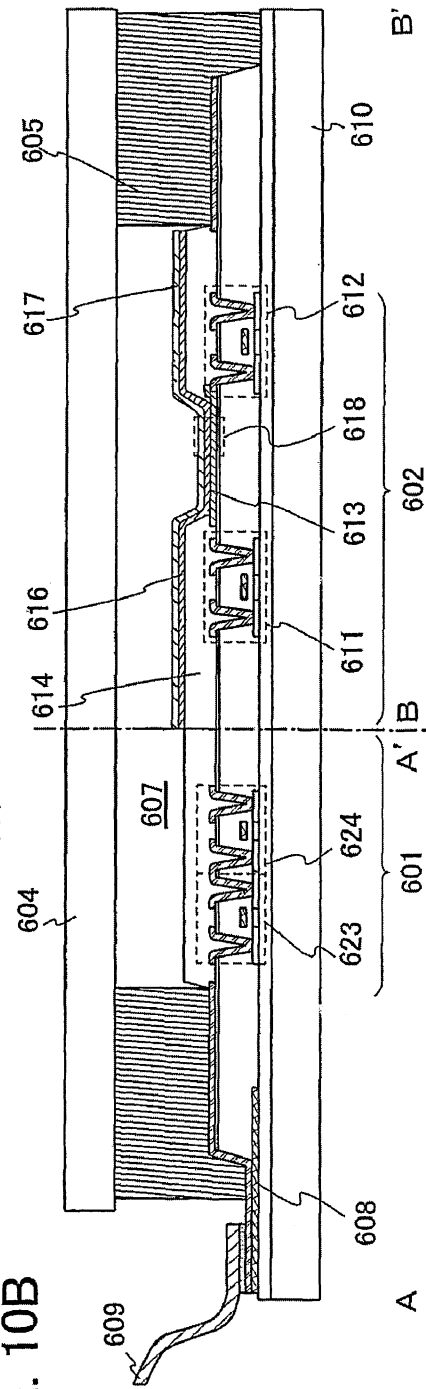


FIG. 10B



11/51

FIG. 11A

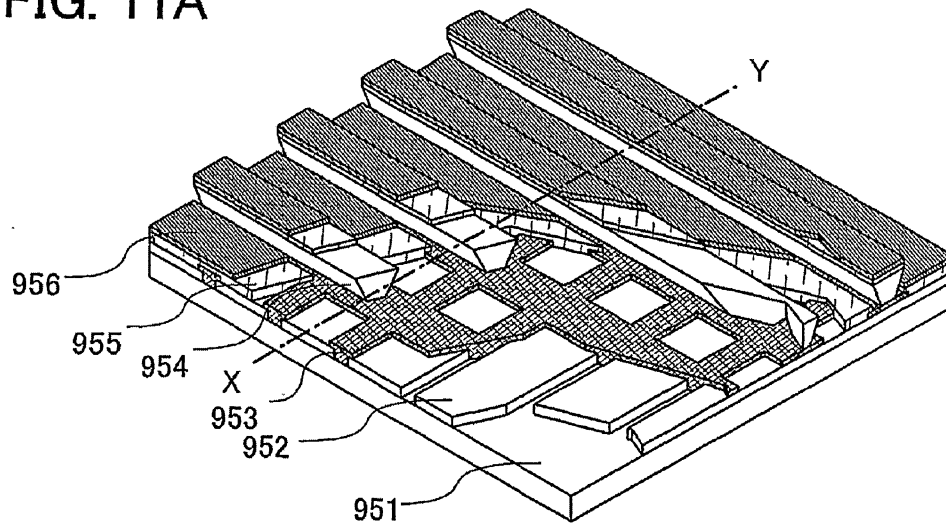
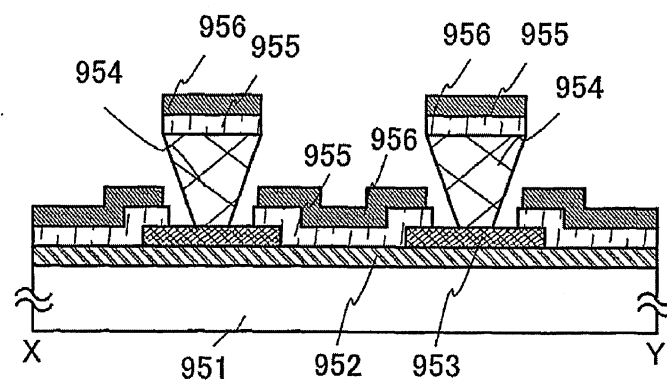


FIG. 11B



12/51

FIG. 12

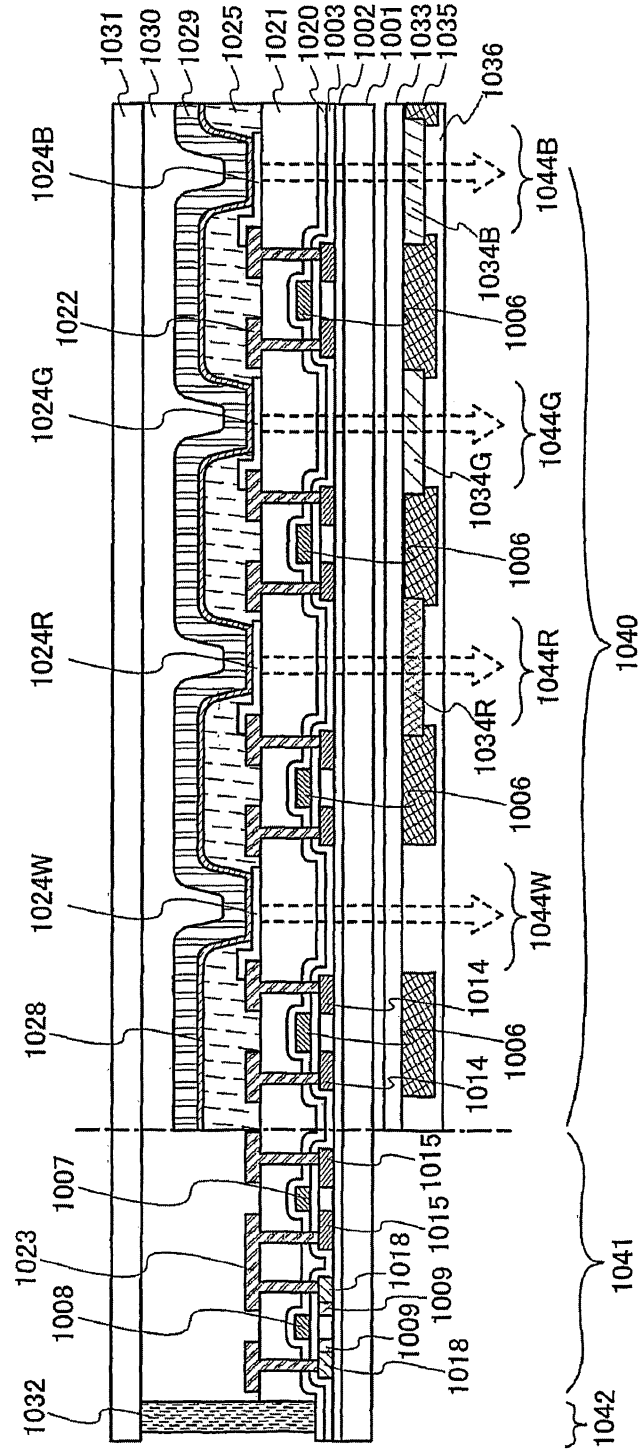
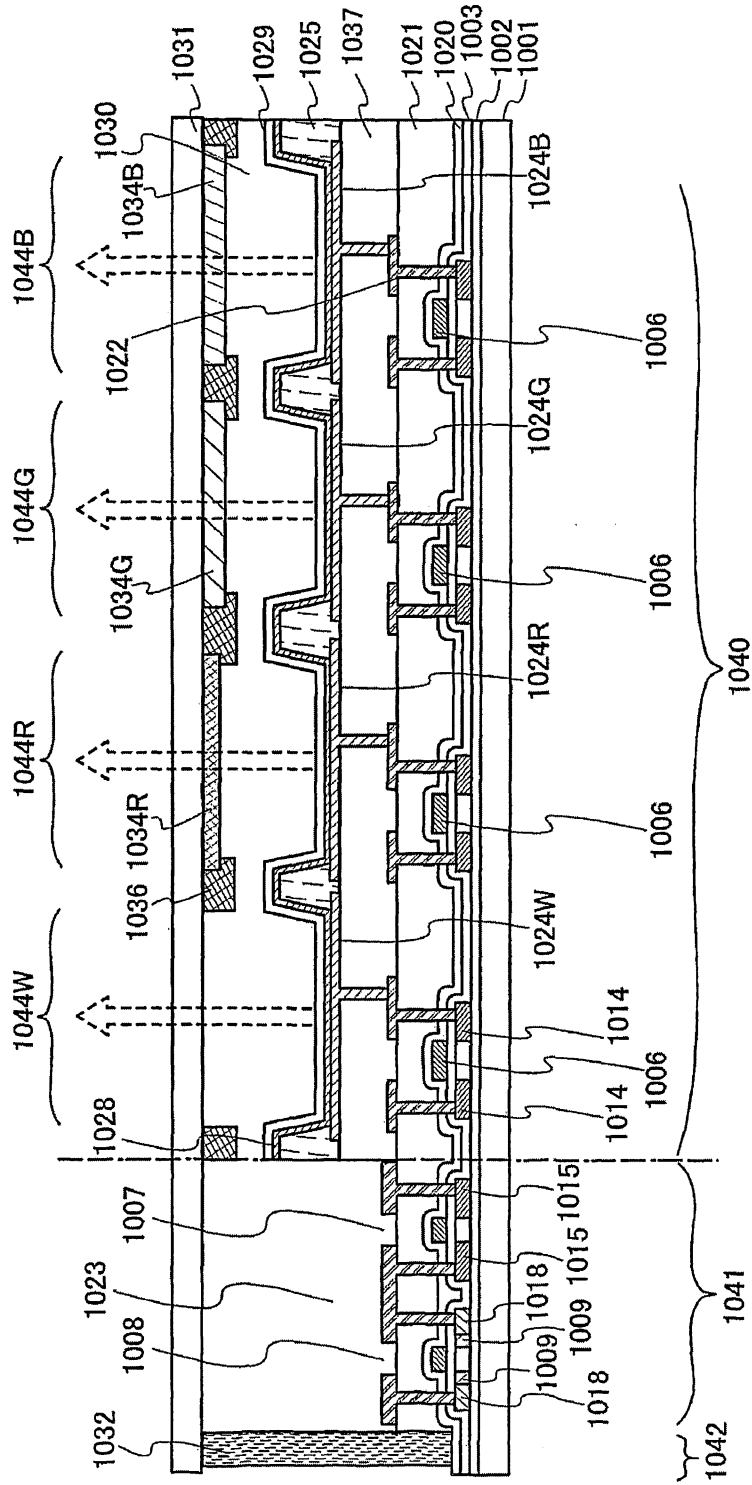


FIG. 13



14/51

FIG. 14A

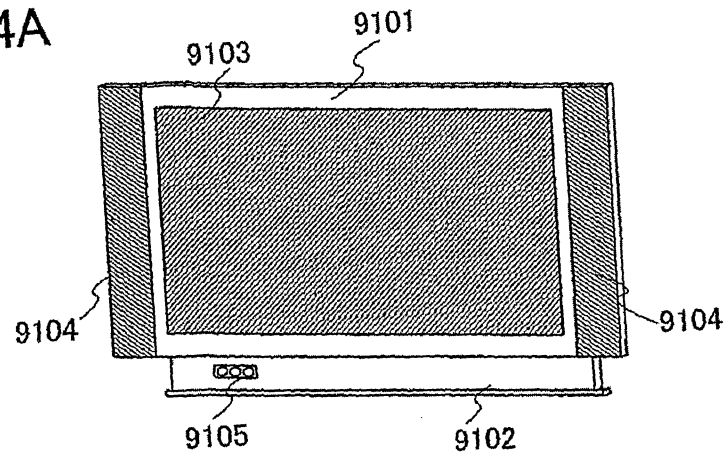


FIG. 14B

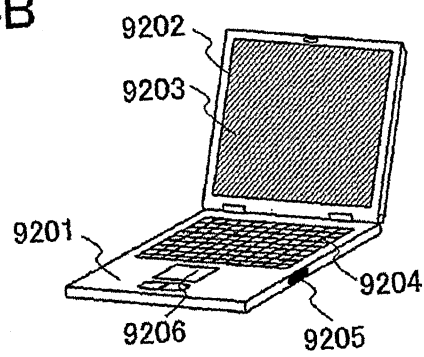


FIG. 14C

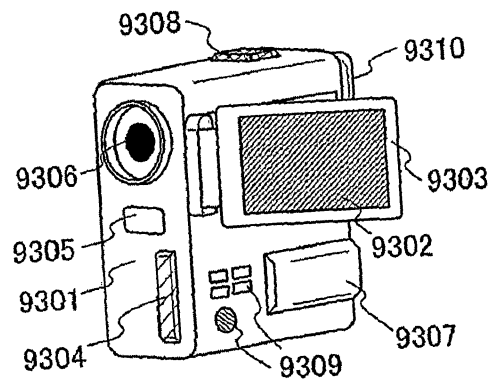


FIG. 14D

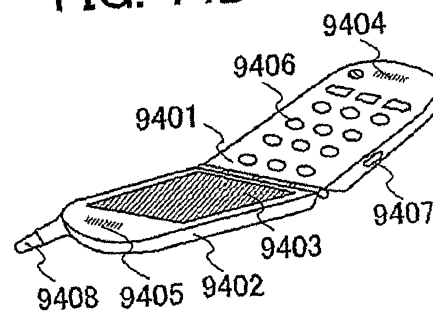


FIG. 15

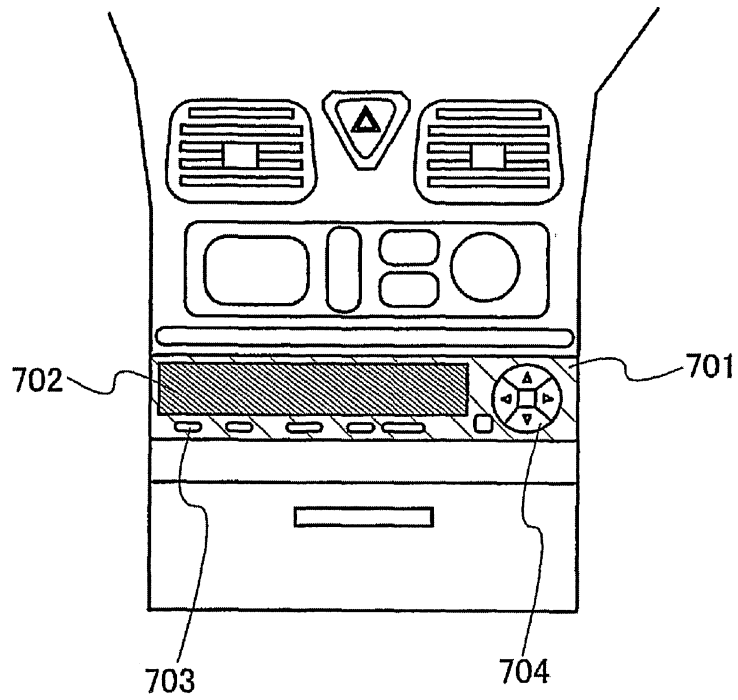


FIG. 16

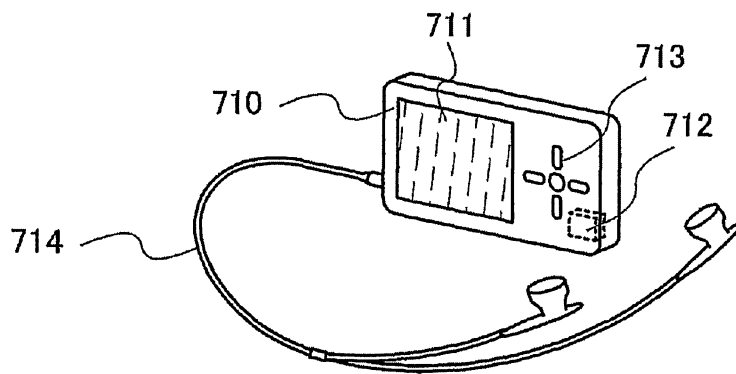


FIG. 17

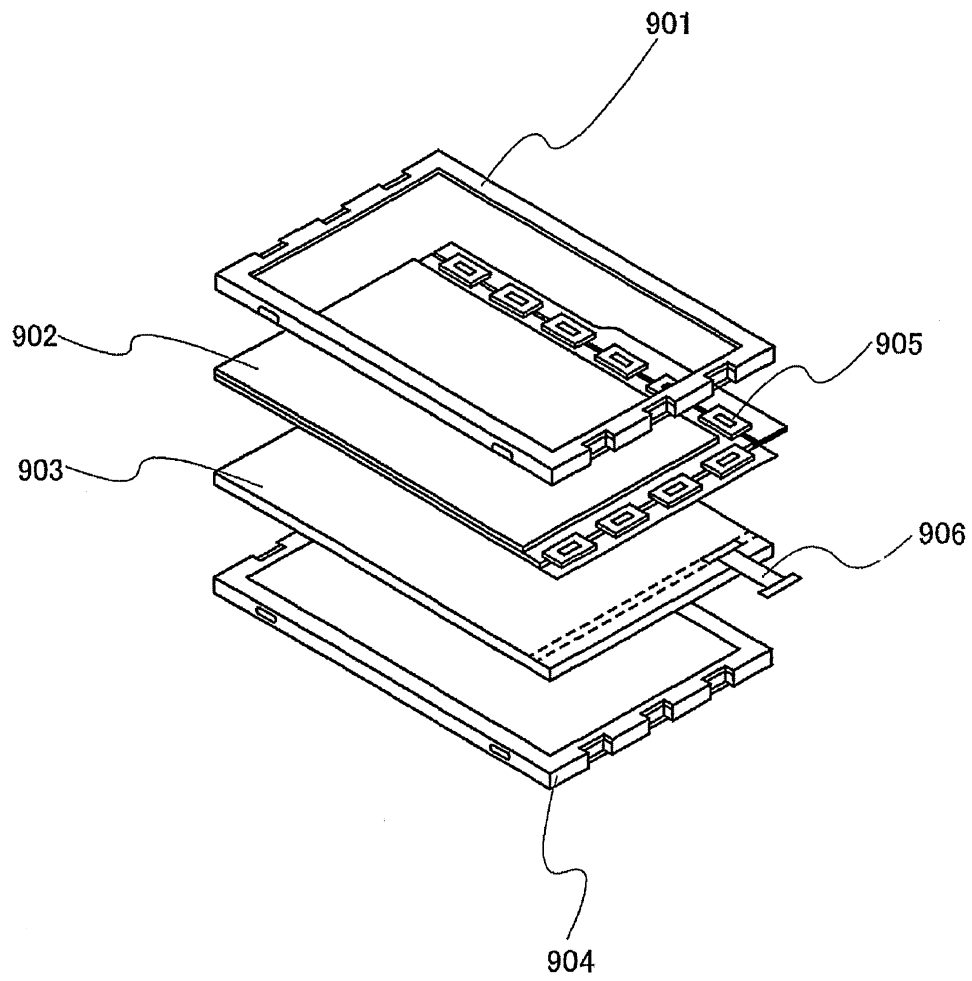
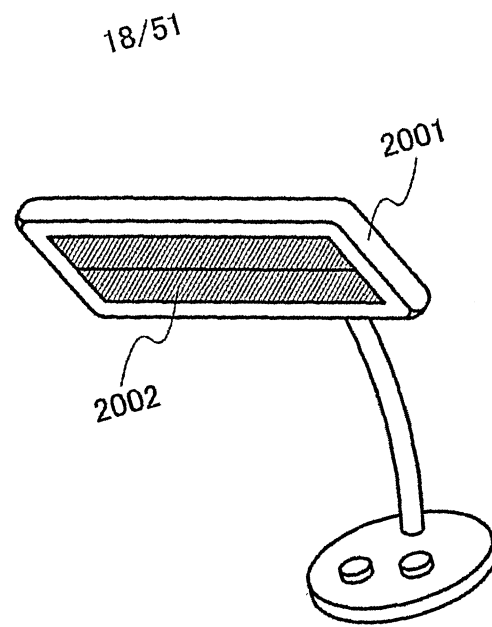
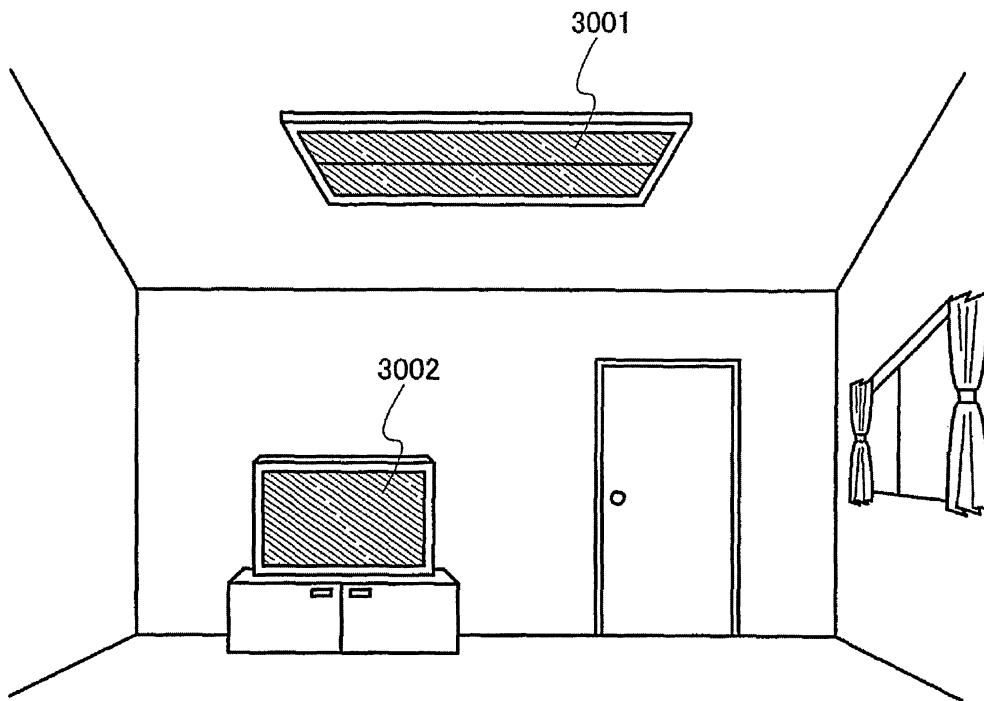


FIG. 18



19/51

FIG. 19



20/51

FIG. 20A

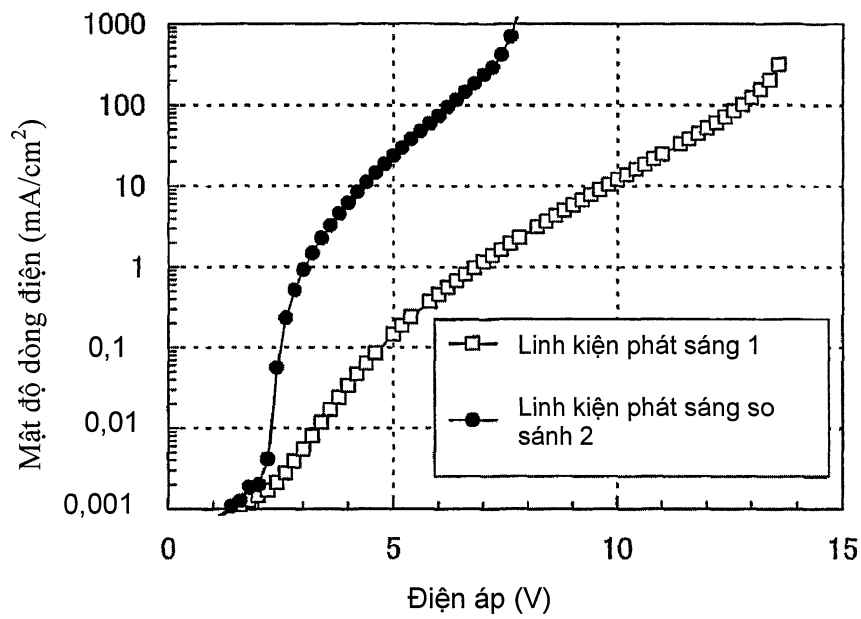


FIG. 20B

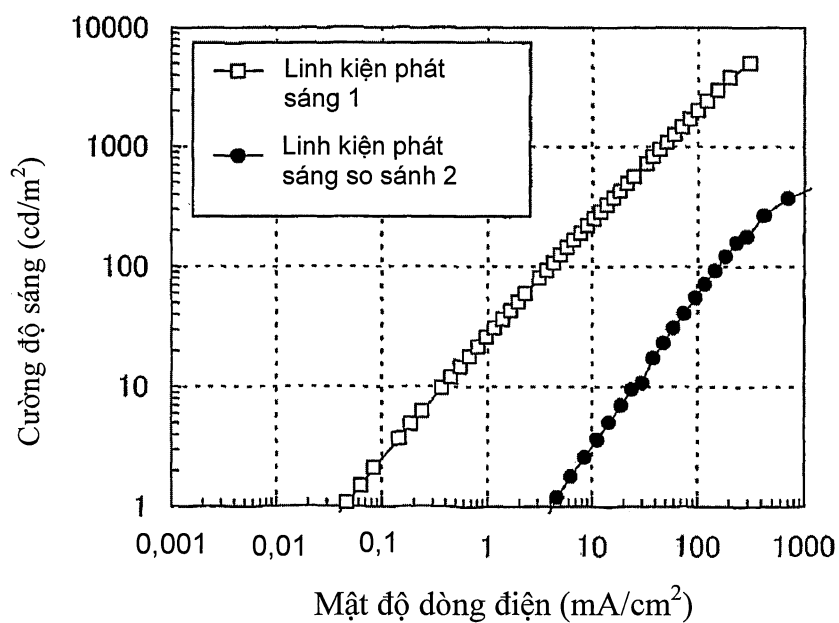


FIG. 21A

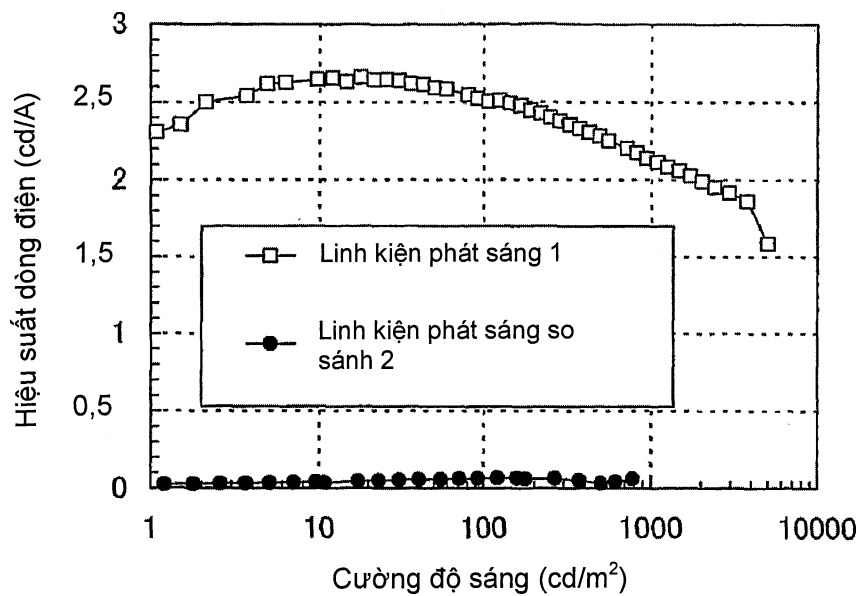


FIG. 21B

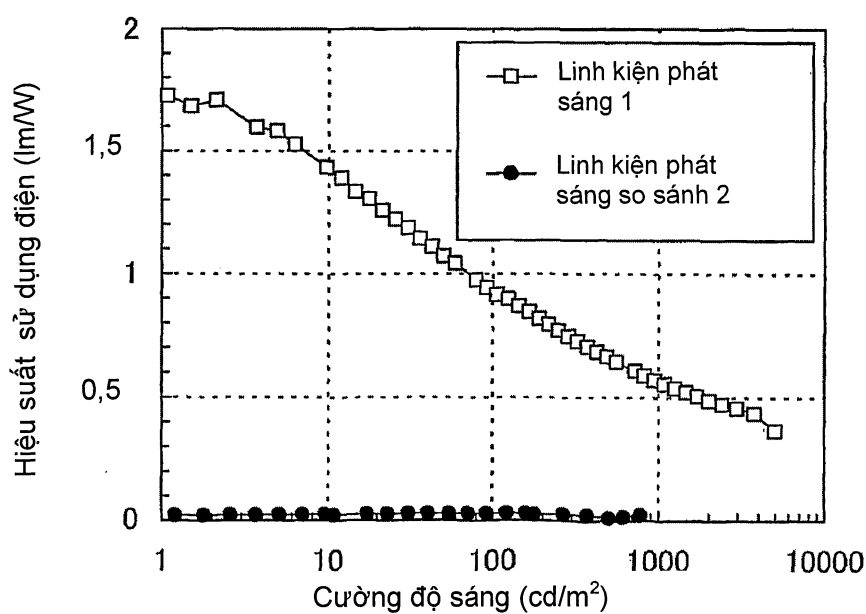


FIG. 22A

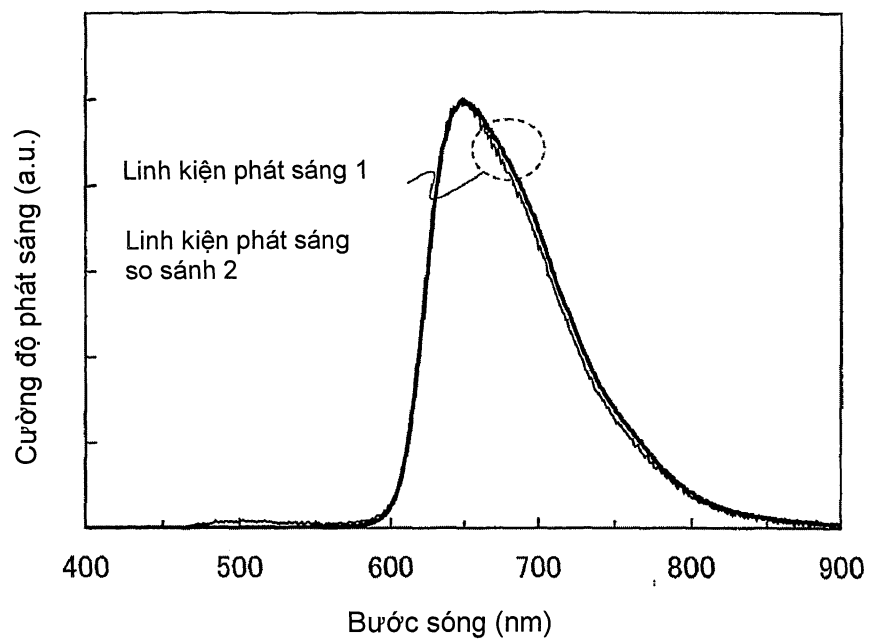


FIG. 22B

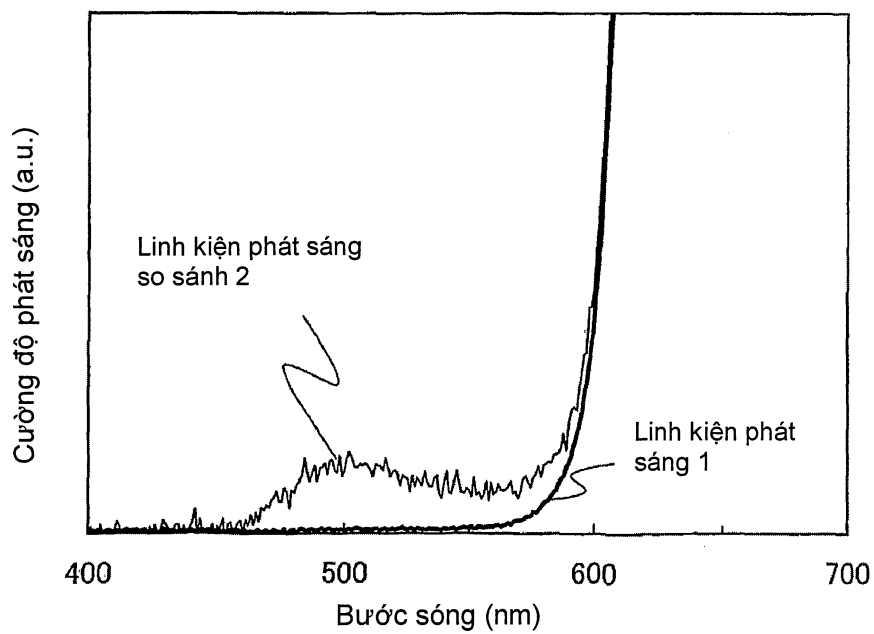


FIG. 23A

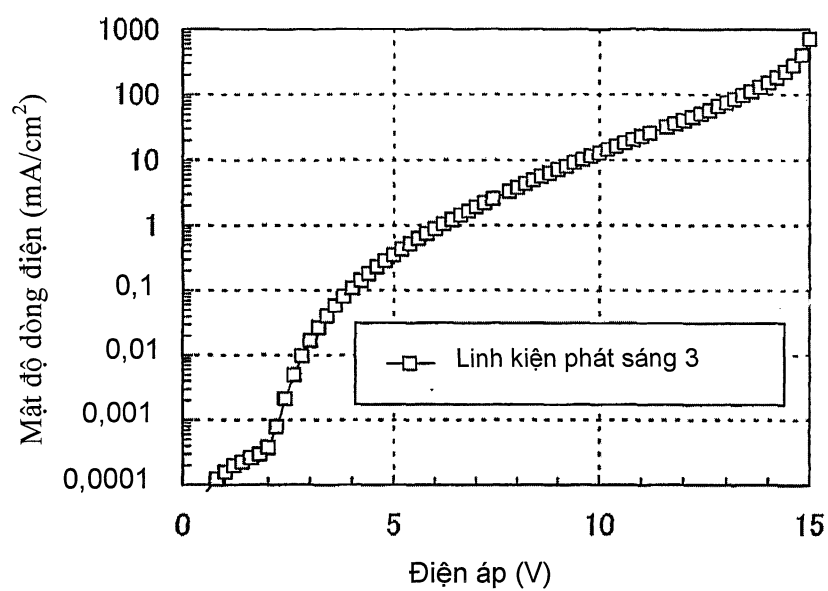
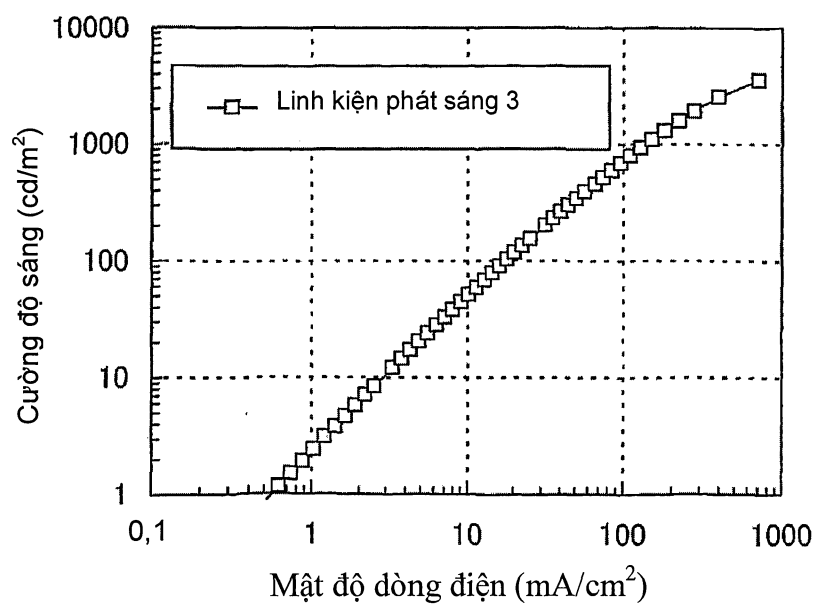


FIG. 23B



24/51

FIG. 24A

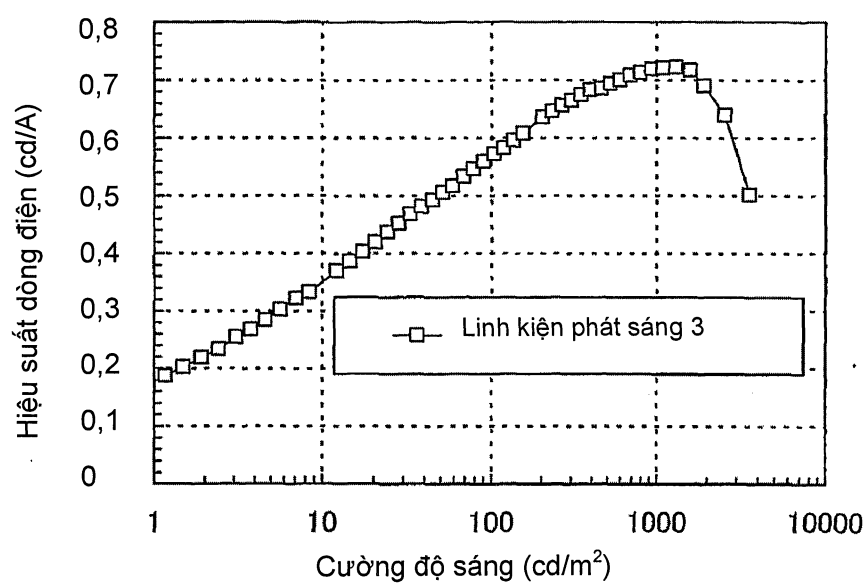


FIG. 24B

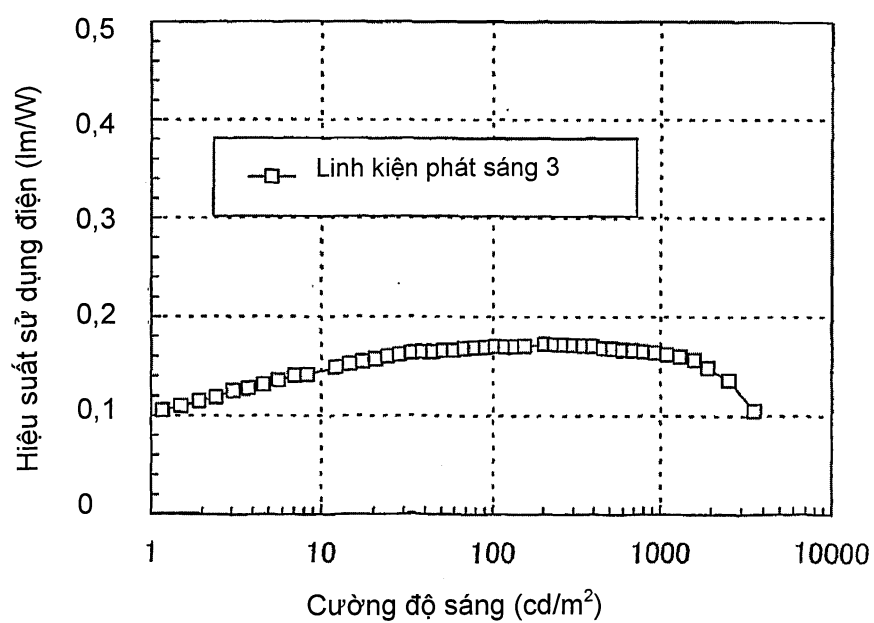


FIG. 25

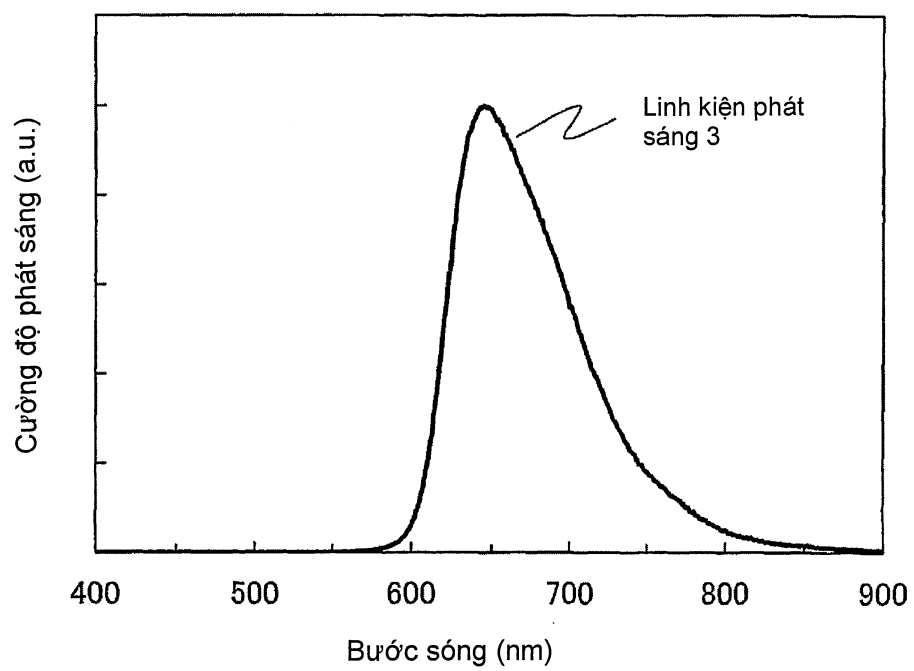


FIG. 26A

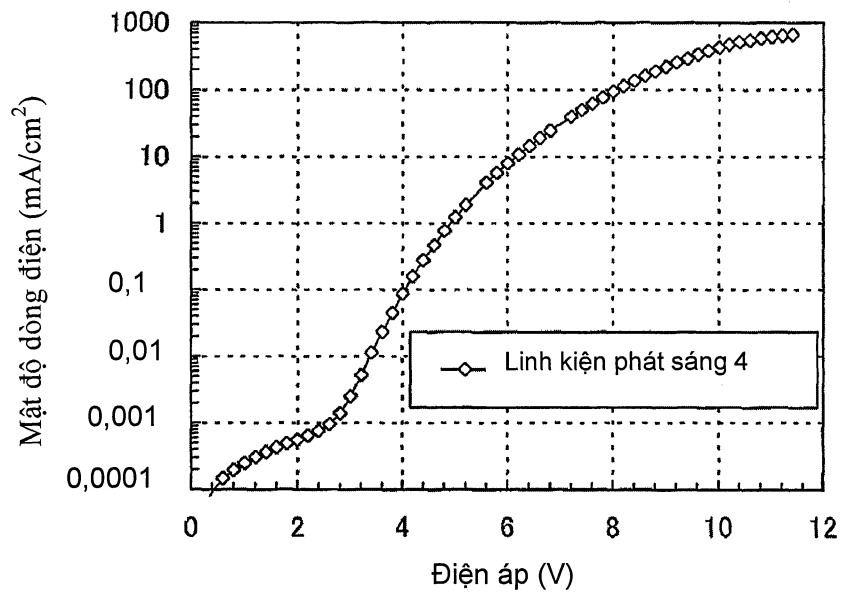


FIG. 26B

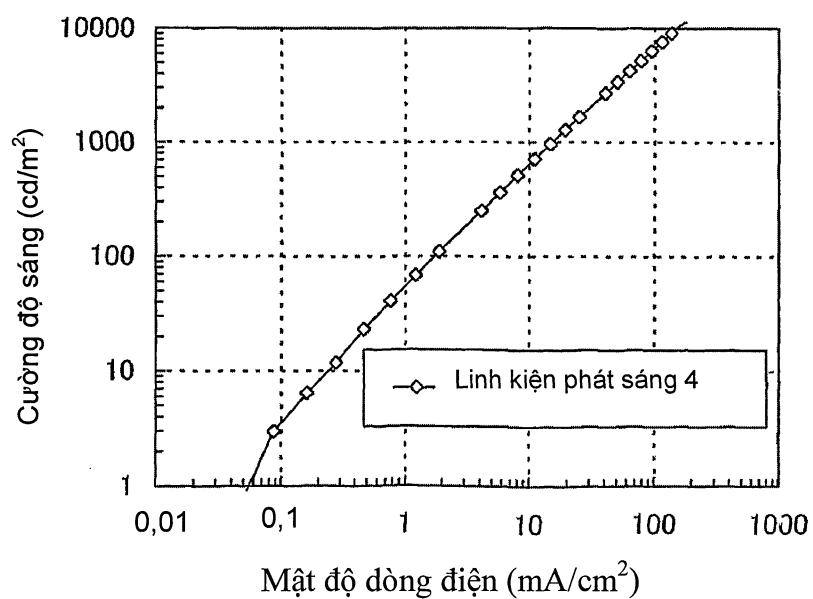


FIG. 27A

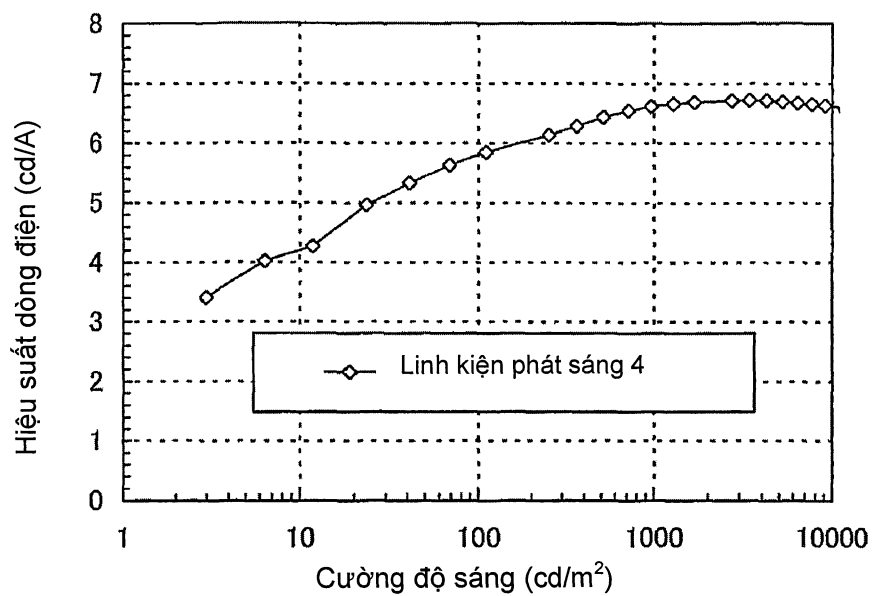


FIG. 27B

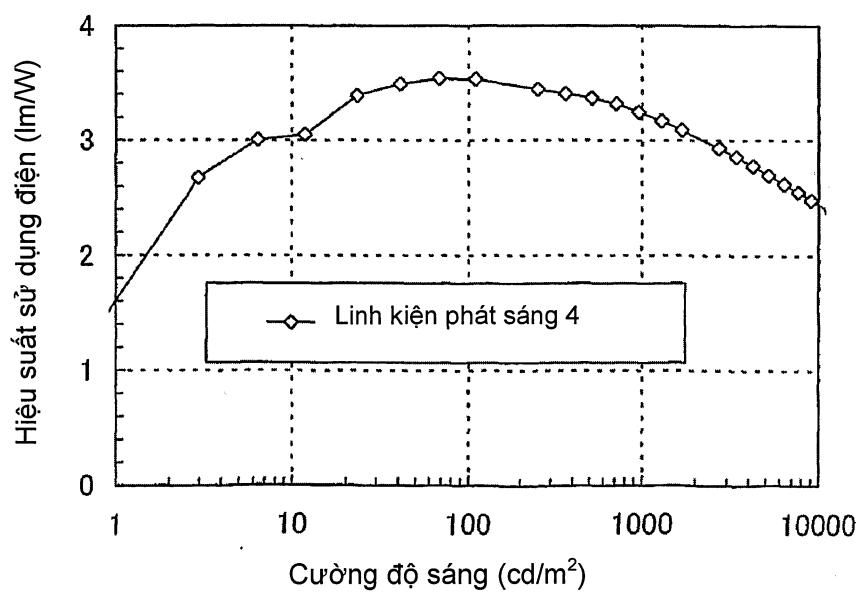


FIG. 28

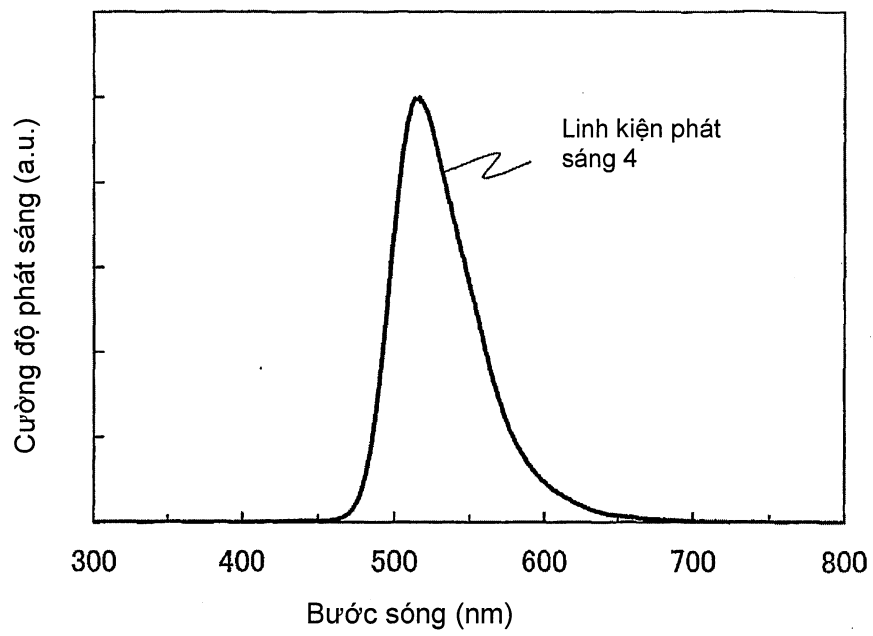


FIG. 29A

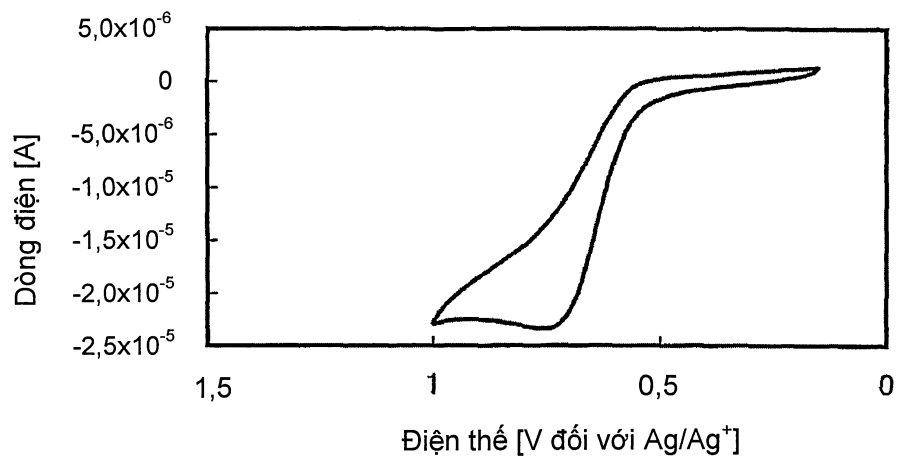
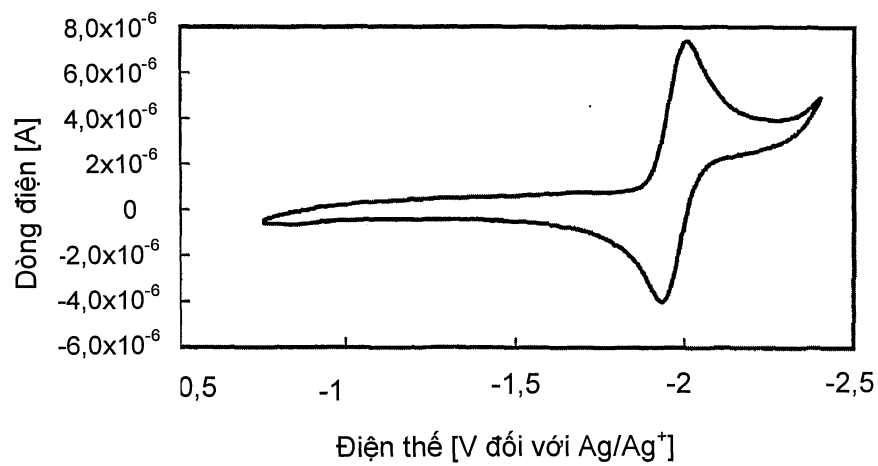


FIG. 29B



30/51

FIG. 30A

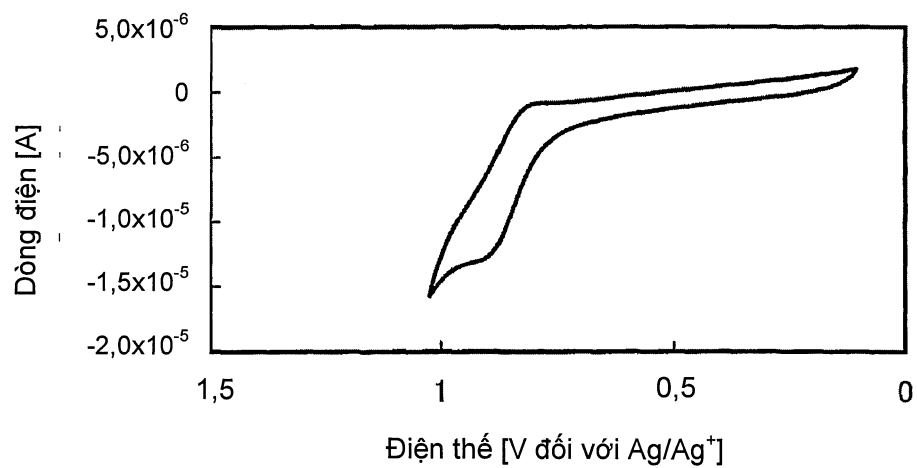


FIG. 30B

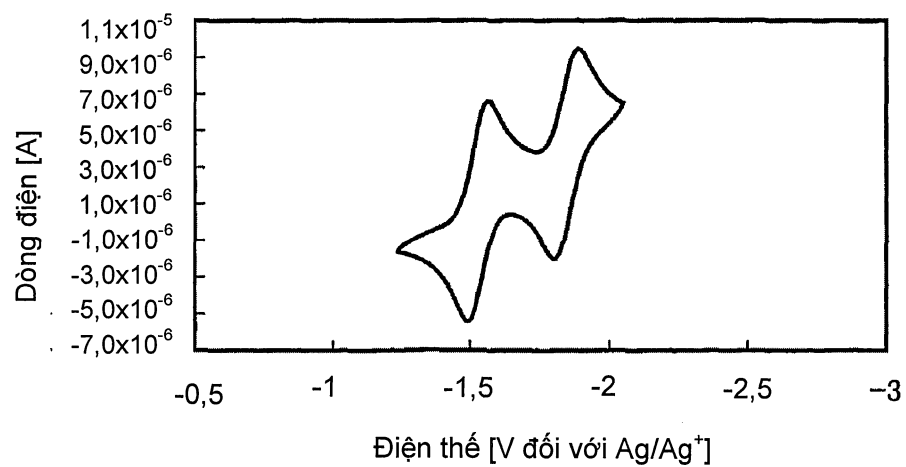
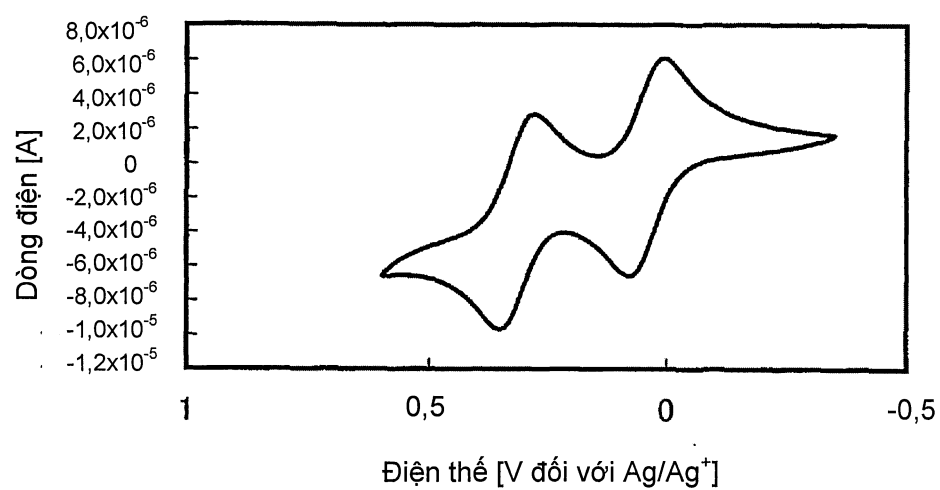


FIG. 31



32/51

FIG. 32

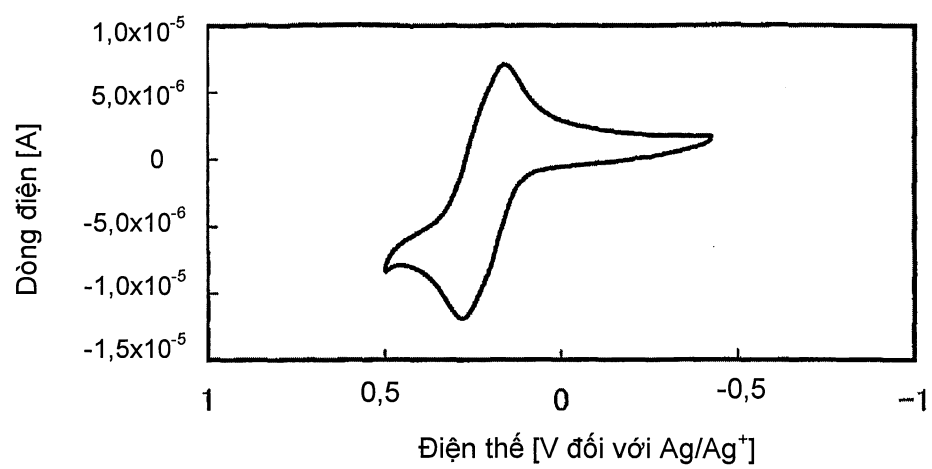


FIG. 33A

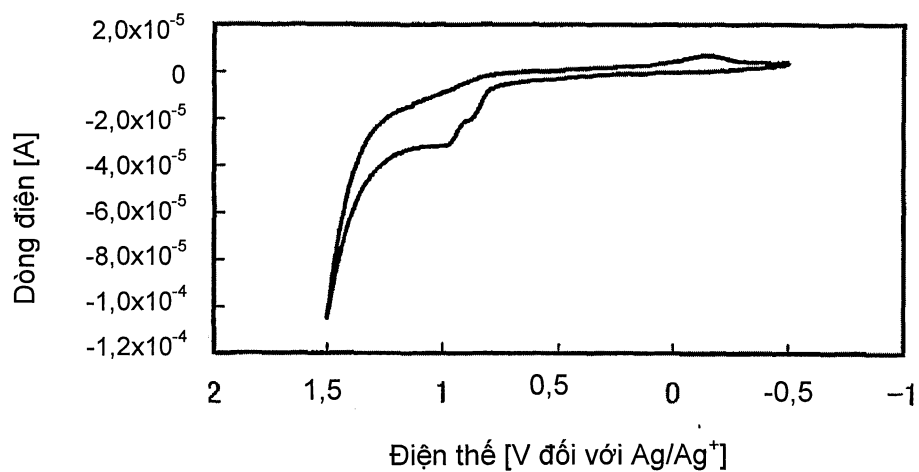


FIG. 33B

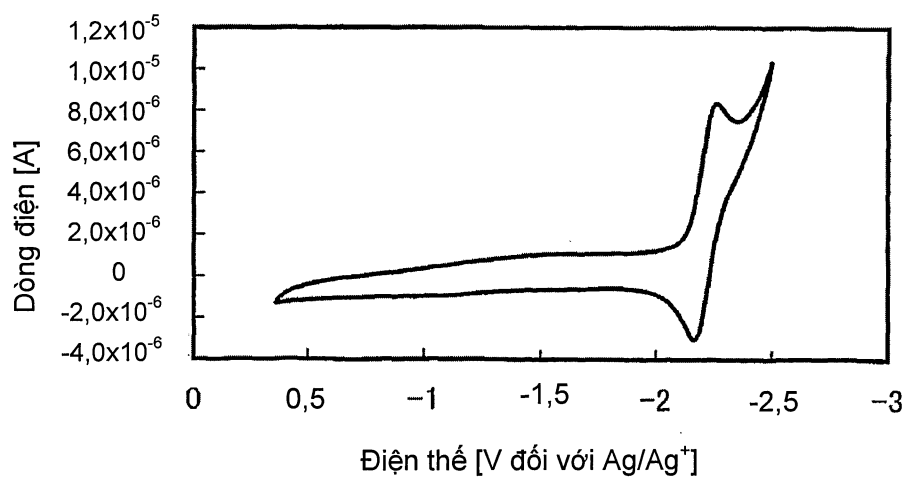


FIG. 34A

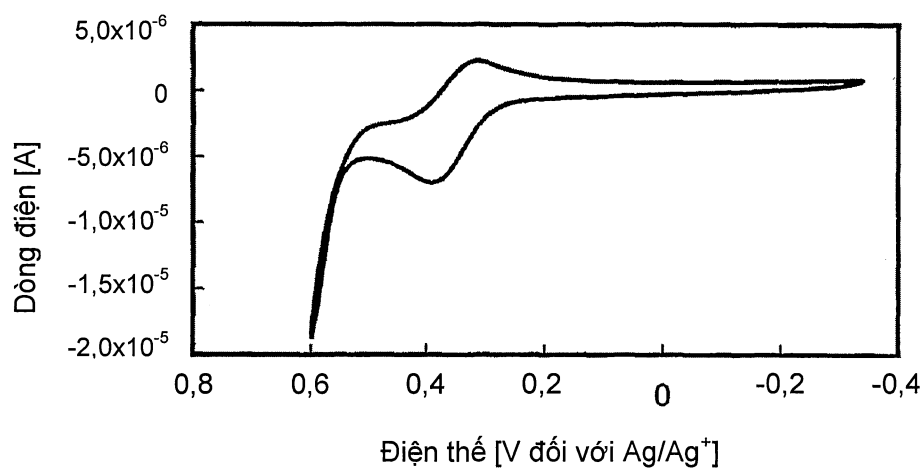


FIG. 34B

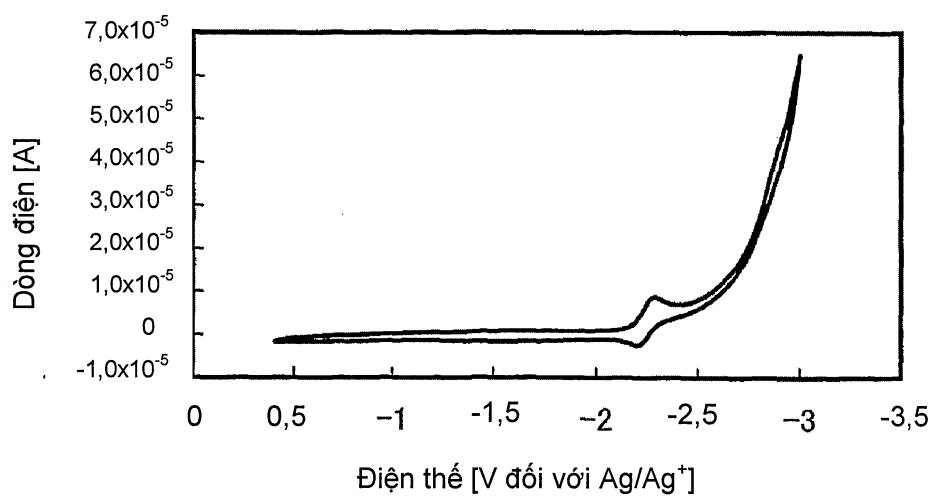


FIG. 35

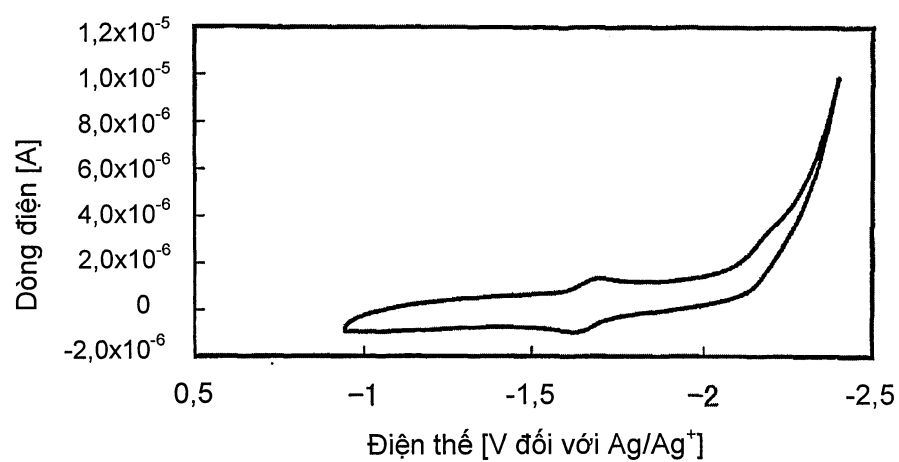


FIG. 36

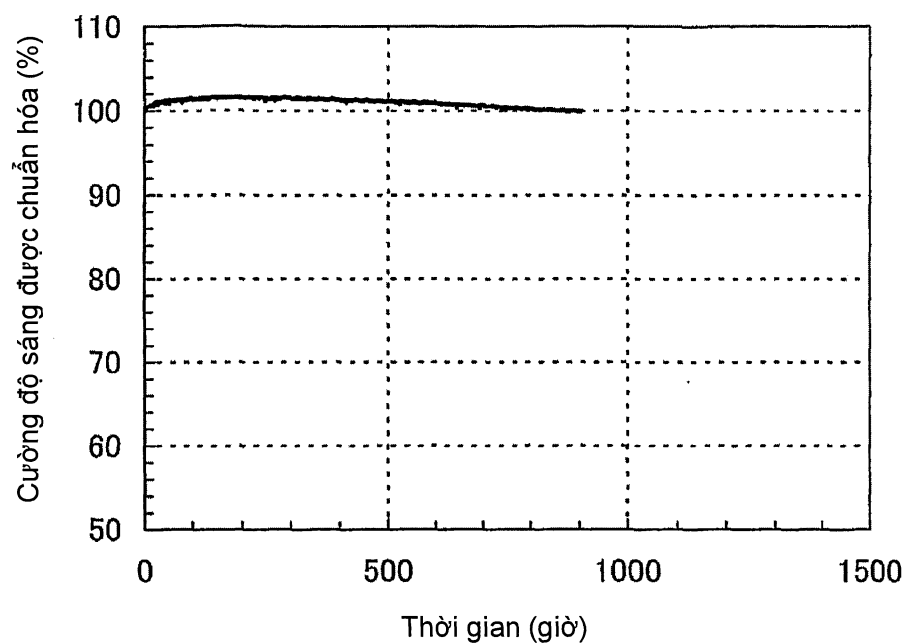


FIG. 37

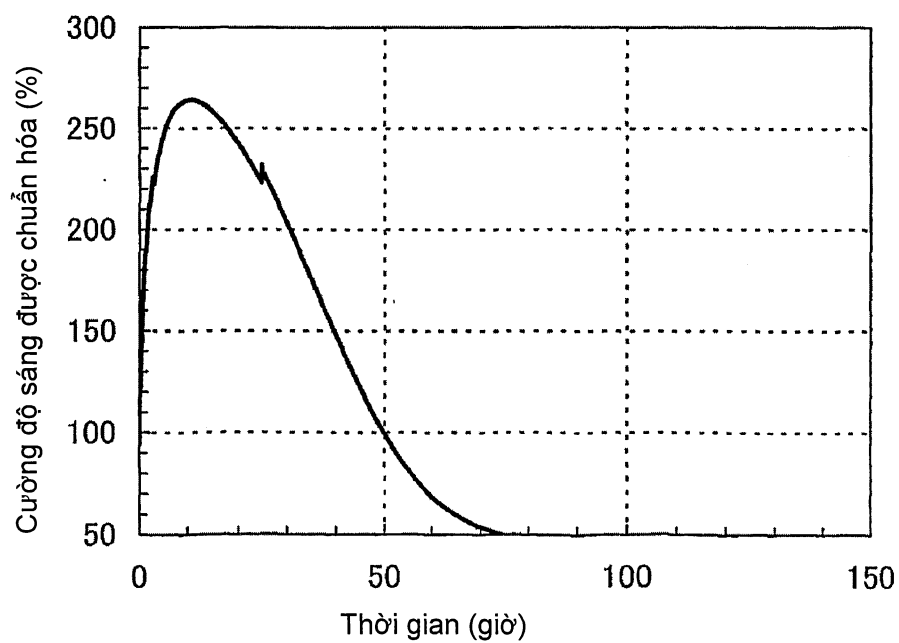


FIG. 38A

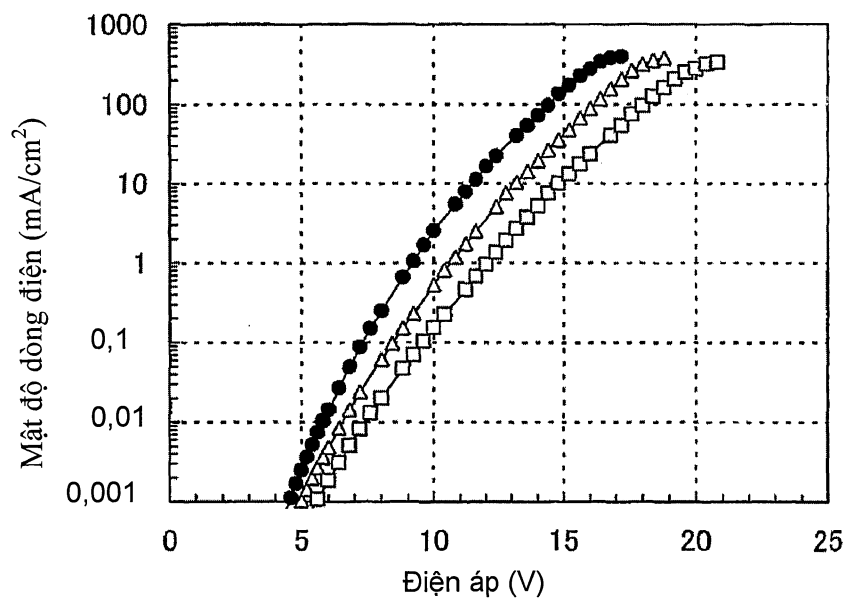


FIG. 38B

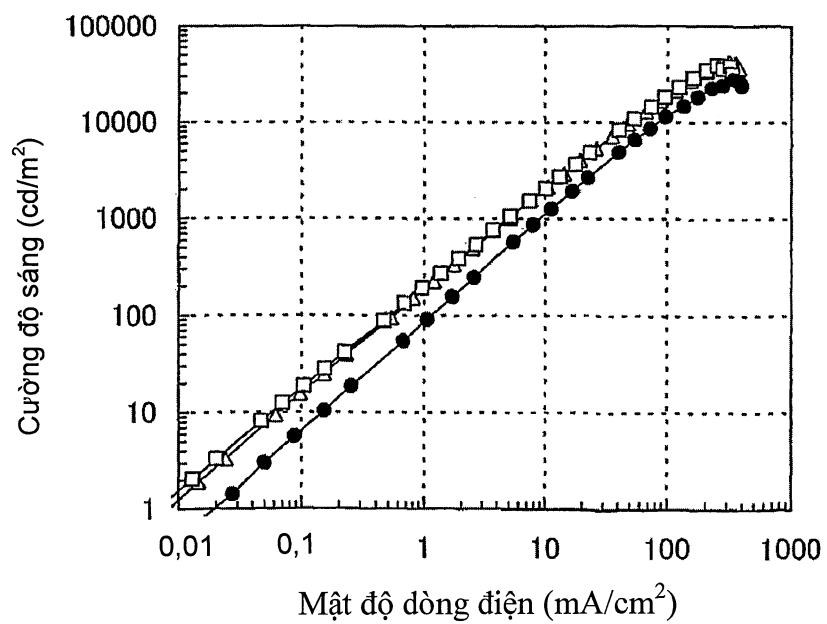


FIG. 39A

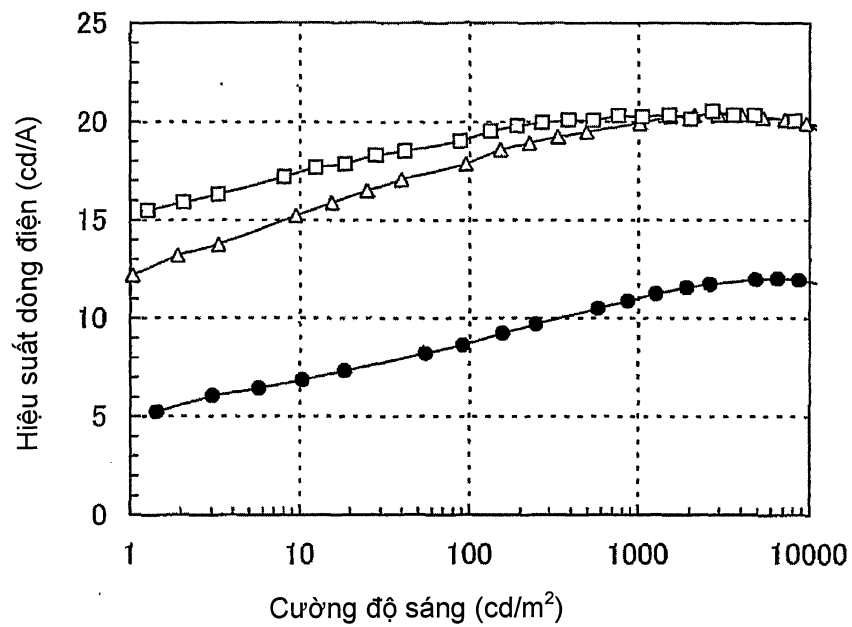


FIG. 39B

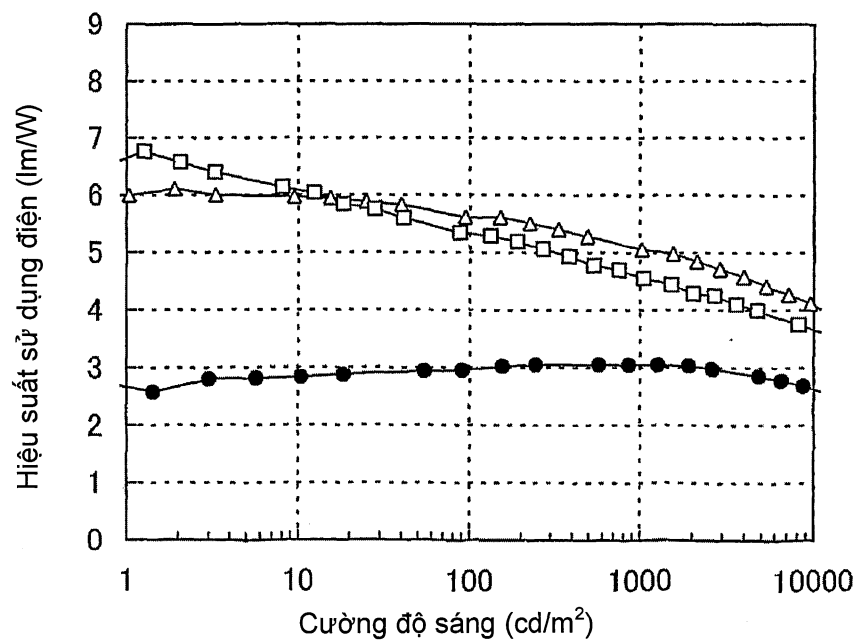


FIG. 40

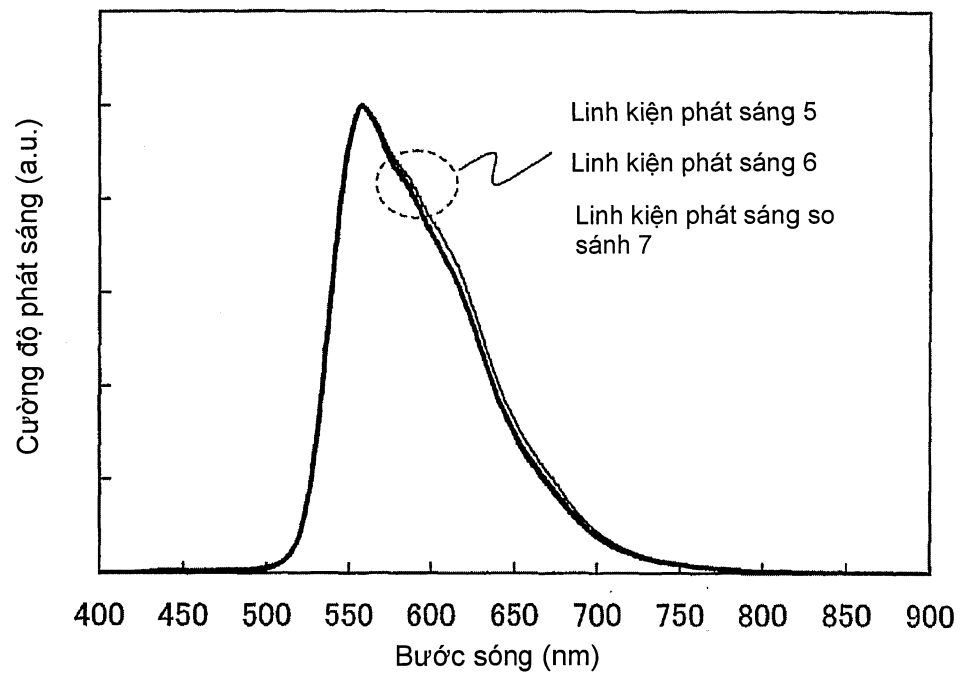


FIG. 41A

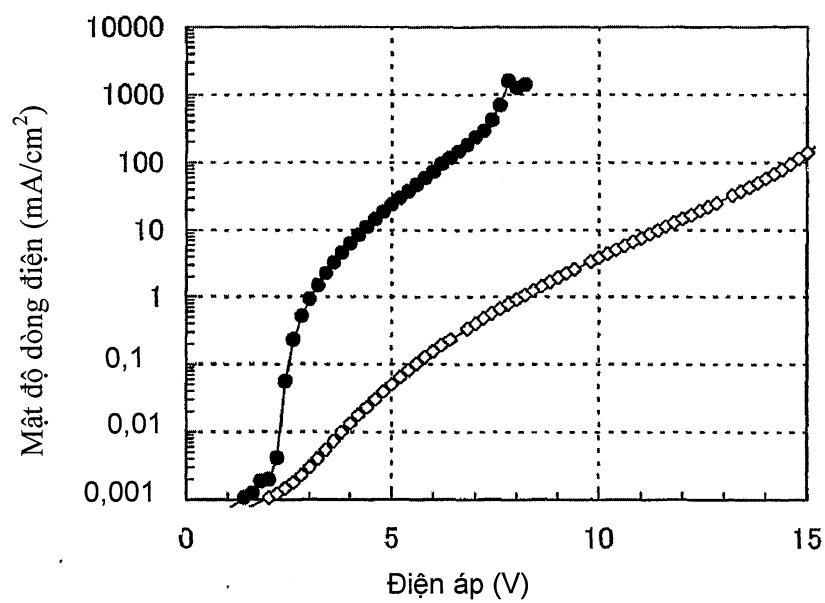


FIG. 41B

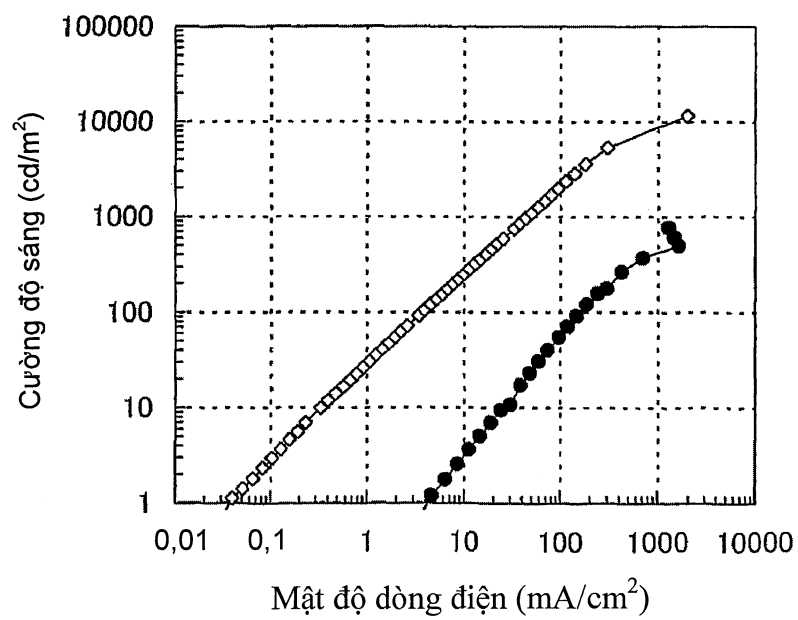


FIG. 42A

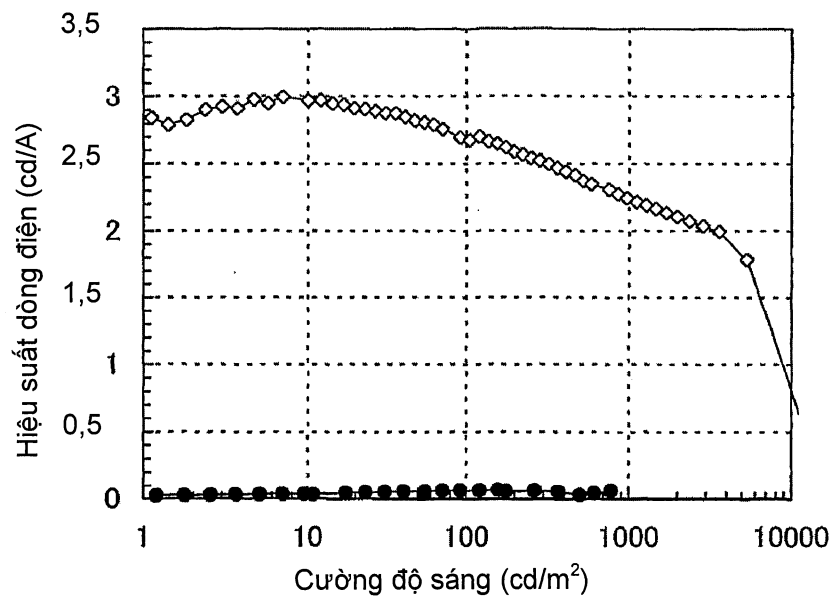


FIG. 42B

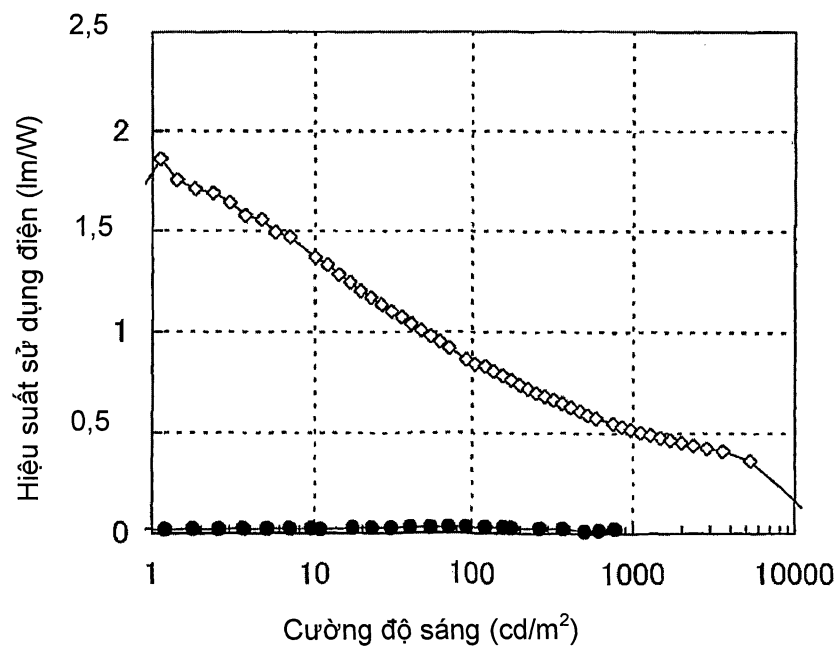


FIG. 43A

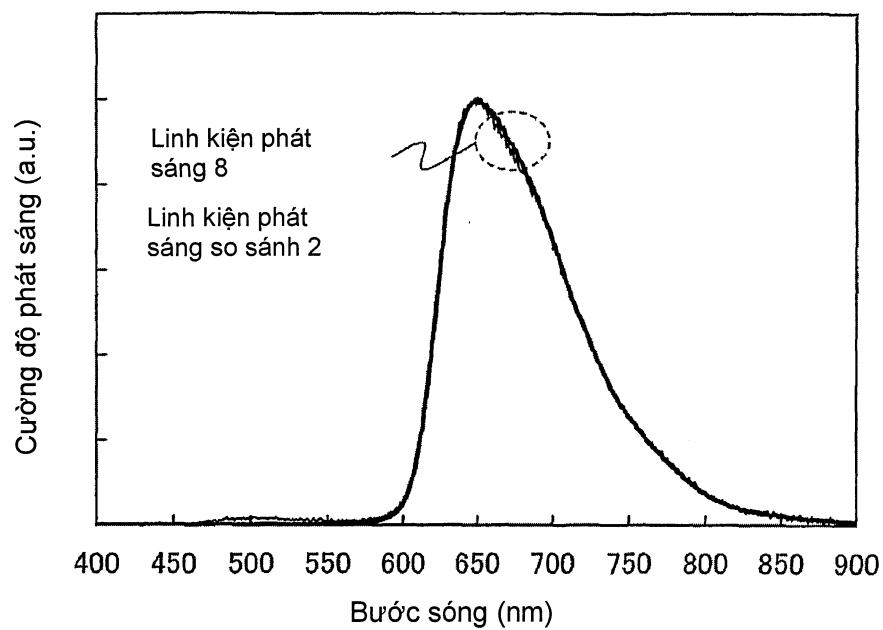


FIG. 43B

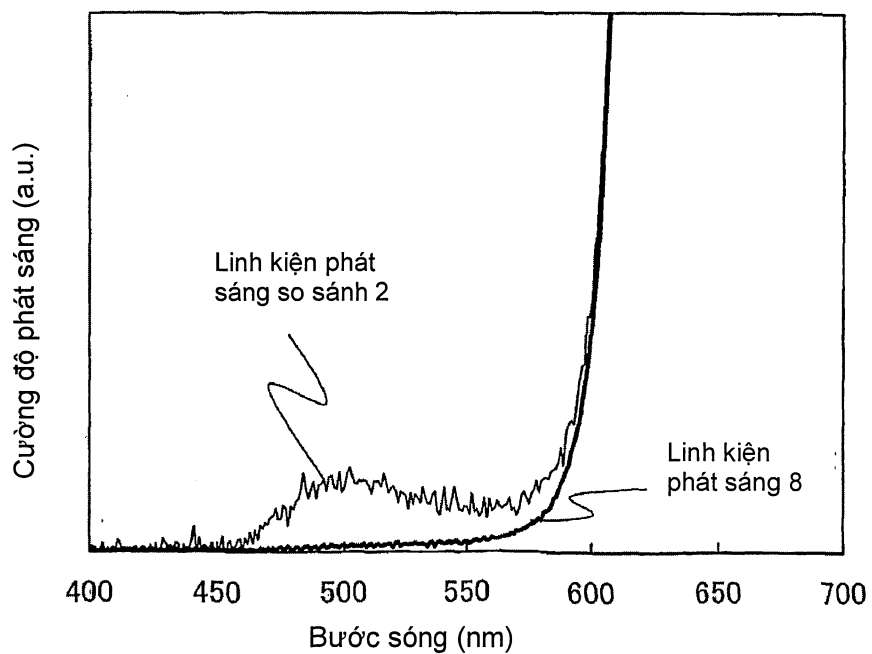


FIG. 44

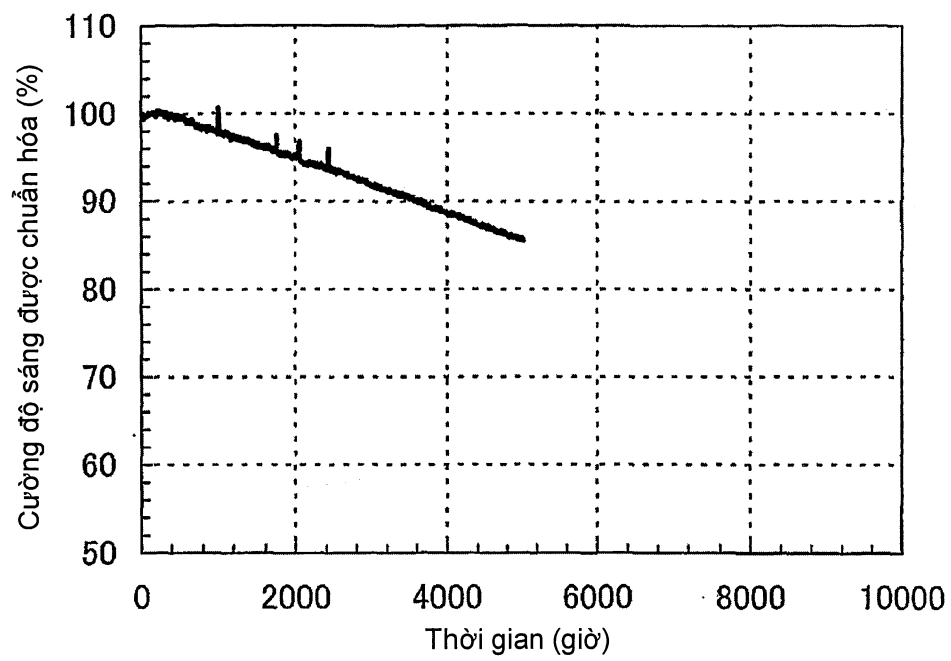


FIG. 45A

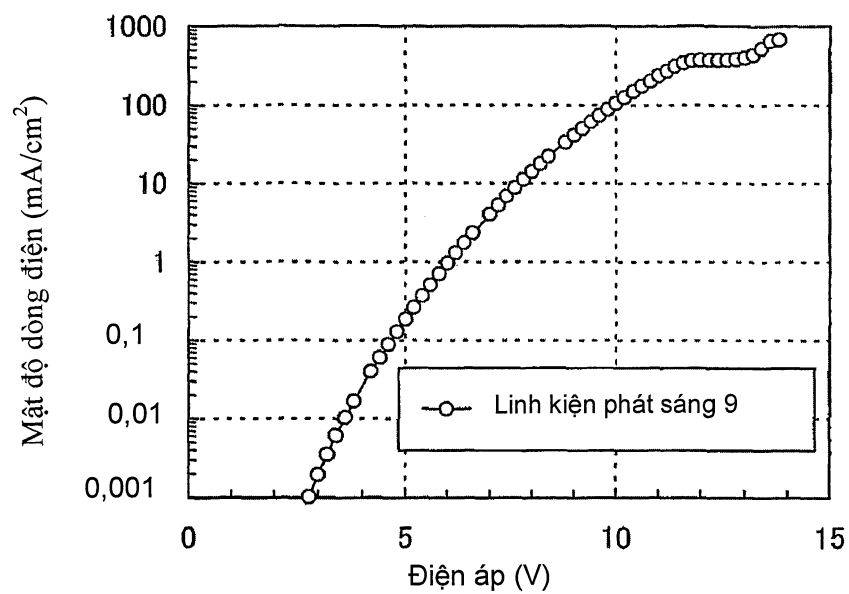


FIG. 45B

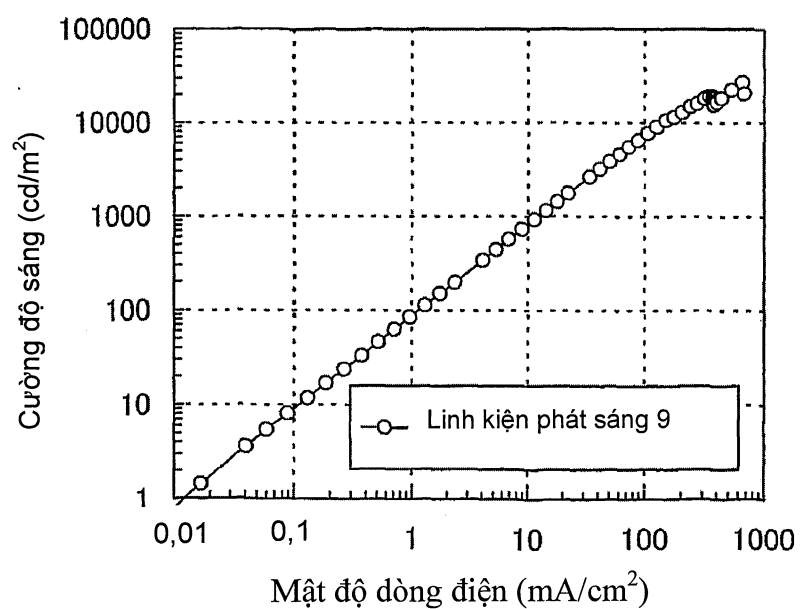


FIG. 46A

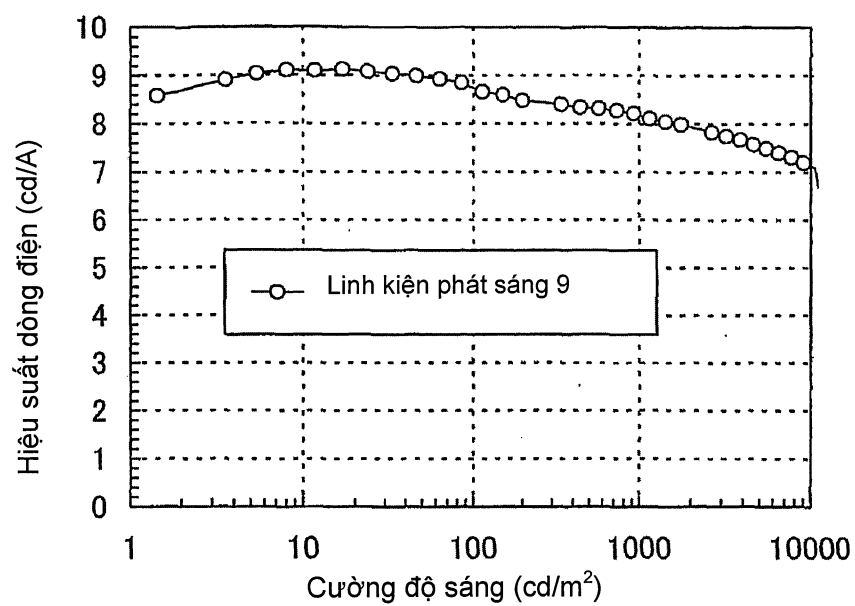


FIG. 46B

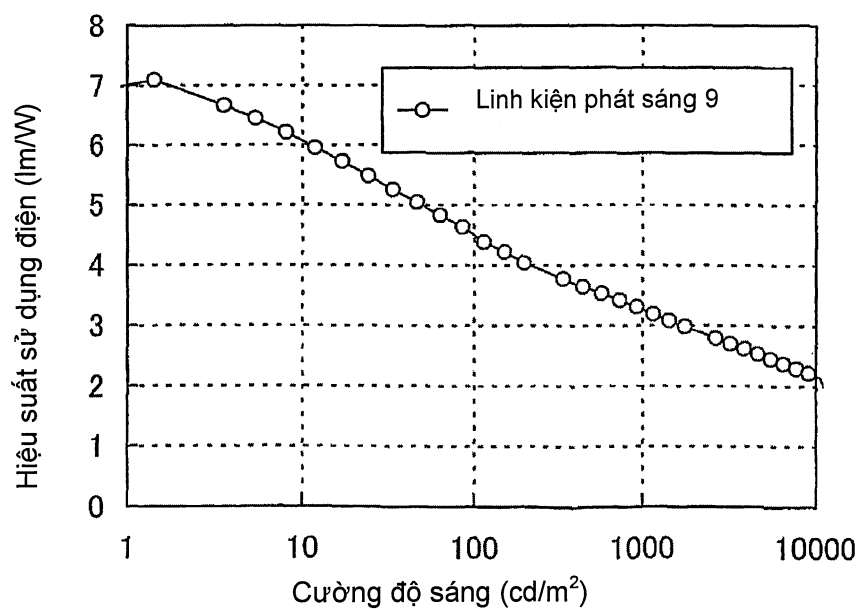


FIG. 47

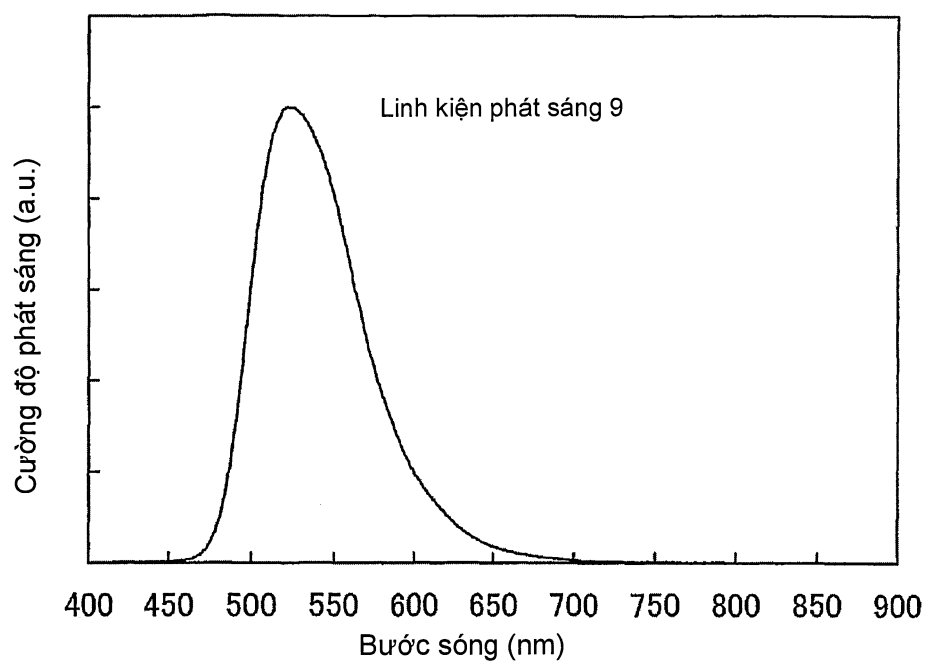


FIG. 48

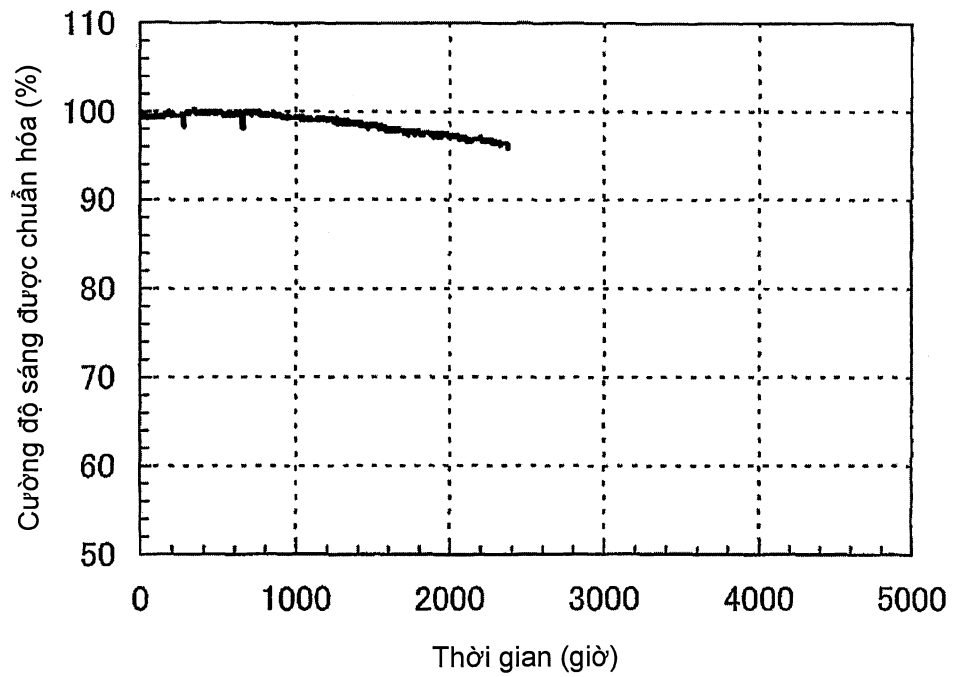


FIG. 49A

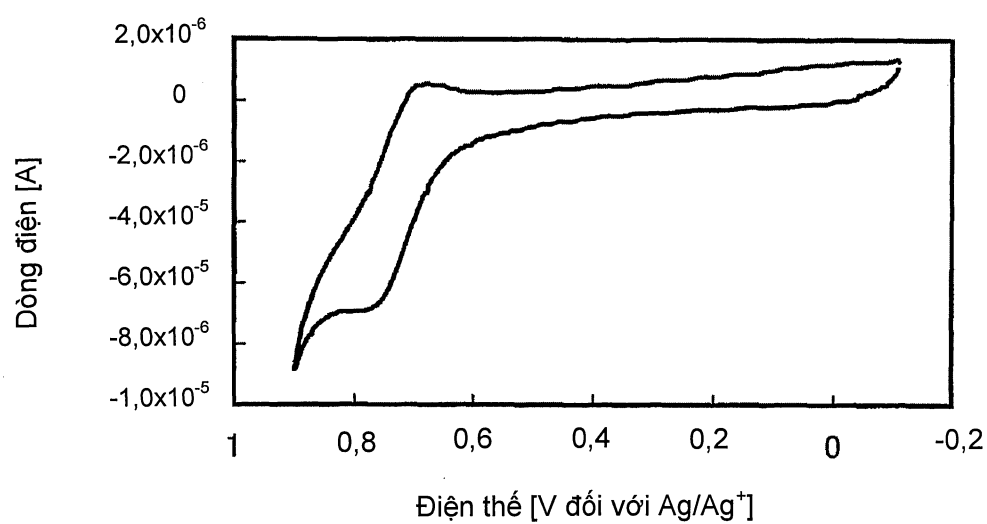


FIG. 49B

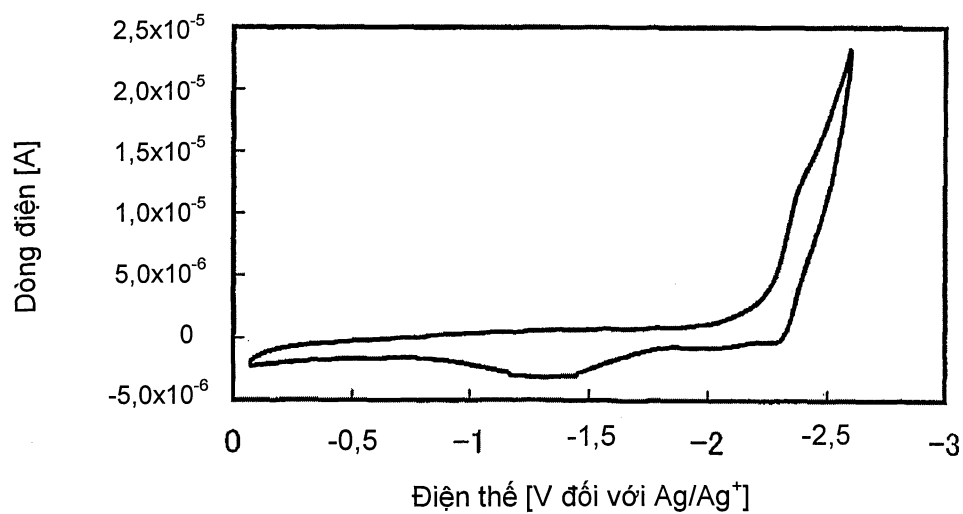


FIG. 50A

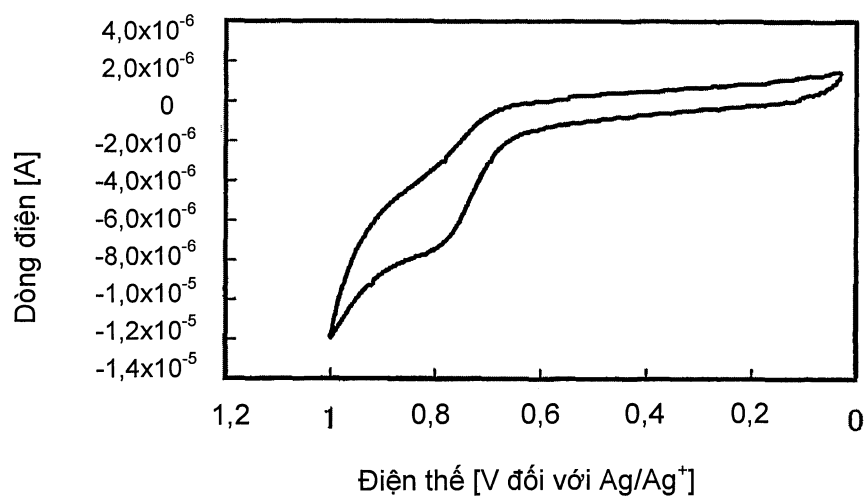
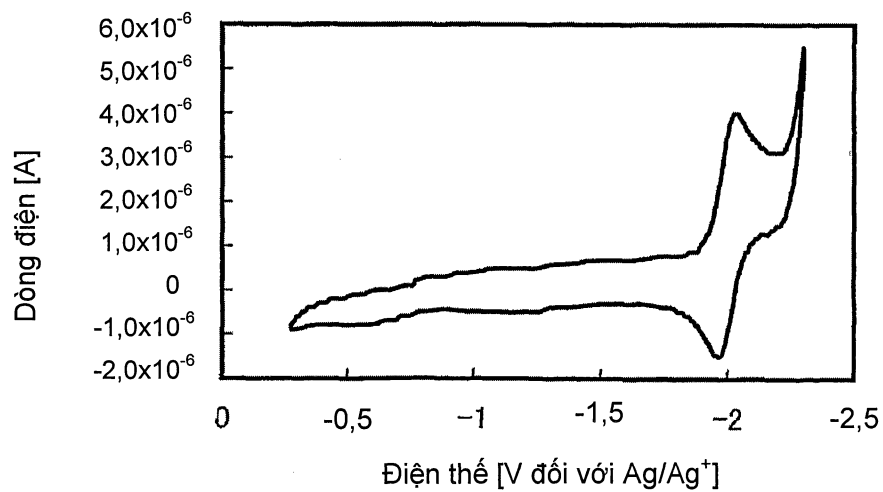


FIG. 50B



101: anôt, 102: catôt, 103: màng hợp chất hữu cơ, 111: vùng phát sáng, 112: vùng vận chuyển lỗ trống, 113: vùng vận chuyển electron, 114: vùng phun lỗ trống, 115: vùng phun electron, 116: vùng tạo điện tích, 117: vùng tạo điện tích, 123: mức HOMO, 124: mức LUMO, 127: mức HOMO, 128: mức LUMO, 601: mạch kích thích (mạch kích thích phía nguồn), 602: phần điểm ảnh, 603: mạch kích thích (mạch kích thích phía cổng), 604: nền để gắn, 605: chất gắn, 607: khoảng không, 608: dây dẫn, 609: mạch in mềm (flexible printed circuit: FPC), 610: nền lắp linh kiện, 611: TFT chuyển mạch; 612: TFT kiểm soát dòng, 613: điện cực thứ nhất, 614: lớp cách điện, 616: màng hợp chất hữu cơ, 617: điện cực thứ hai, 618: linh kiện phát sáng, 623: TFT n kênh, 624: TFT p kênh, 701: thân chính, 702: bộ phận hiển thị, 703: phím thao tác, 710: thân chính, 711: bộ phận hiển thị, 712: bộ phận nhớ, 713: bộ phận thao tác, 714: cặp tai nghe, 901: vỏ thiết bị, 902: lớp tinh thể lỏng, 903: bộ phận chiếu sáng nền, 904: vỏ thiết bị, 905: mạch kích thích, 906: cổng kết nối, 951: nền, 952: điện cực, 953: lớp cách điện, 954: lớp ngăn, 955: màng hợp chất hữu cơ, 956: điện cực, 1001: nền, 1002: màng nền cách điện, 1003: màng ngăn cách với cổng, 1006: lớp dẫn điện, 1009: vùng pha tạp nồng độ thấp, 1014: vùng pha tạp nồng độ cao, 1018: vùng pha tạp nồng độ cao, 1020: màng cách điện giữa các lớp, 1021: màng cách điện giữa các lớp, 1022: điện cực liên kết, 1023: điện cực liên kết, 1025: lớp cách điện, 1024: điện cực thứ nhất, 1028: màng hợp chất hữu cơ, 1029: điện cực thứ hai, 1030: khe hở, 1031: nền để gắn, 1032: chất gắn, 1033: nền trong suốt, 1035: lớp màu đen (nền màu đen), 1036: lớp phủ ngoài, 1037: màng cách điện thứ ba giữa các lớp, 1040: phần điểm ảnh, 1041: phần mạch kích thích, 1042: phần xung quanh, 116a: vùng kiểu P, 116b: vùng kiểu N,

51/51

117a: vùng kiểu P, 117b: vùng kiểu N, 2001: vỏ đèn, 2002: nguồn sáng, 3001: thiết bị chiếu sáng, 3002: máy thu hình, 9101: vỏ máy, 9102: giá đỡ, 9103: bộ phận hiển thị, 9104: loa, 9105: cổng đầu vào video, 9201: thân chính, 9202: vỏ máy vi tính, 9203: bộ phận hiển thị, 9204: bàn phím, 9205: cổng kết nối ngoài, 9206: thiết bị trở, 9301: thân chính, 9302: bộ phận hiển thị, 9303: vỏ camera, 9304: cổng kết nối ngoài, 9305: phần nhận tín hiệu điều khiển từ xa, 9306: bộ phận nhận hình ảnh, 9307: pin, 9308: đầu vào audio, 9309: phím thao tác, 9310: thị kính, 9401: thân chính, 9402: vỏ điện thoại, 9403: bộ phận hiển thị, 9404: cổng đầu vào audio, 9405: cổng đầu ra audio, 9406: phím thao tác, 9407: cổng kết nối ngoài, 9408: ăngten, 1024W: điện cực thứ nhất, 1034B: lớp màu, 1034G: lớp màu, 1034R: lớp màu, 1044B: vùng phát sáng, 1044G: vùng phát sáng, 1044R: vùng phát sáng, 1044W: vùng phát sáng.