



(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)



1-0034488

(51)⁸ H01L 27/32; H01L 51/52; G09G 5/02

(13) B

(21) 1-2018-04567

(22) 15/10/2018

(30) 10-2017-0133872 16/10/2017 KR

(45) 25/01/2023 418

(43) 25/04/2019 373A

(73) LG Display Co., Ltd (KR)

LG Twin Towers, 128, Yeouidaero, Yeungdeungpo-gu, Seoul 07336, Korea

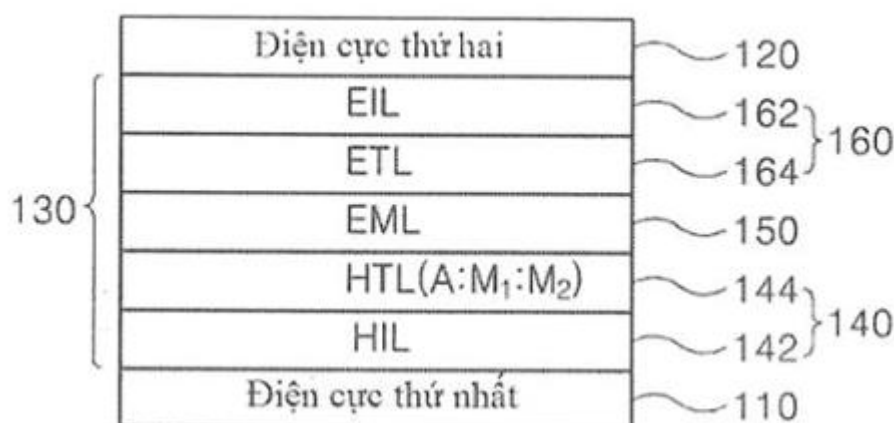
(72) Tae-Yang Lee (KR); Seul-Gi Choi (KR); Min-Surk Hyung (KR).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) ĐIÔT PHÁT SÁNG VÀ THIẾT BỊ HIỂN THỊ PHÁT SÁNG BAO GỒM ĐIÔT PHÁT SÁNG NÀY

(57) Điôt phát sáng và thiết bị hiển thị phát sáng được bộc lộ. Điôt phát sáng bao gồm điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai hướng vào nhau; và lớp vận chuyển lỗ giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai, trong đó lớp vận chuyển lỗ bao gồm hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1, A:M₁:M₂, trong đó A là hạt nano bán dẫn hoặc hạt vô cơ nano được lựa chọn từ nhóm oxit kim loại, và M₁ và M₂ khác nhau và các ion dương kim loại mà A được pha tạp với.

100



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến điốt phát sáng, và cụ thể hơn, đến điốt phát sáng và thiết bị phát sáng bằng cách sử dụng điốt phát sáng này trong đó điện tích có thể được phun vào trong lớp phát sáng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Gần đây, vì công nghệ xử lý hiển thị và hiển thị lượng lớn thông tin đã và đang cải tiến một cách nhanh chóng, các thiết bị hiển thị dẹt khác nhau đã và đang được phát triển. Trong số các thiết bị hiển thị dẹt, thiết bị hiển thị điốt phát sáng hữu cơ (Organic Light Emitting Diode - OLED) và thiết bị hiển thị điốt phát sáng chấm lượng tử (Quantum Dot Light Emitting Diode - QLED) có thể là mỏng và có mức tiêu thụ năng lượng thấp do đó đã và đang được sử dụng dưới dạng các thiết bị hiển thị thế hệ tiếp theo thay thế thiết bị hiển thị tinh thể lỏng (Liquid Crystal Display Device - LCD).

OLED là chi tiết được tạo kết cấu sao cho khi các sự điện tích được phun vào trong lớp phát sáng hữu cơ được tạo ra giữa điện cực phun electron (nghĩa là, catốt) và điện cực phun lỗ (nghĩa là, anốt), electron và lỗ tạo thành một cặp và sau đó ánh sáng được phát ra trong khi cặp này dần trở nên biến mất.

OLED có các ưu điểm là được tạo ra trên tấm nền trong suốt linh hoạt chẳng hạn như tấm nền nhựa, điều vận ở điện áp thấp (ví dụ, bằng hoặc ít hơn 10 V), có mức tiêu thụ năng lượng thấp, và có độ tinh khiết về màu hoàn hảo.

Fig.1 là sơ đồ dưới dạng giản đồ của các năng lượng khe hở dải của các vật liệu tạo thành các điện cực và các lớp phát sáng của OLED theo giải pháp kỹ thuật đã biết.

Đề cập đến Fig.1, OLED bao gồm anôt và catôt hướng vào nhau, và lớp vật liệu phát sáng (Emitting Material Layer - EML) giữa anôt và catôt, lớp phun lỗ (Hole Injection Layer - HIL) và lớp vận chuyển lỗ (Hole Transport Layer - HTL) giữa anôt và EML, và lớp vận chuyển electron (Electron Transport Layer - ETL) giữa catôt và EML.

EML được làm bằng vật liệu phát sáng, và lỗ và electron được phun từ anôt và catôt, một cách lần lượt, gặp ở EML và tạo ra hiện tượng exciton. Vật liệu phát sáng của EML trở thành trạng thái được kích thích bởi năng lượng này. Sự chuyển tiếp năng lượng của vật liệu phát sáng từ trạng thái được kích thích sang trạng thái tiếp đất được tạo ra, và năng lượng tạo ra được phát ra dưới dạng ánh sáng.

Để thực hiện sự phát sáng ở EML, HIL và HTL phun và vận chuyển lỗ của vật mang điện tích dương từ anôt đến EML, và ETL phun và vận chuyển electron của vật mang điện tích âm từ catôt đến EML. Để phun và vận chuyển lỗ và electron đến EML, mỗi lớp cần được làm bằng vật liệu có năng lượng khe dải thích hợp. Theo giải pháp kỹ thuật đã biết, lớp phát sáng tạo ra OLED được dát bằng cách áp dụng quy trình lắng đọng. Gần đây, lớp phát sáng được tạo ra bằng cách áp dụng quy trình dung dịch mà có thể làm giảm chất thải của vật liệu hữu cơ không cần bộ lọc màu.

Ví dụ, HIL có thể được làm bằng poly(3,4-etylendioxythiophen) polystyren sulfonat(PEDOT:PSS), HTL có thể được làm bằng Poly[(9,9-đioctylfloreanyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-butylphenyl)điphenylamin)](TFB), và ETL có thể được làm bằng oxadiazol dựa trên vật liệu hữu cơ, triazol dựa trên vật liệu hữu cơ, benzoxazol dựa trên vật liệu hữu cơ, benzothiazol dựa trên vật liệu

hữu cơ, benzimidazol dựa trên vật liệu hữu cơ, hoặc triazin dựa trên vật liệu hữu cơ, ví dụ, 2-biphenyl-4-yl-5-(4-t-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol (PBD).

Mức năng lượng quỹ đạo phân tử (Highest Occupied Molecular Orbital - HOMO) chiếm cao nhất của vật liệu phát sáng tạo ra EML rất thấp, và mức năng lượng quỹ đạo phân tử trống thấp nhất (Lowest Unoccupied Molecular Orbital - LUMO) của vật liệu phát sáng tạo ra EML rất cao. Do đó, lớp này đóng vai trò như lớp ngăn năng lượng khi lỗ được vận chuyển từ HTL đến EML và khi electron được vận chuyển từ ETL đến EML.

Tuy nhiên, so sánh với độ chênh ΔG_L giữa mức năng lượng LUMO của ETL và mức năng lượng LUMO của EML, độ chênh ΔG_H giữa mức năng lượng HOMO của HTL và mức năng lượng HOMO của EML lớn hơn nhiều. Nói cách khác, so với mức năng lượng HOMO tương đối cao của vật liệu vận chuyển lỗ tạo ra HTL, mức năng lượng HOMO của vật liệu phát sáng tạo ra EML là rất thấp. Do đó, so với sự vận chuyển và sự phun của electron đến EML, sự vận chuyển và sự phun của lỗ đến EML bị trễ, và do đó các điện tích không được phun ở trạng thái cân bằng vào EML. Vấn đề này rất nghiêm trọng với OLED sử dụng chấm lượng tử có mức năng lượng HOMO rất thấp như vật liệu phát sáng.

Các electron được phun vào trong EML nhiều so với các lỗ được tái kết hợp với các lỗ do đó không tạo ra các exciton và dần trở nên biến mất. Ngoài ra, các lỗ và các electron không được tái kết hợp ở vật liệu phát sáng của EML nhưng được tái kết hợp ở mặt phân giới của EML và HTL. Do đó, hiệu quả phát ra ánh sáng của OLED bị giảm xuống, và điện áp điều vận cao được yêu cầu để thực hiện việc phát sáng mong muốn do đó tạo ra việc tăng mức tiêu thụ năng lượng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, sáng chế đề cập đến điôt phát sáng và thiết bị phát sáng bao gồm điôt này mà gần như loại bỏ một hoặc nhiều vấn đề do các sự hạn chế và các nhược điểm của giải pháp kỹ thuật đã biết, và có các ưu điểm khác.

Các dấu hiệu và các ưu điểm khác của sáng chế sẽ được trình bày trong phần mô tả sau, và phần nào sẽ rõ ràng từ phần mô tả đó, hoặc có thể được nhận ra bởi việc áp dụng thực tế sáng chế. Ưu điểm này và ưu điểm khác của sáng chế sẽ được nhận ra và thu được bởi kết cấu cụ thể được chỉ ra trong phần mô tả và các điểm yêu cầu bảo hộ được trình bày ở đây cũng như các hình vẽ kèm theo.

Để đạt được ưu điểm này và ưu điểm khác, và theo mục đích của sáng chế, như được sử dụng và được mô tả rộng trong bản mô tả này, điôt phát sáng bao gồm: điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai hướng vào nhau; và lớp vận chuyển lỗ giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai, trong đó lớp vận chuyển lỗ bao gồm hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1, $A:M_1:M_2$, trong đó A là hạt nano bán dẫn hoặc hạt vô cơ nano được lựa chọn từ nhóm oxit kim loại, và M_1 và M_2 khác với nhau và các ion dương kim loại mà được pha tạp với.

Theo khía cạnh khác, điôt phát sáng bao gồm: điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai hướng vào nhau; lớp vận chuyển điện tích thứ nhất giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai và liền kề với điện cực thứ nhất; lớp vận chuyển điện tích thứ hai giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai và liền kề với điện cực thứ hai; và lớp vật liệu phát sáng giữa lớp vận chuyển điện tích thứ nhất và lớp vận chuyển điện tích thứ hai, trong đó lớp vận chuyển điện tích thứ nhất hoặc thứ hai bao gồm hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1, $A:M_1:M_2$, trong đó A là hạt nano bán dẫn hoặc hạt vô cơ nano được

lựa chọn từ nhóm oxit kim loại, và M_1 và M_2 khác nhau và các ion dương kim loại mà A được pha tạp với.

Theo khía cạnh khác, thiết bị hiển thị phát sáng bao gồm: tấm nền; điôt phát sáng ở trên trên tấm nền; và chi tiết điều vận giữa tấm nền và điôt phát sáng và được nối với điôt phát sáng.

Cần phải hiểu là cả hai phần mô tả chung nêu trên và phần mô tả chi tiết sau là các ví dụ và nhằm giải thích và được dự định để tạo ra sự giải thích tiếp về sáng chế như được yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo, mà được bao gồm để tạo ra sự hiểu hơn về sáng chế và được kết hợp và cấu thành một phần bản mô tả này, thể hiện các phương án của sáng chế và cùng với phần mô tả đóng vai trò diễn giải các nguyên lý của sáng chế.

Fig.1 là sơ đồ dưới dạng giản đồ của các năng lượng khe hở dải của các vật liệu tạo thành các điện cực và các lớp phát sáng của OLED theo giải pháp kỹ thuật đã biết;

Fig.2 là hình vẽ mặt cắt dưới dạng giản đồ thể hiện điôt phát sáng có kết cấu thông thường theo phương án thứ nhất của sáng chế;

Fig.3 là sơ đồ dưới dạng giản đồ của các năng lượng khe dải của các điện cực và lớp phát sáng tạo ra điôt phát sáng theo phương án thứ nhất của sáng chế;

Fig.4 là hình vẽ mặt cắt dưới dạng giản đồ thể hiện điôt phát sáng có kết cấu được đảo ngược theo phương án thứ hai của sáng chế;

Fig.5 là sơ đồ dưới dạng giản đồ của các năng lượng khe dải của các điện cực và lớp phát sáng tạo ra điôt phát sáng theo phương án thứ hai của sáng chế;

Fig.6 là hình vẽ mặt cắt dưới dạng giản đồ thể hiện thiết bị hiển thị phát sáng theo một phương án của sáng chế; và

Fig.7 là đồ thị thể hiện các kết quả được đo của các mật độ các điện áp trên cường độ dòng điện của điôt phát sáng được tạo ra theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Bây giờ sẽ đề cập chi tiết đến các phương án của sáng chế, các ví dụ của nó được thể hiện trên các hình vẽ kèm theo.

Fig.2 là hình vẽ mặt cắt dưới dạng giản đồ thể hiện điôt phát sáng có kết cấu thông thường theo phương án thứ nhất của sáng chế, Fig.3 là sơ đồ dưới dạng giản đồ của các năng lượng khe dải của các điện cực và lớp phát sáng tạo ra điôt phát sáng theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Như được thể hiện trên Fig.2, điôt phát sáng 100 theo phương án thứ nhất bao gồm điện cực thứ nhất 110, điện cực thứ hai 120 hướng vào điện cực thứ nhất 110, lớp phát sáng 130 bao gồm lớp vật liệu phát sáng (EML) 150 giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai 110 và 120. Ví dụ, lớp phát sáng 130 có thể còn bao gồm lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 giữa điện cực thứ nhất 110 và EML 150, và lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160 giữa EML 150 và điện cực thứ hai 120.

Theo phương án này, điện cực thứ nhất 110 có thể là anôt như điện cực phun lỗ. Điện cực thứ nhất 110 có thể được tạo ra trên tấm nền được làm bằng thủy tinh hoặc polyme. Ví dụ, điện cực thứ nhất 110 có thể được làm bằng vật liệu oxit kim loại được pha tạp hoặc không được pha tạp được lựa chọn từ nhóm bao gồm indii-thiếc-oxit (ITO), indii-kẽm-oxit (IZO), indii-thiếc-kẽm oxit (ITZO), indii-đồng-oxit (ICO), SnO_2 , In_2O_3 , Cd:ZnO , F:SnO_2 , In:SnO_2 , Ga:SnO_2 và Al:ZnO (AZO). Mặt khác, điện cực thứ

nhất 110 có thể được làm bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim được lựa chọn từ nhóm bao gồm Ni, Pt, Au, Ag, Ir và ống cacbon nanô (Carbon Nanotube - CNT).

Theo phương án này, điện cực thứ hai 120 có thể là catôt như điện cực phun electron. Ví dụ, điện cực thứ hai 120 có thể được làm bằng Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, CsF/Al, CaCO₃/Al, BaF₂/Ca/Al, Al, Mg, Au:Mg, hoặc Ag:Mg. Ví dụ, mỗi trong số điện cực thứ nhất 110 và điện cực thứ hai 120 có thể được tạo ra với độ dày khoảng từ 30nm đến 300nm.

Theo phương án khác, trong trường hợp điôt phát sáng loại phát sáng dưới lên, điện cực thứ nhất 110 có thể được làm bằng vật liệu dẫn điện trong suốt, chẳng hạn như ITO, IZO, ITZO, hoặc AZO, và điện cực thứ hai 120 có thể được làm bằng Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, Al, Mg, hoặc Ag:Mg.

Lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 tạo ra lớp phát điện 130 được bố trí giữa điện cực thứ nhất 110 và EML 150. Theo phương án này, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 có thể là lớp vận chuyển lỗ cung cấp các lỗ đến EML 150. Ví dụ, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 có thể bao gồm lớp phun lỗ (HIL) 142 mà giữa điện cực thứ nhất 110 và EML 150 và liền kề với điện cực thứ nhất 110, và lớp vận chuyển lỗ (HTL) 144 mà giữa điện cực thứ nhất 110 và EML 150 và liền kề với EML 150.

HIL 142 tạo điều kiện thuận tiện cho việc phun lỗ từ điện cực thứ nhất 110 đến EML 150. Ví dụ, HIL 142 có thể được làm bằng, không bị hạn chế ở, vật liệu hữu cơ được lựa chọn từ nhóm bao gồm poly(etylenđioxythiophen):polystyrenesulfonat (PEDOT:PSS), 4,4',4''-tris(điphenylamino)triphenylamin (TDATA) được pha tạp với tetraflo-tetraxyno-quinodimetan (F4-TCNQ) (ví dụ, ptaloxyanin được pha tạp p, chẳng hạn như kẽm ptaloxyanin (ZnPc) được pha tạp với F4-TCNQ hoặc vật liệu

tương tự, hoặc N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1-naphtyl)-1,1'-biphenyl-4,4''-điamin (α -NPD) được pha tạp với F4-TCNQ), hexaazatriphenylen-hexanitrit (HAT-CN), và tổ hợp của chúng. Ví dụ, tạp chất chẳng hạn như F4-TCNQ có thể được bổ sung với khoảng 1 đến 30 % trọng lượng liên quan đến chất chủ. HIL 142 có thể được loại bỏ theo kết cấu hoặc loại điôt phát sáng 100.

HTL 144 vận chuyển các lỗ từ điện cực thứ nhất 110 đến EML 150. Trên các hình vẽ, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 được tạo kết cấu cần phải được tách thành HIL 142 và HTL 144, và mặt khác, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 có thể được tạo ra ở lớp đơn. Ví dụ, HIL 142 được triệt tiêu và lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 có thể được tạo kết cấu chỉ với HTL 144.

Theo phương án khác, HTL 144 có thể được làm bằng hợp chất vô cơ được tạo kết cấu với các hạt vô cơ được pha tạp với ít nhất hai ion kim loại dương khác nhau. Ví dụ, hợp chất vô cơ được áp dụng vào HTL 144 có thể được thể hiện bằng công thức hóa học 1 bên dưới.

Công thức hóa học 1



(trong công thức, A là hạt nanô bán dẫn hoặc hạt vô cơ nanô được lựa chọn từ nhóm oxit kim loại, và M_1 và M_2 khác với nhau và các ion dương kim loại mà A được pha tạp với.

Theo một phương án, A có công thức hóa học 1 có thể là hạt vô cơ nanô có mức năng lượng dải hóa trị sâu, tương ứng với mức năng lượng HOMO của vật liệu hữu cơ. Ví dụ, A có công thức hóa học 1 có thể tốt hơn là hạt vô cơ nanô có mức năng lượng

dải hóa trị mà gần như bằng mức năng lượng HOMO của vật liệu phát sáng tạo ra EML 150 được mô tả bên dưới.

Ví dụ, hạt vô cơ nano được thể hiện dưới dạng A có công thức hóa học 1 có thể có, không bị hạn chế ở, mức năng lượng dải hóa trị khoảng -6,0eV đến -7,5eV, tốt hơn là khoảng -6,5eV đến -7,5eV. Theo một phương án, hạt vô cơ nano được biểu diễn bởi A có công thức hóa học 1 có thể là hạt nano bán dẫn hoặc oxit kim loại.

Hạt nano bán dẫn được sử dụng dưới dạng chất chủ A của HTL 144 có thể bao gồm, ví dụ, hạt nano bán dẫn có nhóm II-VI, nhóm III-V, nhóm IV-VI hoặc nhóm I-III-VI. Chi tiết, vì chất chủ của HTL 144, hạt nano bán dẫn thể hiện dưới dạng chất chủ A của HTL 144 có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm ZnS, ZnSe, Cds, CdSe, CdZnS, GaP và tổ hợp của chúng. Oxit kim loại được sử dụng dưới dạng chất chủ A của HTL 144 có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm ZnO, TiO₂, CoO, CuO, Cu₂O, FeO, In₂O₃, MnO, NiO, PbO, Ce₂O₃, MoO₃ và tổ hợp của chúng. Tuy nhiên, sáng chế không chỉ hạn chế ở các vật liệu ở trên.

Cụ thể, khi chất chủ của HTL 144 sử dụng vật liệu giống như vật liệu phát sáng của EML 150 được mô tả bên dưới, lớp ngăn năng lượng giữa HTL 144 và EML 150 được loại bỏ, và do đó lỗi có thể một cách nhanh chóng được phun đến EML 150. Ví dụ, khi hạt phát sáng có kết cấu lõi-vỏ được sử dụng dưới dạng vật liệu phát sáng của EML 150, chất chủ được biểu diễn dưới dạng A có công thức hóa học 1 có thể có cùng vật liệu với vỏ.

Mỗi trong số M₁ và M₂ có công thức hóa học 1 có thể tốt hơn là ion dương kim loại mà có mức năng lượng dải hóa trị giữa mức năng lượng HOMO của vật liệu hữu cơ tạo thành lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 và mức năng lượng HOMO (hoặc

dải hóa trị) của vật liệu phát sáng tạo thành EML 150. Ví dụ, mỗi trong số các ion dương kim loại được thể hiện dưới dạng M_1 và M_2 có công thức hóa học 1 có thể có, không bị hạn chế ở, mức năng lượng dải hóa trị khoảng -5,5eV đến -6,5eV.

Ví dụ, mỗi trong số các ion dương kim loại (nghĩa là, M_1 và M_2 có công thức hóa học 1) được sử dụng dưới dạng các tạp chất của HTL 144 có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm ion dương kim loại chuyển tiếp, ion dương kim loại nghèo (ví dụ, kim loại sau chuyển tiếp) (ví dụ, Al, Ga, In, Sn, Tl, Pb, Bi hoặc kim loại tương tự), ion dương kim loại đất hiếm, và ion dương kim loại lantanit. Chi tiết, mỗi trong số các ion dương kim loại được sử dụng dưới dạng các tạp chất của HTL 144 có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm Ni^{2+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , Cu^+ , Cu^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Eu^{3+} , In^{3+} , Ce^{3+} , Er^{3+} , Tb^{3+} , Nd^{3+} , Y^{3+} , Cd^{2+} và Sm^{3+} .

Mức năng lượng dải hóa trị (tương ứng với HOMO của vật liệu hữu cơ) của hạt vô cơ nano được sử dụng dưới dạng chất chủ (nghĩa là, A có công thức hóa học) trong HTL 144 gần như bằng hoặc rất tương tự với mức năng lượng HOMO (hoặc dải hóa trị) của vật liệu phát sáng tạo thành ETL 150. Tuy nhiên, trong trường hợp mà chỉ hạt vô cơ nano được sử dụng, độ chênh mức năng lượng HOMO giữa HTL 144, và HIL 142 hoặc điện cực thứ nhất 110 trở nên rất lớn, do đó lớp ngăn năng lượng giữa HTL 144 và HIL 142 hoặc điện cực thứ nhất 110 được tạo ra.

Tuy nhiên, theo sáng chế, hạt vô cơ nano của mức năng lượng dải hóa trị sâu được pha tạp với ít nhất hai ion dương kim loại khác nhau (ví dụ., M_1 và M_2). Các ion dương kim loại có các mức năng lượng dải hóa trị giữa mức năng lượng HOMO của HIL 142 và mức năng lượng dải hóa trị của hạt vô cơ nano (nghĩa là, A) được sử dụng dưới dạng chất chủ của HTL 144.

Do đó, như được thể hiện dưới dạng sơ đồ trên Fig.3, HTL 144 có thể được tạo kết cấu sao cho mức năng lượng dải hóa trị được chia thành ba trạng thái mức năng lượng (nghĩa là, trạng thái M_1 , trạng thái M_2 , và trạng thái A) mà liên tiếp khác biệt. Khi lỗ được phun từ điện cực thứ nhất 110 đến HTL 144 qua HIL 142, lỗ ban đầu được chuyển đổi thành ion dương kim loại (M_1) dưới dạng tạp chất thứ nhất có mức năng lượng dải hóa trị cao nhất, sau đó được chuyển đổi thành ion dương kim loại (M_2) dưới dạng tạp chất thứ hai có mức năng lượng dải hóa trị cao thứ hai, và sau đó được chuyển đổi thành chất chủ (A) có mức năng lượng dải hóa trị thấp nhất. Trên Fig.3, hình vẽ này thể hiện là mức năng lượng dải hóa trị của HTL 144 giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_1 , mức năng lượng dải hóa trị M_2 và mức năng lượng dải hóa trị A. Mặt khác, mức năng lượng dải hóa trị của HTL 144 giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_2 , mức năng lượng dải hóa trị M_1 và mức năng lượng dải hóa trị A.

Nói cách khác, HTL 144 theo sáng chế tạo thành máng phun lỗ từ tạp chất có mức năng lượng dải hóa trị cao nhất đến chất chủ có mức năng lượng dải hóa trị thấp nhất. Do đó, vì độ chênh giữa mức năng lượng HOMO của HIL 142 và mức năng lượng dải hóa trị của tạp chất thứ nhất (M_1) có mức năng lượng dải hóa trị cao nhất trong HTL 144 không lớn, không có lớp ngăn năng lượng HOMO giữa HIL 142 và HTL 144.

Ngoài ra, mức năng lượng dải hóa trị của chất chủ (A) cuối cùng tiếp nhận lỗ trong HTL 144 tương tự hoặc bằng mức năng lượng HOMO (hoặc dải hóa trị) của vật liệu phát sáng tạo ra EML 150. Do đó, độ chênh $\Delta G'_H$ giữa mức năng lượng dải hóa trị thấp nhất của HTL 144 và mức năng lượng HOMO (hoặc dải hóa trị) của EML 150 bị

giảm xuống nhiều, do đó lớp ngăn năng lượng giữa HTL 144 và EML 150 có thể được loại bỏ. Theo phương án tùy ý, trong trường hợp mà chất chủ (A) của HTL 144 sử dụng vật liệu giống như vỏ tạo ra EML 150, có thể gần như không có độ chênh mức năng lượng HOMO (hoặc dải hóa trị) giữa HTL 144 và EML 150.

Nói cách khác, bằng cách áp dụng hợp chất vô cơ được thể hiện bởi công thức hóa học 1 vào HTL 144, độ chênh $\Delta G'_H$ giữa mức năng lượng dải hóa trị của HTL 144 tương ứng với mức năng lượng HOMO và mức năng lượng HOMO (hoặc dải hóa trị) của EML 150 trở nên bằng hoặc không khác nhau nhiều so với độ chênh ΔG_L giữa LUMO hoặc mức năng lượng dải dẫn của ETL 164 và mức năng lượng LUMO (hoặc dải dẫn) của EML 150.

Do đó, vì các lỗ và các electron được phun ở trạng thái cân bằng vào EML 150 và tạo ra các exciton, các electron mà không tạo ra các exciton và dần trở nên biến mất được làm giảm hoặc không tồn tại. Ngoài ra, ánh sáng phát ra được tạo ra một cách hiệu quả không ở mặt phân giới của lớp vận chuyển điện tích (ví dụ, HTL hoặc ETL) liền kề EML 150 mà ở vật liệu phát sáng trong đó các điện tích được phun. Do đó, hiệu quả phát sáng của điốt phát sáng 100 có thể được tối đa hóa, và việc điều vận ở điện áp thấp trở nên có thể có do đó việc tiêu thụ năng lượng có thể được làm giảm.

Theo một phương án, liên quan đến chất chủ (A), mỗi trong số tạp chất M_1 và M_2 của HTL 144 có thể có khoảng 0,05 đến 50% trọng lượng, tốt hơn là khoảng 0,1 đến 30% trọng lượng, tốt hơn nữa là khoảng 0,1 đến 5% trọng lượng, và tốt nhất là khoảng 0,1 đến 1% trọng lượng.

Trong trường hợp mà hàm lượng tạp chất nhỏ hơn khoảng 0,05% trọng lượng, khó hy vọng hiệu quả cải thiện đặc tính phun lỗ do việc bổ sung tạp chất. Trong trường

hợp mà hàm lượng tạp chất lớn hơn khoảng 50% trọng lượng, mức năng lượng dải hóa trị của chất chủ thay đổi và mức năng lượng dải hóa trị của HTL 144 có thể tăng lên.

Trên Fig.3, để làm ví dụ, thể hiện là điôt phát sáng 100 bao gồm một HTL 144 giữa HIL 142 và EML 150. Tuy nhiên, HTL 144 có thể bao gồm HTL thứ nhất giữa HIL 142 và EML 150 và liền kề với HIL 142, và HTL thứ hai giữa HTL thứ nhất và EML 150. Trong trường hợp này, HTL thứ nhất có thể được làm bằng vật liệu hữu cơ, và HTL thứ hai có thể được làm bằng hợp chất vô cơ được thể hiện bởi công thức hóa học 1.

Theo một phương án, để cho lỗ phun một cách nhanh chóng vào trong EML 150, HTL thứ nhất có thể sử dụng vật liệu hữu cơ có mức năng lượng HOMO giữa mức năng lượng HOMO của HIL 142 và mức năng lượng dải hóa trị của HTL thứ hai. Ví dụ, HTL thứ nhất có thể được làm bằng vật liệu được lựa chọn từ nhóm bao gồm vật liệu gốc aryl amin chẳng hạn như 4,4'-N,N'-dicacbazolyl-biphenyl (CBP), N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1-naphtyl)-1,1'-biphenyl-4,4''-điamin (α -NPD), N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-metylphenyl)-(1,1'-biphenyl)-4,4'-điamin (TPD), N,N'-bis(3-metylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-spiro (spiro-TPD), N,N'-di(4-(N,N'-diphenyl-amino)phenyl)-N,N'-diphenylbenzidin (DNTPD), 4,4',4''-tris(N-cacbazolyl)-triphenylamin (TCTA), N,N'-di(naphtalen-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidin (NPB), tris(3-metylphenylphenylamino)-triphenylamin (m-MTDATA), hoặc NPB xoắn, polyanilin, polypyrrole, poly(phenylenevinyle), đồng phtaloxyanin, aromatictertiary amin hoặc nhiều nhân thơm thứ ba amin, hợp chất 4,4'-bis(p-cacbazolyl)-1,1'-biphenyl, N,N,N',N'-tetraarylbenzidin, PEDOT:PSS và

các dẫn xuất của nó, Poly(N-vinylcabazol) (PVK) và các dẫn xuất của nó, poly(p)phenylenvinylen chẳng hạn như poly[2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-phenylenevinylene] (MEH-PPV) hoặc poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylenevinylene] (MOMO-PPV) và các dẫn xuất của nó, polymetacrylat và các dẫn xuất của nó, poly(9,9-octylflorene) và các dẫn xuất của nó, poly(spiro-document) và các dẫn xuất của nó, poly(9,9'-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-butylphenyl)diphenylamine (TFB), poly(4-butylphenyl-diphenyl amine) (poly-TPD), và tổ hợp của chúng.

Theo phương án khác, HTL thứ nhất có thể sử dụng vật liệu hữu cơ mà quy trình dung dịch có thể áp dụng thực tế vào đó và có nửa triamin có độ linh động lỗ hoàn hảo. Vật liệu hữu cơ này có thể bao gồm, không hạn chế ở, Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine] (poly-TPD, p-TPD), poly[(9,9'-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-butylphenyl)diphenylamine))] (TFB), poly[(9,9'-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(p-butylphenyl)diphenylamine))], poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine] (PTAA), N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine (TPD), N,N'-Bis(4-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine, N¹,N⁴-diphenyl-N¹,N⁴-di-m-tolylbenzen-1,4-diamine (TTP), N,N,N',N'-tetra(3-methylphenyl)-3,3'-dimethylbenzidine (HMTPD), di-[4-(N,N'-di-p-tolyl-amino)-phenyl]cyclohexane (TAPC), N⁴,N^{4'}-Bis(4-(6-((3-ethyloxetan-3-yl)methoxy)hexyl)phenyl)-N⁴,N^{4'}-diphenylbiphenyl-4,4'-diamine (OTPD), và 4,4',4''-tris(N,N-phenyl-3-methylphenylamino)triphenylamine.

Lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 bao gồm HIL 142 và HTL 144 có thể được tạo ra bởi một hoặc tổ hợp quy trình lắng đọng chân không, chẳng hạn như quy trình lắng đọng hơi chân không hoặc phun tóe, và quy trình dung dịch, chẳng hạn như quy trình phủ quay, phủ giọt, phủ ngâm, phủ phun, phủ trục lăn, phủ chảy, đúc, in lưới hoặc in phun mực. Ví dụ, mỗi trong số HIL 142 và HTL 144 có thể có độ dày, không bị hạn chế khoảng 10nm đến 200nm, và tốt hơn là khoảng 10nm đến 100nm.

EML 150 có thể được làm bằng các hạt phát sáng vô cơ hoặc các vật liệu phát sáng hữu cơ. Khi EML 150 được làm bằng các hạt phát sáng vô cơ, hạt phát sáng vô cơ có thể là hạt phát sáng vô cơ nanô chẳng hạn như chấm lượng tử (Quantum Dot - QD) hoặc thanh lượng tử (Quantum Rod - QR).

QD hoặc QR là vô cơ hạt mà phát ra ánh sáng khi electron ở trạng thái không bền nhảy xuống từ mức năng lượng dải dẫn đến mức năng lượng dải hóa trị. Hạt phát sáng vô cơ nanô có hệ số tắt rất lớn và có hiệu suất lượng tử hoàn hảo trong số các hạt vô cơ do đó phát ra ánh sáng huỳnh quang mạnh. Ngoài ra, bước sóng phát sáng thay đổi theo kích thước của hạt phát sáng vô cơ nanô, do đó bằng cách điều chỉnh kích thước của hạt phát sáng vô cơ nanô, các ánh sáng của toàn bộ vùng tia thấy được có thể thu được, và do đó các màu khác nhau có thể thu được. Nói cách khác, khi hạt phát sáng vô cơ nanô chẳng hạn như QD hoặc QR được sử dụng dưới dạng vật liệu phát sáng, độ tinh khiết về màu của mỗi điểm ảnh có thể tăng, và ngoài ra ánh sáng màu trắng bao gồm các ánh sáng màu đỏ, màu xanh lá cây và màu xanh dương được phát ra với độ tinh khiết cao có thể thu được.

Theo một phương án, QD hoặc QR có thể có kết cấu đơn. Theo phương án khác, QD hoặc QR có thể có kết cấu dị gồm lõi và vỏ. Trong trường hợp này, vỏ có thể được tạo ra với vỏ đơn hoặc nhiều vỏ.

Theo tốc độ phản ứng và tốc độ phun của các tiền chất phản ứng tạo ra lõi và/hoặc vỏ và loại phối tử và nhiệt độ phản ứng, độ tăng trưởng, kết cấu kết tinh và loại tương tự của hạt phát sáng vô cơ nanô có thể được điều chỉnh, và do đó sự phát sáng có các bước sóng khác nhau theo việc điều chỉnh khe dải năng lượng có thể được tạo ra.

Ví dụ, QD hoặc QR có thể có kết cấu dị mà bao gồm thành phần lõi ở tâm của nó phát ra ánh sáng, và vỏ trên bề mặt của lõi bao bọc lõi để bảo vệ lõi, và thành phần phối tử có thể bao quanh bề mặt của vỏ để phân tán QD hoặc QR trong dung môi. Ví dụ, QD hoặc QR có thể có kết cấu lõi/vỏ kiểu I mà electron và lỗ di chuyển về phía lõi và ánh sáng được phát ra trong khi electron và lỗ được tái kết hợp, dưới dạng kết cấu mà khe dải năng lượng của thành phần tạo ra lõi được bao bọc bởi khe dải năng lượng của vỏ.

Khi QD hoặc QR được tạo kết cấu với kết cấu lõi/vỏ kiểu-I, lõi là một phần trong đó sự phát sáng được tạo ra, và theo kích thước của lõi, bước sóng phát sáng của QD hoặc QR được xác định. Để có hiệu quả giam lượng tử, lõi cần có kích thước nhỏ hơn bán kính Bohr exciton theo mỗi vật liệu, và cần có khe dải quang học có kích thước như vậy.

Vỏ tạo ra QD hoặc QR làm tăng hiệu quả giam lượng tử của lõi, và xác định độ ổn định của QD hoặc QR. Các nguyên tử được lộ ra trên bề mặt của QD hoặc QR dạng keo có kết cấu đơn có một cặp electron mà không tham gia vào liên kết hóa học, khác

so với các nguyên tử bên trong. Mức năng lượng của các nguyên tử bề mặt được định vị giữa mép dải dẫn và mép dải hóa trị của QD hoặc QR và có thể giữ các điện tích, do đó khuyết tật bề mặt được tạo ra. Bởi vì quy trình tái kết hợp không phát xạ của exciton được tạo ra bởi khuyết tật bề mặt, các điện tích được giữ có thể phản ứng với oxy bên ngoài và hợp chất do đó tạo ra sự cải biến thành phần hóa học của QD hoặc QR, hoặc các đặc tính điện/quang có thể bị mất vĩnh viễn.

Do đó, theo phương án ưu tiên, QD hoặc QR có thể có kết cấu dị lõi/vỏ. Để vỏ được tạo ra một cách hiệu quả trên bề mặt của lõi, hằng số mạng của vật liệu tạo ra vỏ cần tương tự với hằng số mạng của vật liệu tạo ra lõi. Bằng cách bao bọc bề mặt của lõi bởi vỏ, sự oxy hóa của lõi được ngăn chặn do đó độ ổn định hóa học của QD hoặc QR được cải thiện, sự hao tổn exciton do việc giữ bề mặt ở bề mặt của lõi được giảm thiểu, sự hao tổn năng lượng do độ rung nguyên tử được ngăn chặn, và do đó hiệu suất lượng tử có thể được cải thiện.

QD hoặc QR có thể là hạt tinh thể nanô bán dẫn hoặc oxit kim loại có hiệu quả giam lượng tử. Ví dụ, QD hoặc QR có thể bao gồm hợp chất bán dẫn nanô thuộc nhóm II-VI, nhóm III-V, nhóm IV-VI hoặc nhóm I-III-VI. Chi tiết hơn, lõi và/hoặc vỏ tạo ra QD hoặc QR có thể là tinh thể nanô bán dẫn hợp chất nhóm II-VI chẳng hạn như CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, HgS, HgTe hoặc tổ hợp của chúng; tinh thể nanô bán dẫn hợp chất nhóm III-V chẳng hạn như GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, InSb hoặc tổ hợp của chúng; tinh thể nanô bán dẫn hợp chất nhóm IV-VI chẳng hạn như PbS, PbSe, PbTe hoặc tổ hợp của chúng; tinh thể nanô bán dẫn hợp chất nhóm I-III-VI chẳng hạn như AgGaS₂, AgGaSe₂, AgGaTe₂, AgInS₂, CuInS₂, CuInSe₂, CuGaS₂, CuGaSe₂ hoặc tổ hợp của chúng; hạt nanô oxit kim loại chẳng hạn như ZnO, TiO₂ hoặc tổ hợp của

chúng; hoặc tinh thể nanô kết cấu lõi-vỏ chẳng hạn như CdSe/ZnSe, CdSe/ZnS, CdS/ZnSe, CdS/ZnS, ZnSe/ZnS, InP/ZnS, ZnO/MgO hoặc tổ hợp của chúng. Hạt nanô bán dẫn có thể được pha tạp với nguyên tố đất hiếm chẳng hạn như Eu, Er, Tb, Tm, Dy hoặc tổ hợp của chúng, hoặc kim loại chuyển tiếp chẳng hạn như Mn, Cu, Ag, Al hoặc tổ hợp của chúng. Mặt khác, tinh thể nanô bán dẫn có thể không được pha tạp.

Ví dụ, lõi tạo ra QD hoặc QR có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm ZnSe, ZnTe, CdSe, CdTe, InP, ZnCdS, $\text{Cu}_x\text{In}_{1-x}\text{S}$, $\text{Cu}_x\text{In}_{1-x}\text{Se}$, $\text{Ag}_x\text{In}_{1-x}\text{S}$ và tổ hợp của chúng. Vỏ tạo ra QD hoặc QR có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm ZnS, GaP, CdS, ZnSe, CdS/ZnS, ZnSe/ZnS, ZnS/ZnSe/CdSe, GaP/ZnS, CdS/CdZnS/ZnS, ZnS/CdSZnS, $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ và tổ hợp của chúng.

QD có thể là QD hợp kim chẳng hạn như QD hợp kim đồng nhất hoặc QD hợp kim gradient (ví dụ, $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$, $\text{CdSe}_x\text{Te}_{1-x}$, hoặc $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Se}$).

Trong trường hợp mà EML 150 được làm bằng các hạt phát sáng vô cơ chẳng hạn như các QD hoặc các QR, dung dịch của dung môi gồm có các QD hoặc các QR được phủ trên lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140, ví dụ, HTL 144 bằng cách áp dụng quy trình dung dịch, sau đó dung môi được làm bay hơi, và do đó EML 150 được tạo ra.

Theo một phương án, EML 150 có thể được tạo ra bằng cách phủ dung dịch phân tán của dung môi với các QD hoặc các QR chứa trong đó trên lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 qua quy trình hòa tan và làm bay hơi dung môi. EML 150 có thể được tạo mỏng bởi một hoặc tổ hợp các quy trình dung dịch ví dụ, quy trình phủ quay, phủ giọt, phủ ngâm, phủ phun, phủ trục lăn, phủ chảy, đúc, in lưới và in phun mực.

Theo một phương án, EML 150 có thể bao gồm QD hoặc QR dưới dạng hạt phát sáng vô cơ nanô có đặc tính phát sáng PL bằng 440nm, 530nm và 620nm để tạo ra điôt phát ra ánh sáng màu trắng. Mặt khác, EML 150 có thể bao gồm QD hoặc QR dưới dạng hạt phát sáng nanô có một trong số màu đỏ, màu xanh lá cây và màu xanh dương để một cách độc lập phát ra một màu.

Theo phương án khác, EML 150 có thể được làm bằng vật liệu phát sáng hữu cơ. Trong trường hợp mà EML 150 được làm bằng vật liệu phát sáng hữu cơ, không có giới hạn cho vật liệu phát sáng hữu cơ nếu nó được sử dụng một cách thông thường. Ví dụ, EML 150 có thể được làm bằng vật liệu phát sáng hữu cơ phát ra ít nhất một trong số màu đỏ, màu xanh lá cây và màu xanh dương, và có thể bao gồm vật liệu huỳnh quang hoặc lân quang. Ngoài ra, vật liệu phát sáng hữu cơ tạo ra EML 150 có thể bao gồm chất chủ và tạp chất. Trong trường hợp mà vật liệu phát sáng hữu cơ được tạo ra bởi hệ thống chất chủ-tạp chất, tạp chất có thể có, không bị hạn chế ở, khoảng 1% trọng lượng đến 50% trọng lượng, tốt hơn là khoảng 1% trọng lượng đến 30% trọng lượng so với trọng lượng của chất chủ.

Chất chủ hữu cơ dùng cho EML 150 có thể sử dụng vật liệu hữu cơ thường được sử dụng. Ví dụ, chất chủ hữu cơ sử dụng cho EML 150 có thể được làm bằng Tris(8-hydroxyquinolin) nhôm (Alq_3), TCTA, PVK, 4,4'-bis(N-carbazolyl)-1,1'-biphenyl (CBP), 4,4'-Bis(9-carbazolyl)-2,2'-dimethylbiphenyl (CDBP), 9,10-di(naphtalen-2-yl)antraxen (ADN), 3-tert-butyl-9,10-di(naphta-2-yl)antraxen (TBADN), 2-metyl-9,10-bis(naphtalen-2-yl)antraxen (MADN),

1,3,5-tris(N-phenylbenzimidazol-2-yl)benzen (TPBi), distyrylarylen (DSA), mCP, hoặc 1,3,5-tris(carbazol-9-yl)benzen (TCP).

Khi EML 150 phát ra màu đỏ, tạp chất chứa trong EML 150 có thể bao gồm, không giới hạn ở, vật liệu hữu cơ ví dụ, 5,6,11,12-tetraphenylnaphtalen (Rubren), Bis(2-benzo[b]-thiophen-2-yl-pyridin)(acetylacetonat)iridi(III) (Ir(btp)₂(acac)), Bis[1-(9,9-diethyl-9H-fluoren-2-yl)-isoquinolin](acetylacetonat)iridi(III) (Ir(fliq)₂(acac)), Bis[2-(9,9-diethyl-9H-fluoren-2-yl)-quinolin](acetylacetonat)iridi(III) (Ir(flq)₂(acac)), Bis-(2-phenylquinolin)(2-(3-methylphenyl)pyridinat)iridi(III) (Ir(phq)₂typ), hoặc Iridi(III)bis(2-(2,4-diflophenyl)quinolin)picolinat (FPQIrpic), hoặc phức chất kim loại hữu cơ.

Khi EML 150 phát ra màu xanh lá cây, tạp chất chứa trong EML 150 có thể bao gồm, không giới hạn ở, vật liệu hữu cơ ví dụ, N,N'-dimethyl-quinacridon (DMQA), cumarin 6, 9,10-bis[N,N-di-(p-tolyl)amino]antracen (TTPA), 9,10-bis[phenyl(m-tolyl)-amino]antracen (TPA), bis(2-phenylpyridin)(acetylacetonat)iridi(III) (Ir(ppy)₂(acac)), fac-tris(phenylpyridin)iridi(III) (fac-Ir(ppy)₃), hoặc tris[2-(p-tolyl)pyridin]iridi(III) (Ir(mppy)₃), hoặc phức chất kim loại hữu cơ.

Khi EML 150 phát ra màu xanh dương, tạp chất chứa trong EML 150 có thể bao gồm, không giới hạn ở, vật liệu hữu cơ ví dụ, 4,4'-bis[4-(di-p-tolylamino)styryl]biphenyl (DPAVBi), perylen, 2,5,8,11-tetra-tert-butylpherylen (TBPe), bis(3,5-diflo-2-(2-pyridyl)phenyl-(2-carbozylpyridyl)iridi(III) (FirPic),

mer-tris(1-phenyl-3-metylimidazolin-2yliden-C,C2')iridi(III) (mer-Ir(pmi)₃), hoặc tris(2-(4,6-điflophenyl)pyridin)iridi(III) (Ir(Fppy)₃), hoặc phức chất kim loại hữu cơ.

Trong trường hợp mà EML 150 được làm bằng vật liệu phát sáng hữu cơ, EML 150 có thể được tạo ra bởi một hoặc tổ hợp của quy trình lắng đọng chân không, chẳng hạn như quy trình lắng đọng hơi chân không hoặc quy trình phun tóe, và quy trình dung dịch, chẳng hạn như quy trình phủ quay, phủ giọt, phủ ngâm, phủ phun, phủ trực lẫn, phủ chảy, đúc, in lưới hoặc in phun mực.

Lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160 được định vị giữa EML 150 và điện cực thứ hai 120. Theo phương án này, lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160 có thể là lớp vận chuyển electron cung cấp electron đến EML 150. Theo một phương án, lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160 có thể bao gồm lớp phun electron (EIL) 162 mà giữa điện cực thứ hai 120 và EML 150 và liền kề với điện cực thứ hai 120, và lớp vận chuyển electron (ETL) 164 mà giữa điện cực thứ hai 120 và EML 150 và liền kề với EML 150.

EIL 162 tạo điều kiện thuận tiện cho việc phun electron từ điện cực thứ hai 120 đến EML 150. Ví dụ, EIL 162 có thể được làm bằng kim loại được pha tạp flo hoặc được kết hợp flo, ví dụ, Al, Cd, Cs, Cu, Ga, Ge, In hoặc Li, hoặc oxit kim loại được pha tạp hoặc không được pha tạp, ví dụ, TiO₂, ZnO, ZrO, SnO₂, WO₃ hoặc Ta₂O₃, và tạp chất dùng cho oxit kim loại có thể là một trong số Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs và Cu.

ETL 164 vận chuyển electron đến EML 150. ETL 164 có thể được tạo thành bằng vật liệu vô cơ và/hoặc vật liệu hữu cơ. Vật liệu vô cơ dùng cho ETL 164 có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm oxit kim loại/phi kim được pha tạp hoặc không được

pha tạp, ví dụ, TiO_2 , ZnO , ZnMgO , ZrO , SnO_2 , WO_3 , Ta_2O_3 , HfO_3 , Al_2O_3 , ZrSiO_4 , BaTiO_3 hoặc BaZrO_3 , hạt bán dẫn được pha tạp hoặc không được pha tạp, ví dụ, CdS , ZnSe hoặc ZnS , nitrit, ví dụ, Si_3N_4 , và tổ hợp của chúng. Tạp chất dùng cho oxit kim loại/phi kim có thể là một trong số Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs và Cu, và tạp chất dùng cho hạt bán dẫn có thể là một trong số Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs và Cu.

Khi ETL 164 được tạo thành bằng vật liệu hữu cơ, ETL 164 có thể sử dụng hợp chất gốc oxazol, hợp chất gốc iso-oxazol, hợp chất gốc triazol, hợp chất gốc isothiazol, hợp chất gốc oxadiazol, hợp chất gốc phenantrolin, hợp chất gốc perylen, hợp chất gốc benzoxazol, hợp chất gốc benzothiazol, hợp chất gốc benzimidazol, hợp chất gốc pyren, hợp chất gốc triazin hoặc phức chất nhôm. Về chi tiết, vật liệu hữu cơ dùng cho ETL 164 có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm 3-(biphenyl-4-yl)-5-(4-tertbutylphenyl)-4-phenyl-4H-1,2,4-triazol (TAZ), bathocuproin, 2,9-đimetyl-4,7-điphenyl-1,10-phenanthrolin (BCP), 2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazol) (TPBi), 2-[4-(9,10-đi-2-naptalenyl-2-antraceny)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazol, tris(8-hydroxyquinolin) nhôm (Alq_3), bis(2-metyl-8-quinolinato)-4-phenylphenolat nhôm (III) (Balq), 8-hydroxy-quinolinato liti (Liq), bis(2-metyl-quinolinato)(tripnehylsiloxy) nhôm (III) (Salq) và tổ hợp của chúng, nhưng không giới hạn ở đó.

Trên Fig.2, giống như lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140, lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160 được thể hiện với các lớp kép của EIL 162 và ETL 164, và mặt khác, lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160 có thể được tạo ra là lớp đơn của ETL 164. Ngoài ra, lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160 có thể được tạo ra là lớp đơn của ETL

164 mà được làm bằng vật liệu vận chuyển electron vô cơ ở trên được pha trộn với xesi cacbonat.

Lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160 bao gồm EIL 162 và/hoặc ETL 164 có thể được tạo ra bởi quy trình lắng đọng chân không, ví dụ, quy trình lắng đọng hơi chân không hoặc quy trình phun tóe, hoặc quy trình dung dịch, ví dụ, quy trình phủ quay, phủ giọt, phủ ngâm, phủ phun, phủ trục lăn, phủ chảy, đúc, in lưới hoặc in phun mực. Quy trình lắng đọng chân không và quy trình dung dịch, đơn hoặc theo tổ hợp, được sử dụng để tạo ra lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160. Ví dụ, mỗi trong số EIL 162 và ETL 164 có thể có độ dày bằng, không bị hạn chế ở, khoảng 10nm đến 200nm, tốt hơn là khoảng 10nm đến 100 nm.

Ví dụ, khi lớp vận chuyển điện tích lai (Charge Transporting Layer - CTL) với HTL 144 của lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 được làm bằng vật liệu hữu cơ và lớp vận chuyển điện tích thứ hai 160 được làm bằng vật liệu hữu cơ được sử dụng, đặc tính phát sáng của điốt phát sáng 100 có thể được cải thiện.

Khi lỗ được vận chuyển vào trong điện cực thứ hai 120 qua EML 150 hoặc electron được vận chuyển vào trong điện cực thứ nhất 110 qua EML 150, thời gian tồn tại và hiệu quả của điốt có thể bị giảm xuống. Để ngăn chặn vấn đề này, điốt phát sáng 100 theo phương án này có thể bao gồm ít nhất một lớp ngăn exciton liền kề với EML 150.

Ví dụ, điốt phát sáng 100 có thể bao gồm lớp ngăn electron (EBL) mà được tạo ra giữa HTL 144 và EML 150 và có thể kiểm soát và ngăn chặn sự vận chuyển electron.

Ví dụ, EBL có thể được tạo thành từ TCTA, tris[4-(diethylamino)phenyl]amin), N-(biphenyl-4-yl)9,9-đimetyl-N-(4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl)-9H-floren-2-amin, tri-p-tolylamin, 1,1-bis(4-(N,N'-di(p-tolyl)amino)phenyl)xyclohexan (TAPC), m-MTDATA, 1,3-bis(N-carbazolyl)benzen (mCP), 3,3'-bis(N-carbazolyl)-1,1'-biphenyl (mCBP), poly-TPD, đồng phtaloxyanin (CuPc), DNTPD, hoặc 1,3,5-tris[4-(điphenylamino)phenyl]benzen (TDAPB).

Ngoài ra, lớp ngăn lỗ (Hole Blocking Layer - HBL) dưới dạng lớp ngăn exciton thứ hai có thể được tạo ra giữa EML 150 và ETL 164 để ngăn chặn sự vận chuyển lỗ giữa EML 150 và ETL 164. Theo một phương án, HBL có thể được tạo thành bằng vật liệu được sử dụng cho ETL 164, ví dụ, hợp chất gốc oxadiazol, hợp chất gốc triazol, hợp chất gốc phenantrolin, hợp chất gốc benzoxazol, hợp chất gốc benzothiazol, hợp chất gốc benzimidazol, hợp chất gốc triazin hoặc hợp chất gốc pyren.

Ví dụ, HBL có thể được làm bằng vật liệu, mà có mức năng lượng HOMO nhỏ hơn mức năng lượng của EML 150, ví dụ, 2,9-đimetyl-4,7-điphenyl-1,10-phenantrolin (BCP), BAlq, Alq₃, PBD, spiro-PBD hoặc Liq.

Như được mô tả ở trên, theo phương án này, HTL 144 của lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 140 được định vị giữa điện cực thứ nhất 110 và EML 150 bao gồm hợp chất vô cơ mà là hạt vô cơ nanô, có mức năng lượng dải hóa trị thấp, được pha tạp với ít nhất hai ion dương kim loại khác nhau có các mức năng lượng dải hóa trị cao hơn mức năng lượng của hạt vô cơ nanô. Bằng cách làm giảm mức năng lượng HOMO của HTL 144, lớp ngăn năng lượng HOMO giữa HTL 144 và EML 150 có thể giảm xuống, và lớp ngăn năng lượng HOMO giữa HIL 142 và HTL 144 có thể giảm xuống. Lỗ và electron được phun ở trạng thái cân bằng vào trong EML 150, do đó hiệu quả phát

sáng của điôt phát sáng 100 có thể được cải thiện, và việc điều vận điện áp thấp có thể có, do đó mức tiêu thụ năng lượng có thể được làm giảm.

Trên Fig.2 và Fig.3, các hình vẽ này mô tả điôt phát sáng theo kết cấu thông thường mà lớp vận chuyển lỗ được định vị giữa điện cực thứ nhất có công năng tương đối thấp và EML và lớp vận chuyển electron được định vị giữa điện cực thứ hai có công năng tương đối cao và EML. Mặt khác, điôt phát sáng có thể có kết cấu ngược khác kết cấu thông thường, mà được mô tả bên dưới.

Fig.4 là hình vẽ mặt cắt dưới dạng giản đồ thể hiện điôt phát sáng có kết cấu ngược theo phương án thứ hai của sáng chế, Fig.5 là sơ đồ dưới dạng giản đồ của các năng lượng khe dải của các điện cực và lớp phát sáng tạo ra điôt phát sáng theo phương án thứ hai của sáng chế.

Như được thể hiện trên Fig.4, điôt phát sáng 200 theo phương án thứ hai bao gồm điện cực thứ nhất 210, điện cực thứ hai 220 hướng vào điện cực thứ nhất 210, lớp phát sáng 230 bao gồm EML 250 giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai 210 và 220. Lớp phát sáng 230 có thể còn bao gồm lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 240 giữa điện cực thứ nhất 210 và EML 250, và lớp vận chuyển điện tích thứ hai 260 giữa EML 250 và điện cực thứ hai 220.

Theo phương án này, điện cực thứ nhất 210 có thể là catôt giống như điện cực phun electron. Ví dụ, điện cực thứ nhất 210 có thể được làm bằng vật liệu oxit kim loại được pha tạp hoặc không được pha tạp, ví dụ, ITO, IZO, ITZO, ICO, SnO_2 , In_2O_3 , Cd:ZnO , F:SnO_2 , In:SnO_2 , Ga:SnO_2 , hoặc AZO. Mặt khác, điện cực thứ nhất 210 có thể được làm bằng vật liệu khác so với các vật liệu ở trên, ví dụ, Ni, Pt, Au, Ag, Ir, hoặc ống cacbon nanô (CNT).

Theo phương án này, điện cực thứ hai 220 có thể là anốt giống như điện cực phun lỗ. Ví dụ, điện cực thứ hai 220 có thể được làm bằng Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, CsF/Al, CaCO₃/Al, BaF₂/Ca/Al, Al, Mg, Au:Mg, hoặc Ag:Mg. Ví dụ, mỗi trong số điện cực thứ nhất 210 và điện cực thứ hai 220 có thể được tạo ra ở độ dày khoảng 30nm đến 300nm.

Theo phương án này, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 240 có thể là lớp vận chuyển electron cung cấp electron đến EML 250. Theo một phương án, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 240 có thể bao gồm EIL 242 mà giữa điện cực thứ nhất 210 và EML 250 và liền kề với điện cực thứ nhất 210, và ETL 244 mà giữa điện cực thứ nhất 210 và EML 250 và liền kề với EML 250.

EIL 242 có thể được tạo thành bằng kim loại được pha tạp flo hoặc được kết hợp flo, ví dụ, Al, Cd, Cs, Cu, Ga, Ge, In hoặc Li, hoặc oxit kim loại được pha tạp hoặc không được pha tạp, ví dụ, TiO₂, ZnO, ZrO, SnO₂, WO₃ hoặc Ta₂O₃, và tạp chất dùng cho oxit kim loại có thể là một trong số Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs và Cu.

ETL 244 có thể được tạo thành bằng vật liệu vô cơ và/hoặc vật liệu hữu cơ. Vật liệu vô cơ dùng cho ETL 244 có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm oxit kim loại/phi kim được pha tạp hoặc không được pha tạp, ví dụ, TiO₂, ZnO, ZnMgO, ZrO, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, HfO₃, Al₂O₃, ZrSiO₄, BaTiO₃ hoặc BaZrO₃, hạt bán dẫn được pha tạp hoặc không được pha tạp, ví dụ, CdS, ZnSe hoặc ZnS, nitrit, ví dụ, Si₃N₄, và tổ hợp của chúng. Tạp chất dùng cho oxit kim loại/phi kim có thể là một trong số Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs và Cu, và tạp chất dùng cho hạt bán dẫn có thể là một trong số Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs và Cu.

Khi ETL 244 được tạo thành bằng vật liệu hữu cơ, ETL 244 có thể sử dụng hợp chất gốc oxazol, hợp chất gốc iso-oxazol, hợp chất gốc triazol, hợp chất gốc isothiazol, hợp chất gốc oxadiazol, hợp chất gốc phenantrolin, hợp chất gốc perylen, hợp chất gốc benzoxazol, hợp chất gốc benzothiazol, hợp chất gốc benzimidazol, hợp chất gốc pyren, hợp chất gốc triazin hoặc phức chất nhôm. Về chi tiết, vật liệu hữu cơ dùng cho ETL 244 có thể được lựa chọn từ nhóm bao gồm 3-(biphenyl-4-yl)-5-(4-tertbutylphenyl)-4-phenyl-4H-1,2,4-triazol (TAZ), bathocuproin, 2,9-đimetyl-4,7-điphenyl-1,10-phenanthrolin (BCP), 2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazol) (TPBi), 2-[4-(9,10-đi-2-naphthalenyl-2-antracenyl)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazol, tris(8-hydroxyquinolin) nhôm (Alq3), bis(2-metyl-8-quinolinato)-4-phenylphenolat nhôm (III) (Balq), 8-hydroxy-quinolinato liti (Liq), bis(2-metyl-quinolinato)(tripnehylsiloxy) nhôm (III) (Salq) và tổ hợp của chúng, nhưng nó không chỉ hạn chế ở đó.

Lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 240 có thể được tạo ra là lớp đơn của ETL 244. Ngoài ra, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 240 có thể được tạo ra là lớp đơn của ETL 244 mà được làm bằng vật liệu vận chuyển electron vô cơ ở trên được pha trộn với xesi cacbonat. Ví dụ, mỗi trong số EIL 242 và ETL 244 có thể có độ dày, không bị hạn chế đến 10nm đến 200nm, tốt hơn là khoảng 10nm đến 100nm.

EML 250 có thể được làm bằng các hạt phát sáng vô cơ hoặc vật liệu phát sáng hữu cơ. Hạt phát sáng vô cơ có thể là hạt phát sáng vô cơ nano ví dụ, QD hoặc QR. QD hoặc QR có thể có kết cấu đơn hoặc kết cấu dị lõi/vỏ.

QD hoặc QR có thể là tinh thể nanô bán dẫn hoặc hạt oxit kim loại có hiệu quả giam lượng tử. Ví dụ, QD hoặc QR có thể bao gồm hợp chất bán dẫn nanô thuộc nhóm II-VI, nhóm III-V, nhóm IV-VI hoặc nhóm I-III-VI. Chi tiết hơn, lõi và/hoặc vỏ tạo ra QD hoặc QR có thể là tinh thể nanô bán dẫn hợp chất nhóm II-VI chẳng hạn như CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, HgS, HgTe hoặc tổ hợp của chúng; hợp chất nhóm III-V tinh thể nanô bán dẫn chẳng hạn như GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, InSb hoặc tổ hợp của chúng; tinh thể nanô bán dẫn hợp chất nhóm IV-VI chẳng hạn như PbS, PbSe, PbTe hoặc tổ hợp của chúng; tinh thể nanô bán dẫn hợp chất nhóm I-III-VI chẳng hạn như AgGaS₂, AgGaSe₂, AgGaTe₂, AgInS₂, CuInS₂, CuInSe₂, CuGaS₂, CuGaSe₂ hoặc tổ hợp của chúng; hạt nanô oxit kim loại chẳng hạn như ZnO, TiO₂ hoặc tổ hợp của chúng; hoặc tinh thể nanô kết cấu lõi-vỏ chẳng hạn như CdSe/ZnSe, CdSe/ZnS, CdS/ZnSe, CdS/ZnS, ZnSe/ZnS, InP/ZnS, ZnO/MgO hoặc tổ hợp của chúng. Hạt nanô bán dẫn có thể được pha tạp với nguyên tố đất hiếm chẳng hạn như Eu, Er, Tb, Tm, Dy hoặc tổ hợp của chúng, hoặc kim loại chuyển tiếp chẳng hạn như Mn, Cu, Ag, Al hoặc tổ hợp của chúng. Mặt khác, tinh thể nanô bán dẫn có thể không được pha tạp.

Trong trường hợp mà EML 250 được làm bằng các hạt phát sáng vô cơ chẳng hạn như các QD hoặc các QR, dung dịch của dung môi gồm có các QD hoặc các QR được phủ trên lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 240, ví dụ, HTL 244 bằng cách áp dụng quy trình dung dịch, sau đó dung môi được làm bay hơi, và do đó EML 250 được tạo ra.

Trong trường hợp mà EML 250 được làm bằng vật liệu phát sáng hữu cơ, EML 250 có thể được làm bằng vật liệu phát sáng hữu cơ phát ra ít nhất một trong số màu đỏ, màu xanh lá cây và màu xanh dương, và có thể bao gồm vật liệu huỳnh quang hoặc

lân quang. Ngoài ra, vật liệu phát sáng hữu cơ của EML 250 có thể bao gồm chất chủ và tạp chất. Trong trường hợp mà vật liệu phát sáng hữu cơ được tạo ra bởi hệ thống chất chủ-tạp chất, tạp chất có thể có, không bị hạn chế ở, khoảng 1% trọng lượng đến 50%, tốt hơn là khoảng 1% trọng lượng đến 30% trọng lượng so với trọng lượng của chất chủ.

Trong trường hợp mà EML 250 được làm bằng vật liệu phát sáng hữu cơ, EML 250 có thể được tạo ra bởi một hoặc tổ hợp quy trình lắng đọng chân không, chẳng hạn như quy trình lắng đọng hơi chân không hoặc quy trình phun tóe, và quy trình dung dịch, chẳng hạn như phủ quay, phủ giọt, phủ ngâm, phủ phun, phủ trục lăn, phủ chảy, đúc, in lưới hoặc in phun mực.

Theo phương án này, lớp vận chuyển điện tích thứ hai 260 có thể là lớp vận chuyển lỗ cung cấp lỗ đến EML 250. Theo một phương án, lớp vận chuyển điện tích thứ hai 260 có thể bao gồm HIL 262 mà giữa điện cực thứ hai 220 và EML 250 và liền kề với điện cực thứ hai 220, và HTL 264 mà giữa điện cực thứ hai 220 và EML 250 và liền kề với EML 250.

HIL 262 có thể được làm bằng, không bị hạn chế ở, vật liệu hữu cơ được lựa chọn từ nhóm bao gồm PEDOT:PSS, TDATA được pha tạp với F4-TCNQ ví dụ, ptaloxyanin được pha tạp p, chẳng hạn như kẽm ptaloxyanin (ZnPc) được pha tạp với F4-TCNQ hoặc chất tương tự, hoặc α -NPD được pha tạp với F4-TCNQ, hexaazatriphenylen-hexanitrit (HAT-CN), và tổ hợp của chúng. Ví dụ, tạp chất chẳng hạn như F4-TCNQ có thể được bổ sung với khoảng 1% trọng lượng đến 30% trọng lượng so với chất chủ. HIL 262 có thể bị triệt tiêu theo kết cấu hoặc kiểu của điốt phát sáng 200.

Như được thể hiện bởi công thức hóa học 1, HTL 264 có thể được làm bằng hợp chất vô cơ mà là hạt vô cơ (A), có mức năng lượng dải hóa trị thấp, được pha tạp với ít nhất hai ion dương kim loại khác nhau (M_1 và M_2) có các mức năng lượng dải hóa trị thích hợp.

Nếu cần, HTL 264 có thể bao gồm HTL thứ nhất giữa điện cực thứ hai 220 và EML 250 và liền kề với HIL 262, và HTL thứ hai giữa HTL thứ nhất và EML 250. Trong trường hợp này, HTL thứ nhất có thể được làm bằng vật liệu hữu cơ, và HTL thứ hai có thể được làm bằng hợp chất vô cơ được thể hiện bởi công thức hóa học 1.

Lớp vận chuyển điện tích thứ hai 260 có thể được tạo ra là lớp đơn. Ví dụ, lớp vận chuyển điện tích thứ hai 260 có thể được tạo ra không có HIL 262 và chỉ HTL 264. Mỗi trong số HIL 262 và HTL 264 có thể có độ dày, không bị hạn chế ở, khoảng 10nm đến 200nm, tốt hơn là khoảng 10nm đến 100nm.

Theo cách tương tự với phương án thứ nhất, điôt phát sáng 200 theo phương án này có thể bao gồm ít nhất một lớp ngăn exciton liền kề với EML 250. Ví dụ, điôt phát sáng 200 có thể bao gồm lớp ngăn electron (EBL) mà được định vị giữa EML 250 và HTL 264 để kiểm soát và ngăn chặn sự vận chuyển electron, và/hoặc lớp ngăn lỗ (HBL) mà được định vị giữa ETL 244 và EML 250 để kiểm soát và ngăn chặn sự vận chuyển lỗ.

Trong điôt phát sáng 200 theo phương án này, HTL 264 của lớp vận chuyển điện tích thứ hai 260 bao gồm hợp chất vô cơ được thể hiện bởi công thức hóa học 1.

Lỗ được phun đến HTL 264 qua HIL 262 vận chuyển qua máng phun lỗ được tạo ra bởi độ chênh mức năng lượng dải hóa trị liên quan giữa các tạp chất (M_1 và M_2) và chất chủ (A). Do đó, như được thể hiện dưới dạng giản đồ trên Fig.5, độ chênh

$\Delta G'_H$ giữa mức năng lượng HOMO của HTL 264 và mức năng lượng HOMO (hoặc dải hóa trị) của EML 250 bị giảm xuống nhiều (hoặc, trong trường hợp mà chất chủ (A) của HTL 264 sử dụng vật liệu giống như vỏ của EML 250, gần như không có độ chênh mức năng lượng HOMO giữa HTL 264 và EML 250), do đó lớp ngăn năng lượng giữa HTL 264 và EML 250 có thể được loại bỏ.

Nói cách khác, bằng cách áp dụng hợp chất vô cơ được thể hiện bởi công thức hóa học 1 vào HTL 264, độ chênh $\Delta G'_H$ giữa mức năng lượng HOMO của HTL 264 và mức năng lượng HOMO của EML 250 dần trở thành bằng hoặc không khác nhau đáng kể so với độ chênh ΔG_L giữa mức năng lượng LUMO của ETL 244 và mức năng lượng LUMO của EML 250. Do đó, vì các lỗ và các electron được phun trong việc cân bằng với EML 250 và tạo ra các exciton, các electron mà không tạo ra các exciton và dần trở nên biến mất được làm giảm hoặc không tồn tại. Ngoài ra, việc phát sáng được tạo ra một cách hiệu quả không ở mặt phân giới của lớp vận chuyển điện tích (ví dụ, HTL hoặc ETL) liền kề với EML 250 nhưng ở vật liệu phát sáng mà các điện tích được phun ở đó. Do đó, hiệu quả phát sáng của điốt phát sáng 200 có thể được tối đa hóa, và việc điều vận ở điện áp thấp trở nên có thể, do đó mức tiêu thụ năng lượng có thể được giảm xuống.

Điốt phát sáng trong đó hợp chất vô cơ của chất chủ, có mức năng lượng dải hóa trị thấp, được pha tạp với hai ion dương kim loại được áp dụng vào lớp vận chuyển lỗ theo sáng chế có thể được áp dụng vào thiết bị chiếu sáng hoặc thiết bị phát sáng chẳng hạn như thiết bị hiển thị. Ví dụ, thiết bị phát sáng bao gồm điốt phát sáng theo sáng chế được giải thích. Fig.6 là hình vẽ mặt cắt dưới dạng giản đồ thể hiện thiết bị hiển thị phát sáng theo một phương án của sáng chế.

Như được thể hiện trên Fig.6, thiết bị hiển thị phát sáng 300 bao gồm tấm nền 310, tranzito màng mỏng điều vận (TFT) Tr dưới dạng chi tiết điều vận được định vị trên tấm nền 310, và điôt phát sáng 400 được nối với TFT điều vận Tr.

Lớp chất bán dẫn 322 được tạo ra trên tấm nền 310 và được làm bằng vật liệu bán dẫn oxit hoặc silic đa tinh thể. Khi lớp chất bán dẫn 322 được làm bằng vật liệu bán dẫn oxit, mẫu chắn sáng có thể được tạo ra bên dưới lớp chất bán dẫn 322, và mẫu chắn sáng ngăn chặn ánh sáng khỏi tới trên lớp chất bán dẫn 322 do đó ngăn chặn việc thoái hóa của lớp chất bán dẫn 322 bởi ánh sáng. Mặt khác, lớp chất bán dẫn 322 có thể được làm bằng silic đa tinh thể, và trong trường hợp này, cả hai mặt của lớp chất bán dẫn 322 có thể được pha tạp với các tạp chất.

Lớp cách điện cổng 324 được tạo ra trên lớp chất bán dẫn 322. Lớp cách điện cổng 324 có thể được làm bằng vật liệu cách điện vô cơ chẳng hạn như silic oxit hoặc silic nitrit. Điện cực cổng 330, mà được tạo thành bằng vật liệu dẫn điện, ví dụ, kim loại, được tạo ra trên lớp cách điện cổng 324 để tương ứng với tâm của lớp chất bán dẫn 322.

Lớp cách điện liên lớp 332, mà được làm bằng vật liệu cách điện, được tạo ra trên toàn bộ bề mặt của tấm nền 310 bao gồm điện cực cổng 330. Lớp cách điện liên lớp 332 có thể được làm bằng vật liệu cách điện vô cơ, ví dụ, silic oxit hoặc silic nitrit, hoặc vật liệu cách điện hữu cơ, ví dụ, benzoxyclobuten hoặc photo-acryl.

Lớp cách điện liên lớp 332 bao gồm các lỗ tiếp xúc thứ nhất và thứ hai 334 và 336 để lộ ra cả hai mặt của lớp chất bán dẫn 322. Các lỗ tiếp xúc thứ nhất và thứ hai 334 và 336 được định vị ở cả hai phía của điện cực cổng 330 cần phải cách một khoảng so với điện cực cổng 330. Điện cực nguồn 340 và điện cực máng 342, mà

được làm bằng vật liệu dẫn điện, ví dụ, kim loại, được tạo ra trên lớp cách điện liên lớp 332.

Điện cực nguồn 340 và điện cực máng 342 được cách một khoảng với nhau so với điện cực cổng 330 và một cách lần lượt tiếp xúc với cả hai mặt của lớp chất bán dẫn 322 qua các lỗ tiếp xúc thứ nhất và thứ hai 334 và 336.

Lớp chất bán dẫn 322, điện cực cổng 330, điện cực nguồn 340 và điện cực máng 342 cấu thành TFT điều vận Tr.

Trên Fig.6, TFT điều vận Tr có kết cấu đồng phẳng mà điện cực cổng 330, điện cực nguồn 340 và điện cực máng 342 được định vị trên lớp chất bán dẫn 322. Mặt khác, TFT điều vận có thể có kết cấu so le ngược mà điện cực cổng được định vị dưới lớp chất bán dẫn, và điện cực nguồn và điện cực xả được định vị trên lớp chất bán dẫn. Trong trường hợp này, lớp chất bán dẫn có thể bao gồm silic vô định hình.

Mặc dù không được thể hiện trên các hình vẽ, đường cổng và đường dữ liệu bất chéo nhau để xác định vùng điểm ảnh, và chi tiết chuyển mạch, mà được nối điện với đường cổng và đường dữ liệu, được tạo ra. Chi tiết chuyển mạch được nối điện với TFT điều vận Tr dưới dạng chi tiết điều vận. Ngoài ra, đường năng lượng được tạo ra cần phải song song với và được cách một khoảng so với đường cổng hoặc đường dữ liệu. Hơn nữa, tụ điện lưu trữ để duy trì điện áp của điện cực cổng 330 của TFT điều vận Tr trong suốt một khung có thể được tạo ra.

Lớp thụ động 350, mà bao gồm lỗ tiếp xúc máng 352 để lộ điện cực máng 342 của TFT điều vận Tr, được tạo ra để phủ TFT điều vận Tr.

Điện cực thứ nhất 410, mà được nối với điện cực máng 342 của TFT điều vận Tr qua lỗ tiếp xúc máng 352, được tạo ra một cách tách biệt trong mỗi vùng điểm ảnh

và trên lớp thụ động 350. Điện cực thứ nhất 410 có thể là anốt hoặc catốt và được tạo thành bằng vật liệu dẫn điện có công năng tương đối cao. Ví dụ, điện cực thứ nhất 410 có thể được làm bằng oxit kim loại được pha tạp hoặc không được pha tạp ví dụ, ITO, IZO, ITZO, ICO, SnO_2 , In_2O_3 , Cd:ZnO , F:SnO_2 , In:SnO_2 , Ga:SnO , hoặc AZO, hoặc vật liệu kim loại ví dụ, Ni, Pt, Au, Ag, Ir hoặc ống cacbon nanô (CNT).

Khi thiết bị hiển thị phát sáng 300 được vận hành theo kiểu phát sáng trên xuống, điện cực phản xạ hoặc lớp phản xạ có thể được tạo ra bên dưới điện cực thứ nhất 410. Ví dụ, điện cực phản xạ hoặc lớp phản xạ có thể được tạo thành bằng hợp kim nhôm-paladi-đồng (APC).

Lớp dẫn 368, mà bao phủ các mép của điện cực thứ nhất 410, được tạo ra trên lớp thụ động 350. Lớp dẫn 368 lộ ra tâm của điện cực thứ nhất 410 trong vùng điểm ảnh.

Lớp phát sáng 430 được tạo ra trên điện cực thứ nhất 410. Lớp phát sáng 430 có thể được tạo ra với chỉ EML, và mặt khác, có thể còn bao gồm nhiều lớp vận chuyển điện tích để cải thiện hiệu quả phát sáng. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.6, lớp phát sáng 430 có thể bao gồm lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 440, EML 450 và lớp vận chuyển điện tích thứ hai 460 mà một cách tuần tự được xếp chồng giữa điện cực thứ nhất 410 và điện cực thứ hai 420.

Ví dụ, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 440 có thể là lớp vận chuyển lỗ, và có thể bao gồm HIL (142 trên Fig.2) bằng vật liệu hữu cơ và HTL (144 trên Fig.2).

HTL của lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 440 bao gồm hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1. Nếu cần, HTL có thể bao gồm HTL thứ nhất, mà được định vị giữa HIL (142 trên Fig.2) và EML 450 và liền kề với HIL và có thể được làm bằng vật

liệu hữu cơ, và HTL thứ hai mà được định vị giữa HTL thứ nhất và EML 450 và được làm bằng hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1.

EML 450 có thể được làm bằng hạt phát sáng vô cơ hoặc vật liệu phát sáng hữu cơ. Lớp vận chuyển điện tích thứ hai 460 có thể là lớp vận chuyển electron, có thể bao gồm EIL (162 trên Fig.2) và ETL (164 trên Fig.2). Ví dụ, lớp vận chuyển điện tích thứ hai 460 có thể được làm bằng vật liệu vô cơ hoặc vật liệu hữu cơ.

Điện cực thứ hai 420 được tạo ra trên tấm nền 310 bao gồm lớp phát sáng 430. Điện cực thứ hai 420 được định vị trên toàn bộ bề mặt của vùng hiển thị. Điện cực thứ hai 420 có thể được tạo thành bằng vật liệu dẫn điện có công năng tương đối thấp. Điện cực thứ hai 420 có thể là catốt hoặc anốt. Ví dụ, điện cực thứ hai 420 có thể được làm bằng hợp kim Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, CsF/Al, CaCO₃/Al, BaF₂/Ca/Al, Al, Mg, Au-Mg hoặc hợp kim Ag-Mg.

Trên Fig.6, điốt phát sáng có kết cấu thông thường được thể hiện để làm ví dụ, trong đó lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 440 dưới dạng lớp vận chuyển lỗ được định vị giữa điện cực thứ nhất 410 và EML 450 và lớp vận chuyển điện tích thứ hai 460 dưới dạng lớp vận chuyển electron được định vị giữa điện cực thứ hai 420 và EML 450.

Mặt khác, điốt phát sáng có kết cấu ngược có thể được sản xuất, trong đó lớp vận chuyển điện tích thứ nhất 440 dưới dạng lớp vận chuyển electron được định vị giữa điện cực thứ nhất 410 và EML 450 và lớp vận chuyển điện tích thứ hai 460 dưới dạng lớp vận chuyển lỗ được định vị giữa điện cực thứ hai 420 và EML 450. Trong trường hợp này, hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1 có thể được sử dụng cho HTL của lớp vận chuyển điện tích thứ hai.

Bằng cách áp dụng hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1 vào lớp vận chuyển điện tích thứ nhất hoặc thứ hai 440 hoặc 460 dưới dạng lớp vận chuyển lỗ, độ chênh mức năng lượng HOMO (hoặc dải hóa trị) giữa lớp vận chuyển lỗ và EML 450 và độ chênh mức năng lượng HOMO (hoặc dải hóa trị) trong lớp vận chuyển lỗ được làm giảm hoặc được loại bỏ, do đó lớp ngăn năng lượng HOMO giữa lớp vận chuyển lỗ và EML 450 có thể được loại bỏ. Các lỗ và các electron được phun ở trạng thái cân bằng vào trong EML 450, do đó hiệu quả phát sáng của điôt phát sáng 400 và thiết bị hiển thị phát sáng 300 có thể được cải thiện, và việc điều vận điện áp thấp có thể có, do đó mức tiêu thụ năng lượng có thể được giảm xuống.

Sáng chế được giải thích bên dưới có dựa vào các ví dụ, và không bị hạn chế ở đó.

[Ví dụ tổng hợp 1: ZnS:Mn:Cu tổng hợp]

Hỗn hợp của kẽm axetat($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$), CuSO_4 , và MnCl_2 đã được trộn vào trong dung dịch Na_2S ngâm nước để tổng hợp các hạt nano ZnS:Mn:Cu, trong đó liều lượng của Mn và Cu là khoảng 0,1% trọng lượng đến 1,0% trọng lượng so với ZnS. Dung dịch ngâm nước của kẽm axetat (1M), CuSO_4 và MnCl_2 (0,1M) đã được bổ sung vào trong nước khử khoáng DI ở nhiệt độ 70°C. Trong khi điều kiện môi trường xung quanh bên trong đã được duy trì với N_2 được cấp qua thiết bị ngưng tụ, việc khuấy đã được thực hiện một cách mãnh liệt bằng cách sử dụng bộ khuấy từ tính. Sau đó, 1M mercaptoetanol đã được bổ sung vào trong hỗn hợp và việc khuấy đã được thực hiện trong 20 phút. Cuối cùng là, Na_2S đã được bổ sung vào hỗn hợp phản ứng sao cho Zn:S có tỷ lệ mol bằng 1:1, và phần lắng đọng ZnS:Mn:Cu đã được tạo ra. Hỗn hợp phản ứng đã được hồi lưu trong một giờ dưới cùng điều kiện. Phần lắng đọng được tạo

ra đã được làm sạch một cách lặp lại với nước DI và đã được ly tâm (ví dụ, ở tốc độ 15.000 vòng/phút) trong vòng 20 phút. Quy trình làm sạch cuối cùng đã được thực hiện bằng cách sử dụng metanol để loại bỏ các thành phần hữu cơ và tạp chất khác vẫn ở các hạt. Dịch nổi đã được loại bỏ, và phần lắng đọng đã được giữ trong ống suốt đêm và được làm khô ở nhiệt độ trong phòng. Phần lắng đọng được làm khô đã được đánh bóng và bột tồn tại trong thời gian ngắn thu được sau đó được giữ để sau phân tích.

[Ví dụ tổng hợp 2: tổng hợp ZnS:Mn:Ni]

Qua các quy trình của ví dụ tổng hợp 1 đã được cải biến để sử dụng $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ dưới dạng tiền chất niken thay thế CuSO_4 dưới dạng tiền chất đồng, các hạt nano ZnS:Mn:Ni đã được tổng hợp.

[Ví dụ tổng hợp 3: tổng hợp ZnS:Mn:Eu]

Qua các quy trình của ví dụ tổng hợp 1 mà đã được cải biến để sử dụng EuCl_3 dưới dạng tiền chất europi thay thế CuSO_4 dưới dạng tiền chất đồng, các hạt nano ZnS:Mn:Eu đã được tổng hợp.

[Ví dụ 1: tạo ra điôt phát sáng]

Điôt phát sáng đã được tạo ra bằng cách áp dụng các hạt nano ZnS:Mn:Cu của ví dụ tổng hợp 1 vào HTL. ITO trên tấm nền thủy tinh đã được tạo mẫu sao cho vùng phát sáng của tấm nền có kích thước 3mm*3mm, và sau đó tấm nền đã được làm sạch. Sau đó, lớp phát sáng và catốt đã được xếp chồng theo thứ tự sau. HIL (PEDOT:PSS; được phủ quay (ở tốc độ 4000 vòng/phút trong 45 giây); và 20 đến 40nm), HTL thứ nhất (TFB (được phân tán trong toluen); được phủ quay (ở tốc độ 2000 vòng/phút trong 45 giây); và 10 đến 30nm), HTL giây (ZnS:Mn:Cu (được phân tán trong etanol);

phủ quay (ở tốc độ 2000 vòng/phút trong 45 giây); và 10 đến 30 nm), EML (InP/ZnS (được phân tán trong hexan); phủ quay (ở 2000 vòng/phút trong 45 giây); và 10 đến 30 nm), ETL (ET048 (gốc pyren); sự lắng đọng nhiệt; và 30 đến 50 nm), EIL (LiF; sự lắng đọng nhiệt; và 10 đến 30 nm), và catốt (Al; sự lắng đọng nhiệt; và 80 nm) đã được chồng.

Sau khi lắng đọng, tấm nền đã được di chuyển từ khoang lắng đọng đến hộp làm khô để tạo ra màng sau đó đã được bọc bằng cách sử dụng epoxy xử lý bằng tia UV và chất thu hơi ẩm. Điốt phát sáng này có vùng phát sáng bằng 9 mm².

[Ví dụ 2: tạo ra điốt phát sáng]

Qua các quy trình của ví dụ 1 mà đã được cải biến để áp dụng các hạt nano ZnS:Mn:Ni theo ví dụ tổng hợp 2 vào HTL thứ hai, điốt phát sáng đã được tạo ra.

[Ví dụ 3: tạo ra điốt phát sáng]

Qua các quy trình của ví dụ 1 đã được cải biến để áp dụng các hạt nano ZnS:Mn:Eu theo ví dụ tổng hợp 3 vào HTL thứ hai, điốt phát sáng đã được tạo ra.

[Ví dụ so sánh: tạo ra điốt phát sáng]

Qua các quy trình của ví dụ 1 đã được cải biến để không lắng đọng HTL thứ hai và để sử dụng HTL thứ nhất được làm bằng TFB, điốt phát sáng đã được tạo ra.

[Các thí nghiệm: các đặc tính đánh giá của các điốt phát sáng]

Các điốt phát sáng tương ứng một cách lần lượt được tạo ra bởi các ví dụ 1 đến 3 và ví dụ so sánh mỗi ví dụ đã được nối với nguồn cấp năng lượng bên ngoài, và các đặc tính EL của các điốt đã được ước lượng bằng cách sử dụng nguồn cấp điện không đổi (KEITHLEY) và quang kế, PR 650. Về chi tiết, điện áp điều vận (V), mật độ dòng điện (mA/cm²), và hiệu suất lượng tử bên ngoài (External Quantum Efficiency - EQE)

của mỗi trong số các điốt được tạo ra bởi các ví dụ từ 1 đến 3 và ví dụ so sánh đã được đo. Các kết quả được đo của điện áp điều vận (V) và EQE được thể hiện trong bảng 1, và điện áp với mật độ dòng điện được thể hiện trên Fig.7.

[Bảng 1]

Các mẫu		10 mA/cm ²	
		Điện áp (V)	EQE (%)
Ví dụ 1	ZnS:Mn:Cu	5,78	2,30
Ví dụ 2	ZnS:Mn:Ni	5,67	2,46
Ví dụ 3	ZnS:Mn:Eu	3,98	1,73
Ví dụ so sánh	Chỉ TFB	9,37	1,53

Như được thể hiện trong bảng 1 và Fig.7, so sánh với điốt phát sáng của ví dụ so sánh, các điốt phát sáng của các ví dụ mỗi ví dụ sử dụng HTL, mà các hạt nano được pha tạp với các ion dương kim loại khác nhau được áp dụng vào, có các điện áp được làm giảm lên đến khoảng 57,5%, có các EQE được cải thiện lên đến khoảng 60,8% và có các mật độ dòng điện được cải thiện nhiều. Được hiểu là cải thiện này của đặc tính phát sáng do các hạt nano theo sáng chế được áp dụng và do đó sự phun lỗ đến EML được cải thiện. Do đó, thấy được là điốt phát sáng và thiết bị hiển thị phát sáng có thể thu được mà được vận hành ở điện áp thấp và cải thiện hiệu quả phát sáng và hiệu suất lượng tử.

Sẽ rõ ràng với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật là các cải biến và các thay đổi khác nhau có thể được thực hiện theo các phương án của sáng chế mà không lệch khỏi ý tưởng hoặc phạm vi của sáng chế. Do đó, được dự định là các cải biến và các thay đổi bao phủ sáng chế này được tạo ra thì chúng nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Điốt phát sáng bao gồm:

điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai hướng vào nhau;

lớp vận chuyển lỗ giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai; và

lớp vật liệu phát sáng giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai,

trong đó lớp vận chuyển lỗ bao gồm hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1,

$A:M_1:M_2$, trong đó A là hạt nanô bán dẫn hoặc hạt nanô vô cơ được lựa chọn từ nhóm oxit kim loại, và M_1 và M_2 khác nhau và biểu diễn các ion dương kim loại mà A được pha tạp với, và

trong đó, mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển lỗ giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_1 , mức năng lượng dải hóa trị M_2 và mức năng lượng dải hóa trị A; hoặc, mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển lỗ giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_2 , mức năng lượng dải hóa trị M_1 và mức năng lượng dải hóa trị A.

2. Điốt phát sáng theo điểm 1, trong đó mỗi trong số M_1 và M_2 là ít nhất một nhóm được lựa chọn từ nhóm bao gồm ion dương kim loại chuyển tiếp, ion dương kim loại nghèo, ion dương kim loại đất hiếm, và ion dương kim loại lantanit.

3. Điốt phát sáng theo điểm 1, trong đó mỗi trong số M_1 và M_2 được lựa chọn từ nhóm bao gồm Ni^{2+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , Cu^+ , Cu^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Eu^{3+} , In^{3+} , Ce^{3+} , Er^{3+} , Tb^{3+} , Nd^{3+} , Y^{3+} , Cd^{2+} và Sm^{3+} .

4. Diôt phát sáng theo điểm 1, trong đó lớp vận chuyển lỗ bao gồm:

lớp phun lỗ giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai; và

lớp vận chuyển lỗ giữa lớp phun lỗ và điện cực thứ hai, và được làm bằng hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1.

5. Diôt phát sáng theo điểm 4, trong đó lớp vận chuyển lỗ giữa lớp phun lỗ và điện cực thứ hai bao gồm:

lớp vận chuyển lỗ thứ nhất giữa lớp phun lỗ và điện cực thứ hai, và được làm bằng vật liệu hữu cơ; và

lớp vận chuyển lỗ thứ hai giữa lớp vận chuyển lỗ thứ nhất và điện cực thứ hai, và được làm bằng hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1.

6. Diôt phát sáng theo điểm 1, trong đó lớp vận chuyển lỗ bao gồm:

lớp phun lỗ giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai; và

lớp vận chuyển lỗ giữa lớp phun lỗ và điện cực thứ nhất, và được làm bằng hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1.

7. Diôt phát sáng theo điểm 6, trong đó lớp vận chuyển lỗ giữa lớp phun lỗ và điện cực thứ nhất bao gồm:

lớp vận chuyển lỗ thứ nhất giữa lớp phun lỗ và điện cực thứ nhất, và được làm bằng vật liệu hữu cơ; và

lớp vận chuyển lỗ thứ hai giữa lớp vận chuyển lỗ thứ nhất và điện cực thứ nhất, và được làm bằng hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1.

8. Điôt phát sáng theo điểm 1, trong đó lớp vật liệu phát sáng giữa điện cực thứ nhất và lớp vận chuyển lỗ, hoặc giữa điện cực thứ hai và lớp vận chuyển lỗ.
9. Điôt phát sáng theo điểm 8, trong đó lớp vật liệu phát sáng bao gồm hạt phát sáng vô cơ.
10. Điôt phát sáng theo điểm 9, trong đó hạt phát sáng vô cơ có kết cấu lõi-vỏ.
11. Điôt phát sáng theo điểm 10, trong đó A có công thức hóa học 1 được làm bằng vật liệu giống như vỏ.
12. Điôt phát sáng theo điểm 10, trong đó A có công thức hóa học 1 là hạt nanô bán dẫn được lựa chọn từ nhóm bao gồm ZnS, ZnSe, CdS, CdSe, CdZnS, GaP và tổ hợp của chúng.
13. Điôt phát sáng theo điểm 8, trong đó A có công thức hóa học 1 là hạt nanô vô cơ có mức năng lượng dải hóa trị mà bằng mức năng lượng HOMO của lớp vật liệu phát sáng.
14. Điôt phát sáng theo điểm 1, trong đó A có công thức hóa học 1 là hạt nanô bán dẫn bao gồm hạt nanô bán dẫn thuộc nhóm II-VI, nhóm III-V, nhóm IV-VI hoặc nhóm I-III-VI.

15. Điốt phát sáng theo điểm 1, trong đó nhóm oxit kim loại bao gồm ZnO, TiO₂, CoO, CuO, Cu₂O, FeO, In₂O₃, MnO, NiO, PbO, Ce₂O₃, MoO₃ và tổ hợp của chúng.

16. Điốt phát sáng theo điểm 1, trong đó mỗi trong số M₁ và M₂ có lượng từ 0,05% trọng lượng đến 50% trọng lượng.

17. Điốt phát sáng theo điểm 8, điốt này còn bao gồm ít nhất một lớp ngăn exciton liền kề với lớp vật liệu phát sáng.

18. Điốt phát sáng bao gồm:

điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai hướng vào nhau;

lớp vận chuyển lỗ giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai; và

lớp vật liệu phát sáng giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai,

trong đó lớp vận chuyển lỗ bao gồm hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1,

A:M₁:M₂, trong đó A là hạt nano bán dẫn hoặc hạt nano vô cơ được lựa chọn từ nhóm oxit kim loại, và M₁ và M₂ khác nhau và biểu diễn các ion dương kim loại mà A được pha tạp với,

trong đó, lớp vận chuyển lỗ giữa lớp phun lỗ và điện cực thứ hai bao gồm:

lớp vận chuyển lỗ thứ nhất giữa lớp phun lỗ và điện cực thứ hai, và được làm bằng vật liệu hữu cơ; và

lớp vận chuyển lỗ thứ hai giữa lớp vận chuyển lỗ thứ nhất và điện cực thứ hai, và được làm bằng hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1, và

trong đó, lớp vận chuyển lỗ thứ nhất sử dụng vật liệu hữu cơ có mức năng lượng HOMO giữa mức năng lượng HOMO của lớp phun lỗ và mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển lỗ thứ hai.

19. Điốt phát sáng theo điểm 18, trong đó mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển lỗ giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_1 , mức năng lượng dải hóa trị M_2 và mức năng lượng dải hóa trị A; hoặc, mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển lỗ giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_2 , mức năng lượng dải hóa trị M_1 và mức năng lượng dải hóa trị A.

20. Điốt phát sáng bao gồm:

điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai hướng vào nhau;

lớp vận chuyển điện tích thứ nhất giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai và liền kề với điện cực thứ nhất;

lớp vận chuyển điện tích thứ hai giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai và liền kề với điện cực thứ hai; và

lớp vật liệu phát sáng giữa lớp vận chuyển điện tích thứ nhất và lớp vận chuyển điện tích thứ hai,

trong đó, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất hoặc thứ hai bao gồm hợp chất vô cơ có công thức hóa học $1, A:M_1:M_2$, trong đó A là hạt nano bán dẫn hoặc hạt nano vô cơ được lựa chọn từ nhóm oxit kim loại, và M_1 và M_2 khác nhau và biểu diễn các ion dương kim loại mà A được pha tạp với, và

trong đó, mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển điện tích thứ nhất và thứ hai giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_1 , mức năng lượng dải hóa trị M_2 và mức năng lượng dải hóa trị A hoặc mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển điện tích thứ nhất và thứ hai giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_2 , mức năng lượng dải hóa trị M_1 và mức năng lượng dải hóa trị A.

21. Điốt phát sáng theo điểm 20, trong đó A có công thức hóa học 1 là hạt vô cơ nanô có mức năng lượng dải hóa trị mà bằng mức năng lượng HOMO của lớp vật liệu phát sáng.

22. Điốt phát sáng theo điểm 20, trong đó lớp vật liệu phát sáng bao gồm hạt phát sáng vô cơ.

23. Điốt phát sáng theo điểm 22, trong đó hạt phát sáng vô cơ có kết cấu lõi-vỏ.

24. Điốt phát sáng theo điểm 23, trong đó A có công thức hóa học 1 được làm bằng vật liệu giống như vỏ.

25. Điốt phát sáng theo điểm 20, điốt này còn bao gồm ít nhất một lớp ngăn exciton liền kề với lớp vật liệu phát sáng.

26. Thiết bị hiển thị phát sáng bao gồm:

tấm nền;

điốt phát sáng trên tấm nền; và

chi tiết điều vận giữa tấm nền và điốt phát sáng và được nối với điốt phát sáng.

trong đó điốt phát sáng này bao gồm:

điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai hướng vào nhau;

lớp vận chuyển lỗ giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai; và

lớp vật liệu phát sáng giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai,

trong đó lớp vận chuyển lỗ bao gồm hợp chất vô cơ có công thức hóa học 1, $A:M_1:M_2$, trong đó A là hạt nanô bán dẫn hoặc hạt nanô vô cơ được lựa chọn từ nhóm oxit kim loại, và M_1 và M_2 khác nhau và biểu diễn các ion dương kim loại mà A được pha tạp với, và

trong đó, mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển lỗ giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_1 , mức năng lượng dải hóa trị M_2 và mức năng lượng dải hóa trị A; hoặc, mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển lỗ giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_2 , mức năng lượng dải hóa trị M_1 và mức năng lượng dải hóa trị A.

27. Thiết bị hiển thị phát sáng bao gồm:

tấm nền;

điốt phát sáng trên tấm nền; và

chi tiết điều vận giữa tấm nền và điốt phát sáng và được nối với điốt phát sáng.

trong đó điốt phát sáng này bao gồm:

điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai hướng vào nhau;

lớp vận chuyển điện tích thứ nhất giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai và liền kề với điện cực thứ nhất;

lớp vận chuyển điện tích thứ hai giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai và liền kề với điện cực thứ hai; và

lớp vật liệu phát sáng giữa lớp vận chuyển điện tích thứ nhất và lớp vận chuyển điện tích thứ hai,

trong đó, lớp vận chuyển điện tích thứ nhất hoặc thứ hai bao gồm hợp chất vô cơ có công thức hóa học $1, A:M_1:M_2$, trong đó A là hạt nano bán dẫn hoặc hạt nano vô cơ được lựa chọn từ nhóm oxit kim loại, và M_1 và M_2 khác nhau và biểu diễn các ion dương kim loại mà A được pha tạp với, và

trong đó, mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển điện tích thứ nhất và thứ hai giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_1 , mức năng lượng dải hóa trị M_2 và mức năng lượng dải hóa trị A; hoặc, mức năng lượng dải hóa trị của lớp vận chuyển điện tích thứ nhất và thứ hai giảm xuống một cách tuần tự theo thứ tự mức năng lượng dải hóa trị M_2 , mức năng lượng dải hóa trị M_1 và mức năng lượng dải hóa trị A.

FIG. 1
Giải pháp kỹ thuật đã biết

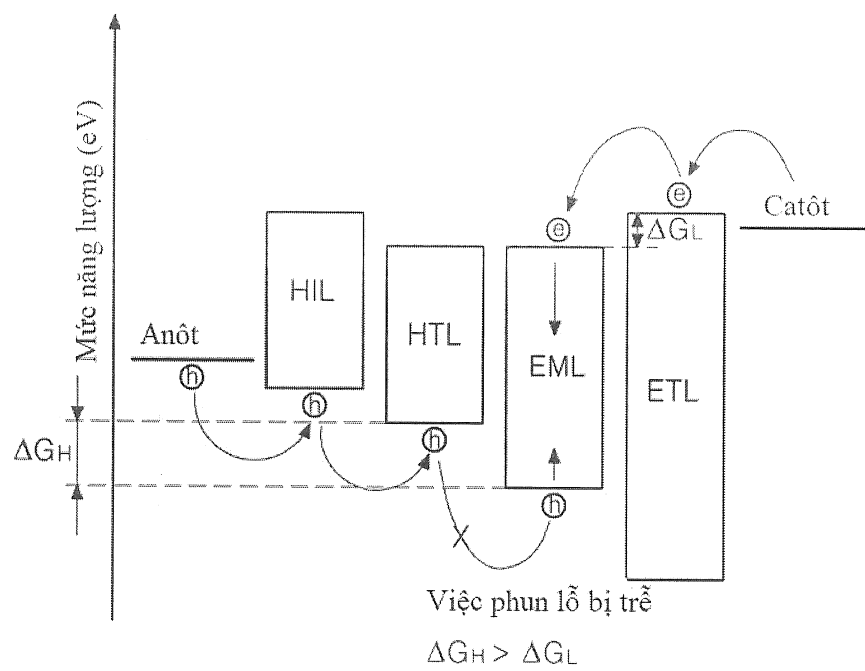


FIG. 2

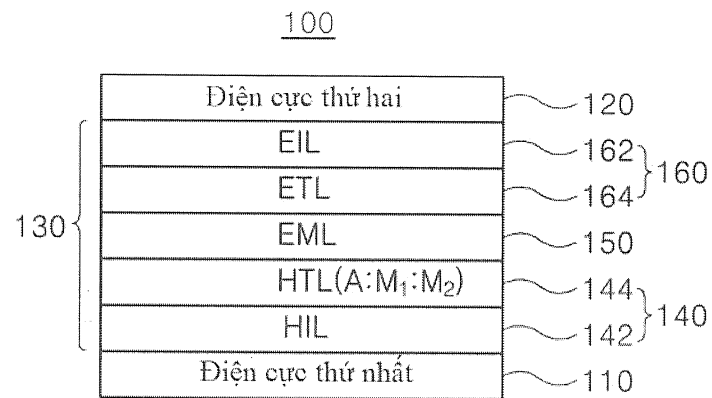


FIG. 3

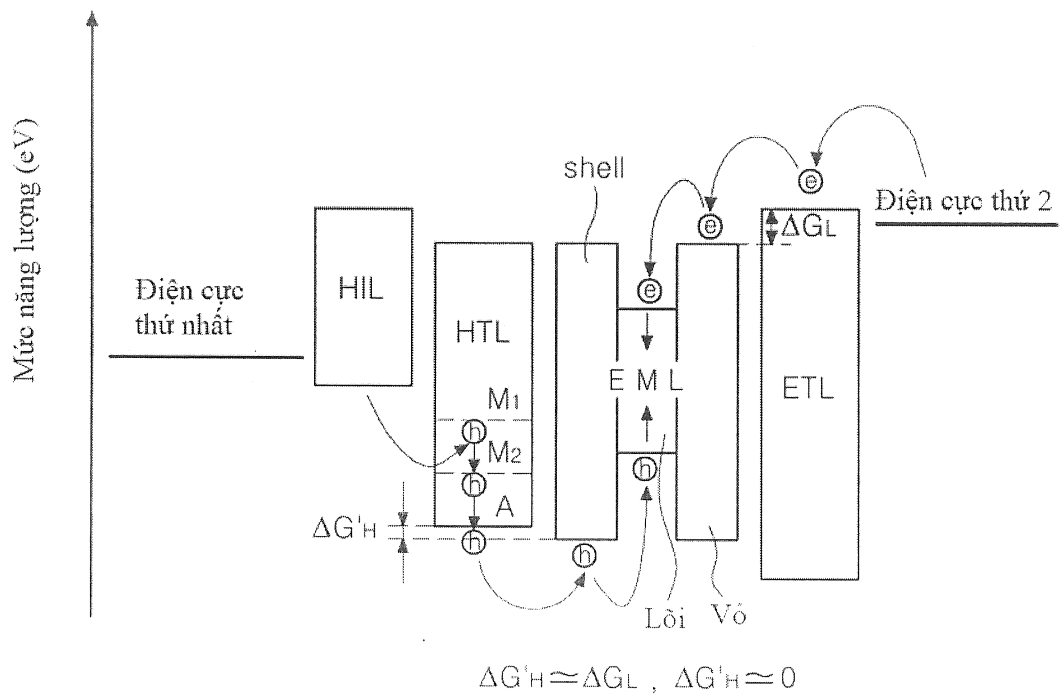


FIG. 4

200

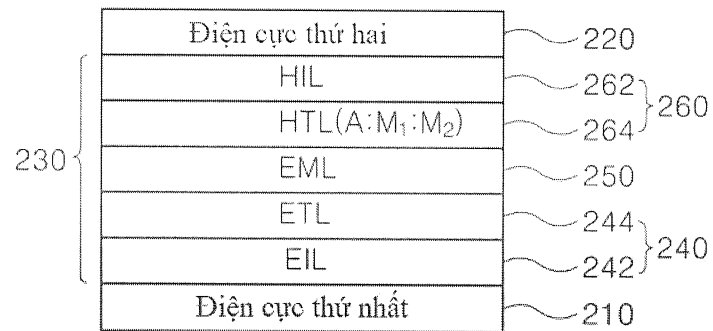


FIG. 5

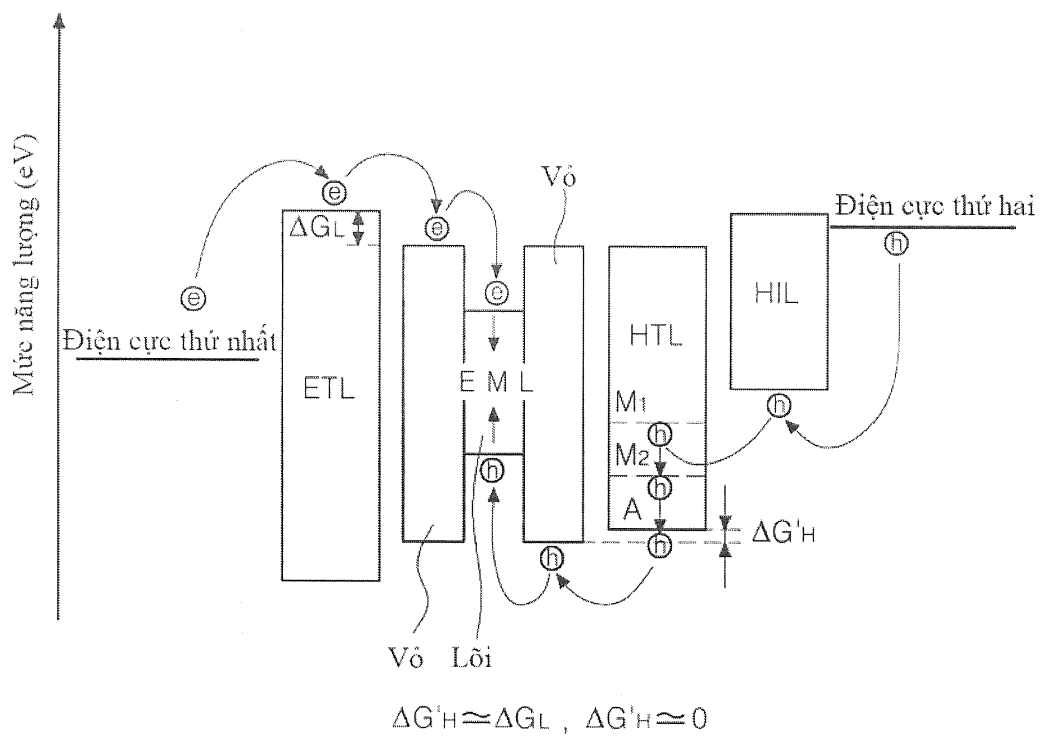
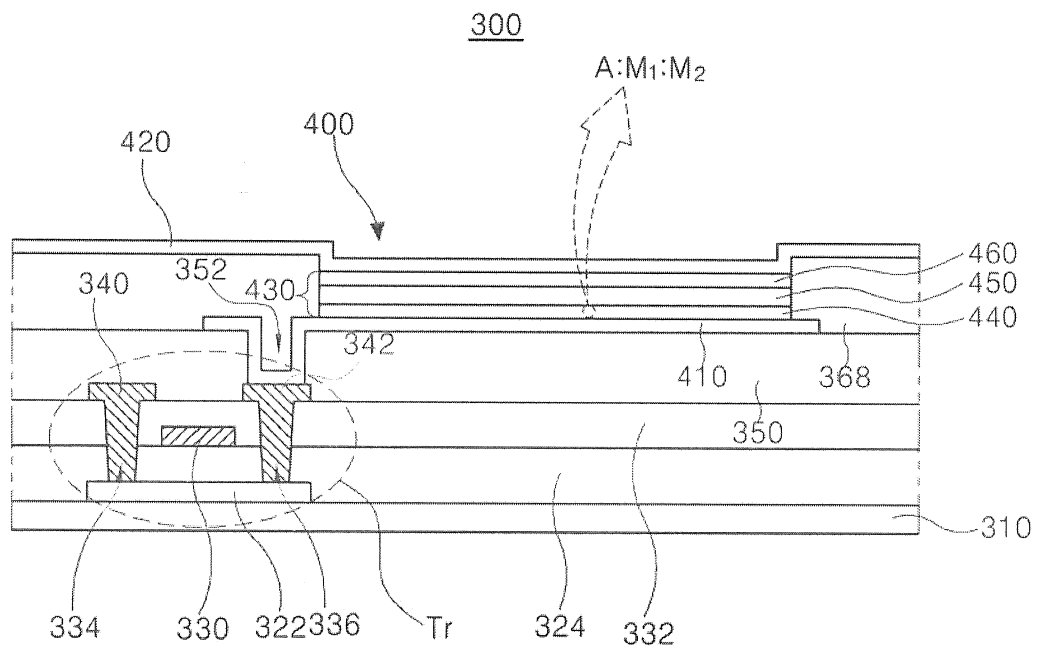


FIG. 6**FIG. 7**