



(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) 
1-0020824

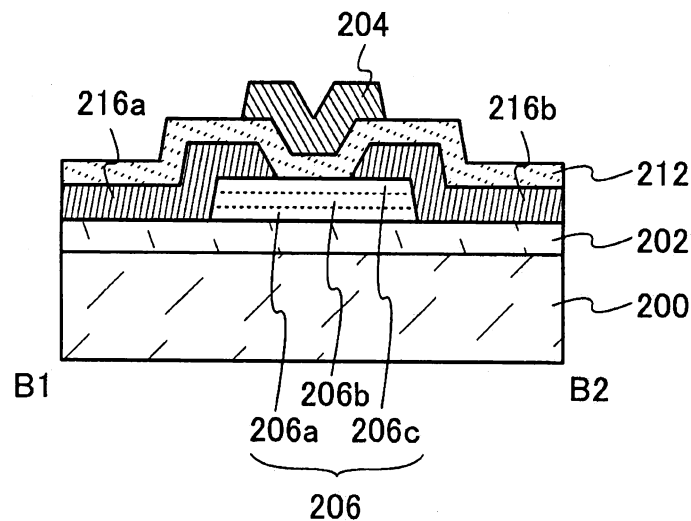
(51)⁷ **H01L 29/786, 21/336**

(13) **B**

(21) 1-2015-01374 (22) 13.09.2013
(86) PCT/JP2013/075396 13.09.2013 (87) WO2014/046220 27.03.2014
(30) 2012-210230 24.09.2012 JP
(45) 25.04.2019 373 (43) 25.06.2015 327
(73) Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd. (JP)
398, Hase, Atsugi-shi, Kanagawa, 2430036 JAPAN
(72) YAMAZAKI, Shunpei (JP)
(74) Công ty TNHH T&T INVENMARK Sở hữu trí tuệ Quốc tế (T&T INVENMARK CO., LTD.)

(54) **THIẾT BỊ BÁN DẪN**

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị bán dẫn có độ tin cậy cao bao gồm tranzito. Thiết bị bán dẫn này bao gồm màng nhiều lớp gồm một lớp oxit và một lớp bán dẫn oxit, màng cách điện cổng tiếp xúc với màng nhiều lớp, và điện cực cổng xếp chồng với màng nhiều lớp có màng cách điện cổng bố trí giữa đó. Trong thiết bị bán dẫn này, lớp bán dẫn oxit chứa indi, lớp bán dẫn oxit được tiếp xúc với lớp oxit, và lớp oxit chứa indi và có năng lượng vùng cấm lớn hơn so với lớp bán dẫn oxit.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị bán dẫn và phương pháp sản xuất thiết bị bán dẫn này.

Cần lưu ý rằng trong bản mô tả này, thiết bị bán dẫn đề cập đến thiết bị bất kỳ mà có thể thực hiện chức năng bằng cách sử dụng các tính chất bán dẫn, và thiết bị điện-quang, mạch bán dẫn, thiết bị điện tử, và thiết bị tương tự đều là các thiết bị bán dẫn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phương pháp mà nhờ đó tranzito được tạo ra bằng cách sử dụng lớp bán dẫn được tạo ra trên mặt nền có bề mặt cách điện đã và đang được chú ý. Tranzito được áp dụng với một phạm vi rộng thiết bị bán dẫn như mạch tích hợp và bộ hiển thị. Màng silic được biết một cách rộng rãi dưới dạng lớp bán dẫn có thể áp dụng với tranzito.

Màng silic vô định hình hoặc màng silic đa tinh thể được sử dụng làm lớp bán dẫn của tranzito đều phụ thuộc vào mục đích. Ví dụ, đối với tranzito trong bộ hiển thị cỡ lớn, tốt hơn nếu màng silic vô định hình được sử dụng vì phương pháp tạo ra màng trên mặt nền cỡ lớn đã được thực hiện. Mặt khác, đối với tranzito chứa trong bộ hiển thị tính năng cao trong đó mạch điều khiển được tạo ra trên cùng một mặt nền, tốt hơn nếu sử dụng màng silic đa tinh thể có thể tạo ra tranzito có độ linh động hiệu ứng trường cao. Dưới dạng phương pháp để tạo ra màng silic đa tinh thể, đã biết việc xử lý nhiệt ở nhiệt độ cao hoặc xử lý bằng laze mà được thực hiện trên màng silic vô định hình.

Ngoài ra, trong những năm gần đây, lớp bán dẫn oxit đã được chú ý. Ví dụ, tranzito bao gồm lớp bán dẫn oxit mà chứa indi, gali, và kẽm và có mật độ phân tử mang nhỏ hơn $10^{18}/\text{cm}^3$ được mô tả (xem tài liệu patent 1).

Lớp bán dẫn oxit có thể được tạo ra bằng phương pháp phun, và bởi vậy có thể được dùng cho tranzito trong bộ hiển thị cỡ lớn. Hơn nữa, tranzito bao gồm

lớp bán dẫn oxit có độ linh động hiệu ứng trường cao; do đó có thể thu được bộ hiển thị tính năng cao trong đó mạch điều khiển được tạo ra trên cùng một mặt nền. Ngoài ra, có ưu điểm là chi phí đầu tư có thể được giảm vì một phần thiết bị sản xuất đối với tranzito bao gồm màng silic vô định hình có thể được cải tiến và tận dụng.

Đã biết rằng tranzito bao gồm lớp bán dẫn oxit có dòng điện rò cực thấp khi tranzito được tắt. Ví dụ, CPU có mức tiêu thụ điện thấp sử dụng dòng rò thấp mà là đặc trưng của tranzito bao gồm lớp bán dẫn oxit được mô tả (xem tài liệu patent 2).

Danh mục tài liệu trích viện

[Tài liệu patent 1] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2006-165528

[Tài liệu patent 2] Đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2012/0032730.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Khi việc ứng dụng tranzito bao gồm lớp bán dẫn oxit trở nên phổ biến, độ tin cậy đã được yêu cầu từ các khía cạnh khác nhau. Bởi vậy, mục đích của sáng chế là đề xuất tranzito bao gồm lớp bán dẫn oxit mà có đặc tính điện ổn định. Mục đích khác của sáng chế là đề xuất thiết bị bán dẫn có độ tin cậy cao bao gồm tranzito.

Theo một phương án của sáng chế, thiết bị bán dẫn bao gồm màng nhiều lớp gồm một lớp oxit và một lớp bán dẫn oxit, màng cách điện cổng tiếp xúc với màng nhiều lớp, và điện cực cổng xếp chồng với màng nhiều lớp có màng cách điện cổng bố trí giữa đó. Lớp bán dẫn oxit chứa indi. Lớp bán dẫn oxit tiếp xúc với lớp oxit. Lớp oxit chứa indi và có năng lượng vùng cấm lớn hơn so với lớp bán dẫn oxit.

Cần lưu ý rằng các ví dụ tiêu biểu về lớp bán dẫn oxit hoặc lớp oxit chứa indi bao gồm In-Ga oxit, In-Zn oxit, và In-M-Zn oxit (M là Al, Ti, Ga, Y, Zr, Sn, La, Ce, Nd, hoặc Hf).

Theo một phương án khác của sáng chế, thiết bị bán dẫn bao gồm màng nhiều lớp gồm một lớp oxit và một lớp bán dẫn oxit, màng cách điện cổng tiếp

xúc với màng nhiều lớp, và điện cực cổng xếp chồng với màng nhiều lớp có màng cách điện cổng bố trí giữa đó. Lớp bán dẫn oxit chứa indi. Lớp bán dẫn oxit tiếp xúc với lớp oxit. Lớp oxit chứa indi. Năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp oxit là gần với mức chân không hơn so với năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp bán dẫn oxit. Cần lưu ý rằng năng lượng vùng cấm giữa mức chân không và đáy của vùng dẫn được đề cập đến dưới dạng ái lực electron.

Theo một phương án khác của sáng chế, thiết bị bán dẫn bao gồm màng nhiều lớp bao gồm lớp oxit thứ nhất, lớp oxit thứ hai, và lớp bán dẫn oxit; màng cách điện cổng tiếp xúc với màng nhiều lớp; và điện cực cổng xếp chồng với màng nhiều lớp có màng cách điện cổng bố trí giữa đó. Lớp bán dẫn oxit chứa indi. Lớp bán dẫn oxit tiếp xúc với lớp oxit thứ nhất. Lớp oxit thứ nhất chứa indi và có năng lượng vùng cấm lớn hơn so với lớp bán dẫn oxit. Lớp bán dẫn oxit tiếp xúc với lớp oxit thứ hai đối diện với oxit thứ nhất. Lớp oxit thứ hai chứa indi và có năng lượng vùng cấm lớn hơn so với lớp bán dẫn oxit.

Theo một phương án khác của sáng chế, thiết bị bán dẫn bao gồm màng nhiều lớp bao gồm lớp oxit thứ nhất, lớp oxit thứ hai, và lớp bán dẫn oxit; màng cách điện cổng tiếp xúc với màng nhiều lớp; và điện cực cổng xếp chồng với màng nhiều lớp có màng cách điện cổng bố trí giữa đó. Lớp bán dẫn oxit chứa indi. Lớp bán dẫn oxit tiếp xúc với lớp oxit thứ nhất. Lớp oxit thứ nhất chứa indi. Năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp oxit thứ nhất gần với mức chân không hơn so với năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp bán dẫn oxit. Lớp bán dẫn oxit này tiếp xúc với lớp oxit thứ hai đối diện với oxit thứ nhất. Lớp oxit thứ hai chứa indi. Năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp oxit thứ hai gần với mức chân không hơn so với năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp bán dẫn oxit.

Để có được tranzito có đặc tính điện ổn định, nếu rãnh được tạo ra trong lớp bán dẫn oxit, hiệu quả nếu làm sạch cao lớp bán dẫn oxit để là lớp bán dẫn oxit có độ tinh khiết cao bằng cách làm giảm nồng độ của tạp chất trong lớp bán dẫn oxit. Việc thu được lớp bán dẫn oxit có độ tinh khiết cao đề cập đến việc làm sạch hoặc gần như làm sạch lớp bán dẫn oxit để là lớp bán dẫn oxit thực sự hoặc gần như thực sự. Cần lưu ý rằng trong trường hợp lớp bán dẫn oxit gần như tinh

khiết, mật độ phân tử mang của nó nhỏ hơn $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, nhỏ hơn $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$, hoặc nhỏ hơn $1 \times 10^{13}/\text{cm}^3$. Trong lớp bán dẫn oxit, hydro, nitơ, cacbon, silic, và nguyên tố kim loại khác so với thành phần chính trở thành tạp chất và gia tăng mật độ phân tử mang trong một số trường hợp. Để giảm nồng độ của tạp chất trong lớp bán dẫn oxit, tốt hơn nếu cũng giảm nồng độ của tạp chất trong lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ ba mà gần với lớp bán dẫn oxit.

Ví dụ, silic tạo ra mức tạp chất trong lớp bán dẫn oxit. Trong một số trường hợp, mức tạp chất trở thành bẫy, mà làm hỏng đặc tính điện của tranzito. Cụ thể, nồng độ của silic trong lớp bán dẫn oxit được thiết lập để nhỏ hơn 1×10^{19} nguyên tử/ cm^3 , tốt hơn nếu nhỏ hơn 5×10^{18} nguyên tử/ cm^3 , tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn 1×10^{18} nguyên tử/ cm^3 . Cần lưu ý rằng dưới dạng màng cách điện cổng của tranzito, màng cách điện chứa silic như màng silic oxit, màng silic oxynitrua, màng silic nitrua, hoặc màng silic nitrua oxit được sử dụng trong nhiều trường hợp; do đó, tốt hơn nếu lớp bán dẫn oxit không tiếp xúc với màng cách điện cổng.

Ngoài ra, hydro và nitơ trong lớp bán dẫn oxit tạo ra các mức cho mà gia tăng mật độ phân tử mang.

Trong trường hợp mà rãnh được tạo ra ở mặt phân cách giữa màng cách điện cổng và lớp bán dẫn oxit, sự tán xạ mặt phân cách diễn ra ở mặt phân cách, do đó độ linh động hiệu ứng trường của tranzito bị giảm. Khi xét đến vấn đề nêu trên, tốt hơn nếu lớp bán dẫn oxit không được tạo ra tiếp xúc với màng cách điện cổng và tốt hơn nếu rãnh được tách khỏi màng cách điện cổng.

Bởi vậy, khi rãnh của tranzito tách khỏi màng cách điện cổng, tranzito có thể có đặc tính điện ổn định và độ linh động hiệu ứng trường cao. Với việc sử dụng tranzito làm chi tiết chuyển mạch của bộ hiển thị, có thể thu được bộ hiển thị có độ tin cậy cao vì tranzito có đặc tính điện ổn định.

Để tạo ra rãnh của tranzito tách khỏi màng cách điện cổng, màng nhiều lớp bao gồm lớp bán dẫn oxit có thể có cấu trúc như sau chẳng hạn. Cần lưu ý rằng tốt hơn nếu lớp bán dẫn oxit chứa ít nhất là indi vì độ linh động phân tử mang có thể được gia tăng.

Màng nhiều lớp bao gồm lớp bán dẫn oxit gồm ít nhất lớp bán dẫn oxit (để thuận tiện được gọi là lớp oxit thứ hai) và lớp oxit thứ nhất (cũng gọi là lớp ngăn) giữa lớp oxit thứ hai và màng cách điện cổng. Lớp oxit thứ nhất chứa một hoặc nhiều nguyên tố khác với oxy có trong lớp oxit thứ hai. Ngoài ra, năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp oxit thứ nhất gần với mức chân không hơn so với năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp oxit thứ hai bằng 0,05eV hoặc lớn hơn, 0,07eV hoặc lớn hơn, 0,1eV hoặc lớn hơn, hoặc 0,15eV hoặc lớn hơn và 2eV hoặc nhỏ hơn, 1eV hoặc nhỏ hơn, 0,5eV hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,4eV hoặc nhỏ hơn. Khi điện trường được cấp đến điện cực cổng tại thời điểm này, rãnh được tạo ra trong lớp oxit thứ hai của màng nhiều lớp bao gồm lớp bán dẫn oxit, năng lượng của nó ở đáy của vùng dẫn là thấp. Tức là, lớp oxit thứ nhất được tạo ra giữa lớp oxit thứ hai và màng cách điện cổng, do đó rãnh của tranzito có thể được tạo ra trong một lớp mà không tiếp xúc với màng cách điện cổng (ở đây là lớp oxit thứ hai). Hơn nữa, vì lớp oxit thứ nhất chứa một hoặc nhiều nguyên tố khác với oxy chứa trong lớp oxit thứ hai, sự tán xạ mặt phân cách không thể xảy ra ở mặt phân cách giữa lớp oxit thứ hai và lớp oxit thứ nhất. Bởi vậy, tranzito có thể có độ linh động hiệu ứng trường cao vì sự di chuyển của các phân tử mang không bị cản trở ở mặt phân cách.

Lớp oxit thứ nhất có thể chứa, ví dụ, nhôm, silic, titan, gali, germani, ytri, ziricon, thiếc, lantan, xeri, hoặc hafni với tỷ số nguyên tử cao hơn so với lớp oxit thứ hai. Cụ thể, lượng của nguyên tố bất kỳ trong các nguyên tố nêu trên trong lớp oxit thứ nhất theo tỷ số nguyên tử là 1,5 lần hoặc lớn hơn, tốt hơn nếu là 2 lần hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa nếu là 3 lần hoặc lớn hơn so với trong lớp oxit thứ hai theo tỷ số nguyên tử. Một nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố nêu trên được liên kết chắc với oxy và bởi vậy có chức năng ngăn chặn tạo ra chỗ trống oxy trong lớp oxit thứ nhất. Tức là, chỗ trống oxy không thể được tạo ra trong lớp oxit thứ nhất dễ hơn so với trong lớp oxit thứ hai.

Theo cách khác, khi mỗi lớp trong số lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai là oxit In-M-Zn và lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai chứa In, M, và Zn lần lượt theo tỷ số nguyên tử $x_1: y_1: z_1$ và tỷ số nguyên tử bằng $x_2: y_2: z_2$, y_1/x_1 cần lớn

hơn so với y_2/x_2 . Cần lưu ý rằng nguyên tố M là nguyên tố kim loại mà độ bền liên kết của nó với oxy lớn hơn so với của In, và Al, Ti, Ga, Y, Zr, Sn, La, Ce, Nd, và Hf có thể được đưa ra làm ví dụ. Tốt hơn nếu lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai trong đó y_1/x_1 bằng 1,5 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Cụ thể hơn, lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai trong đó y_1/x_1 bằng 2 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Tốt hơn nữa nếu lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai trong đó y_1/x_1 bằng 3 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Trong lớp oxit thứ hai tại thời điểm này, tốt hơn nếu y_1 lớn hơn hoặc bằng x_1 vì tranzito có thể có đặc tính điện ổn định. Tuy nhiên, khi y_1 bằng 3 lần hoặc lớn hơn 3 lần x_1 , độ linh động hiệu ứng trường của tranzito được giảm; do vậy, tốt hơn nếu y_1 bằng x_1 hoặc nhỏ hơn 3 lần x_1 .

Độ dày của lớp oxit thứ nhất là lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 100nm, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 50nm. Độ dày của lớp oxit thứ hai là lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 200nm, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 100nm, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 50nm.

Theo cách khác màng nhiều lớp bao gồm lớp bán dẫn oxit có thể bao gồm lớp oxit thứ ba (cũng gọi là lớp ngăn) đối diện với màng cách điện cổng, mà tiếp xúc với màng cách điện và lớp oxit thứ hai. Lớp oxit thứ ba chứa một hoặc nhiều nguyên tố khác với oxy chứa trong lớp oxit thứ hai. Ngoài ra, năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp oxit thứ ba gần với mức chân không hơn so với năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp oxit thứ hai bằng 0,05eV hoặc lớn hơn, 0,07eV hoặc lớn hơn, 0,1eV hoặc lớn hơn, hoặc 0,15eV hoặc lớn hơn và 2eV hoặc nhỏ hơn, 1eV hoặc nhỏ hơn, 0,5eV hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,4eV hoặc nhỏ hơn. Khi điện trường được đặt lên điện cực cổng tại thời điểm này, rãnh không được tạo ra trong lớp oxit thứ ba. Ngoài ra, vì lớp oxit thứ ba chứa một hoặc nhiều nguyên tố khác với oxy chứa trong lớp oxit thứ hai, nên mức phân cách không thể được tạo ra ở mặt phân cách giữa lớp oxit thứ hai và lớp oxit thứ ba. Khi mặt phân cách có mức phân cách, trong một số trường hợp, tranzito thứ hai trong đó mặt phân cách dùng làm rãnh và có điện áp ngưỡng khác được tạo ra; do vậy, điện áp ngưỡng

biểu kiến của tranzito bị thay đổi. Bởi vậy, với lớp oxit thứ ba, sự thay đổi đặc tính điện của tranzito, như điện áp ngưỡng, có thể được giảm. Cần lưu ý rằng trong trường hợp có lớp oxit thứ ba, trong một số trường hợp, màng nhiều lớp bao gồm lớp bán dẫn oxit không cần bao gồm lớp oxit thứ nhất.

Lớp oxit thứ ba có thể chứa, ví dụ, nhôm, silic, titan, gali, germani, ytri, ziricon, thiếc, lantan, xeri, hoặc hafni với tỷ số nguyên tử cao hơn so với lớp oxit thứ hai. Cụ thể, lượng của nguyên tố bất kỳ trong các nguyên tố nêu trên trong lớp oxit thứ ba theo tỷ số nguyên tử là 1,5 lần hoặc lớn hơn, tốt hơn nếu bằng 2 lần hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa nếu bằng 3 lần hoặc lớn hơn so với trong lớp oxit thứ hai theo tỷ số nguyên tử. Nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố nêu trên được liên kết chắc với oxy và bởi vậy có chức năng ngăn chặn tạo ra chỗ trống oxy trong lớp oxit thứ ba. Tức là, chỗ trống oxy không thể được tạo ra trong lớp oxit thứ ba dễ hơn so với trong lớp oxit thứ hai.

Ngoài ra, theo cách khác khi mỗi lớp trong số lớp oxit thứ hai và lớp oxit thứ ba là In-M-Zn oxit và lớp oxit thứ hai và lớp oxit thứ ba chứa In, M, và Zn lần lượt theo tỷ số nguyên tử của $x_2: y_2: z_2$ và tỷ số nguyên tử của $x_3: y_3: z_3$, y_3/x_3 cần lớn hơn so với y_2/x_2 . Cần lưu ý rằng nguyên tố M là nguyên tố kim loại mà độ bền liên kết của nó với oxy là lớn hơn so với của In, và Al, Ti, Ga, Y, Zr, Sn, La, Ce, Nd, và Hf có thể được đưa ra làm ví dụ. Tốt hơn nếu lớp oxit thứ hai và lớp oxit thứ ba trong đó y_3/x_3 bằng 1,5 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Tốt hơn nữa nếu lớp oxit thứ hai và lớp oxit thứ ba trong đó y_3/x_3 bằng 2 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Tốt hơn nữa nếu lớp oxit thứ hai và lớp oxit thứ ba trong đó y_3/x_3 bằng 3 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Trong lớp oxit thứ hai tại thời điểm này, y_2 lớn hơn hoặc bằng x_2 vì tranzito có thể có đặc tính điện ổn định. Tuy nhiên khi y_2 bằng 3 lần hoặc lớn hơn 3 lần x_2 , độ linh động hiệu ứng trường của tranzito bị giảm; do vậy, tốt hơn nếu y_2 bằng x_2 hoặc nhỏ hơn 3 lần x_2 .

Độ dày của lớp oxit thứ ba là lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 100nm, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 50nm.

Cần lưu ý rằng lớp oxit thứ nhất hoặc lớp oxit thứ ba được bố trí tiếp xúc với điện cực nguồn (vùng nguồn) và điện cực máng (vùng máng) của tranzito.

Khi điện cực nguồn (vùng nguồn) và điện cực máng (vùng máng) của tranzito được bố trí tiếp xúc với ít nhất là các mép bên của lớp bán dẫn oxit, điện cực nguồn (vùng nguồn) và điện cực máng (vùng máng) tiếp xúc với vùng tạo rãnh, mà được ưu tiên.

Theo một phương án của sáng chế, có thể thu được tranzito có đặc tính điện ổn định với màng nhiều lớp bao gồm lớp bán dẫn oxit. Ngoài ra, có thể tạo ra thiết bị bán dẫn có độ tin cậy cao bao gồm tranzito này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 là hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện màng nhiều lớp theo một phương án của sáng chế.

FIG.2 thể hiện các kết quả ToF-SIMS của màng nhiều lớp theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ từ FIG.3A đến FIG.3C thể hiện sự khuếch tán của oxy trong màng nhiều lớp theo một phương án của sáng chế.

FIG.4 thể hiện số hạt trong một lớp oxit và lớp bán dẫn oxit theo một phương án của sáng chế.

FIG.5A và FIG.5B thể hiện cấu trúc vùng của màng nhiều lớp theo một phương án của sáng chế.

FIG.6A và FIG.6B thể hiện cấu trúc vùng của màng nhiều lớp theo một phương án của sáng chế.

FIG.7 thể hiện cấu trúc vùng của màng nhiều lớp theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ từ FIG.8A đến FIG.8D là ảnh điện tử truyền qua của màng nhiều lớp theo một phương án của sáng chế, mà thu được bằng TEM.

Các hình vẽ từ FIG.9A đến FIG.9D là ảnh điện tử truyền qua của màng nhiều lớp theo một phương án của sáng chế, mà thu được bằng TEM.

FIG.10A và FIG.10B thể hiện trạng thái trong đó hạt phun được tách ra khỏi đích.

FIG.11A và FIG.11B thể hiện một ví dụ về cấu trúc tinh thể của In-Ga-Zn oxit.

FIG.12A và FIG.12B là hình vẽ sơ lược thể hiện trạng thái trong đó hạt phun đến bề mặt lắng và được lắng.

FIG.13A và FIG.13B thể hiện kết quả đo bằng CPM của màng nhiều lớp theo một phương án của sáng chế.

FIG.14 là hình chiếu từ trên xuống thể hiện một ví dụ về thiết bị tạo màng.

Các hình vẽ từ FIG.15A đến FIG.15C là các hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện một ví dụ về buồng tạo màng và bộ phận tương tự.

Các hình vẽ từ FIG.16A đến FIG.16D là hình chiếu từ trên xuống và các hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện thiết bị bán dẫn theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ từ FIG.17A đến FIG.17C là các hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện phương pháp sản xuất thiết bị bán dẫn theo một phương án của sáng chế.

FIG.18A và FIG.18B là các hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện phương pháp sản xuất thiết bị bán dẫn theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ từ FIG.19A đến FIG.19C là hình chiếu từ trên xuống và các hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện thiết bị bán dẫn theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ từ FIG.20A đến FIG.20C là các hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện phương pháp sản xuất thiết bị bán dẫn theo một phương án của sáng chế.

FIG.21A và FIG.21B là các hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện phương pháp sản xuất thiết bị bán dẫn theo một phương án của sáng chế.

FIG.22A và FIG.22B thể hiện đặc tính V_g -Id của tranzito.

FIG.23A và FIG.23B thể hiện các kết quả của thử nghiệm BT công.

FIG.24 là sơ đồ khối thể hiện một ví dụ về thiết bị bán dẫn theo một phương án của sáng chế.

FIG.25 là hình vẽ mặt cắt ngang thể hiện một ví dụ về thiết bị bán dẫn theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ từ FIG.26A đến FIG.26C là sơ đồ khối thể hiện ví dụ về thiết bị bán dẫn theo một phương án của sáng chế.

Các hình vẽ từ FIG.27A đến FIG.27C thể hiện ví dụ của thiết bị điện tử theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Một phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên, sáng chế không chỉ giới hạn ở phần mô tả sau và người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này hiểu rằng kiểu và chi tiết có thể được thay thế theo cách khác nhau. Ngoài ra, sáng chế không được hiểu là chỉ giới hạn ở phương án sau. Trong việc mô tả cấu trúc theo sáng chế dựa vào các hình vẽ, các số chỉ dẫn tương tự được sử dụng chung cho các phần giống nhau trên các hình vẽ khác nhau. Cần lưu ý rằng mẫu gạch chéo được áp dụng với các chi tiết tương tự, và trong một số trường hợp các chi tiết tương tự không được biểu thị đặc biệt bằng các số chỉ dẫn.

Ngoài ra, các số thứ tự như “thứ nhất” và “thứ hai” được sử dụng ở đây để thuận tiện cho việc mô tả và không biểu thị thứ tự của các bước và thứ tự xếp chồng của các lớp. Ngoài ra, các số thứ tự sử dụng ở đây không biểu thị tên gọi cụ thể mà xác định sáng chế.

Cần lưu ý rằng trong nhiều trường hợp, điện áp đề cập đến chênh lệch điện thế giữa điện thế nhất định và điện thế so sánh (ví dụ, điện thế đất (ground potential - GND) hoặc điện thế nguồn). Do vậy, điện áp cũng có thể được gọi là điện thế.

Ngay cả khi sự diễn đạt “để được nối điện” được sử dụng, có trường hợp trong đó không tiến hành liên kết vật lý và dây chỉ được kéo dài trong mạch thực.

Ngoài ra, chức năng của cực nguồn và cực máng có thể được thay đổi khi hướng của dòng điện được thay đổi trong sự vận hành mạch chẳng hạn. Do đó, thuật ngữ "cực nguồn" và "cực máng" có thể được thay đổi trong bản mô tả này.

Các dấu hiệu mô tả trong phương án này có thể được kết hợp với nhau nếu thích hợp.

<1. Màng nhiều lớp bao gồm lớp bán dẫn oxit>

Màng nhiều lớp bao gồm lớp bán dẫn oxit sử dụng cho tranzito được mô tả dựa vào FIG.1.

<1-1. Cấu trúc của màng nhiều lớp>

Trong phần này, cấu trúc của màng nhiều lớp được mô tả.

Màng nhiều lớp 106 thể hiện trên FIG.1 bao gồm lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b trên lớp oxit 106a, và lớp oxit 106c trên lớp bán dẫn oxit 106b. Cần lưu ý rằng mặc dù màng nhiều lớp 106 có ba lớp trong phần mô tả dưới đây, nhưng màng nhiều lớp 106 có thể có hai lớp hoặc bốn lớp hoặc lớn hơn. Ví dụ, màng nhiều lớp 106 có thể là màng hai lớp bao gồm lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b trên lớp oxit 106a. Theo cách khác, màng nhiều lớp 106 có thể là màng hai lớp bao gồm lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c trên lớp bán dẫn oxit 106b.

<1-2. Thành phần và tạp chất >

Trong phần này, nồng độ của silic trong các lớp có trong màng nhiều lớp 106 được mô tả dựa vào FIG.2.

Ở đây, lớp oxit 106a được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:3:2). Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 200°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Lớp bán dẫn oxit 106b được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:1:1). Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng

làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 300°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Lớp oxit 106c được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:3:2). Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 200°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Màng nhiều lớp 106 được bố trí trên bánh silic, và mẫu thử không được xử lý nhiệt và mẫu thử được xử lý nhiệt ở 450°C trong hai giờ được chuẩn bị. FIG.2 thể hiện cường độ ion thứ cấp của In, Ga, và Zn theo hướng chiều dày, và nồng độ silic (nguyên tử/cm³) theo hướng chiều dày, mà được biến đổi từ cường độ ion thứ cấp của SiO₃, của các mẫu thử được đo bằng pháp đo phổ khối ion thứ cấp thời gian bay (Time-of-flight secondary ion mass spectrometry - ToF-SIMS). Membran nhiều lớp 106 bao gồm lớp oxit 106a có độ dày 10nm, lớp bán dẫn oxit 106b có độ dày 10nm trên lớp oxit 106a, và lớp oxit 106c có độ dày 10nm trên lớp bán dẫn oxit 106b.

FIG.2 thể hiện rằng thành phần của các lớp chứa trong màng nhiều lớp 106 được thay đổi phụ thuộc vào thành phần của các đích tương ứng được sử dụng ở thời điểm tạo màng. Cần lưu ý rằng thành phần của các lớp không thể được so sánh đơn giản bằng cách sử dụng FIG.2.

FIG.2 thể hiện rằng mật phân cách giữa bánh silic và lớp oxit 106a của màng nhiều lớp 106 và bề mặt trên của lớp oxit 106c có nồng độ silic cao hơn. Ngoài ra, FIG.2 thể hiện rằng nồng độ của silic trong lớp bán dẫn oxit 106b là khoảng 1×10^{18} nguyên tử/cm³ mà là giới hạn dưới của mức phát hiện bằng Tof-SIMS. Điều này có thể là vì, do sự tồn tại của các lớp oxit 106a và 106c, lớp bán dẫn oxit 106b không bị ảnh hưởng bởi silic do bánh silic hoặc sự nhiễm bẩn bề mặt.

Ngoài ra, sự so sánh mẫu thử sau khi xử lý nhiệt bằng mẫu thử như lắng phủ (mẫu thử không được xử lý nhiệt, được gọi là "như lắng phủ" trên FIG.2)

cho thấy rằng sự đi vào của silic chủ yếu diễn ra ở thời điểm tạo màng mặc dù có tác động nhỏ của sự khuếch tán silic do xử lý nhiệt.

Hiệu quả nếu làm sạch ở mức cao lớp bán dẫn oxit 106b để là lớp bán dẫn oxit có độ tinh khiết cao để tranzito bao gồm màng nhiều lớp 106 có đặc tính điện ổn định. Cụ thể, mật độ phân tử mang của lớp bán dẫn oxit 106b có thể được thiết lập để nhỏ hơn $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, nhỏ hơn $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$, hoặc nhỏ hơn $1 \times 10^{13}/\text{cm}^3$. Trong lớp bán dẫn oxit 106b, hydro, nitơ, cacbon, silic, và nguyên tố kim loại khác với thành phần chính trở thành tạp chất. Để giảm nồng độ của tạp chất trong lớp bán dẫn oxit 106b, tốt hơn nếu cũng giảm nồng độ của tạp chất trong các lớp oxit 106a và 106c mà gần với lớp bán dẫn oxit 106b với trị số gần như bằng trị số trong lớp bán dẫn oxit 106b.

Cụ thể, khi silic có trong lớp bán dẫn oxit 106b ở nồng độ cao, mức tạp chất do silic được tạo ra trong lớp bán dẫn oxit 106b. Trong một số trường hợp, mức tạp chất trở thành bẫy mà làm suy giảm các đặc tính điện của tranzito. Để khiến cho sự suy giảm các đặc tính điện của tranzito là nhỏ, nồng độ của silic trong lớp bán dẫn oxit 106b có thể được thiết lập để nhỏ hơn 1×10^{19} nguyên tử/ cm^3 , tốt hơn nếu nhỏ hơn 5×10^{18} nguyên tử/ cm^3 , tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn 1×10^{18} nguyên tử/ cm^3 . Hơn nữa, nồng độ của silic ở mặt phân cách giữa lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b và mặt phân cách giữa lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c được thiết lập để nhỏ hơn 1×10^{19} nguyên tử/ cm^3 , tốt hơn nếu nhỏ hơn 5×10^{18} nguyên tử/ cm^3 , tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn 1×10^{18} nguyên tử/ cm^3 .

Ngoài ra, hydro và nitơ trong lớp bán dẫn oxit 106b tạo ra các mức cho, mà làm tăng mật độ phân tử mang. Để tạo ra lớp bán dẫn oxit 106b thực sự hoặc gần như thực sự, nồng độ của hydro trong lớp bán dẫn oxit 106b, mà được đo bằng SIMS, được thiết lập để nhỏ hơn hoặc bằng 2×10^{20} nguyên tử/ cm^3 , tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{19} nguyên tử/ cm^3 , tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{19} nguyên tử/ cm^3 , vẫn tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{18} nguyên tử/ cm^3 . Nồng độ của nitơ trong lớp bán dẫn oxit 106b, mà được đo bằng SIMS, được thiết lập để nhỏ hơn 5×10^{19} nguyên tử/ cm^3 , tốt hơn nếu nhỏ hơn

hoặc bằng 5×10^{18} nguyên tử/cm³, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{18} nguyên tử/cm³, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{17} nguyên tử/cm³.

Cần lưu ý rằng khi silic và cacbon được chứa trong lớp bán dẫn oxit 106b ở nồng độ cao, độ kết tinh của lớp bán dẫn oxit 106b được giảm trong một số trường hợp. Để không giảm độ kết tinh của lớp bán dẫn oxit 106b, nồng độ của silic trong lớp bán dẫn oxit 106b có thể được thiết lập để nhỏ hơn 1×10^{19} nguyên tử/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn 5×10^{18} nguyên tử/cm³, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn 1×10^{18} nguyên tử/cm³. Hơn nữa, để không giảm độ kết tinh của lớp bán dẫn oxit 106b, nồng độ của cacbon trong lớp bán dẫn oxit 106b có thể được thiết lập để nhỏ hơn 1×10^{19} nguyên tử/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn 5×10^{18} nguyên tử/cm³, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn 1×10^{18} nguyên tử/cm³. Sự mô tả độ kết tinh của màng nhiều lớp 106 sẽ được thực hiện sau.

Trong một số trường hợp, chỗ trống oxy trong lớp bán dẫn oxit và lớp oxit có tác động như tạp chất. Ở đây, sự khuếch tán của oxy trong màng nhiều lớp 106 do xử lý nhiệt ở 350°C hoặc xử lý nhiệt ở 450°C được mô tả dựa vào các hình vẽ từ FIG.3A đến FIG.3C.

Các hình vẽ từ FIG.3A đến FIG.3C thể hiện các kết quả đo SIMS của phân bố nồng độ của ¹⁸O theo hướng chiều dày trong các mẫu thử trong đó một lớp bất kỳ trong số các lớp của màng nhiều lớp 106 được tạo ra bằng cách sử dụng khí ¹⁸O₂.

Ở đây, lớp oxit 106a được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:1:1).

Lớp bán dẫn oxit 106b được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 3:1:2).

Lớp oxit 106c được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:1:1).

Ở đây, FIG.3A thể hiện các phân bố nồng độ ¹⁸O theo hướng chiều dày của lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và mặt phân cách giữa đó của các mẫu thử trong mỗi lớp trong đó khí ¹⁸O₂ được dùng để tạo ra lớp oxit 106a nhưng khí

$^{18}\text{O}_2$ không được dùng để tạo ra các lớp khác. Các kết quả đo SIMS thể hiện như sau: ^{18}O được khuếch tán nhiều hơn từ lớp oxit 106a đến lớp bán dẫn oxit 106b trong mẫu thử được xử lý nhiệt ở 350°C (thể hiện dưới dạng "sau xử lý nhiệt ở 350°C " bằng đường nét liền) và mẫu thử được xử lý nhiệt ở 450°C (thể hiện dưới dạng "sau xử lý nhiệt ở 450°C " bằng đường nét đứt) so với trong mẫu thử không được xử lý nhiệt (thể hiện dưới dạng "như lắng phủ" bằng đường chấm chấm).

FIG.3B thể hiện các phân bố nồng độ ^{18}O theo hướng chiều dày của lớp bán dẫn oxit 106b, lớp oxit 106c, và mặt phân cách giữa đó của các mẫu thử trong mỗi lớp trong đó khí $^{18}\text{O}_2$ được dùng để tạo ra lớp bán dẫn oxit 106b nhưng khí $^{18}\text{O}_2$ không được dùng để tạo ra các lớp khác. Các kết quả đo SIMS thể hiện như sau: ^{18}O được khuếch tán nhiều hơn từ lớp bán dẫn oxit 106b đến lớp oxit 106c trong mẫu thử được xử lý nhiệt ở 350°C (thể hiện dưới dạng "sau xử lý nhiệt ở 350°C " bằng đường nét liền) và mẫu thử được xử lý nhiệt ở 450°C (thể hiện dưới dạng "sau xử lý nhiệt ở 450°C " bằng đường nét đứt) so với trong mẫu thử không được xử lý nhiệt (thể hiện dưới dạng "như lắng phủ" bằng đường chấm chấm).

FIG.3C thể hiện các phân bố nồng độ ^{18}O theo hướng chiều dày của lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và mặt phân cách giữa đó của các mẫu thử trong mỗi lớp trong đó khí $^{18}\text{O}_2$ được dùng để tạo ra lớp bán dẫn oxit 106b nhưng khí $^{18}\text{O}_2$ không được dùng để tạo ra các lớp khác. Các kết quả đo SIMS thể hiện như sau: ^{18}O được khuếch tán nhiều hơn từ lớp bán dẫn oxit 106b đến lớp oxit 106a trong mẫu thử được xử lý nhiệt ở 450°C (thể hiện dưới dạng "sau xử lý nhiệt ở 450°C " bằng đường nét đứt) so với trong mẫu thử không được xử lý nhiệt (thể hiện dưới dạng "như lắng phủ" bằng đường chấm chấm) và mẫu thử được xử lý nhiệt ở 350°C (thể hiện dưới dạng "sau xử lý nhiệt ở 350°C " bằng đường nét liền).

Như được thể hiện trên các hình vẽ từ FIG.3A đến FIG.3C, trong màng nhiều lớp 106, oxy được khuếch tán từ lớp này đến lớp khác.

<1-3. Lớp oxit>

Tiếp theo, lớp oxit có thể ứng dụng với mỗi lớp trong số lớp oxit 106a và 106c sử dụng trong màng nhiều lớp 106 được tạo ra bằng phương pháp phun, và số hạt có kích cỡ bằng 1µm hoặc lớn hơn được đo.

Việc đo được thực hiện trên các mẫu thử sau: mẫu thử được tạo ra bằng cách sử dụng đích gali oxit; mẫu thử được tạo ra bằng cách sử dụng đích Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của Ga với Zn là 2:5); mẫu thử được tạo ra bằng cách sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 3:1:2); mẫu thử được tạo ra bằng cách sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:1:1); và mẫu thử được tạo ra bằng cách sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:3:2).

FIG.4 thể hiện rằng trong mẫu thử tạo ra bằng cách sử dụng đích gali oxit và mẫu thử được tạo ra bằng cách sử dụng đích Ga-Zn oxit, số hạt có kích cỡ bằng 1µm hoặc lớn hơn được gia tăng nhanh chóng khi độ dày của lớp oxit được gia tăng. Mặt khác, trong các mẫu thử được tạo ra bằng cách sử dụng đích In-Ga-Zn oxit, số hạt có kích cỡ bằng 1µm hoặc lớn hơn không thể được gia tăng một cách nhanh chóng ngay cả khi độ dày của lớp oxit được gia tăng.

Bởi vậy, trong trường hợp mà lớp oxit được tạo ra bằng phương pháp phun, tốt hơn nếu đích chứa indi được sử dụng để gia tăng số hạt. Hơn nữa, tốt hơn nếu sử dụng đích oxit trong đó tỷ lệ của gali theo tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là tương đối nhỏ. Đặc biệt trong trường hợp mà đích chứa indi được sử dụng, độ dẫn điện của đích có thể được gia tăng và sự phóng điện một chiều và phóng điện xoay chiều được tạo điều kiện thuận lợi; do đó, sự tạo màng trên mặt nền cỡ lớn có thể được thực hiện một cách dễ dàng. Bởi vậy, các thiết bị bán dẫn có thể được sản xuất với năng suất được cải thiện.

<1-4. Cấu trúc vùng>

Trong trường hợp này, cấu trúc vùng của màng nhiều lớp 106 được mô tả dựa vào FIG.5A và FIG.5B và FIG.6A và FIG.6B.

Cần lưu ý rằng lớp oxit 106a được tạo ra bằng cách sử dụng In-Ga-Zn oxit có năng lượng vùng cấm bằng 3,15eV, lớp bán dẫn oxit 106b được tạo ra bằng cách sử dụng In-Ga-Zn oxit có năng lượng vùng cấm bằng 2,8eV, và lớp oxit

106c được tạo ra bằng cách sử dụng lớp oxit mà các tính chất vật lý của chúng tương tự với các tính chất vật lý của lớp oxit 106a. Ngoài ra, năng lượng vùng cấm ở vùng lân cận của mặt phân cách giữa lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b và năng lượng vùng cấm ở vùng lân cận của mặt phân cách giữa lớp oxit 106c và lớp bán dẫn oxit 106b bằng 3eV. Các năng lượng vùng cấm được đo bằng cách sử dụng elip kế quang phổ (UT-300 sản xuất bởi HORIBA JOBIN YVON SAS.). Độ dày của lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit 106c là 10nm.

Trên FIG.5A, năng lượng vùng cấm giữa mức chân không và đỉnh của vùng hóa trị của mỗi lớp được đo trong khi màng nhiều lớp 106 được khắc mòn từ phía lớp oxit 106c, và được vẽ đồ thị. Năng lượng vùng cấm giữa mức chân không và đỉnh của vùng hóa trị được đo bằng cách sử dụng thiết bị UPS (VersaProbe sản xuất bởi ULVAC-PHI, Inc.).

Trên FIG.5B, trị số thu được theo cách sao cho năng lượng vùng cấm giữa mức chân không và đáy của vùng dẫn của mỗi lớp được tính bằng cách trừ đi năng lượng vùng cấm của mỗi lớp từ năng lượng vùng cấm giữa mức chân không và đỉnh của vùng hóa trị, và được vẽ đồ thị.

Một phần của cấu trúc vùng trên FIG.5B được thể hiện một cách sơ lược trên FIG.6A. FIG.6A thể hiện trường hợp trong đó các màng silic oxit được bố trí tiếp xúc với các lớp oxit 106a và 106c. Ở đây, EcI1 biểu thị năng lượng của đáy của vùng dẫn của màng silic oxit, EcS1 biểu thị năng lượng của đáy của vùng dẫn của lớp oxit 106a, EcS2 biểu thị năng lượng của đáy của vùng dẫn của lớp bán dẫn oxit 106b, EcS3 biểu thị năng lượng của đáy của vùng dẫn của lớp oxit 106c, và EcI2 biểu thị năng lượng của đáy của vùng dẫn của màng silic oxit.

Như được thể hiện trên FIG.6A, năng lượng của đáy của vùng dẫn của lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit 106c được thay đổi một cách liên tục. Điều này có thể được hiểu cũng từ các kết quả được thể hiện trên FIG.3A đến FIG.3C mà oxy được khuếch tán ở mặt phân cách giữa lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b và ở mặt phân cách giữa lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c.

Cần lưu ý rằng FIG.6A thể hiện trường hợp trong đó các lớp oxit 106a và 106c có các tính chất vật lý tương tự; tuy nhiên, các lớp oxit 106a và 106c có thể có các tính chất vật lý khác nhau. Ví dụ, một phần của cấu trúc vùng trong trường hợp mà EcS1 có năng lượng cao hơn so với EcS3 được thể hiện như trên FIG.6B. Theo cách khác, mặc dù không được thể hiện trên FIG.6A và FIG.6B, EcS3 có thể có năng lượng cao hơn so với EcS1.

Trên các FIG.5A và FIG.5B và FIG.6A và FIG.6B, lớp bán dẫn oxit 106b của màng nhiều lớp 106 dùng làm lỗ và rãnh của tranzito bao gồm màng nhiều lớp 106 được tạo ra trong lớp bán dẫn oxit 106b. Cần lưu ý rằng vì năng lượng của các đáy của các vùng dẫn được thay đổi một cách liên tục, màng nhiều lớp 106 cũng có thể được gọi là lỗ dạng chữ U.

Cần lưu ý rằng mặc dù các mức bẫy do các tạp chất hoặc các khuyết tật có thể được tạo ra ở vùng lân cận của mặt phân cách giữa màng cách điện như màng silic oxit và mỗi lớp trong số lớp oxit 106a và 106c như được thể hiện trên FIG.7, lớp bán dẫn oxit 106b có thể được đặt cách khỏi mức bẫy do sự tồn tại của các lớp oxit 106a và 106c. Tuy nhiên, khi năng lượng vùng cấm giữa EcS1 hoặc EcS3, và EcS2 là nhỏ, điện tử có thể đến mức bẫy bằng cách đưa qua năng lượng vùng cấm. Nhờ được bẫy trong mức bẫy, điện tích cố định âm được tạo ra ở mặt phân cách với màng cách điện, nhờ đó điện áp ngưỡng của tranzito được thay đổi theo chiều dương.

Bởi vậy, tốt hơn nếu năng lượng vùng cấm giữa EcS1 và EcS2 và năng lượng vùng cấm giữa EcS3 và EcS2 là lớn hơn hoặc bằng 0,1eV, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 0,15eV vì mức thay đổi điện áp ngưỡng của tranzito được giảm và tranzito có đặc tính điện ổn định.

<1-5. Độ kết tinh>

Ưu tiên là ít nhất lớp bán dẫn oxit 106b của màng nhiều lớp 106 có độ kết tinh. Với lớp bán dẫn oxit 106b có độ kết tinh, tranzito bao gồm màng nhiều lớp 106 có thể có đặc tính điện ổn định so với trường hợp của lớp bán dẫn oxit 106b không có độ kết tinh. Trong trường hợp này, ví dụ trong đó lớp bán dẫn oxit 106b có độ kết tinh trong màng nhiều lớp 106 được mô tả.

<1-5-1. Đánh giá sự bố trí tinh thể bằng TEM>

Ở đây, đối với độ kết tinh của màng nhiều lớp 106, sự bố trí nguyên tử hoặc yếu tố tương tự được đánh giá bằng TEM. Sự mô tả được tiến hành dưới đây dựa vào các hình vẽ từ FIG.8A đến FIG.8D và FIG.9A đến FIG.9D.

Ở đây, lớp oxit 106a được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:3:2). Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 200°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Lớp bán dẫn oxit 106b được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:1:1). Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 300°C hoặc 400°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Lớp oxit 106c được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:3:2). Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 200°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Các hình vẽ từ FIG.8A đến FIG.8D và FIG.9A đến FIG.9D là các ảnh điện tử truyền qua của các mẫu thử bao gồm màng nhiều lớp 106 được bố trí trên màng silic oxit được bố trí trên bánh silic mà là mặt nền. Cần lưu ý rằng các mẫu thử được đánh giá được thể hiện trên các hình vẽ từ FIG.8A đến FIG.8D và các mẫu thử được đánh giá trên các hình vẽ từ FIG.9A đến FIG.9D là khác nhau chỉ bởi nhiệt độ của mặt nền ở thời điểm tạo ra lớp bán dẫn oxit 106b là 300°C (các hình vẽ từ FIG.8A đến FIG.8D) và 400°C (các hình vẽ từ FIG.9A đến FIG.9D). Cần lưu ý rằng mỗi mẫu thử không được xử lý nhiệt sau khi tạo màng. Các ảnh điện tử truyền qua được đo bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử truyền (TEM) Hitachi H-9500.

Ở đây, màng nhiều lớp 106 bao gồm In-Ga-Zn oxit có độ dày 20nm dưới dạng lớp oxit 106a, In-Ga-Zn oxit có độ dày 15nm dưới dạng lớp bán dẫn oxit 106b, và In-Ga-Zn oxit có độ dày 5nm dưới dạng lớp oxit 106c. FIG.8A là ảnh điện tử truyền qua bao gồm lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit 106c. FIG.8B là ảnh phóng to một phần ở vùng lân cận của mặt phân cách giữa lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c, FIG.8C là ảnh phóng to một phần ở vùng lân cận của mặt phân cách giữa lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b, và FIG.8D là ảnh phóng to một phần ở vùng lân cận của mặt phân cách giữa màng silic oxit và lớp oxit 106a. Theo cách tương tự, FIG.9A là ảnh điện tử truyền qua bao gồm lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit 106c. FIG.9B là ảnh phóng to một phần ở vùng lân cận của mặt phân cách giữa lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c, FIG.9C là ảnh phóng to một phần ở vùng lân cận của mặt phân cách giữa lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b, và FIG.9D là ảnh phóng to một phần ở vùng lân cận của mặt phân cách giữa màng silic oxit và lớp oxit 106a.

Trên các hình vẽ từ FIG.8A đến FIG.8D và các hình vẽ từ FIG.9A đến FIG.9D, các lớp oxit 106a và 106c không có phần tinh thể trong. Ngoài ra, lớp bán dẫn oxit 106b hoàn toàn là tinh thể có mức độ kết tinh cao từ mặt phân cách với lớp oxit 106a đến mặt phân cách với lớp oxit 106c. Cần lưu ý rằng sự bố trí nguyên tử trong phần tinh thể của lớp bán dẫn oxit 106b được thấy là theo kiểu xếp lớp trong mặt phẳng song song với bề mặt trên của lớp bán dẫn oxit 106b. Hơn nữa, ranh giới hạt rõ không được thấy giữa các phần tinh thể trong lớp bán dẫn oxit 106b. Ngoài ra, đã thấy rằng lớp bán dẫn oxit 106b trên các hình vẽ từ FIG.9A đến FIG.9D có mức độ kết tinh cao hơn so với lớp bán dẫn oxit 106b trên các hình vẽ từ FIG.8A đến FIG.8D.

Thực tế là lớp bán dẫn oxit 106b là tinh thể cũng tương thích với các kết quả ToF-SIMS thể hiện trên FIG.2. Tức là, độ kết tinh của lớp bán dẫn oxit 106b không bị giảm có thể vì mức silic đi vào trong lớp bán dẫn oxit 106b bị giảm do sự có mặt của các lớp oxit 106a và 106c.

Theo cách này, dường như là lớp bán dẫn oxit 106b trong đó rãnh được tạo ra có mức độ kết tinh cao và có một vài mức do các tạp chất hoặc các khuyết tật; do đó, tranzito bao gồm màng nhiều lớp 106 có đặc tính điện ổn định.

<1-5-2. Kiểu phát triển tinh thể>

Ở đây, kiểu phát triển tinh thể trong lớp bán dẫn oxit 106b có mức độ kết tinh cao được mô tả dựa vào FIG.10A và FIG.10B, FIG.11A và FIG.11B, và FIG.12A và FIG.12B.

FIG.10A là sơ đồ sơ lược thể hiện trạng thái trong đó ion 1001 va chạm với đích 1000 chứa chất bán dẫn oxit đa tinh thể có sự bố trí thẳng hàng cao để tách các hạt phun 1002 có độ kết tinh ra khỏi đích phun 1000. Hạt tinh thể có mặt phẳng tách song song với bề mặt của đích 1000. Ngoài ra, hạt tinh thể có một phần trong đó liên kết liên nguyên tử là yếu. Khi ion 1001 va chạm với hạt tinh thể, liên kết liên nguyên tử của phần trong đó liên kết liên nguyên tử là yếu được cắt. Do vậy, hạt phun 1002 mà được cắt dọc theo mặt phẳng tách và phần trong đó liên kết liên nguyên tử là yếu và được tách ở dạng phiến dẹt (hoặc viên) được tạo ra. Cần lưu ý rằng đường kính vòng tròn tương đương của mặt phẳng dẹt của hạt phun 1002 là lớn hơn hoặc bằng $1/3000$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1/20$, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng $1/1000$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1/30$ kích cỡ hạt trung bình của các hạt tinh thể. Ở đây, thuật ngữ "đường kính vòng tròn tương đương của mặt phẳng" đề cập đến đường kính của vòng tròn hoàn hảo có cùng diện tích như mặt phẳng.

Theo cách khác, khi một phần của hạt tinh thể được tách dưới dạng hạt ra khỏi mặt phẳng tách và tiếp xúc với plasma, việc phá vỡ liên kết bắt đầu ở phần trong đó liên kết liên nguyên tử là yếu, vì vậy các hạt phun 1002 được tạo ra.

Bằng cách sử dụng cation oxy làm ion 1001, tổn hại plasma ở thời điểm tạo màng có thể được giảm bớt. Bởi vậy, khi ion 1001 va chạm với bề mặt của đích 1000, sự giảm độ kết tinh của đích 1000 có thể được ngăn chặn hoặc sự thay đổi đích 1000 thành trạng thái vô định hình có thể được ngăn chặn.

FIG.11A thể hiện cấu trúc tinh thể của In-Ga-Zn oxit được nhìn từ hướng song song với mặt phẳng a-b của tinh thể dưới dạng ví dụ về đích 1000 chứa chất

bán dẫn oxit đa tinh thể có sự định hướng cao. FIG.11B thể hiện phần phóng to bao quanh bởi đường gạch ngang trên FIG.11A.

Ví dụ, trong hạt tinh thể của In-Ga-Zn oxit, mặt phẳng tách là mặt phẳng giữa lớp thứ nhất và lớp thứ hai như được thể hiện trên FIG.11B. Lớp thứ nhất bao gồm nguyên tử gali và/hoặc nguyên tử kẽm và nguyên tử oxy, và lớp thứ hai bao gồm nguyên tử gali và/hoặc nguyên tử kẽm và nguyên tử oxy. Điều này là vì nguyên tử oxy có điện tích âm trong lớp thứ nhất và nguyên tử oxy có điện tích âm trong lớp thứ hai là gần với nhau (xem các phần được bao quanh trên FIG.11B). Theo cách này, mặt phẳng tách song song với mặt phẳng a-b. Ngoài ra, tinh thể của In-Ga-Zn oxit thể hiện trên FIG.11A và FIG.11B là tinh thể hình lục giác; bởi vậy, hạt tinh thể dạng phiến dẹt có thể có dạng hình lăng trụ lục diện với mặt phẳng lục giác đều mà góc trong của nó là 120° .

Ưu tiên là hạt phun đã tách 1002 được nạp điện dương. Không có giới hạn cụ thể về thời điểm khi hạt phun 1002 được nạp điện dương, nhưng ưu tiên là hạt phun 1002 được nạp điện dương bằng cách tiếp nhận điện tích khi ion 1001 va chạm. Theo cách khác, trong trường hợp mà plasma được tạo ra, tốt hơn nếu hạt phun 1002 được tiếp xúc với plasma để được nạp điện dương. Ngoài ra theo cách khác, tốt hơn nếu ion 1001 mà là cation oxy được liên kết với mặt bên, mặt trên, hoặc mặt dưới của hạt phun 1002, nhờ đó hạt phun 1002 được nạp điện dương.

Trạng thái trong đó các hạt phun được lắng phủ trên bề mặt lắng được mô tả dưới đây dựa vào FIG.12A và FIG.12B. Cần lưu ý rằng trên FIG.12A và FIG.12B, các hạt phun mà đã lắng phủ được thể hiện bằng các đường chấm chấm.

Trên FIG.12A, bề mặt lắng 1003 là bề mặt ở đó một số lớp bán dẫn oxit được lắng phủ. Như được thể hiện trên FIG.12A, trong trường hợp mà các hạt phun 1002 được nạp điện dương, các hạt phun 1002 được lắng phủ trong một vùng bề mặt lắng 1003, ở đó hạt phun 1002 không được lắng phủ. Điều này là vì các hạt phun 1002 nạp điện dương sẽ đẩy nhau.

FIG.12B là hình vẽ mặt cắt ngang được cắt dọc theo đường gạch-chấm X-Y trên FIG.12A. Các hạt phun 1002 được lắng phủ theo cách nêu trên có các tính

thể mà các trục c của chúng được bố trí theo hướng vuông góc với bề mặt lắng 1003; do vậy, lớp bán dẫn oxit 106b là lớp bán dẫn oxit tinh thể được bố trí thẳng hàng trục c (c-axis aligned crystalline oxide semiconductor – CAAC-OS).

Lớp bán dẫn oxit thu được bằng cách lắng phủ theo cách nêu trên có độ dày đồng đều và sự định hướng tinh thể đồng đều. Các hạt phun không được lắng phủ một cách ngẫu nhiên. Các hạt phun được nạp điện dương tương tác với nhau và được lắng phủ theo thứ tự để các trục c được bố trí theo hướng vuông góc với bề mặt lắng.

Bằng cách sử dụng đích chứa chất bán dẫn oxit đa tinh thể có sự định hướng cao theo cách nêu trên, lớp bán dẫn oxit 106b có độ dày đồng đều và sự định hướng tinh thể đồng đều có thể được tạo ra. Các chi tiết của thiết bị phun sẽ được mô tả sau.

Lớp CAAC-OS là một trong số các màng bán dẫn oxit bao gồm các phần tinh thể, và phần lớn mỗi phần tinh thể đều nằm trong một hình khối mà một cạnh của nó nhỏ hơn 100nm. Bởi vậy, có trường hợp trong đó phần tinh thể chứa trong lớp CAAC-OS nằm trong một hình khối mà một cạnh của nó là nhỏ hơn 10nm, nhỏ hơn 5nm, hoặc nhỏ hơn 3nm. Mật độ trạng thái khuyết tật của lớp CAAC-OS là thấp. Lớp CAAC-OS được mô tả chi tiết dưới đây.

Trong ảnh TEM của màng CAAC-OS, ranh giới giữa các phần tinh thể, tức là, ranh giới hạt không được thấy một cách rõ ràng. Bởi vậy, trong lớp CAAC-OS, sự giảm độ linh động điện tử do ranh giới hạt ít có thể xảy ra.

Theo ảnh TEM của lớp CAAC-OS quan sát theo hướng gần như song song với bề mặt mẫu thử (ảnh TEM theo mặt cắt ngang), nguyên tử kim loại được bố trí theo kiểu xếp lớp trong các phần tinh thể. Mỗi lớp nguyên tử kim loại có hình thái phản chiếu bởi bề mặt trên đó lớp CAAC-OS được tạo ra (sau đây, bề mặt trên đó lớp CAAC-OS được tạo ra được gọi là bề mặt tạo ra) hoặc bề mặt trên của lớp CAAC-OS, và được bố trí song song với bề mặt tạo ra hoặc bề mặt trên của lớp CAAC-OS.

Mặt khác, theo ảnh TEM của lớp CAAC-OS quan sát theo hướng gần như vuông góc với bề mặt mẫu thử (ảnh TEM theo hình chiếu bằng), các nguyên tử

kim loại được bố trí theo dạng tam giác hoặc lục giác trong các phân tinh thể. Tuy nhiên, không có quy luật bố trí các nguyên tử kim loại giữa các phân tinh thể khác nhau.

Từ các kết quả của ảnh TEM theo mặt cắt ngang và ảnh TEM theo hình chiếu bằng, sự bố trí thẳng hàng được thấy trong các phân tinh thể trong lớp CAAC-OS.

Lớp CAAC-OS được phân tích cấu trúc bằng thiết bị nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction - XRD). Ví dụ, khi lớp CAAC-OS chứa tinh thể InGaZnO_4 được phân tích bằng phương pháp ngoài mặt phẳng, đỉnh thường xuất hiện khi góc nhiễu xạ (2θ) khoảng 31° . Đỉnh này thu được từ mặt phẳng (009) của tinh thể InGaZnO_4 , cho thấy rằng các tinh thể trong lớp CAAC-OS có sự bố trí thẳng hàng trục c, và các trục c được bố trí theo hướng gần như vuông góc với bề mặt tạo ra hoặc bề mặt trên của lớp CAAC-OS.

Mặt khác, khi lớp CAAC-OS được phân tích bằng phương pháp trong mặt phẳng trong đó tia X đi vào mẫu thử theo hướng gần như vuông góc với trục c, đỉnh thường xuất hiện khi 2θ khoảng 56° . Đỉnh này thu được từ mặt phẳng (110) của tinh thể InGaZnO_4 . Ở đây, phân tích (quét ϕ) được thực hiện trong điều kiện trong đó mẫu thử được quay quanh vectơ pháp tuyến của bề mặt mẫu thử dưới dạng trục (trục ϕ) với 2θ giữ cố định ở khoảng 56° . Trong trường hợp mà mẫu thử là lớp bán dẫn oxit đơn tinh thể của InGaZnO_4 , sáu đỉnh xuất hiện. Sáu đỉnh thu được từ các mặt phẳng tinh thể tương đương với mặt phẳng (110). Mặt khác, trong trường hợp của lớp CAAC-OS, đỉnh không được thấy một cách rõ ràng ngay cả khi sự quét ϕ được thực hiện với 2θ giữ cố định ở khoảng 56° .

Theo các kết quả nêu trên, trong lớp CAAC-OS có sự bố trí thẳng hàng trục c, trong khi các hướng của các trục a và trục b là khác nhau giữa các phân tinh thể, các trục c được bố trí thẳng hàng theo hướng song song với vectơ pháp tuyến của bề mặt tạo ra hoặc vectơ pháp tuyến của bề mặt trên. Bởi vậy, mỗi lớp nguyên tử kim loại bố trí theo kiểu xếp lớp được thấy trong ảnh TEM theo mặt cắt ngang tương ứng với mặt phẳng song song với mặt phẳng a-b của tinh thể.

Cần lưu ý rằng phần tinh thể được tạo ra đồng thời với sự lắng phủ lớp CAAC-OS hoặc được tạo ra bằng cách xử lý kết tinh như xử lý nhiệt. Như nêu trên, trục c của tinh thể được bố trí thẳng hàng theo hướng song song với vectơ pháp tuyến của bề mặt tạo ra hoặc vectơ pháp tuyến của bề mặt trên. Bởi vậy, ví dụ, trong trường hợp mà hình dạng của lớp CAAC-OS bị thay đổi bằng cách khắc mòn hoặc bằng phương pháp tương tự, trục c có thể không nhất thiết song song với vectơ pháp tuyến của bề mặt tạo ra hoặc vectơ pháp tuyến của bề mặt trên của lớp CAAC-OS.

Ngoài ra, mức độ kết tinh trong lớp CAAC-OS không nhất thiết là đồng đều. Ví dụ, trong trường hợp mà sự phát triển tinh thể dẫn đến lớp CAAC-OS xuất hiện từ vùng lân cận của mặt trên của lớp này, mức độ kết tinh ở vùng lân cận của mặt trên cao hơn so với ở vùng lân cận của bề mặt tạo ra trong một số trường hợp. Ngoài ra, khi tạp chất được bổ sung vào lớp CAAC-OS, độ kết tinh trong vùng với đó tạp chất được bổ sung bị thay đổi, và mức độ kết tinh trong lớp CAAC-OS thay đổi phụ thuộc vào các vùng.

Cần lưu ý rằng khi lớp CAAC-OS có tinh thể InGaZnO_4 được phân tích bằng phương pháp ngoài mặt phẳng, đỉnh của 2θ cũng có thể được thấy ở khoảng 36° , ngoài đỉnh của 2θ ở khoảng 31° . Đỉnh của 2θ ở khoảng 36° cho thấy rằng tinh thể không có sự bố trí thẳng hàng trục c có trong một phần của lớp CAAC-OS. Tốt hơn nếu trong lớp CAAC-OS, 2θ xuất hiện ở khoảng 31° và đỉnh của 2θ không xuất hiện ở khoảng 36° .

Trong tranzito sử dụng lớp CAAC-OS, sự thay đổi các đặc tính điện do bức xạ bằng ánh sáng nhìn thấy hoặc ánh sáng tử ngoại là nhỏ. Bởi vậy, tranzito này có độ tin cậy cao.

<1-6. Mật độ mức cục bộ hóa>

Bằng cách giảm mật độ của mức cục bộ hóa của màng nhiều lớp 106, tranzito bao gồm màng nhiều lớp 106 có thể có đặc tính điện ổn định. Trong trường hợp này, mật độ của mức cục bộ hóa của màng nhiều lớp 106 được đo bằng phương pháp dòng quang điện không đổi (constant photocurrent method - CPM).

Để tranzito có đặc tính điện ổn định, tốt hơn nếu hệ số hấp thụ do mức cục bộ hóa của màng nhiều lớp 106 đo được bằng CPM nhỏ hơn $1 \times 10^{-3} \text{cm}^{-1}$, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn $3 \times 10^{-4} \text{cm}^{-1}$.

Mẫu thử trên đó sự đo bằng CPM được thực hiện sẽ được mô tả dưới đây.

Lớp oxit 106a được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:3:2). Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 200°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Lớp bán dẫn oxit 106b được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:1:1). Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 200°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Lớp oxit 106c được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:3:2). Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 200°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Ở đây, để cải thiện độ chính xác của sự đo bằng CPM, màng nhiều lớp 106 cần có độ dày nhất định. Cụ thể, độ dày của lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit 106c có trong màng nhiều lớp 106 được thiết lập lần lượt ở 30nm, 100nm, và 30nm.

Trong sự đo bằng CPM, lượng ánh sáng với đó bề mặt của mẫu thử giữa cực được chiếu được điều chỉnh để trị số dòng quang điện được giữ không đổi ở trạng thái trong đó điện áp được cấp giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai được bố trí tiếp xúc với màng nhiều lớp 106 mà là mẫu thử, và tiếp đó thu được hệ số hấp thụ từ lượng ánh sáng chiếu ở mỗi bước sóng. Trong sự đo bằng CPM, khi mẫu thử có khuyết tật, hệ số hấp thụ do năng lượng mà tương ứng với mức tại đó khuyết tật tồn tại (được tính từ bước sóng) được gia tăng. Sự gia tăng hệ số

hấp thụ được nhân bởi hằng số, nhờ đó có thể thu được mật độ khuyết tật của mẫu thử.

FIG.13A thể hiện kết quả điều chỉnh thích hợp hệ số hấp thụ (đường nét đứt) đo được bằng cách sử dụng quang phổ kế và hệ số hấp thụ (đường nét liền) đo được bằng CPM trong khoảng năng lượng lớn hơn hoặc bằng năng lượng vùng cấm của mỗi lớp trong màng nhiều lớp 106. Cần lưu ý rằng năng lượng Urbach thu được trên cơ sở hệ số hấp thụ đo được bằng CPM là 78,7meV. Thu được trị số nguyên của hệ số hấp thụ trong khoảng năng lượng theo cách sao cho số liệu cơ bản (đường chấm chấm) được trừ đi từ hệ số hấp thụ đo được bằng CPM trong khoảng năng lượng được thể hiện bằng đường tròn nét gạch trên FIG.13A (xem FIG.13B). Kết quả là hệ số hấp thụ do mức cục bộ hóa của mẫu thử này được thấy là $2,02 \times 10^{-4} \text{cm}^{-1}$.

Mức cục bộ hóa thu được ở đây có thể do tạp chất hoặc khuyết tật. Từ phần nêu trên, có rất ít mức cục bộ hóa do tạp chất hoặc khuyết tật trong màng nhiều lớp 106. Tức là, tranzito bao gồm màng nhiều lớp 106 có đặc tính điện ổn định.

<1-7. Thiết bị sản xuất>

Thiết bị tạo màng để tạo lớp bán dẫn oxit 106b có mức độ kết tinh cao sẽ được mô tả dưới đây.

Trước tiên, cấu trúc của thiết bị tạo màng mà cho phép ít tạp chất đi vào màng ở thời điểm tạo màng được mô tả dựa vào FIG.14 và các hình vẽ từ FIG.15A đến FIG.15C.

FIG.14 là hình chiếu từ trên xuống thể hiện sơ lược thiết bị tạo màng đa khoang một bánh 4000. Thiết bị tạo màng 4000 bao gồm khoang cấp mặt nền phía môi trường 4001 bao gồm cửa dạng hộp băng 4101 để giữ mặt nền và cửa bố trí thẳng hàng 4102 để thực hiện việc bố trí thẳng hàng mặt nền, khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường 4002 qua đó mặt nền được vận chuyển ra khỏi khoang cấp mặt nền phía môi trường 4001, khoang ngăn nạp 4003a trong đó mặt nền được đưa vào và áp suất trong khoang này được chuyển từ áp suất khí quyển sang áp suất giảm hoặc từ áp suất giảm sang áp suất khí quyển, khoang ngăn đỡ

4003b trong đó mặt nền được đưa ra và áp suất trong khoang được chuyển từ áp suất giảm sang áp suất khí quyển hoặc từ áp suất khí quyển sang áp suất giảm, khoang vận chuyển 4004 qua đó mặt nền được vận chuyển trong chân không, khoang gia nhiệt mặt nền 4005 trong đó mặt nền được gia nhiệt, và các buồng tạo màng 4006a, 4006b, và 4006c trong mỗi lớp trong đó đích được bố trí để tạo màng.

Cần lưu ý rằng các cửa dạng hộp băng 4101 có thể được bố trí như được thể hiện trên FIG.14 (trên FIG.14, ba cửa dạng hộp băng 4101 được bố trí).

Khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường 4002 được nối với khoang ngăn nạp 4003a và khoang ngăn dỡ 4003b, khoang ngăn nạp 4003a và khoang ngăn dỡ 4003b được nối với khoang vận chuyển 4004, và khoang vận chuyển 4004 được nối với khoang gia nhiệt mặt nền 4005 và các buồng tạo màng 4006a, 4006b, và 4006c.

Các van cổng 4104 được bố trí để nối các phần giữa các khoang để mỗi khoang ngoại trừ khoang cấp mặt nền phía môi trường 4001 và khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường 4002 có thể được giữ một cách độc lập trong chân không. Hơn nữa, khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường 4002 và khoang vận chuyển 4004 bao gồm robot vận chuyển 4103, với đó mặt nền kính có thể được vận chuyển.

Ngoài ra, ưu tiên là khoang gia nhiệt mặt nền 4005 cũng dùng làm khoang xử lý plasma. Trong thiết bị tạo màng 4000, có thể vận chuyển mặt nền mà không tiếp xúc với không khí giữa các bước xử lý; do đó, sự hút bám các tạp chất trên mặt nền có thể được ngăn chặn. Ngoài ra, thứ tự của bước tạo màng, xử lý nhiệt hoặc bước tương tự có thể được quyết định một cách tự do. Cần lưu ý rằng số lượng khoang vận chuyển, số lượng buồng tạo màng, số lượng khoang ngăn nạp, số lượng khoang ngăn dỡ, và số lượng khoang gia nhiệt mặt nền không chỉ giới hạn ở trên, và số lượng của chúng có thể được thiết lập nếu thích hợp phụ thuộc vào khoảng trống để bố trí hoặc điều kiện xử lý.

Tiếp theo, FIG.15A, FIG.15B, và FIG.15C lần lượt là hình vẽ mặt cắt ngang được cắt dọc theo đường gạch-chấm X1-X2, hình vẽ mặt cắt ngang được

cắt dọc theo đường gạch-chấm Y1-Y2, và hình vẽ mặt cắt ngang được cắt dọc theo đường gạch-chấm Y2-Y3, trong thiết bị tạo màng 4000 thể hiện trên FIG.14.

FIG.15A thể hiện mặt cắt ngang của khoang gia nhiệt mặt nền 4005 và khoang vận chuyển 4004, và khoang gia nhiệt mặt nền 4005 bao gồm các tầng gia nhiệt 4105 mà có thể giữ mặt nền. Cần lưu ý rằng mặc dù số lượng tầng gia nhiệt 4105 thể hiện trên FIG.15A là bảy, nhưng số lượng tầng này không chỉ giới hạn ở đó và có thể là lớn hơn hoặc bằng một và nhỏ hơn bảy hoặc lớn hơn hoặc bằng tám. Ưu tiên là gia tăng số lượng tầng gia nhiệt 4105 vì các mặt nền có thể được xử lý nhiệt ở cùng một thời điểm, dẫn đến sự gia tăng năng suất. Ngoài ra, khoang gia nhiệt mặt nền 4005 được nối với bơm chân không 4200 qua van. Dưới dạng bơm chân không 4200, bơm khô và bơm tăng áp cơ học có thể được sử dụng chẳng hạn.

Dưới dạng cơ cấu gia nhiệt mà có thể được sử dụng cho khoang gia nhiệt mặt nền 4005, bộ gia nhiệt bằng điện trở có thể được sử dụng để gia nhiệt chẳng hạn. Theo cách khác, sự dẫn nhiệt hoặc bức xạ nhiệt từ môi trường như khí được gia nhiệt có thể được sử dụng làm cơ chế gia nhiệt. Ví dụ, thiết bị ủ nhiệt nhanh (rapid thermal annealing - RTA) như thiết bị ủ nhiệt nhanh dùng khí (gas rapid thermal annealing - GRTA) hoặc thiết bị ủ nhiệt nhanh dùng đèn (lamp rapid thermal annealing - LRTA) có thể được sử dụng. Thiết bị LRTA là thiết bị để gia nhiệt đối tượng bằng bức xạ của ánh sáng (sóng điện từ) phát ra từ đèn như đèn halogen, đèn halogen kim loại, đèn hồ quang xenon, đèn hồ quang cacbon, đèn natri cao áp, hoặc đèn thủy ngân cao áp. Trong thiết bị GRTA, sự gia nhiệt được thực hiện bằng cách sử dụng khí có nhiệt độ cao. Khí trơ được sử dụng làm khí này.

Hơn nữa, khoang gia nhiệt mặt nền 4005 được nối với bộ lọc tinh 4301 qua bộ điều khiển dòng khối lượng 4300. Cần lưu ý rằng mặc dù bộ điều khiển dòng khối lượng 4300 và bộ lọc tinh 4301 có thể được bố trí cho mỗi trong số các loại khí, chỉ một bộ điều khiển dòng khối lượng 4300 và một bộ lọc tinh 4301 được bố trí để dễ hiểu. Dưới dạng khí được đưa vào khoang gia nhiệt mặt

nền 4005, khí mà điểm sương của nó là -80°C hoặc thấp hơn, tốt hơn nếu -100°C hoặc thấp hơn có thể được sử dụng; ví dụ, khí oxy, khí nitơ, và khí hiếm (ví dụ khí argon) được sử dụng.

Khoang vận chuyển 4004 bao gồm robot vận chuyển 4103. Robot vận chuyển 4103 bao gồm các phần di chuyển được và cánh tay để giữ mặt nền và có thể vận chuyển mặt nền đến mỗi khoang. Ngoài ra, khoang vận chuyển 4004 được nối với bơm chân không 4200 và bơm lạnh sâu 4201 qua các van. Với cấu trúc như vậy, sự hút khí có thể được thực hiện bằng cách sử dụng bơm chân không 4200 khi áp suất bên trong khoang vận chuyển 4004 nằm trong khoảng từ áp suất khí quyển đến chân không thấp (khoảng 0,1Pa đến vài trăm Pa) và tiếp đó, bằng cách chuyển đổi các van, sự hút khí có thể được thực hiện bằng cách sử dụng bơm lạnh sâu 4201 khi áp suất bên trong khoang vận chuyển 4004 nằm trong khoảng từ chân không trung bình đến chân không cực cao (0,1Pa đến $1 \times 10^{-7}\text{Pa}$).

Theo cách khác, hai hoặc nhiều bơm lạnh sâu 4201 có thể được nối song song với khoang vận chuyển 4004. Với cấu trúc như vậy, ngay cả khi một trong số các bơm lạnh sâu đang hoàn nguyên, sự hút khí có thể được thực hiện bằng cách sử dụng một bơm lạnh sâu khác bất kỳ. Cần lưu ý rằng sự hoàn nguyên nêu trên đề cập đến việc xử lý để xả các phân tử (hoặc nguyên tử) bị bẫy trong bơm lạnh sâu. Khi các phân tử (hoặc nguyên tử) bị bẫy quá nhiều trong bơm lạnh sâu, khả năng hút khí của bơm lạnh sâu bị giảm; do đó, sự hoàn nguyên được thực hiện một cách đều đặn.

FIG.15B thể hiện mặt cắt ngang của buồng tạo màng 4006b, khoang vận chuyển 4004, và khoang ngăn nạp 4003a.

Ở đây, các chi tiết của buồng tạo màng (khoang phun) được mô tả dựa vào FIG.15B. Buồng tạo màng 4006b được thể hiện trên FIG.15B bao gồm đích 4106, tấm bảo vệ gắn 4107, và tầng mặt nền 4108. Cần lưu ý rằng ở đây mặt nền 4109 được bố trí trên tầng mặt nền 4108. Mặc dù không được thể hiện, nhưng mặt nền 4108 có thể bao gồm cơ cấu giữ mặt nền mà giữ mặt nền 4109, bộ gia nhiệt phía sau mà gia nhiệt mặt nền 4109 từ mặt sau hoặc bộ phận tương tự.

Cần lưu ý rằng tầng mặt nền 4108 được giữ gần như thẳng đứng với sàn trong quá trình tạo màng và được giữ gần như song song với sàn khi mặt nền được phân phối. Trên FIG.15B, vị trí trong đó tầng mặt nền 4108 được giữ khi mặt nền được phân phối được biểu thị bằng đường gạch ngang. Với cấu trúc như vậy, khả năng là bụi hoặc hạt mà có thể đi vào ở thời điểm tạo màng gắn vào mặt nền 4109 có thể được ngăn chặn khi so sánh với trường hợp mà tầng mặt nền 4108 được giữ song song với sàn. Tuy nhiên, có khả năng là mặt nền 4109 rơi khi tầng mặt nền 4108 được giữ theo phương thẳng đứng (90°) với sàn; do đó, tốt hơn nếu góc của tầng mặt nền 4108 với sàn lớn hơn hoặc bằng 80° và nhỏ hơn 90° .

Tấm bảo vệ gắn 4107 có thể ngăn chặn sự lắng phủ hạt mà được phun từ đích 4106 lên vùng ở đó không cần lắng phủ. Hơn nữa, tốt hơn nếu tấm bảo vệ gắn 4107 được xử lý để ngăn không cho các hạt phun tích tụ bị tách ra. Ví dụ, việc xử lý thổi làm tăng độ thô bề mặt có thể được thực hiện, hoặc độ thô có thể được tạo ra trên bề mặt của tấm bảo vệ gắn 4107.

Buồng tạo màng 4006b được nối với bộ điều khiển dòng khối lượng 4300 qua hệ thống gia nhiệt khí 4302, và hệ thống gia nhiệt khí 4302 được nối với bộ lọc tinh 4301 qua bộ điều khiển dòng khối lượng 4300. Nhờ hệ thống gia nhiệt khí 4302, khí mà được đưa vào buồng tạo màng 4006b có thể được gia nhiệt đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 40°C và nhỏ hơn hoặc bằng 400°C , tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 50°C và nhỏ hơn hoặc bằng 200°C . Cần lưu ý rằng mặc dù hệ thống gia nhiệt khí 4302, bộ điều khiển dòng khối lượng 4300, và bộ lọc tinh 4301 có thể được bố trí cho mỗi trong số các loại khí, chỉ một hệ thống gia nhiệt khí 4302, một bộ điều khiển dòng khối lượng 4300, và một bộ lọc tinh 4301 được bố trí để dễ hiểu. Dưới dạng khí được đưa vào buồng tạo màng 4006b, khí mà điểm sương của nó là -80°C hoặc thấp hơn, tốt hơn nếu -100°C hoặc thấp hơn có thể được sử dụng; ví dụ, khí oxy, khí nitơ, và khí hiếm (ví dụ khí argon) được sử dụng.

Thiết bị phun kiểu đối diện với đích có thể được bố trí trong buồng tạo màng 4006b. Trong mỗi cấu trúc nêu trên của thiết bị phun kiểu đối diện với

đích, plasma được giới hạn giữa các đích; do đó, tổn hại plasma với mặt nền có thể được giảm. Ngoài ra, vùng tác dụng có thể được cải thiện vì góc tới của hạt phun vào mặt nền có thể được tạo ra nhỏ hơn phụ thuộc vào độ nghiêng của đích.

Cần lưu ý rằng thiết bị phun kiểu tấm song song hoặc thiết bị phun chùm ion có thể được bố trí trong buồng tạo màng 4006b.

Trong trường hợp mà bộ lọc tinh được bố trí ngay trước khi khí được đưa vào, độ dài của ống giữa bộ lọc tinh và buồng tạo màng 4006b là nhỏ hơn hoặc bằng 10m, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5m, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1m. Khi độ dài của ống nhỏ hơn hoặc bằng 10m, nhỏ hơn hoặc bằng 5m, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1m, tác dụng giải phóng khí ra khỏi ống có thể bị giảm. Dưới dạng ống dùng cho khí, ống kim loại bên trong đó được phủ bằng sắt florua, nhôm oxit, crom oxit, hoặc chất tương tự có thể được sử dụng. Với ống nêu trên, lượng khí giải phóng chứa các tạp chất được làm cho nhỏ và lượng tạp chất đi vào trong khí có thể được giảm khi so sánh với ống SUS316L-EP chẳng hạn. Ngoài ra, chi tiết nối đệm kim loại cực gọn tính năng cao (high-performance ultra-compact metal gasket - UPG) có thể được sử dụng làm chi tiết nối của ống này. Cấu trúc trong đó tất cả vật liệu của ống đều là kim loại được ưu tiên vì tác dụng của khí giải phóng tạo ra hoặc sự lọt ra bên ngoài có thể được giảm khi so sánh với cấu trúc trong đó nhựa hoặc chất tương tự được sử dụng.

Buồng tạo màng 4006b được nối với bơm phân tử tuabin 4202 và bơm chân không 4200 qua các van.

Ngoài ra, buồng tạo màng 4006b có bấy lạnh 4110.

Bấy lạnh 4110 là cơ cấu mà có thể hấp phụ phân tử (hoặc nguyên tử) có điểm nóng chảy tương đối cao, như nước. Bơm phân tử tuabin 4202 có khả năng hút ổn định phân tử kích cỡ lớn (hoặc nguyên tử), cần tần suất bảo trì thấp, và bởi vậy có năng suất cao, trong khi có khả năng hút hydro và nước thấp. Vì vậy, bấy lạnh 4110 được nối với buồng tạo màng 4006b để có khả năng hút nước hoặc chất tương tự cao. Nhiệt độ của thiết bị làm lạnh của bấy lạnh 4110 được thiết lập để nhỏ hơn hoặc bằng 100°K (-173°C), tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 80°K (-193°C). Trong trường hợp mà bấy lạnh 4110 bao gồm các thiết bị làm

lạnh, ưu tiên là thiết lập nhiệt độ của mỗi thiết bị làm lạnh ở nhiệt độ khác vì có thể thực hiện được việc hút hiệu quả. Ví dụ, nhiệt độ của thiết bị làm lạnh tầng thứ nhất có thể được thiết lập để nhỏ hơn hoặc bằng 100°K (-173°C) và nhiệt độ của thiết bị làm lạnh tầng thứ hai có thể được thiết lập để nhỏ hơn hoặc bằng 20 K (-253°C).

Cần lưu ý rằng phương pháp hút của buồng tạo màng 4006b không chỉ giới hạn ở trên, và phương pháp tương tự như trong phương pháp hút được bố trí trong khoang vận chuyển 4004 (phương pháp hút bằng cách sử dụng bơm lạnh sâu và bơm chân không) có thể được sử dụng. Đương nhiên, phương pháp hút của khoang vận chuyển 4004 có thể tương tự với phương pháp hút của buồng tạo màng 4006b (phương pháp hút sử dụng bơm phân tử tuabin và bơm chân không).

Cần lưu ý rằng trong mỗi khoang vận chuyển 4004 nêu trên, khoang gia nhiệt mặt nền 4005, và buồng tạo màng 4006b, tốt hơn nếu áp suất ngược (áp suất tổng thể) và áp suất riêng phần của mỗi phân tử khí (nguyên tử) được thiết lập như sau. Cụ thể, áp suất ngược và áp suất riêng phần của mỗi phân tử khí (nguyên tử) trong buồng tạo màng 4006b cần được lưu ý vì các tạp chất có thể đi vào màng được tạo ra.

Trong mỗi khoang nêu trên, áp suất ngược (áp suất tổng thể) là nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-4}\text{Pa}$, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-5}\text{Pa}$, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-5}\text{ Pa}$. Trong mỗi khoang nêu trên, áp suất riêng phần của phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 18 là nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-5}\text{Pa}$, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-5}\text{Pa}$, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-6}\text{Pa}$. Hơn nữa, trong mỗi khoang nêu trên, áp suất riêng phần của phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 28 là nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-5}\text{Pa}$, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-5}\text{Pa}$, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-6}\text{Pa}$. Ngoài ra, trong mỗi khoang nêu trên, áp suất riêng phần của phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 44 là nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-5}\text{Pa}$, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-5}\text{Pa}$, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-6}\text{Pa}$.

Cần lưu ý rằng áp suất tổng thể và áp suất riêng phần trong khoang chân không có thể được đo bằng cách sử dụng thiết bị phân tích khối lượng. Ví dụ, Qulee CGM-051, thiết bị phân tích khối lượng bốn cực (cũng được gọi là Q-mass) sản xuất bởi ULVAC, Inc. có thể được sử dụng.

Hơn nữa, tốt hơn nếu khoang vận chuyển 4004, khoang gia nhiệt mặt nền 4005, và buồng tạo màng 4006b nêu trên có lượng rò rỉ bên ngoài hoặc rò rỉ bên trong nhỏ.

Ví dụ, trong mỗi khoang vận chuyển 4004, khoang gia nhiệt mặt nền 4005, và buồng tạo màng 4006b nêu trên, tốc độ rò rỉ là nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$. Tốc độ rò rỉ của phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 18 là nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-7} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-8} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$. Tốc độ rò rỉ của phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 28 là nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$. Tốc độ rò rỉ của phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 44 là nhỏ hơn hoặc bằng $3 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$.

Cần lưu ý rằng tốc độ rò rỉ có thể thu được từ áp suất tổng thể và áp suất riêng phần đo được bằng cách sử dụng thiết bị phân tích khối lượng.

Tốc độ rò rỉ phụ thuộc vào sự rò rỉ bên ngoài và sự rò rỉ bên trong. Sự rò rỉ bên ngoài đề cập đến sự đi vào của khí từ bên ngoài hệ thống chân không qua lỗ nhỏ, khuyết tật bịt kín, hoặc lỗ tương tự. Sự rò rỉ bên trong là do rò rỉ qua phần phân chia, như van, trong hệ thống chân không hoặc do khí xả ra từ chi tiết bên trong. Các biện pháp cần được thực hiện đối với cả sự rò rỉ bên ngoài lẫn sự rò rỉ bên trong để tốc độ rò rỉ được thiết lập để nhỏ hơn hoặc bằng trị số nêu trên.

Ví dụ, phần mở/đóng của buồng tạo màng 4006b có thể được bịt kín bằng đệm kim loại. Với đệm kim loại này, tốt hơn nếu kim loại được phủ bằng sắt florua, nhôm oxit, hoặc crom oxit được sử dụng. Đệm kim loại có độ bám dính cao hơn so với vòng chữ O, và có thể giảm sự rò rỉ bên ngoài. Ngoài ra, với việc

sử dụng được phủ bằng sắt florua, nhôm oxit, crom oxit, hoặc chất tương tự, mà ở trạng thái thụ động, sự giải phóng khí chứa các tạp chất ra khỏi đệm kim loại được ngăn chặn, vì vậy sự rò rỉ bên trong có thể được giảm.

Đối với chi tiết của thiết bị tạo màng 4000, nhôm, crom, titan, ziricon, niken, hoặc vanadi, mà giải phóng lượng khí chứa các tạp chất nhỏ hơn được sử dụng. Theo cách khác, đối với chi tiết nêu trên, hợp kim chứa sắt, crom, niken, và chất tương tự được phủ bằng chất nêu trên có thể được sử dụng. Hợp kim chứa sắt, crom, niken, và chất tương tự là cứng, chịu nhiệt, và thích hợp để xử lý. Ở đây, khi độ không đồng đều bề mặt của chi tiết bị giảm do việc đánh bóng hoặc việc tương tự để làm giảm diện tích bề mặt, sự giải phóng khí có thể được giảm.

Theo cách khác, chi tiết nêu trên của thiết bị tạo màng 4000 có thể được phủ bằng sắt florua, nhôm oxit, crom oxit, hoặc chất tương tự.

Tốt hơn nếu chi tiết của thiết bị tạo màng 4000 được tạo ra chỉ bằng kim loại càng nhiều càng tốt. Ví dụ, trong trường hợp mà cửa quan sát được làm bằng thạch anh hoặc vật liệu tương tự được đề xuất, ưu tiên là bề mặt của cửa quan sát được phủ mỏng bằng sắt florua, nhôm oxit, crom oxit, hoặc chất tương tự để ngăn chặn sự giải phóng khí.

Khi chất hấp phụ có trong buồng tạo màng, chất hấp phụ này không ảnh hưởng đến áp suất trong buồng tạo màng vì nó được hấp phụ ở thành trong hoặc nơi tương tự; tuy nhiên, chất hấp phụ làm cho khí được giải phóng khi bên trong buồng tạo màng được hút khí. Do đó, mặc dù không có quan hệ giữa tốc độ rò rỉ và tốc độ hút, điều quan trọng là chất hấp phụ có trong buồng tạo màng được giải hấp càng nhiều càng tốt và sự hút khí được thực hiện trước bằng cách sử dụng bơm có khả năng hút khí cao. Cần lưu ý rằng buồng tạo màng có thể được nung để thúc đẩy sự giải hấp chất hấp phụ. Bằng cách nung, tốc độ giải hấp của chất hấp phụ có thể được gia tăng khoảng mười lần. Việc nung có thể được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100°C đến 450°C. Tại thời điểm này, khi chất hấp phụ được loại bỏ trong khi khí trơ được đưa vào buồng tạo màng, tốc độ giải hấp của nước hoặc chất tương tự, mà khó được giải hấp chỉ bằng cách hút, có thể còn được gia tăng. Cần lưu ý rằng khi khí trơ mà được đưa vào được gia

hiệt đến gần bằng nhiệt độ nung của buồng tạo màng, tốc độ giải hấp của chất hấp phụ có thể còn được gia tăng. Ở đây, tốt hơn nếu khí hiếm được sử dụng làm khí trơ. Phụ thuộc vào loại màng cần được tạo ra, oxy hoặc chất tương tự có thể được sử dụng thay cho khí trơ. Ví dụ, trong trường hợp tạo ra oxit, việc sử dụng oxy mà là thành phần chính của oxit được ưu tiên trong một số trường hợp.

Theo cách khác, tốt hơn nếu sự xử lý để hút khí bên trong buồng tạo màng được thực hiện trong một khoảng thời gian nhất định sau khi oxy được gia nhiệt, khí trơ được gia nhiệt như khí hiếm được gia nhiệt, hoặc khí tương tự được đưa vào để tăng áp suất trong buồng tạo màng. Việc đưa vào khí được gia nhiệt có thể giải hấp chất hấp phụ trong buồng tạo màng, và các tạp chất có trong buồng tạo màng có thể được giảm. Cần lưu ý rằng có thể đạt được tác dụng có lợi khi sự xử lý này được lặp lại lớn hơn hoặc bằng 2 lần và nhỏ hơn hoặc bằng 30 lần, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 5 lần và nhỏ hơn hoặc bằng 15 lần. Cụ thể, khí trơ, oxy, hoặc chất tương tự có nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 40°C và nhỏ hơn hoặc bằng 400°C, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 50°C và nhỏ hơn hoặc bằng 200°C được đưa vào buồng tạo màng, để áp suất trong đó có thể được giữ lớn hơn hoặc bằng 0,1Pa và nhỏ hơn hoặc bằng 10KPa, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 1Pa và nhỏ hơn hoặc bằng 1KPa, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 5Pa và nhỏ hơn hoặc bằng 100Pa trong khoảng thời gian từ 1 phút đến 300 phút, tốt hơn nếu từ 5 phút đến 120 phút. Sau đó, bên trong buồng tạo màng được hút khí trong khoảng thời gian từ 5 phút đến 300 phút, tốt hơn nếu từ 10 phút đến 120 phút.

Tốc độ giải hấp của chất hấp phụ có thể còn được gia tăng cũng bằng cách tạo màng giả. Ở đây, sự tạo màng giả đề cập đến sự tạo màng trên mặt nền giả bằng phương pháp phun hoặc phương pháp tương tự, trong đó màng được lắng trên mặt nền giả và thành trong của buồng tạo màng để các tạp chất trong buồng tạo màng và chất hấp phụ ở thành trong của buồng tạo màng được giữ lại trong màng. Đối với mặt nền giả, tốt hơn nếu mặt nền mà giải phóng một lượng nhỏ khí được sử dụng. Bằng cách thực hiện sự tạo màng giả, nồng độ của tạp chất trong màng mà sẽ được tạo ra sau có thể được giảm. Cần lưu ý rằng sự tạo màng giả có thể được thực hiện đồng thời với việc nung buồng tạo màng.

Tiếp theo, các chi tiết của khoang vận chuyển 4004 và khoang ngăn nạp 4003a được thể hiện trên FIG.15B và khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường 4002 và khoang cấp mặt nền phía môi trường 4001 được thể hiện trên FIG.15C được mô tả. Cần lưu ý rằng FIG.15C là hình vẽ mặt cắt ngang của khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường 4002 và khoang cấp mặt nền phía môi trường 4001.

Đối với khoang vận chuyển 4004 được thể hiện trên FIG.15B, sự mô tả khoang vận chuyển 4004 được thể hiện trên FIG.15A có thể được thực hiện.

Khoang ngăn nạp 4003a bao gồm tầng phân phối mặt nền 4111. Khi áp suất trong khoang ngăn nạp 4003a trở thành áp suất khí quyển nhờ được gia tăng từ áp suất giảm, tầng phân phối mặt nền 4111 tiếp nhận mặt nền từ robot vận chuyển 4103 bố trí trong khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường 4002. Sau đó, khoang ngăn nạp 4003a được hút khí để áp suất trong đó trở thành áp suất giảm và tiếp đó robot vận chuyển 4103 bố trí trong khoang vận chuyển 4004 tiếp nhận mặt nền từ tầng phân phối mặt nền 4111.

Ngoài ra, khoang ngăn nạp 4003a được nối với bơm chân không 4200 và bơm lạnh sâu 4201 qua các van. Đối với phương pháp để nối các hệ thống hút khí như bơm chân không 4200 và bơm lạnh sâu 4201, sự mô tả phương pháp để nối khoang vận chuyển 4004 có thể được áp dụng, và sự mô tả chúng được loại bỏ ở đây. Cần lưu ý rằng khoang ngăn đỡ 4003b được thể hiện trên FIG.14 có thể có cấu trúc tương tự với cấu trúc trong khoang ngăn nạp 4003a.

Khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường 4002 bao gồm robot vận chuyển 4103. Robot vận chuyển 4103 có thể phân phối mặt nền từ cửa dạng hộp băng 4101 đến khoang ngăn nạp 4003a hoặc phân phối mặt nền từ khoang ngăn nạp 4003a đến cửa dạng hộp băng 4101. Ngoài ra, cơ cấu để ngăn chặn sự đi vào của bụi hoặc hạt, như bộ lọc hạt trong không khí hiệu suất cao (high efficiency particulate air - HEPA), có thể được bố trí bên trên khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường 4002 và khoang cấp mặt nền phía môi trường 4001.

Khoang cấp mặt nền phía môi trường 4001 bao gồm các cửa dạng hộp băng 4101. Cửa dạng hộp băng 4101 có thể giữ các mặt nền.

Khi lớp oxit được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị tạo màng nêu trên, có thể ngăn chặn các tạp chất đi vào lớp oxit. Ngoài ra, khi màng tiếp xúc với lớp oxit được tạo ra bằng cách sử dụng thiết bị tạo màng nêu trên, có thể ngăn chặn các tạp chất đi vào lớp oxit từ màng tiếp xúc với chúng.

Tiếp theo, phương pháp tạo ra lớp CAAC-OS bằng cách sử dụng thiết bị tạo màng nêu trên được mô tả.

Nhiệt độ bề mặt của đích phun được thiết lập để nhỏ hơn hoặc bằng 100°C , tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 50°C , tốt hơn nữa nếu ở khoảng nhiệt độ trong khoảng (thường là, 25°C). Trong thiết bị phun dùng cho mặt nền lớn, đích phun lớn thường được sử dụng. Tuy nhiên, khó tạo ra đích phun đối với mặt nền lớn mà không có chỗ nối. Trên thực tế, các đích phun được bố trí để chỉ có khoảng không ít nhất có thể có giữa đó để thu được hình dạng lớn; tuy nhiên, chắc chắn khoảng không nhỏ được tạo ra. Khi nhiệt độ bề mặt của đích phun gia tăng, trong một số trường hợp, Zn hoặc chất tương tự được làm bay hơi từ khoảng không nhỏ như vậy và khoảng không này có thể được mở rộng dần. Khi khoảng không mở rộng, kim loại của tấm lót hoặc kim loại dùng để dính có thể được phun và có thể làm tăng nồng độ tạp chất. Bởi vậy, ưu tiên là đích phun được làm nguội đủ.

Cụ thể, đối với tấm lót, kim loại có độ dẫn nhiệt cao và tính tiêu tán nhiệt cao (cụ thể là Cu) được sử dụng. Đích phun có thể được làm nguội một cách hiệu quả bằng cách làm cho một lượng đủ của nước làm nguội đi qua rãnh dẫn nước mà được tạo ra trong tấm lót.

Lớp oxit được tạo ra trong môi trường khí oxy có nhiệt độ gia nhiệt mặt nền lớn hơn hoặc bằng 100°C và nhỏ hơn hoặc bằng 600°C , tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 150°C và nhỏ hơn hoặc bằng 550°C , tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 200°C và nhỏ hơn hoặc bằng 500°C . Độ dày của lớp oxit là lớn hơn hoặc bằng 1nm và nhỏ hơn hoặc bằng 40nm , tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 20nm . Khi nhiệt độ gia nhiệt mặt nền ở thời điểm tạo màng càng cao, nồng độ của tạp chất trong lớp oxit thu được càng thấp. Ngoài ra, sự di

chuyển của các hạt phun trên bề mặt lắng có thể diễn ra; do đó, sự bố trí nguyên tử trong lớp oxit được đặt ra và mật độ của chúng được gia tăng, vì vậy lớp CAAC-OS có mức độ kết tinh cao được tạo ra một cách dễ dàng. Ngoài ra, khi sự tạo màng được thực hiện trong môi trường khí oxy, tổn hại plasma được giảm và nguyên tử bổ sung như khí hiếm nguyên tử không được chứa trong lớp oxit, nhờ đó lớp CAAC-OS có mức độ kết tinh cao được tạo ra một cách dễ dàng. Cần lưu ý rằng sự tạo màng có thể được thực hiện trong môi trường khí hỗn hợp bao gồm khí oxy và khí hiếm. Trong trường hợp đó, tỷ lệ phần trăm của khí oxy được thiết lập để lớn hơn hoặc bằng 30% thể tích, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 50% thể tích, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 80% thể tích.

Cần lưu ý rằng trong trường hợp mà đích phun chứa Zn, tổn hại plasma được giảm bởi sự tạo màng trong môi trường khí oxy; bởi vậy, có thể thu được lớp oxit trong đó Zn không thể bị bay hơi.

Lớp oxit được tạo ra trong các điều kiện trong đó áp suất tạo màng được thiết lập để nhỏ hơn hoặc bằng 0,8Pa, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,4Pa, và khoảng cách giữa đích phun và mặt nền được thiết lập để nhỏ hơn hoặc bằng 100mm, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 40mm, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 25mm. Khi lớp oxit được tạo ra trong điều kiện như vậy, tần suất va chạm giữa hạt phun và hạt phun khác, phân tử khí, hoặc ion có thể được giảm. Tức là, phụ thuộc vào áp suất tạo màng, khoảng cách giữa đích phun và mặt nền được tạo ra ngắn hơn so với quãng đường di chuyển tự do trung bình của hạt phun, phân tử khí, hoặc ion, vì vậy nồng độ của tạp chất đi vào màng có thể được giảm.

Ví dụ, khi áp suất được thiết lập ở 0,4Pa và nhiệt độ được thiết lập ở 25°C (nhiệt độ tuyệt đối là 298°K), phân tử hydro (H_2) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 48,7mm, nguyên tử heli (He) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 57,9mm, phân tử nước (H_2O) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 31,3mm, phân tử metan (CH_4) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 13,2mm, nguyên tử neon (Ne) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 42,3mm, phân tử nitơ (N_2) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 23,2mm, phân tử cacbon monoxit (CO) có quãng đường di

chuyển tự do trung bình bằng 16,0mm, phân tử oxy (O_2) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 26,4mm, nguyên tử argon (Ar) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 28,3mm, phân tử cacbon dioxit (CO_2) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 10,9mm, nguyên tử krypton (Kr) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 13,4mm, và nguyên tử xenon (Xe) có quãng đường di chuyển tự do trung bình bằng 9,6mm. Cần lưu ý rằng việc tăng gấp đôi áp suất sẽ giảm một nửa quãng đường di chuyển tự do trung bình và việc tăng gấp đôi nhiệt độ tuyệt đối sẽ tăng gấp đôi quãng đường di chuyển tự do trung bình.

Quãng đường di chuyển tự do trung bình phụ thuộc vào áp suất, nhiệt độ, và đường kính của phân tử (nguyên tử). Trong trường hợp mà áp suất và nhiệt độ là không đổi, khi đường kính của phân tử (nguyên tử) càng lớn thì quãng đường di chuyển tự do trung bình càng ngắn. Cần lưu ý rằng đường kính của các phân tử (nguyên tử) là như sau: H_2 : 0,218nm; He: 0,200nm; H_2O : 0,272nm; CH_4 : 0,419nm; Ne: 0,234nm; N_2 : 0,316nm; CO: 0,380nm; O_2 : 0,296nm; Ar: 0,286nm; CO_2 : 0,460nm; Kr: 0,415nm; và Xe: 0,491nm.

Bởi vậy, khi đường kính của phân tử (nguyên tử) càng lớn, quãng đường di chuyển tự do trung bình càng ngắn và mức độ kết tinh bị giảm do đường kính lớn của phân tử (nguyên tử) khi phân tử (nguyên tử) đi vào màng. Vì lý do này, có thể nói rằng, ví dụ, phân tử (nguyên tử) mà đường kính của nó lớn hơn so với của Ar có thể xem là tạp chất.

Tiếp theo, sự xử lý nhiệt được thực hiện. Sự xử lý nhiệt được thực hiện ở áp suất giảm hoặc trong môi trường khí trơ hoặc môi trường khí oxy hóa. Bằng cách xử lý nhiệt, nồng độ của tạp chất trong lớp CAAC-OS có thể được giảm.

Tốt hơn nếu sự xử lý nhiệt được thực hiện theo cách sao cho sau khi sự xử lý nhiệt được thực hiện ở áp suất giảm hoặc trong môi trường khí trơ, môi trường được chuyển sang môi trường oxy hóa có nhiệt độ được duy trì và sự xử lý nhiệt được thực hiện thêm. Khi sự xử lý nhiệt được thực hiện ở áp suất giảm hoặc trong môi trường khí trơ, nồng độ của tạp chất trong lớp CAAC-OS có thể được

giảm; tuy nhiên đồng thời các chỗ trống oxy được tạo ra. Bằng cách xử lý nhiệt trong môi trường oxy hóa, các chỗ trống oxy tạo ra có thể được giảm.

Khi sự xử lý nhiệt được thực hiện trên lớp CAAC-OS ngoài việc gia nhiệt mặt nền ở thời điểm tạo màng, nồng độ của tạp chất trong màng có thể được giảm.

Cụ thể, nồng độ của hydro trong lớp CAAC-OS, mà được đo bằng phương pháp đo phổ khối ion thứ cấp (secondary ion mass spectrometry - SIMS), có thể được thiết lập để nhỏ hơn hoặc bằng 2×10^{20} nguyên tử/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{19} nguyên tử/cm³, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{19} nguyên tử/cm³, ngoài ra tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{18} nguyên tử/cm³.

Nồng độ của nitơ trong lớp CAAC-OS, mà được đo bằng SIMS, có thể được thiết lập để nhỏ hơn 5×10^{19} nguyên tử/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{18} nguyên tử/cm³, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{18} nguyên tử/cm³, ngoài ra tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{17} nguyên tử/cm³.

Nồng độ của cacbon trong lớp CAAC-OS, mà được đo bằng SIMS, có thể được thiết lập để nhỏ hơn 5×10^{19} nguyên tử/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{18} nguyên tử/cm³, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{18} nguyên tử/cm³, ngoài ra tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{17} nguyên tử/cm³.

Lượng của mỗi trong số các phân tử (nguyên tử) khí sau giải phóng ra khỏi lớp CAAC-OS có thể là nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{19} /cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{18} /cm³, mà được đo bằng phương pháp phân tích phổ giải hấp nhiệt (thermal desorption spectroscopy - TDS): phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 2 (ví dụ, phân tử hydro), phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 18, phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 28, và phân tử khí (nguyên tử) có tỷ số giữa khối lượng và điện tích (m/z) bằng 44.

Phương pháp đo lượng nguyên tử oxy giải phóng, mà sẽ được mô tả sau, được đề cập đến đối với phương pháp đo lượng nguyên tử oxy giải phóng bằng cách sử dụng phương pháp phân tích TDS.

Theo cách nêu trên, lớp CAAC-OS có mức độ kết tinh cao có thể được tạo ra.

<2. Tranzito>

Tranzito bao gồm màng nhiều lớp 106 được mô tả dưới đây.

<2-1. Cấu trúc tranzito (1)>

Trong trường hợp này, tranzito cổng dưới được mô tả.

<2-1-1. Cấu trúc tranzito (1-1)>

Ở đây, tranzito cấu trúc cổng dưới tiếp xúc trên (bottom-gate top-contact – BGTC), mà là một loại tranzito cổng dưới, được mô tả dựa vào các hình vẽ từ FIG.16A đến FIG.16D.

Các hình vẽ từ FIG.16A đến FIG.16D là hình chiếu từ trên xuống và các hình vẽ mặt cắt ngang của tranzito BGTC. FIG.16A là hình chiếu từ trên xuống của tranzito. FIG.16B là hình vẽ mặt cắt ngang được cắt dọc theo đường gạch-chấm A1-A2 trên FIG.16A. FIG.16C là hình vẽ mặt cắt ngang được cắt dọc theo đường gạch-chấm A3-A4 trên FIG.16A.

Tranzito được thể hiện trên FIG.16B bao gồm điện cực cổng 104 trên mặt nền 100; màng cách điện cổng 112 trên điện cực cổng 104; màng nhiều lớp 106 bao gồm lớp oxit 106a trên màng cách điện cổng 112, lớp bán dẫn oxit 106b trên lớp oxit 106a, và lớp oxit 106c trên lớp bán dẫn oxit 106b; điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b trên màng cách điện cổng 112 và màng nhiều lớp 106; và màng cách điện bảo vệ 118 trên màng nhiều lớp 106, điện cực nguồn 116a, và điện cực máng 116b.

Điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b tiếp xúc với các mép bên của lớp bán dẫn oxit 106b.

Ngoài ra, như được thể hiện trên FIG.16B, oxy được lấy đi khỏi một phần của lớp oxit 106c phụ thuộc vào loại màng dẫn sử dụng cho điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b vì vậy vùng nguồn 106d và vùng máng 106e được tạo ra trong lớp oxit 106c.

Trên FIG.16A, khoảng cách giữa điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b trong vùng màng nhiều lớp 106 xếp chồng với điện cực cổng 104 được gọi

là độ dài rãnh. Cần lưu ý rằng trong trường hợp mà tranzito bao gồm vùng nguồn 106d và vùng máng 106e, khoảng cách giữa vùng nguồn 106d và vùng máng 106e trong vùng xếp chồng với điện cực cổng 104 có thể được gọi là độ dài rãnh.

Cần lưu ý rằng vùng tạo rãnh đề cập đến vùng mà xếp chồng với điện cực cổng 104 và được bố trí giữa điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b khi nhìn từ bên trên trong màng nhiều lớp 106 (xem FIG.16B). Ngoài ra, vùng rãnh đề cập đến vùng qua đó dòng chủ yếu di chuyển trong vùng tạo rãnh. Ở đây, vùng rãnh đề cập đến một phần của lớp bán dẫn oxit 106b trong vùng tạo rãnh.

Màng nhiều lớp 106, và lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit 106c trong màng nhiều lớp 106 sẽ được mô tả dưới đây. Cần lưu ý rằng sự mô tả trong phần khác có thể được đề cập đến đối với màng nhiều lớp 106.

Lớp oxit 106a chứa một hoặc nhiều nguyên tố khác với oxy chứa trong lớp bán dẫn oxit 106b. Ngoài ra, năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp oxit 106a gần với mức chân không hơn so với năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp bán dẫn oxit 106b bằng 0,05eV hoặc lớn hơn, 0,07eV hoặc lớn hơn, 0,1eV hoặc lớn hơn, hoặc 0,15eV hoặc lớn hơn và 2eV hoặc nhỏ hơn, 1eV hoặc nhỏ hơn, 0,5eV hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,4eV hoặc nhỏ hơn. Cần lưu ý rằng, tốt hơn nếu lớp bán dẫn oxit 106b chứa ít nhất là indi vì độ linh động phân tử mang có thể được gia tăng. Khi điện trường được áp dụng với điện cực cổng 104 tại thời điểm này, rãnh được tạo ra trong lớp bán dẫn oxit 106b của màng nhiều lớp 106, năng lượng của nó ở đáy của vùng dẫn là thấp. Tức là, lớp oxit 106a được tạo ra giữa lớp bán dẫn oxit 106b và màng cách điện cổng 112, nhờ đó rãnh của tranzito có thể được tạo ra trong lớp bán dẫn oxit 106b mà không tiếp xúc với màng cách điện cổng 112. Ngoài ra, vì lớp oxit 106a chứa một hoặc nhiều nguyên tố khác với oxy chứa trong lớp bán dẫn oxit 106b, nên sự tán xạ mặt phân cách không thể xảy ra ở mặt phân cách giữa lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106a. Bởi vậy, tranzito có thể có độ linh động hiệu ứng trường cao vì sự di chuyển của các phân tử mang không bị cản trở ở mặt phân cách.

Lớp oxit 106a có thể chứa, ví dụ, nhôm, silic, titan, gali, germani, ytri, ziricon, thiếc, lantan, xeri, hoặc hafni với tỷ số nguyên tử cao hơn so với lớp bán

dẫn oxit 106b. Cụ thể, lượng của nguyên tố bất kỳ trong các nguyên tố nêu trên trong lớp oxit 106a theo tỷ số nguyên tử bằng 1,5 lần hoặc lớn hơn, tốt hơn nếu bằng 2 lần hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa nếu bằng 3 lần hoặc lớn hơn so với trong lớp bán dẫn oxit 106b theo tỷ số nguyên tử. Nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố nêu trên được liên kết chắc với oxy và bởi vậy có chức năng ngăn chặn việc tạo ra chỗ trống oxy trong lớp oxit 106a. Tức là, chỗ trống oxy không thể được tạo ra trong lớp oxit 106a dễ hơn so với trong lớp bán dẫn oxit 106b.

Theo cách khác, khi mỗi lớp trong số lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b là In-M-Zn oxit và lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b chứa In, M, và Zn theo tỷ số nguyên tử của $x_1: y_1: z_1$ và tỷ số nguyên tử của $x_2: y_2: z_2$, thì y_1/x_1 cần lớn hơn y_2/x_2 . Cần lưu ý rằng nguyên tố M là nguyên tố kim loại mà độ bền liên kết của nó với oxy là lớn hơn so với của In, và Al, Ti, Ga, Y, Zr, Sn, La, Ce, Nd, và Hf có thể được đưa ra làm ví dụ. Tốt hơn nếu lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b trong đó y_1/x_1 bằng 1,5 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Tốt hơn nữa nếu lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b trong đó y_1/x_1 bằng 2 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Ngoài ra tốt hơn nếu lớp oxit 106a và lớp bán dẫn oxit 106b trong đó y_1/x_1 bằng 3 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Trong lớp bán dẫn oxit 106b tại thời điểm này, y_1 lớn hơn hoặc bằng x_1 vì tranzito có thể có đặc tính điện ổn định. Tuy nhiên, khi y_1 bằng 3 lần hoặc lớn hơn 3 lần x_1 , độ linh động hiệu ứng trường của tranzito được giảm; do vậy, tốt hơn nếu y_1 bằng x_1 hoặc nhỏ hơn 3 lần x_1 .

Độ dày của lớp oxit 106a là lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 100nm, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 50nm. Độ dày của lớp bán dẫn oxit 106b là lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 200nm, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 100nm, tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 50nm.

Lớp oxit 106c chứa một hoặc nhiều nguyên tố khác với oxy chứa trong lớp bán dẫn oxit 106b. Ngoài ra, năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp oxit 106c gần với mức chân không hơn so với năng lượng ở đáy của vùng dẫn của lớp bán dẫn oxit 106b bằng 0,05eV hoặc lớn hơn, 0,07eV hoặc lớn hơn, 0,1eV hoặc lớn

hơn, hoặc 0,15eV hoặc lớn hơn và 2eV hoặc nhỏ hơn, 1eV hoặc nhỏ hơn, 0,5eV hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,4eV hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, vì lớp oxit 106c chứa một hoặc nhiều nguyên tố khác với oxy chứa trong lớp bán dẫn oxit 106b, mức phân cách không thể được tạo ra ở mặt phân cách giữa lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c. Khi mặt phân cách có mức phân cách, trong một số trường hợp, tranzito thứ hai trong đó mặt phân cách dùng làm rãnh và mà có điện áp ngưỡng khác được tạo ra; do vậy, điện áp ngưỡng biểu kiến của tranzito bị thay đổi. Bởi vậy, với lớp oxit 106c, sự thay đổi các đặc tính điện của tranzito, như điện áp ngưỡng, có thể được giảm.

Lớp oxit 106c có thể chứa, ví dụ, nhôm, silic, titan, gali, germani, ytri, ziricon, thiếc, lantan, xeri, hoặc hafni với tỷ số nguyên tử cao hơn so với lớp bán dẫn oxit 106b. Cụ thể, lượng của nguyên tố bất kỳ trong các nguyên tố nêu trên trong lớp oxit 106c theo tỷ số nguyên tử bằng 1,5 lần hoặc lớn hơn, tốt hơn nếu bằng 2 lần hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa nếu bằng 3 lần hoặc lớn hơn so với trong lớp bán dẫn oxit 106b theo tỷ số nguyên tử. Nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố nêu trên được liên kết chắc với oxy và bởi vậy có chức năng ngăn chặn tạo ra chỗ trống oxy trong lớp oxit 106c. Tức là, chỗ trống oxy không thể được tạo ra trong lớp oxit 106c nhiều hơn so với trong lớp bán dẫn oxit 106b.

Theo cách khác, khi mỗi lớp trong số lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c là In-M-Zn oxit và lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c chứa In, M, và Zn theo tỷ số nguyên tử của $x_2: y_2: z_2$ và tỷ số nguyên tử của $x_3: y_3: z_3$, thì y_3/x_3 cần lớn hơn so với y_2/x_2 . Cần lưu ý rằng nguyên tố M là nguyên tố kim loại mà độ bền liên kết của nó với oxy là lớn hơn so với của In, và Al, Ti, Ga, Y, Zr, Sn, La, Ce, Nd, và Hf có thể được đưa ra làm ví dụ. Tốt hơn nếu lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c trong đó y_3/x_3 bằng 1,5 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Tốt hơn nữa nếu lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c trong đó y_3/x_3 bằng 2 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Ngoài ra tốt hơn nếu lớp bán dẫn oxit 106b và lớp oxit 106c trong đó y_3/x_3 bằng 3 lần hoặc lớn hơn so với y_2/x_2 được chọn. Trong lớp bán dẫn oxit 106b tại thời điểm này, y_2 lớn hơn hoặc bằng x_2 vì tranzito có thể có đặc tính điện ổn định. Tuy nhiên, khi y_2 bằng 3 lần hoặc

lớn hơn 3 lần x_2 , độ linh động hiệu ứng trường của tranzito được giảm; do vậy, tốt hơn nếu y_2 bằng x_2 hoặc nhỏ hơn 3 lần x_2 .

Độ dày của lớp oxit 106c là lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 100nm, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 3nm và nhỏ hơn hoặc bằng 50nm.

Cần lưu ý rằng mỗi lớp trong số lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit 106c có cấu trúc tinh thể hoặc cấu trúc trong đó không có phần tinh thể trong có thể được thấy trong ảnh TEM. Tốt hơn nếu lớp oxit 106a có cấu trúc trong đó không có phần tinh thể trong có thể được thấy trong ảnh TEM, lớp bán dẫn oxit 106b có cấu trúc tinh thể, và lớp oxit 106c có cấu trúc tinh thể hoặc cấu trúc trong đó không có phần tinh thể trong có thể được thấy trong ảnh TEM. Vì lớp bán dẫn oxit 106b trong đó rãnh được tạo ra có cấu trúc tinh thể, nên tranzito có thể có đặc tính điện ổn định.

Các cấu trúc khác của tranzito được mô tả dưới đây.

Không có giới hạn cụ thể về mặt nền 100. Ví dụ, mặt nền kính, mặt nền gốm, mặt nền thạch anh, hoặc mặt nền saphia có thể được sử dụng làm mặt nền 100. Theo cách khác, mặt nền bán dẫn đơn tinh thể hoặc mặt nền bán dẫn đa tinh thể được làm bằng silic, silic cacbua, hoặc chất tương tự, mặt nền bán dẫn hỗn hợp được làm bằng silic germani hoặc chất tương tự, mặt nền silic trên chất cách ly (silic-on-insulator – SOI), hoặc mặt nền tương tự có thể được sử dụng làm mặt nền 100. Vẫn theo cách khác, mặt nền bất kỳ trong số các mặt nền này có chi tiết bán dẫn có thể được sử dụng làm mặt nền 100.

Trong trường hợp sử dụng mặt nền kính lớn như thế hệ thứ năm (1000mm x 1200mm hoặc 1300mm x 1500mm); thế hệ thứ sáu (1500mm x 1800mm); thế hệ thứ bảy (1870mm x 2200mm); thế hệ thứ tám (2200mm x 2500mm); thế hệ thứ chín (2400mm x 2800mm); hoặc thế hệ thứ mười (2880mm x 3130mm) dưới dạng mặt nền 100, sự vi sản xuất đôi khi khó khăn do sự co mặt nền 100 mà gây ra bởi việc xử lý nhiệt hoặc việc xử lý tương tự trong quy trình sản xuất thiết bị bán dẫn. Do đó, trong trường hợp mặt nền kính lớn được sử dụng làm mặt nền 100, tốt hơn nếu mặt nền mà không thể co do sự xử lý nhiệt được sử dụng. Ví dụ, dưới dạng mặt nền 100, có thể sử dụng mặt nền kính lớn trong đó mức co sau khi

sự xử lý nhiệt trong một giờ ở 400°C, tốt hơn nếu 450°C, tốt hơn nữa nếu 500°C là nhỏ hơn hoặc bằng 10ppm, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5ppm, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 3ppm.

Ngoài ra theo cách khác, mặt nền mềm có thể được sử dụng làm mặt nền 100. Dưới dạng phương pháp bố trí tranzito trên mặt nền mềm, cũng có phương pháp trong đó tranzito được tạo ra trên mặt nền không mềm, và tiếp đó tranzito được tách khỏi mặt nền không mềm và chuyển đến mặt nền 100 mà là mặt nền mềm. Trong trường hợp đó, tốt hơn nếu lớp tách được bố trí giữa mặt nền không mềm và tranzito.

Điện cực cổng 104 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một lớp hoặc lớp xếp chồng của màng dẫn chứa một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhôm, titan, crom, coban, niken, đồng, ytri, ziricon, molipden, ruteni, bạc, tantan, và vonfram.

Cần lưu ý rằng điện cực cổng 104 được bố trí sao cho mép của màng nhiều lớp 106 được bố trí ở phía trong hơn so với mép của điện cực cổng 104 như được thể hiện trên FIG.16A. Bằng cách bố trí điện cực cổng 104 ở vị trí như vậy, khi sự chiếu ánh sáng được thực hiện từ phía mặt nền 100, sự tạo ra các phân tử mang trong màng nhiều lớp 106 do ánh sáng có thể được ngăn chặn. Cần lưu ý rằng mép của màng nhiều lớp 106 có thể được bố trí ở phía ngoài hơn so với mép của điện cực cổng 104.

Màng cách điện cổng 112 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một lớp hoặc lớp xếp chồng của màng cách điện chứa một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhôm oxit, magie oxit, silic oxit, silic oxynitrua, silic nitrua oxit, silic nitrua, gali oxit, germani oxit, ytri oxit, ziricon oxit, lantan oxit, neodymi oxit, hafni oxit, và tantan oxit.

Màng cách điện cổng 112 có thể là, ví dụ, màng nhiều lớp bao gồm lớp silic nitrua dưới dạng lớp thứ nhất và lớp silic oxit dưới dạng lớp thứ hai. Trong trường hợp đó, lớp silic oxit có thể là lớp silic oxynitrua. Ngoài ra, lớp silic nitrua có thể là lớp silic nitrua oxit. Dưới dạng lớp silic oxit, tốt hơn nếu lớp silic oxit mà mật độ khuyết tật của nó là thấp được sử dụng. Cụ thể, lớp silic oxit mà

mật độ spin của nó do tín hiệu có hệ số g bằng 2,001 trong cộng hưởng spin điện tử (electron spin resonance - ESR) là nhỏ hơn hoặc bằng 3×10^{17} spin/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{16} spin/cm³ được sử dụng. Dưới dạng lớp silic oxit, tốt hơn nếu lớp silic oxit có oxy dư được sử dụng. Dưới dạng lớp silic nitrua, lớp silic nitrua từ đó hydro và amoniac ít có thể được giải phóng được sử dụng. Lượng xả hydro hoặc amoniac có thể được đo bằng phương pháp đo giải hấp nhiệt (thermal desorption spectroscopy - TDS).

Điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một lớp hoặc lớp xếp chồng của màng dẫn chứa một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhôm, titan, crom, coban, niken, đồng, ytri, ziricon, molipden, ruteni, bạc, tantan, và vonfram. Cần lưu ý rằng điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b có thể có thành phần giống nhau hoặc khác nhau.

Màng cách điện bảo vệ 118 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một lớp hoặc lớp xếp chồng của màng cách điện chứa một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhôm oxit, magie oxit, silic oxit, silic oxynitrua, silic nitrua oxit, silic nitrua, gali oxit, germani oxit, ytri oxit, ziricon oxit, lantan oxit, neodymi oxit, hafni oxit, và tantan oxit.

Màng cách điện bảo vệ 118 có thể là, ví dụ, màng nhiều lớp bao gồm lớp silic oxit dưới dạng lớp thứ nhất và lớp silic nitrua dưới dạng lớp thứ hai. Trong trường hợp đó, lớp silic oxit có thể là lớp silic oxynitrua. Ngoài ra, lớp silic nitrua có thể là lớp silic nitrua oxit. Dưới dạng lớp silic oxit, tốt hơn nếu lớp silic oxit mà mật độ khuyết tật của nó là thấp được sử dụng. Cụ thể, lớp silic oxit mà mật độ spin của nó do tín hiệu có hệ số g bằng 2,001 trong ESR là nhỏ hơn hoặc bằng 3×10^{17} spin/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{16} spin/cm³ được sử dụng. Dưới dạng lớp silic nitrua, lớp silic nitrua từ đó hydro và amoniac ít có thể được giải phóng được sử dụng. Lượng xả của hydro hoặc amoniac có thể được đo bằng TDS. Ngoài ra, dưới dạng lớp silic nitrua, lớp silic nitrua mà không truyền hoặc hầu như không truyền oxy được sử dụng.

Theo cách khác, màng cách điện bảo vệ 118 có thể là, ví dụ, màng nhiều lớp bao gồm lớp silic oxit thứ nhất 118a dưới dạng lớp thứ nhất, lớp silic oxit thứ

hai 118b dưới dạng lớp thứ hai, và lớp silic nitrua 118c dưới dạng lớp thứ ba (xem FIG.16D). Trong trường hợp đó, lớp silic oxit thứ nhất 118a và/hoặc lớp silic oxit thứ hai 118b có thể là lớp silic oxynitrua. Ngoài ra, lớp silic nitrua có thể là lớp silic nitrua oxit. Dưới dạng lớp silic oxit thứ nhất 118a, tốt hơn nếu lớp silic oxit mà mật độ khuyết tật của nó là thấp được sử dụng. Cụ thể, lớp silic oxit mà mật độ spin của nó do tín hiệu có hệ số g bằng 2,001 trong ESR là nhỏ hơn hoặc bằng 3×10^{17} spin/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{16} spin/cm³ được sử dụng. Dưới dạng lớp silic oxit thứ hai 118b, lớp silic oxit có oxy dư được sử dụng. Dưới dạng lớp silic nitrua 118c, lớp silic nitrua từ đó hydro và amoniac ít có thể được giải phóng được sử dụng. Ngoài ra, dưới dạng lớp silic nitrua, lớp silic nitrua mà không truyền hoặc hầu như không truyền oxy được sử dụng.

Lớp silic oxit có oxy dư nghĩa là lớp silic oxit từ đó oxy có thể được giải phóng bằng cách xử lý nhiệt hoặc bằng cách tương tự. Màng cách điện có oxy dư nghĩa là màng cách điện từ đó oxy được giải phóng bằng cách xử lý nhiệt.

Ở đây, màng từ đó oxy được giải phóng bằng cách xử lý nhiệt có thể giải phóng oxy, lượng của nó là lớn hơn hoặc bằng 1×10^{18} nguyên tử/cm³, lớn hơn hoặc bằng 1×10^{19} nguyên tử/cm³, hoặc lớn hơn hoặc bằng 1×10^{20} nguyên tử/cm³ trong sự phân tích TDS (chuyển thành số lượng nguyên tử oxy).

Ở đây, phương pháp đo lượng oxy giải phóng bằng cách sử dụng sự phân tích TDS được mô tả dưới đây.

Tổng lượng khí giải phóng từ mẫu thử đo trong sự phân tích TDS tỷ lệ với trị số nguyên của cường độ ion của khí giải phóng. Tiếp đó, sự so sánh với mẫu thử so sánh được tiến hành, nhờ đó tổng lượng khí giải phóng có thể được tính.

Ví dụ, số lượng phân tử oxy giải phóng (NO₂) từ mẫu thử đo có thể được tính theo Công thức 1 bằng cách sử dụng kết quả TDS của bánh silic chứa hydro ở mật độ định trước, mà là mẫu thử so sánh, và kết quả TDS của mẫu thử đo. Ở đây, tất cả các khí có chỉ số khối lượng bằng 32 mà thu được trong sự phân tích TDS được giả sử có nguồn gốc từ phân tử oxy. Cần lưu ý rằng CH₃OH, mà là khí có chỉ số khối lượng bằng 32, không được tính đến vì nó không thể có mặt.

Ngoài ra, phân tử oxy bao gồm nguyên tử oxy có chỉ số khối lượng bằng 17 hoặc 18 mà là đồng vị của một nguyên tử oxy cũng không được tính đến vì tỷ lệ của phân tử như vậy trong thế giới tự nhiên là rất nhỏ.

[Công thức 1]

$$N_{O_2} = \frac{N_{H_2}}{S_{H_2}} \times S_{O_2} \times \alpha$$

Ở đây, N_{H_2} là trị số thu được bằng cách biến đổi số lượng phân tử hydro giải hấp ra khỏi mẫu thử so sánh thành mật độ. Ngoài ra, S_{H_2} là trị số nguyên của cường độ ion trong sự phân tích TDS của mẫu thử so sánh. Ở đây, trị số so sánh của mẫu thử so sánh được biểu thị dưới dạng N_{H_2}/S_{H_2} . Ngoài ra, S_{O_2} là trị số nguyên của cường độ ion trong sự phân tích TDS của mẫu thử đo, và α là hệ số tác động đến cường độ ion trong sự phân tích TDS. Tham khảo đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H6-275697 đối với các chi tiết của công thức 1. Lượng oxy giải phóng được đo bằng thiết bị đo phổ giải hấp nhiệt sản xuất bởi ESCO Ltd., EMD-WA1000S/W bằng cách sử dụng bánh silic chứa hydro nguyên tử ở nồng độ 1×10^{16} nguyên tử/cm² dưới dạng mẫu thử so sánh.

Ngoài ra, trong sự phân tích TDS, một phần của oxy được phát hiện dưới dạng nguyên tử oxy. Tỷ lệ giữa phân tử oxy và nguyên tử oxy có thể được tính từ tỷ lệ ion hóa của phân tử oxy. Vì α nêu trên bao gồm tỷ lệ ion hóa của phân tử oxy, nên số lượng nguyên tử oxy giải phóng cũng có thể được ước tính từ việc ước tính số lượng phân tử oxy giải phóng.

Ở đây, NO_2 là số lượng phân tử oxy giải phóng. Lượng oxy giải phóng biến đổi thành nguyên tử oxy là gấp hai lần số lượng phân tử oxy giải phóng.

Ngoài ra, màng từ đó oxy được giải phóng bằng cách xử lý nhiệt có thể chứa một gốc peroxit. Cụ thể, mật độ spin do gốc peroxit là lớn hơn hoặc bằng 5×10^{17} spin/cm³. Cần lưu ý rằng màng chứa gốc peroxit có thể có tín hiệu bất đối xứng có hệ số g khoảng 2,01 trong ESR.

Màng cách điện chứa oxy dư có thể là silic oxit dư oxy (SiO_X ($X > 2$)). Trong silic oxit dư oxy (SiO_X ($X > 2$)), số lượng nguyên tử oxy/thể tích đơn vị

lớn hơn gấp hai lần số lượng silic nguyên tử/thể tích đơn vị. Số lượng silic nguyên tử và số lượng nguyên tử oxy/thể tích đơn vị được đo bằng phương pháp đo phổ tán xạ ngược Rutherford (Rutherford backscattering spectrometry - RBS).

Trong trường hợp mà ít nhất một trong số màng cách điện cổng 112 và màng cách điện bảo vệ 118 là màng cách điện chứa oxy dư, các chỗ trống oxy trong lớp bán dẫn oxit 106b có thể được giảm.

Trong tranzito nêu trên, rãnh được tạo ra trong lớp bán dẫn oxit 106b của màng nhiều lớp 106; bởi vậy, tranzito có đặc tính điện ổn định và độ linh động hiệu ứng trường cao.

<2-1-2. Phương pháp sản xuất cấu trúc tranzito (1-1)>

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tranzito được mô tả dựa vào các hình vẽ FIG.17A đến FIG.17C và FIG.18A và FIG.18B.

Trước tiên, mặt nền 100 được chuẩn bị.

Tiếp theo, màng dẫn để làm điện cực cổng 104 được tạo ra. Màng dẫn để làm điện cực cổng 104 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng màng bất kỳ trong số các màng dẫn được nêu dưới dạng ví dụ về điện cực cổng 104 bằng phương pháp phun, phương pháp lắng phủ hơi hóa học (chemical vapor deposition - CVD), phương pháp epitaxy chùm phân tử (molecular beam epitaxy - MBE), phương pháp lắng phủ lớp nguyên tử (atomic layer deposition - ALD), hoặc phương pháp lắng phủ laze xung (pulsed laser deposition - PLD).

Tiếp theo, màng dẫn để làm điện cực cổng 104 được khắc mòn một phần để tạo ra điện cực cổng 104 (xem FIG.17A).

Tiếp theo, màng cách điện cổng 112 được tạo ra (xem FIG.17B). Màng cách điện cổng 112 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng màng bất kỳ trong số các màng cách điện nêu trên được nêu dưới dạng ví dụ về màng cách điện cổng 112 bằng phương pháp phun, phương pháp CVD, phương pháp MBE, phương pháp ALD, hoặc phương pháp PLD.

Tiếp theo, lớp oxit để làm lớp oxit 106a được tạo ra. Lớp oxit để làm lớp oxit 106a có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một lớp bất kỳ trong số các lớp oxit nêu trên được nêu dưới dạng ví dụ về lớp oxit 106a bằng phương pháp phun,

phương pháp CVD, phương pháp MBE, phương pháp ALD, hoặc phương pháp PLD.

Tiếp theo, lớp bán dẫn oxit để làm lớp bán dẫn oxit 106b được tạo ra. Đối với phương pháp tạo ra lớp bán dẫn oxit 106b, sự mô tả trong phần nêu trên được sử dụng.

Tiếp theo, lớp oxit để làm lớp oxit 106c được tạo ra. Lớp oxit để làm lớp oxit 106c có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một lớp bất kỳ trong số các lớp oxit nêu trên được nêu dưới dạng ví dụ về lớp oxit 106c bằng phương pháp phun, phương pháp CVD, phương pháp MBE, phương pháp ALD, hoặc phương pháp PLD.

Ưu tiên là lớp oxit để làm lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit để làm lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit để làm lớp oxit 106c được tạo ra liên tiếp mà không tiếp xúc với không khí để các tạp chất ít có thể đi vào mỗi mặt phân cách.

Tiếp theo, lớp oxit để làm lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit để làm lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit để làm lớp oxit 106c được khắc mòn một phần để tạo ra màng nhiều lớp 106 bao gồm lớp oxit 106a, lớp bán dẫn oxit 106b, và lớp oxit 106c (xem FIG.17C).

Tiếp theo, tốt hơn nếu sự xử lý nhiệt thứ nhất được thực hiện. Sự xử lý nhiệt thứ nhất có thể được thực hiện ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 250°C và nhỏ hơn hoặc bằng 650°C, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 300°C và nhỏ hơn hoặc bằng 500°C. Sự xử lý nhiệt thứ nhất được thực hiện trong môi trường khí trơ, trong môi trường chứa khí oxy hóa ở 10ppm hoặc lớn hơn, 1% hoặc lớn hơn, hoặc 10% hoặc lớn hơn, hoặc ở áp suất giảm. Theo cách khác, sự xử lý nhiệt thứ nhất có thể được thực hiện theo cách sao cho sự xử lý nhiệt được thực hiện trong môi trường khí trơ, và tiếp đó sự xử lý nhiệt khác được thực hiện trong môi trường chứa khí oxy hóa ở 10ppm hoặc lớn hơn, 1% hoặc lớn hơn, hoặc 10% hoặc lớn hơn để bù đắp cho oxy đã giải hấp. Nhờ sự xử lý nhiệt thứ nhất, độ kết tinh của lớp bán dẫn oxit 106b có thể được cải thiện, và ngoài ra, các tạp chất như hydro và nước có thể được loại ra khỏi màng cách điện cổng 112 và/hoặc màng nhiều lớp 106.

Tiếp đó, màng dẫn để làm điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b được tạo ra. Màng dẫn để làm điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một màng bất kỳ trong số các màng dẫn nêu trên được nêu dưới dạng ví dụ về điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b bằng phương pháp phun, phương pháp CVD, phương pháp MBE, phương pháp ALD, hoặc phương pháp PLD.

Tiếp theo, màng dẫn để làm điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b được khắc mòn một phần để tạo ra điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b (xem FIG.18A).

Tiếp theo, tốt hơn nếu sự xử lý nhiệt thứ hai được thực hiện. Phần mô tả về sự xử lý nhiệt thứ nhất có thể được sử dụng cho sự xử lý nhiệt thứ hai. Nhờ sự xử lý nhiệt thứ hai, các tạp chất như hydro và nước có thể được loại ra khỏi màng nhiều lớp 106. Cần lưu ý rằng nước là hợp chất chứa hydro, và bởi vậy có thể có tác dụng như tạp chất trong lớp bán dẫn oxit 106b.

Tiếp theo, màng cách điện bảo vệ 118 được tạo ra (xem FIG.18B). Màng cách điện bảo vệ 118 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng màng bất kỳ trong số các màng cách điện nêu trên được nêu dưới dạng ví dụ về màng cách điện bảo vệ 118 bằng phương pháp phun, phương pháp CVD, phương pháp MBE, phương pháp ALD, hoặc phương pháp PLD.

Ở đây, trường hợp trong đó màng cách điện bảo vệ 118 có cấu trúc ba lớp như được thể hiện trên FIG.16D được mô tả. Trước tiên, lớp silic oxit thứ nhất 118a được tạo ra. Tiếp theo, lớp silic oxit thứ hai 118b được tạo ra. Tiếp đó, tốt hơn nếu sự xử lý để bổ sung ion oxy vào lớp silic oxit thứ hai 118b được thực hiện. Sự xử lý để bổ sung ion oxy có thể được thực hiện bằng thiết bị bổ sung ion hoặc thiết bị xử lý plasma. Dưới dạng thiết bị bổ sung ion, thiết bị bổ sung ion có chức năng tách khối có thể được sử dụng. Dưới dạng vật liệu nguồn của các ion oxy, khí oxy như $^{16}\text{O}_2$ hoặc $^{18}\text{O}_2$, khí nitơ oxit, khí ozon, hoặc khí tương tự có thể được sử dụng. Tiếp đó, lớp silic nitrua 118c được tạo ra. Theo cách này, màng cách điện bảo vệ 118 có thể được tạo ra.

Tiếp theo, tốt hơn nếu sự xử lý nhiệt thứ ba được thực hiện. Phần mô tả sự xử lý nhiệt thứ nhất có thể được sử dụng cho sự xử lý nhiệt thứ ba. Nhờ sự xử lý nhiệt thứ ba, oxy dư được giải phóng ra khỏi màng cách điện cổng 112 và/hoặc màng cách điện bảo vệ 118; bởi vậy, các chỗ trống oxy trong màng nhiều lớp 106 có thể được giảm. Cần lưu ý rằng trong màng nhiều lớp 106, chỗ trống oxy thu giữ nguyên tử oxy liên kề, vì vậy chỗ trống oxy dường như di chuyển. Do đó, oxy dư có thể đến lớp bán dẫn oxit 106b qua lớp oxit 106a hoặc lớp oxit 106c.

Theo cách nêu trên, tranzito BGTC có thể được sản xuất.

Tranzito này có đặc tính điện ổn định vì các chỗ trống oxy trong lớp bán dẫn oxit 106b của màng nhiều lớp 106 được giảm.

<2-2. Cấu trúc tranzito (2)>

Trong trường hợp này, tranzito cổng trên được mô tả.

<2-2-1. Cấu trúc tranzito (2-1)>

Ở đây, tranzito cấu trúc cổng trên tiếp xúc trên (top-gate top-contact – TGTC), mà là một loại tranzito cổng trên, được mô tả dựa vào các hình vẽ từ FIG.19A đến FIG.19C.

Các hình vẽ từ FIG.19A đến FIG.19C là hình chiếu từ trên xuống và các hình vẽ mặt cắt ngang của tranzito TGTC. FIG.19A là hình chiếu từ trên xuống của tranzito. FIG.19B là hình vẽ mặt cắt ngang được cắt dọc theo đường gạch-chấm B1-B2 trên FIG.19A. FIG.19C là hình vẽ mặt cắt ngang được cắt dọc theo đường gạch-chấm B3-B4 trên FIG.19A.

Tranzito được thể hiện trên FIG.19B bao gồm màng cách điện cơ sở 202 trên mặt nền 200; màng nhiều lớp 206 bao gồm lớp oxit 206a trên màng cách điện cơ sở 202, lớp bán dẫn oxit 206b trên lớp oxit 206a, và lớp oxit 206c trên lớp bán dẫn oxit 206b; điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b trên màng cách điện cơ sở 202 và màng nhiều lớp 206; màng cách điện cổng 212 trên màng nhiều lớp 206, điện cực nguồn 216a, và điện cực máng 216b; điện cực cổng 204 trên màng cách điện cổng 212; và màng cách điện bảo vệ 218 trên màng cách điện cổng 212 và điện cực cổng 204. Lưu ý rằng tranzito không nhất thiết bao gồm màng cách điện cơ sở 202 và/hoặc màng cách điện bảo vệ 218.

Điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b tiếp xúc với các mép bên của lớp bán dẫn oxit 206b.

Ngoài ra, oxy được lấy ra khỏi một phần của lớp oxit 206c phụ thuộc vào loại màng dẫn dùng cho điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b vì vậy vùng nguồn và vùng máng được tạo ra trong lớp oxit 106c.

Trên FIG.19A, khoảng cách giữa điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b trong vùng màng nhiều lớp 206 xếp chồng với điện cực cổng 204 được gọi là độ dài rãnh. Cần lưu ý rằng trong trường hợp mà tranzito bao gồm vùng nguồn và vùng máng, khoảng cách giữa vùng nguồn và vùng máng trong vùng xếp chồng với điện cực cổng 204 có thể được gọi là độ dài rãnh.

Cần lưu ý rằng vùng tạo rãnh đề cập đến vùng mà xếp chồng với điện cực cổng 204 và được bố trí giữa điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b khi nhìn từ trên trong màng nhiều lớp 206. Ngoài ra, vùng rãnh đề cập đến vùng qua đó dòng chủ yếu di chuyển trong vùng tạo rãnh. Ở đây, vùng rãnh đề cập đến một phần của lớp bán dẫn oxit 206b trong vùng tạo rãnh.

Đối với màng nhiều lớp 206, sự mô tả màng nhiều lớp 106 được sử dụng. Cụ thể, đối với lớp oxit 206a, sự mô tả lớp oxit 106c được sử dụng; đối với lớp bán dẫn oxit 206b, sự mô tả lớp bán dẫn oxit 106b được sử dụng; và đối với lớp oxit 206c, sự mô tả lớp oxit 106a được sử dụng.

Đối với mặt nền 200, sự mô tả mặt nền 100 được sử dụng. Đối với điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b, sự mô tả điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b được sử dụng. Đối với màng cách điện cổng 212, sự mô tả màng cách điện cổng 112 được sử dụng. Đối với điện cực cổng 204, sự mô tả điện cực cổng 104 được sử dụng. Đối với màng cách điện bảo vệ 218, sự mô tả màng cách điện bảo vệ 118 được sử dụng.

Mặc dù mép của màng nhiều lớp 206 được bố trí ở phía ngoài hơn so với mép của điện cực cổng 204 trên FIG.19A, nhưng mép của màng nhiều lớp 206 có thể được bố trí ở phía trong hơn so với mép của điện cực cổng 204 để ngăn chặn sự tạo ra phần tử mang trong màng nhiều lớp 206 do ánh sáng.

Màng cách điện cơ sở 202 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một lớp hoặc lớp xếp chồng của màng cách điện chứa một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhôm oxit, magie oxit, silic oxit, silic oxynitrua, silic nitrua oxit, silic nitrua, gali oxit, germani oxit, ytri oxit, ziricon oxit, lantan oxit, neodymi oxit, hafni oxit, và tantan oxit.

Màng cách điện cơ sở 202 có thể là, ví dụ, màng nhiều lớp bao gồm lớp silic nitrua dưới dạng lớp thứ nhất và lớp silic oxit dưới dạng lớp thứ hai. Trong trường hợp đó, lớp silic oxit có thể là lớp silic oxynitrua. Ngoài ra, lớp silic nitrua có thể là lớp silic nitrua oxit. Dưới dạng lớp silic oxit, tốt hơn nếu lớp silic oxit mà mật độ khuyết tật của nó là thấp được sử dụng. Cụ thể, lớp silic oxit mà mật độ spin của nó do tín hiệu có hệ số g bằng 2,001 trong ESR là nhỏ hơn hoặc bằng 3×10^{17} spin/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{16} spin/cm³ được sử dụng. Dưới dạng lớp silic nitrua, lớp silic nitrua từ đó hydro và amoniac ít có thể được giải phóng được sử dụng. Lượng xả của hydro hoặc amoniac có thể được đo bằng TDS. Ngoài ra, dưới dạng lớp silic nitrua, lớp silic nitrua mà không truyền hoặc hầu như không truyền oxy được sử dụng.

Màng cách điện cơ sở 202 có thể là, ví dụ, màng nhiều lớp bao gồm lớp silic nitrua dưới dạng lớp thứ nhất, lớp silic oxit thứ nhất dưới dạng lớp thứ hai, và lớp silic oxit thứ hai dưới dạng lớp thứ ba. Trong trường hợp đó, lớp silic oxit thứ nhất và/hoặc lớp silic oxit thứ hai có thể là lớp silic oxynitrua. Ngoài ra, lớp silic nitrua có thể là lớp silic nitrua oxit. Dưới dạng lớp silic oxit thứ nhất, tốt hơn nếu lớp silic oxit mà mật độ khuyết tật của nó là thấp được sử dụng. Cụ thể, lớp silic oxit mà mật độ spin của nó do tín hiệu có hệ số g bằng 2,001 trong ESR là nhỏ hơn hoặc bằng 3×10^{17} spin/cm³, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5×10^{16} spin/cm³ được sử dụng. Dưới dạng lớp silic oxit thứ hai, lớp silic oxit có oxy dư được sử dụng. Dưới dạng lớp silic nitrua, lớp silic nitrua từ đó hydro và amoniac ít có thể được giải phóng được sử dụng. Ngoài ra, dưới dạng lớp silic nitrua, lớp silic nitrua mà không truyền hoặc hầu như không truyền oxy được sử dụng.

Trong trường hợp mà ít nhất một trong số màng cách điện cổng 212 và màng cách điện cơ sở 202 là màng cách điện chứa oxy dư, các chỗ trống oxy trong lớp bán dẫn oxit 206b có thể được giảm.

Trong tranzito nêu trên, rãnh được tạo ra trong lớp bán dẫn oxit 206b của màng nhiều lớp 206; bởi vậy, tranzito có đặc tính điện ổn định và độ linh động hiệu ứng trường cao.

<2-2-2. Phương pháp sản xuất cấu trúc tranzito (2-1)>

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tranzito được mô tả dựa vào các hình vẽ từ FIG.20A đến FIG.20C và FIG.21A và FIG.21B.

Thứ nhất, mặt nền 200 được chuẩn bị.

Tiếp theo, lớp oxit để làm lớp oxit 206a được tạo ra. Đối với phương pháp tạo ra lớp oxit để làm lớp oxit 206a, sự mô tả phương pháp tạo ra lớp oxit để làm lớp oxit 106c được sử dụng.

Tiếp theo, lớp bán dẫn oxit để làm lớp bán dẫn oxit 206b được tạo ra. Đối với phương pháp tạo ra lớp bán dẫn oxit để làm lớp bán dẫn oxit 206b, sự mô tả phương pháp tạo ra lớp bán dẫn oxit để làm lớp bán dẫn oxit 106b được sử dụng.

Tiếp đó, lớp oxit để làm lớp oxit 206c được tạo ra. Đối với phương pháp tạo ra lớp oxit để làm lớp oxit 206c, sự mô tả phương pháp tạo ra lớp oxit để làm lớp oxit 106a được sử dụng.

Tiếp theo, tốt hơn nếu sự xử lý nhiệt thứ nhất được thực hiện. Sự xử lý nhiệt thứ nhất có thể được thực hiện ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 250°C và nhỏ hơn hoặc bằng 650°C, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 300°C và nhỏ hơn hoặc bằng 500°C. Sự xử lý nhiệt thứ nhất được thực hiện trong môi trường khí trơ, trong môi trường chứa khí oxy hóa ở 10ppm hoặc lớn hơn, tốt hơn nếu là 1% hoặc lớn hơn, ngoài ra tốt hơn nếu là 10% hoặc lớn hơn, hoặc ở áp suất giảm. Theo cách khác, sự xử lý nhiệt thứ nhất có thể được thực hiện theo cách sao cho sự xử lý nhiệt được thực hiện trong môi trường khí trơ, và tiếp đó sự xử lý nhiệt khác được thực hiện trong môi trường chứa khí oxy hóa ở 10ppm hoặc lớn hơn, tốt hơn nếu là 1% hoặc lớn hơn, ngoài ra tốt hơn nếu là 10% hoặc lớn hơn để bù đắp cho oxy đã giải hấp. Nhờ sự xử lý nhiệt thứ nhất, độ kết tinh của lớp bán dẫn

oxit để làm lớp bán dẫn oxi 206b có thể được cải thiện, và ngoài ra, các tạp chất như hydro và nước có thể được loại ra khỏi màng cách điện cơ sở 202, lớp oxi để làm lớp oxi 206a, lớp bán dẫn oxi để làm lớp bán dẫn oxi 206b, và/hoặc lớp oxi để làm lớp oxi 206c.

Tiếp theo, lớp oxi để làm lớp oxi 206a, lớp bán dẫn oxi để làm lớp bán dẫn oxi 206b, và lớp oxi để làm lớp oxi 206c được khắc mòn một phần để tạo ra màng nhiều lớp 206 bao gồm lớp oxi 206a, lớp bán dẫn oxi 206b, và lớp oxi 206c (xem FIG.20A).

Tiếp đó, màng dẫn để làm điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b được tạo ra. Đối với phương pháp tạo ra màng dẫn để làm điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b, sự mô tả phương pháp tạo ra màng dẫn để làm điện cực nguồn 116a và điện cực máng 116b được sử dụng.

Tiếp theo, màng dẫn để làm điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b được khắc mòn một phần để tạo ra điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b (xem FIG.20B).

Tiếp theo, tốt hơn nếu sự xử lý nhiệt thứ hai được thực hiện. Phần mô tả sự xử lý nhiệt thứ nhất có thể được sử dụng cho sự xử lý nhiệt thứ hai. Nhờ sự xử lý nhiệt thứ hai, các tạp chất như hydro và nước có thể được loại ra khỏi màng nhiều lớp 206.

Tiếp theo, màng cách điện cổng 212 được tạo ra (xem FIG.20C). Đối với phương pháp tạo ra màng cách điện cổng 212, sự mô tả phương pháp tạo ra màng cách điện cổng 112 được sử dụng.

Tiếp theo, màng dẫn để làm điện cực cổng 204 được tạo ra. Đối với phương pháp tạo ra màng dẫn để làm điện cực cổng 204, sự mô tả phương pháp tạo ra màng dẫn để làm điện cực cổng 104 được sử dụng.

Tiếp theo, màng dẫn để làm điện cực cổng 204 được khắc mòn một phần để tạo ra điện cực cổng 204 (xem FIG.21A).

Tiếp theo, màng cách điện bảo vệ 218 được tạo ra (xem FIG.21B). Đối với phương pháp tạo ra màng cách điện bảo vệ 218, sự mô tả phương pháp tạo ra màng cách điện bảo vệ 118 được sử dụng.

Theo cách nêu trên, tranzito có thể được sản xuất.

Tranzito này có đặc tính điện ổn định vì các chỗ trống oxy trong lớp bán dẫn oxit 206b của màng nhiều lớp 206 được giảm.

<2-2-3. Các đặc tính điện của cấu trúc tranzito (2-1)>

Ở đây, cấu trúc tranzito TGTC được sản xuất và các đặc tính điện của chúng được đo.

Cấu trúc tranzito được mô tả dựa vào FIG.19B.

Mặt nền kính được sử dụng làm mặt nền 200.

Dưới dạng lớp oxit 206a, lớp oxit dày 5nm được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:3:2) được sử dụng. Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 200°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Dưới dạng lớp bán dẫn oxit 206b, lớp bán dẫn oxit dày 15nm được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:1:1) được sử dụng. Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 300°C hoặc 400°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Dưới dạng lớp oxit 206c, lớp oxit dày 5nm được tạo ra bằng phương pháp phun sử dụng đích In-Ga-Zn oxit (tỷ số nguyên tử của In với Ga và Zn là 1:3:2) được sử dụng. Cần lưu ý rằng khí argon (tốc độ dòng: 30sccm) và khí oxy (tốc độ dòng: 15sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 0,4Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 200°C, và công suất dòng một chiều bằng 0,5kW được áp dụng.

Dưới dạng điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b, màng vonfram dày 100nm được tạo ra bằng phương pháp phun được sử dụng.

Dưới dạng màng cách điện cổng 212, màng silic oxynitrua dày 20nm được tạo ra bằng phương pháp CVD được sử dụng. Cần lưu ý rằng khí SiH₄ (tốc độ

dòng: 1sccm) và khí N_2O (tốc độ dòng: 800sccm) được sử dụng làm khí lắng phủ, áp suất được thiết lập ở 100Pa, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 350°C, và công suất có tần số cao 60 MHz bằng 150 W được áp dụng.

Dưới dạng điện cực cổng 204, màng nhiều lớp trong đó lớp tantan nitrua dày 30nm và lớp vonfram dày 135nm, mà được tạo ra bằng phương pháp phun, được xếp chồng theo thứ tự này được sử dụng.

Theo cách nêu trên, tranzito được sản xuất.

Trước tiên, thu được các đường cong V_g - I_d của các tranzito bằng cách thực hiện đo ở 25 điểm trên mặt nền 200 và được thể hiện cùng nhau trên FIG.22A và FIG.22B. Ở đây, dòng máng I_d được đo trong các điều kiện là điện áp máng V_d là 0,1 V hoặc 3,3 V và điện áp cổng V_g nằm trong khoảng từ -4 V đến 4 V.

Cần lưu ý rằng điện áp máng đề cập đến chênh lệch điện thế giữa điện cực nguồn và điện cực máng khi điện thế của điện cực nguồn được sử dụng làm điện thế so sánh. Điện áp cổng đề cập đến chênh lệch điện thế giữa điện cực nguồn và điện cực cổng khi điện thế của điện cực nguồn được sử dụng dưới dạng điện thế so sánh. Dòng máng đề cập đến trị số của dòng di chuyển giữa điện cực nguồn và điện cực máng.

FIG.22A thể hiện các đặc tính V_g - I_d của tranzito có độ dài rãnh L bằng 0,61mm và độ rộng rãnh W bằng 1mm. FIG.22B thể hiện các đặc tính V_g - I_d của các tranzito có độ dài rãnh L bằng 1,06mm và độ rộng rãnh W bằng 1mm. Cần lưu ý rằng độ linh động hiệu ứng trường (μ_{FE}) của các tranzito với điện áp máng V_d bằng 0,1 V có thể được đọc từ thang đo ở trục bên phải của đồ thị.

FIG.22A và FIG.22B cho thấy rằng sự thay đổi đặc tính V_g - I_d của các tranzito là nhỏ.

Tiếp theo, thử nghiệm BT cổng dương và thử nghiệm BT cổng âm được thực hiện trên các tranzito.

Trong thử nghiệm BT cổng dương, nhiệt độ mặt nền được thiết lập trước tiên ở 40°C và các đặc tính V_g - I_d được đo. Tiếp đó, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 150°C, điện áp cổng V_g được thiết lập ở 3,3V, điện áp máng V_d được thiết

lập ở 0V, và các tranzito được giữ trong một giờ. Sau đó, điện áp cổng V_g được thiết lập ở 0V, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 40°C, và các đặc tính V_g -Id được đo.

Trong thử nghiệm BT cổng âm, nhiệt độ mặt nền được thiết lập trước tiên ở 40°C và các đặc tính V_g -Id được đo, và tiếp đó nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 150°C, điện áp cổng V_g được thiết lập ở -3,3 V, điện áp máng V_d được thiết lập ở 0V, và các tranzito được giữ trong một giờ. Sau đó, nhiệt độ mặt nền được thiết lập ở 40°C, điện áp cổng V_g được thiết lập ở 0V, và các đặc tính V_g -Id được đo.

FIG.23A thể hiện các kết quả của thử nghiệm BT cổng dương được thực hiện trên các tranzito. FIG.23B thể hiện kết quả của thử nghiệm BT cổng âm được thực hiện trên các tranzito. Cần lưu ý rằng trên mỗi FIG.23A và FIG.23B, các đặc tính V_g -Id trước thử nghiệm BT cổng được biểu thị bằng các đường nét liền, và các đặc tính V_g -Id sau thử nghiệm BT cổng được biểu thị bằng các đường nét đứt. Sau mỗi thử nghiệm độ tin cậy, điện áp ngưỡng của tranzito được thay đổi một chút khoảng, cụ thể, 0,5 V hoặc nhỏ hơn.

Do vậy, các kết quả nêu trên cho thấy rằng các tranzito có đặc tính điện ổn định.

<3. Sản phẩm ứng dụng>

Tranzito được mô tả trong bản mô tả này có thể được áp dụng với các thiết bị điện tử (bao gồm các máy chơi game) và các thiết bị điện khác nhau. Ví dụ về thiết bị điện tử bao gồm bộ hiển thị của tivi, màn hình, và bộ phận tương tự, thiết bị chiếu sáng, máy tính cá nhân để bàn và máy tính cá nhân xách tay, bộ xử lý văn bản, thiết bị tái tạo ảnh mà tái tạo ảnh tĩnh hoặc ảnh động được lưu giữ trong phương tiện ghi như đĩa đa năng số (digital versatile disc - DVD), đầu đọc đĩa compact xách tay, máy thu thanh, máy ghi băng, máy stereo dùng cho tai nghe, máy stereo, máy điện thoại cầm tay không dây, bộ thu phát, điện thoại di động, điện thoại trong xe, máy chơi game xách tay, máy tính, thiết bị đầu cuối thông tin xách tay, sổ điện tử, bộ đọc sách điện tử, bộ dịch điện tử, thiết bị đầu vào âm thanh, máy quay như máy quay video và máy chụp ảnh tĩnh kỹ thuật số, dao cạo

điện, và chip IC. Ví dụ về thiết bị điện bao gồm thiết bị gia nhiệt cao tần như lò vi sóng, nồi cơm điện, máy giặt điện, máy hút bụi điện, hệ thống điều hòa không khí như máy điều hòa không khí, máy rửa bát, máy sấy bát, máy sấy quần áo, máy sấy futon, thiết bị làm lạnh điện, thiết bị đông lạnh điện, thiết bị làm lạnh-đông lạnh điện, thiết bị đông lạnh để bảo quản ADN, máy đếm bức xạ, và thiết bị y tế như máy thẩm tách. Ngoài ra, ví dụ về thiết bị điện bao gồm các thiết bị báo động như thiết bị phát hiện khói, thiết bị báo động rò rỉ ga, và thiết bị báo động an toàn. Ngoài ra, các ví dụ cũng bao gồm thiết bị công nghiệp như đèn dẫn hướng, đèn giao thông, băng tải, thang máy, cầu thang tự động, robot công nghiệp, và hệ thống lưu trữ điện. Ngoài ra, các đối tượng di chuyển và đối tượng tương tự dẫn động bởi động cơ chạy dầu và động cơ điện bằng cách sử dụng điện từ bộ pin thứ cấp không chứa nước cũng được kể đến trong danh sách thiết bị điện. Ví dụ về các đối tượng di chuyển bao gồm xe điện (EV), xe điện lai (HEV) mà bao gồm cả động cơ đốt trong và động cơ điện, xe điện lai được ghép (PHEV), xe có bánh xích trong đó bánh xích được thay thế cho các bánh của các xe này, xe đạp được gắn động cơ bao gồm xe đạp được trợ giúp bởi động cơ, xe mô tô, xe lăn điện, xe dùng trong sân gôn, thuyền hoặc tàu, tàu ngầm, trực thăng, máy bay, tên lửa, vệ tinh nhân tạo, tàu thăm dò vũ trụ, tàu thăm dò hành tinh, và tàu vũ trụ. Ví dụ cụ thể về các thiết bị điện tử và thiết bị điện này được thể hiện trên các hình vẽ FIG.24, FIG.25, FIG.26A đến FIG.26C, và FIG.27A đến FIG.27C.

Cấu trúc và hoạt động của thiết bị báo động tiêu biểu là thiết bị phát hiện khói được mô tả. Trong trường hợp này, dưới dạng ví dụ về thiết bị báo động, cấu trúc của thiết bị báo cháy được mô tả dựa vào FIG.24, FIG.25, FIG.26A đến FIG.26C, và FIG.27A.

Thiết bị báo cháy trong bản mô tả này đề cập đến thiết bị bất kỳ tạo ra báo động ngay khi xuất hiện cháy, và ví dụ, thiết bị báo cháy trong nhà, hệ thống thiết bị báo cháy tự động, và thiết bị phát hiện cháy sử dụng cho hệ thống thiết bị báo cháy tự động được tính đến trong loại này.

Thiết bị báo động được thể hiện trên FIG.24 bao gồm ít nhất một máy vi tính 500. Ở đây, máy vi tính 500 được bố trí trong thiết bị báo động. Máy vi tính 500 bao gồm bộ điều khiển cổng điện 503 được nối điện với đường điện cao thế VDD, cổng điện 504 được nối điện với đường điện cao thế VDD và bộ điều khiển cổng điện 503, CPU (bổ xử lý trung tâm) 505 được nối điện với cổng điện 504, và phần cảm biến 509 được nối điện với cổng điện 504 và CPU 505. Ngoài ra, CPU 505 bao gồm phần bộ nhớ khả biến 506 và phần bộ nhớ bất khả biến 507.

CPU 505 được nối điện với đường buýt 502 qua giao diện 508. Giao diện 508 cũng như CPU 505 được nối điện với cổng điện 504. Dưới dạng tiêu chuẩn buýt của giao diện 508, buýt I²C có thể được sử dụng chẳng hạn. Bộ phận phát sáng 530 được nối điện với cổng điện 504 qua giao diện 508 được bố trí trong thiết bị báo động được mô tả trong trường hợp này.

Tốt hơn nếu bộ phận phát sáng 530 là bộ phận mà phát ra ánh sáng có độ định hướng cao, và ví dụ, bộ phận EL hữu cơ, bộ phận EL vô cơ, hoặc diot phát sáng (light-emitting diode - LED) có thể được sử dụng.

Bộ điều khiển cổng điện 503 bao gồm bộ định thời và điều khiển cổng điện 504 bằng cách sử dụng bộ định thời. Cổng điện 504 cho phép cấp hoặc dừng cấp điện từ đường điện cao thế VDD đến CPU 505, phần cảm biến 509, và giao diện 508, theo sự điều khiển bởi bộ điều khiển cổng điện 503. Ở đây, dưới dạng ví dụ về cổng điện 504, chi tiết chuyển mạch như tranzito có thể được đề cập.

Bằng cách sử dụng bộ điều khiển cổng điện 503 và cổng điện 504, điện được cấp đến phần cảm biến 509, CPU 505, và giao diện 508 trong khoảng thời gian trong đó lượng ánh sáng được đo, và sự cấp điện đến phần cảm biến 509, CPU 505, và giao diện 508 có thể được dừng trong khoảng thời gian giữa các lần đo. Thiết bị báo động hoạt động theo cách như vậy, nhờ đó có thể đạt được sự giảm mức tiêu thụ điện của thiết bị báo động khi so sánh với trường hợp mà điện được cấp liên tục đến các bộ phận nêu trên.

Trong trường hợp mà tranzito được sử dụng làm cổng điện 504, tốt hơn nếu sử dụng tranzito mà có dòng trạng thái ngắt cực thấp và được sử dụng cho phân bộ nhớ bất khả biến 507, ví dụ, tranzito chứa chất bán dẫn oxit. Bằng cách sử dụng tranzito như vậy, dòng rò có thể được giảm khi sự cấp điện được dừng bởi cổng điện 504, vì vậy có thể đạt được sự giảm mức tiêu thụ điện của thiết bị báo động.

Nguồn điện dòng một chiều 501 có thể được bố trí trong thiết bị báo động được mô tả trong trường hợp này vì vậy điện được cấp từ nguồn điện dòng một chiều 501 đến đường điện cao thế VDD. Điện cực của nguồn điện dòng một chiều 501 trên phía cao thế được nối điện với đường điện cao thế VDD, và điện cực của nguồn điện dòng một chiều 501 trên phía hạ thế được nối điện với đường điện hạ thế VSS. Đường điện hạ thế VSS được nối điện với máy vi tính 500. Ở đây, đường điện cao thế VDD được cấp với điện thế cao H. Đường điện hạ thế VSS được cấp với điện thế thấp L, ví dụ, điện thế đất (ground potential - GND).

Trong trường hợp mà pin được sử dụng làm nguồn điện dòng một chiều 501, ví dụ, vỏ pin bao gồm điện cực được nối điện với đường điện cao thế VDD, điện cực được nối điện với đường điện hạ thế VSS, và vỏ mà có thể chứa pin, được bố trí trong vỏ. Cần lưu ý rằng thiết bị báo động được mô tả trong trường hợp này không nhất thiết bao gồm nguồn điện dòng một chiều 501 và có thể có, ví dụ, cấu trúc trong đó điện được cấp từ nguồn điện dòng xoay chiều được bố trí bên ngoài thiết bị báo động nhờ dây dẫn.

Dưới dạng pin nêu trên, bộ pin thứ cấp như bộ pin thứ cấp ion lithi (cũng gọi là pin trữ điện ion lithi hoặc pin ion lithi) có thể được sử dụng. Ngoài ra, tốt hơn nếu pin mặt trời được bố trí để nạp điện cho bộ pin thứ cấp.

Phân cảm biến 509 đo đại lượng vật lý liên quan đến trạng thái khác thường và truyền trị số đo đến CPU 505. Đại lượng vật lý liên quan đến trạng thái khác thường phụ thuộc vào việc sử dụng thiết bị báo động, và trong thiết bị báo động thực hiện chức năng dưới dạng thiết bị báo cháy, đại lượng vật lý liên quan đến sự cháy được đo. Do vậy, phân cảm biến 509 đo lượng ánh sáng dưới dạng đại lượng vật lý liên quan đến sự cháy và cảm nhận khói.

Phần cảm biến 509 bao gồm cảm biến quang 511 được nối điện với cổng điện 504, bộ khuếch đại 512 được nối điện với cổng điện 504, và bộ biến đổi AD 513 được nối điện với cổng điện 504 và CPU 505. Cảm biến quang 511, bộ khuếch đại 512, và bộ biến đổi AD 513 được bố trí trong phần cảm biến 509, và bộ phận phát sáng 530 hoạt động khi cổng điện 504 cho phép cấp điện đến phần cảm biến 509.

FIG.25 thể hiện một phần mặt cắt ngang của thiết bị báo động. Trong thiết bị báo động, vùng cách điện chi tiết 203 được tạo ra trong mặt nền bán dẫn loại p 201, và tranzito rãnh n 519 bao gồm màng cách điện cổng 207, điện cực cổng 209, vùng tạp chất loại n 211a và 211b, màng cách điện 215, và màng cách điện 217 được tạo ra. Ở đây, tranzito rãnh n 519 được tạo ra bằng cách sử dụng chất bán dẫn khác với chất bán dẫn oxit, như silic đơn tinh thể, vì vậy tranzito 519 có thể hoạt động ở tốc độ đủ cao. Do vậy, phần bộ nhớ khả biến của CPU mà có thể đạt được sự truy cập tốc độ đủ cao có thể được tạo ra.

Ngoài ra, các cực tiếp điện 219a và 219b được tạo ra trong các lỗ mà được tạo ra bằng cách khắc mòn một phần các màng cách điện 215 và 217, và màng cách điện 221 có các phần rãnh được tạo ra trên màng cách điện 217 và các cực tiếp điện 219a và 219b. Các dây dẫn 223a và 223b được tạo ra trong các phần rãnh của màng cách điện 221. Màng cách điện 220 được tạo ra trên màng cách điện 221 và các dây dẫn 223a và 223b bằng phương pháp phun, phương pháp CVD, hoặc phương pháp tương tự, và màng cách điện 222 có phần rãnh được tạo ra trên màng cách điện 220. Điện cực 224 được tạo ra trong phần rãnh của màng cách điện 222. Điện cực 224 có chức năng như điện cực cổng sau của tranzito thứ hai 517. Điện cực 224 có thể điều khiển điện áp ngưỡng của tranzito thứ hai 517.

Hơn nữa, màng cách điện 225 được tạo ra trên màng cách điện 222 và điện cực 224 bằng phương pháp phun, phương pháp CVD, hoặc phương pháp tương tự.

Tranzito thứ hai 517 và bộ phận biến đổi quang điện 514 được bố trí trên màng cách điện 225. Tranzito thứ hai 517 bao gồm lớp oxit 206a, lớp bán dẫn

oxit 206b, lớp oxit 206c, điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b tiếp xúc với mặt trên của cụm gồm lớp oxit 206a, lớp bán dẫn oxit 206b, và lớp oxit 206c, màng cách điện cổng 212, điện cực cổng 204, và màng cách điện bảo vệ 218. Hơn nữa, màng cách điện 245 che phủ bộ phận biến đổi quang điện 514 và tranzito thứ hai 517, và dây dẫn 249 được tạo ra trên màng cách điện 245 để được tiếp xúc với điện cực máng 216b. Dây dẫn 249 có chức năng như nút mà nối điện cực máng 216b của tranzito thứ hai 517 với điện cực cổng 209 của tranzito rãnh n 519.

Cảm biến quang 511 bao gồm bộ phận biến đổi quang điện 514, tụ điện, tranzito thứ nhất, tranzito thứ hai 517, tranzito thứ ba, và tranzito rãnh n 519. Dưới dạng bộ phận biến đổi quang điện 514, diot quang có thể được sử dụng ở đây chẳng hạn.

Một trong số các đầu cuối của bộ phận biến đổi quang điện 514 được nối điện với đường điện hạ thế VSS, và đầu cuối kia được nối điện với một trong số điện cực nguồn và điện cực máng của tranzito thứ hai 517. Điện cực cổng của tranzito thứ hai 517 được cấp với tín hiệu điều khiển tích tụ điện tích Tx, và điện cực kia trong số điện cực nguồn và điện cực máng được nối điện với một trong số một cặp điện cực của tụ điện, một trong số điện cực nguồn và điện cực máng của tranzito thứ nhất, và điện cực cổng của tranzito rãnh n 519 (dưới đây nút được gọi là nút FD trong một số trường hợp). Điện cực kia trong cặp điện cực của tụ điện được nối điện với đường điện hạ thế VSS. Điện cực cổng của tranzito thứ nhất được cấp với tín hiệu thiết lập lại Res, và điện cực kia trong số điện cực nguồn và điện cực máng được nối điện với đường điện cao thế VDD. Một trong số điện cực nguồn và điện cực máng của tranzito rãnh n 519 được nối điện với một trong số điện cực nguồn và điện cực máng của tranzito thứ ba và bộ khuếch đại 512. Điện cực kia trong số điện cực nguồn và điện cực máng của tranzito rãnh n 519 được nối điện với đường điện cao thế VDD. Điện cực cổng của tranzito thứ ba được cấp với tín hiệu phân cực Bias, và điện cực kia trong số điện cực nguồn và điện cực máng được nối điện với đường điện hạ thế VSS.

Cần lưu ý rằng tụ điện không nhất thiết được bố trí. Ví dụ, trong trường hợp mà điện dung khí sinh của tranzito rãnh n 519 hoặc yếu tố tương tự đủ lớn, cấu trúc không có tụ điện có thể được sử dụng.

Ngoài ra, dưới dạng mỗi trong số tranzito thứ nhất và tranzito thứ hai 517, tốt hơn nếu tranzito có dòng trạng thái ngắt cực thấp được sử dụng. Dưới dạng tranzito có dòng trạng thái ngắt cực thấp, tốt hơn nếu tranzito chứa chất bán dẫn oxit được sử dụng. Với cấu trúc như vậy, điện thế của nút FD có thể được duy trì trong thời gian dài.

Trong cấu trúc trên FIG.25, bộ phận biến đổi quang điện 514 được nối điện với tranzito thứ hai 517 và được bố trí trên màng cách điện 225.

Bộ phận biến đổi quang điện 514 bao gồm lớp bán dẫn 260 trên màng cách điện 225, và điện cực nguồn 216a và điện cực 216c mà tiếp xúc với bề mặt trên của lớp bán dẫn 260. Điện cực nguồn 216a là điện cực có chức năng như điện cực nguồn hoặc điện cực máng của tranzito thứ hai 517 và nối điện bộ phận biến đổi quang điện 514 với tranzito thứ hai 517.

Trên lớp bán dẫn 260, điện cực nguồn 216a, và điện cực 216c, màng cách điện cổng 212, màng cách điện bảo vệ 218, và màng cách điện 245 được bố trí. Ngoài ra, dây dẫn 256 được tạo ra trên màng cách điện 245 và được tiếp xúc với điện cực 216c qua lỗ được bố trí trong màng cách điện cổng 212, màng cách điện bảo vệ 218, và màng cách điện 245.

Điện cực 216c có thể được tạo ra với các bước tương tự như điện cực nguồn 216a và điện cực máng 216b, và dây dẫn 256 có thể được tạo ra với các bước tương tự như dây dẫn 249.

Dưới dạng lớp bán dẫn 260, lớp bán dẫn có thể thực hiện sự biến đổi quang điện được bố trí, và ví dụ, silic hoặc germani có thể được sử dụng. Trong trường hợp sử dụng silic, lớp bán dẫn 260 có chức năng như cảm biến quang mà cảm nhận ánh sáng nhìn thấy được. Ngoài ra, có khác biệt về bước sóng của các sóng điện từ mà có thể được hấp thụ giữa silic và germani. Khi lớp bán dẫn 260 chứa germani, cảm biến mà cảm nhận tia hồng ngoại có thể được sử dụng.

Theo cách nêu trên, phần cảm biến 509 bao gồm cảm biến quang 511 có thể được kết hợp trong máy vi tính 500, vì vậy số lượng bộ phận có thể được giảm và kích cỡ của vỏ của thiết bị báo động có thể được giảm.

Trong thiết bị báo cháy bao gồm chip IC nêu trên, CPU 505 trong đó các mạch bao gồm tranzito nêu trên được kết hợp và gắn trên một chip IC được sử dụng.

FIG.26A đến FIG.26C là sơ đồ khối thể hiện một dạng cụ thể của CPU ít nhất một phần bao gồm tranzito nêu trên.

CPU được thể hiện trên FIG.26A bao gồm bộ logic số học (ALU) 1191, bộ điều khiển ALU 1192, bộ giải mã lệnh 1193, bộ điều khiển ngắt 1194, bộ điều khiển định thời 1195, bộ ghi 1196, bộ điều khiển ghi 1197, giao diện buýt 1198, ROM có thể ghi lại được 1199, và giao diện ROM 1189 trên mặt nền 1190. Mặt nền bán dẫn, mặt nền SOI, mặt nền kính, hoặc mặt nền tương tự được sử dụng làm mặt nền 1190. ROM 1199 và giao diện ROM 1189 có thể được bố trí trên chip riêng biệt. Đương nhiên, CPU trên FIG.26A chỉ là ví dụ trong đó cấu hình đã được đơn giản hóa, và CPU thực có thể có các cấu hình khác nhau phụ thuộc vào ứng dụng.

Lệnh được đưa vào CPU qua giao diện buýt 1198 được đưa vào bộ giải mã lệnh 1193 và được giải mã trong đó, và tiếp đó, đưa vào bộ điều khiển ALU 1192, bộ điều khiển ngắt 1194, bộ điều khiển ghi 1197, và bộ điều khiển định thời 1195.

Bộ điều khiển ALU 1192, bộ điều khiển ngắt 1194, bộ điều khiển ghi 1197, và bộ điều khiển định thời 1195 thực hiện các điều khiển khác nhau theo lệnh được giải mã. Cụ thể, bộ điều khiển ALU 1192 tạo ra các tín hiệu để điều khiển hoạt động của ALU 1191. Trong khi CPU thực hiện chương trình, bộ điều khiển ngắt 1194 đánh giá yêu cầu ngắt từ thiết bị vào/ra bên ngoài hoặc mạch ngoại vi trên cơ sở sự ưu tiên của nó hoặc trạng thái che, và xử lý yêu cầu. Bộ điều khiển ghi 1197 tạo ra địa chỉ của bộ ghi 1196, và đọc/ghi dữ liệu ra/vào bộ ghi 1196 theo trạng thái của CPU.

Bộ điều khiển định thời 1195 tạo ra tín hiệu để điều khiển việc định thời gian hoạt động của ALU 1191, bộ điều khiển ALU 1192, bộ giải mã lệnh 1193, bộ điều khiển ngắt 1194, và bộ điều khiển ghi 1197. Ví dụ, bộ điều khiển định thời 1195 bao gồm bộ định thời bên trong để tạo ra tín hiệu đồng hồ trong CLK2 trên cơ sở tín hiệu đồng hồ so sánh CLK1, và cấp tín hiệu đồng hồ trong CLK2 đến các mạch nêu trên.

Trong CPU được thể hiện trên FIG.26A, ngăn nhớ được bố trí trong bộ ghi 1196. Dưới dạng ngăn nhớ của bộ ghi 1196, tranzito nêu trên có thể được sử dụng.

Trong CPU được thể hiện trên FIG.26A, bộ điều khiển ghi 1197 chọn hoạt động giữ dữ liệu trong bộ ghi 1196 theo lệnh từ ALU 1191. Tức là, bộ điều khiển ghi 1197 chọn liệu dữ liệu được giữ bằng mạch lật hoặc bằng tụ điện trong ngăn nhớ có trong bộ ghi 1196. Khi việc giữ dữ liệu bằng mạch lật được chọn, điện thế bộ nguồn được cấp đến ngăn nhớ trong bộ ghi 1196. Khi việc giữ dữ liệu bằng tụ điện được chọn, dữ liệu được ghi lại trong tụ điện, và việc cấp điện thế bộ nguồn vào ngăn nhớ trong bộ ghi 1196 có thể được dừng.

Sự cấp điện có thể được dừng bằng chi tiết chuyển mạch bố trí giữa nhóm ngăn nhớ và nút mà với đó VDD điện thế bộ nguồn hoặc VSS điện thế bộ nguồn được cấp, như được thể hiện trên FIG.26B hoặc FIG.26C. Các mạch được thể hiện trên FIG.26B và FIG.26C được mô tả dưới đây.

FIG.26B và FIG.26C thể hiện ví dụ về cấu hình của mạch nhớ trong đó tranzito bất kỳ trong số tranzito nêu trên được sử dụng làm chi tiết chuyển mạch mà điều khiển việc cấp điện thế bộ nguồn đến ngăn nhớ.

Bộ nhớ được thể hiện trên FIG.26B bao gồm chi tiết chuyển mạch 1141 và nhóm ngăn nhớ 1143 gồm các ngăn nhớ 1142. Cụ thể, dưới dạng mỗi ngăn nhớ 1142, tranzito nêu trên có thể được sử dụng. Mỗi ngăn nhớ 1142 có trong nhóm ngăn nhớ 1143 được cấp với VDD điện thế bộ nguồn mức cao qua chi tiết chuyển mạch 1141. Ngoài ra, mỗi ngăn nhớ 1142 có trong nhóm ngăn nhớ 1143 được cấp với điện thế của tín hiệu IN và VSS điện thế bộ nguồn mức thấp.

Trên FIG.26B, tranzito bất kỳ trong số các tranzito nêu trên được sử dụng làm chi tiết chuyển mạch 1141, và sự chuyển mạch của tranzito được điều khiển bởi tín hiệu SigA cấp đến lớp điện cực cổng của nó.

Lưu ý rằng FIG.26B thể hiện cấu hình trong đó chi tiết chuyển mạch 1141 bao gồm chỉ một tranzito; tuy nhiên, không chỉ giới hạn ở đó, chi tiết chuyển mạch 1141 có thể bao gồm các tranzito. Trong trường hợp mà chi tiết chuyển mạch 1141 bao gồm các tranzito mà có chức năng như chi tiết chuyển mạch, các tranzito có thể được nối với nhau theo kiểu song song, kiểu nối tiếp, hoặc tổ hợp của việc nối song song và nối nối tiếp.

Mặc dù chi tiết chuyển mạch 1141 điều khiển việc cấp VDD điện thế bộ nguồn mức cao đến mỗi ngăn nhớ 1142 có trong nhóm ngăn nhớ 1143 trên FIG.26B, chi tiết chuyển mạch 1141 có thể điều khiển sự cấp VSS điện thế bộ nguồn mức thấp.

Trên FIG.26C, ví dụ về bộ nhớ trong đó mỗi ngăn nhớ 1142 có trong nhóm ngăn nhớ 1143 được cấp với VSS điện thế bộ nguồn mức thấp qua chi tiết chuyển mạch 1141 được thể hiện. Sự cấp VSS điện thế bộ nguồn mức thấp đến mỗi ngăn nhớ 1142 có trong nhóm ngăn nhớ 1143 có thể được điều khiển bởi chi tiết chuyển mạch 1141.

Khi chi tiết chuyển mạch được bố trí giữa nhóm ngăn nhớ và nút với đó VDD điện thế bộ nguồn hoặc VSS điện thế bộ nguồn được cấp, dữ liệu có thể được giữ ngay cả trong trường hợp mà hoạt động của CPU được dừng tạm thời và sự cấp điện thế bộ nguồn được dừng; do vậy, mức tiêu thụ điện có thể được giảm. Cụ thể, ví dụ, trong khi người sử dụng máy tính cá nhân không nhập dữ liệu đến bộ phận nhập dữ liệu như bàn phím, hoạt động của CPU có thể được dừng, vì vậy mức tiêu thụ điện có thể được giảm.

Mặc dù CPU được nêu dưới dạng ví dụ ở đây, nhưng tranzito cũng có thể được áp dụng với LSI như bộ xử lý tín hiệu số (digital signal processor - DSP), LSI tùy chọn, hoặc mảng cổng có thể lập trình theo trường (field programmable gate array - FPGA).

Trong máy thu hình 8000 trên FIG.27A, phần hiển thị 8002 được kết hợp trong vỏ 8001. Phần hiển thị 8002 hiển thị hình ảnh và phần loa 8003 có thể đưa ra âm thanh. Tranzito nêu trên có thể được sử dụng cho phần hiển thị 8002.

Bộ hiển thị bán dẫn như bộ hiển thị tinh thể lỏng, thiết bị phát sáng trong đó bộ phận phát sáng như bộ phận EL hữu cơ được bố trí trong mỗi điểm ảnh, bộ hiển thị điện di, thiết bị vi gương số (digital micromirror device - DMD), hoặc panen hiển thị plasma (plasma display panel - PDP) có thể được sử dụng cho phần hiển thị 8002.

Ngoài ra, máy thu hình 8000 có thể bao gồm bộ nhớ hoặc CPU 8004 để thực hiện liên lạc thông tin. Tranzito nêu trên, bộ nhớ, hoặc CPU được sử dụng cho CPU 8004 hoặc bộ nhớ, nhờ đó có thể đạt được sự giảm mức tiêu thụ điện của máy thu hình 8000.

Trên FIG.27A, thiết bị báo động 8100 là thiết bị báo cháy gia đình, mà là ví dụ về thiết bị điện bao gồm phần cảm biến và máy vi tính 8101. Lưu ý rằng máy vi tính 8101 là một ví dụ về thiết bị điện tử bao gồm CPU trong đó tranzito nêu trên được sử dụng.

Trên FIG.27A, máy điều hòa không khí bao gồm khối trong nhà 8200 và khối ngoài nhà 8204 là một ví dụ về thiết bị điện bao gồm CPU trong đó tranzito nêu trên được sử dụng. Cụ thể, khối trong nhà 8200 bao gồm vỏ 8201, cửa xả không khí 8202, CPU 8203, và bộ phận tương tự. Mặc dù CPU 8203 được bố trí trong khối trong nhà 8200 trên FIG.27A, CPU 8203 có thể được bố trí trong khối ngoài nhà 8204. Theo cách khác, CPU 8203 có thể được bố trí trong cả khối trong nhà 8200 lẫn khối ngoài nhà 8204. Bằng cách sử dụng tranzito nêu trên làm CPU trong máy điều hòa không khí, có thể đạt được sự giảm mức tiêu thụ điện của máy điều hòa không khí.

Trên FIG.27A, thiết bị làm lạnh-đông lạnh điện 8300 là một ví dụ về thiết bị điện mà có CPU chứa chất bán dẫn oxit. Cụ thể, thiết bị làm lạnh-đông lạnh điện 8300 bao gồm vỏ 8301, cửa cho thiết bị làm lạnh 8302, cửa cho thiết bị đông lạnh 8303, CPU 8304, và bộ phận tương tự. Trên FIG.27A, CPU 8304 được bố trí trong vỏ 8301. Khi tranzito nêu trên được sử dụng làm CPU 8304 của thiết

bị làm lạnh-đông lạnh điện 8300, có thể đạt được sự giảm mức tiêu thụ điện của thiết bị làm lạnh-đông lạnh điện 8300.

FIG.27B và FIG.27C thể hiện một ví dụ về xe điện mà là một ví dụ về thiết bị điện. Xe điện 9700 được trang bị bộ pin thứ cấp 9701. Đầu ra của công suất điện của bộ pin thứ cấp 9701 được điều chỉnh bằng mạch điều khiển 9702 và công suất điện được cấp đến bộ phận dẫn động 9703. Mạch điều khiển 9702 được điều khiển bằng bộ xử lý 9704 bao gồm ROM, RAM, CPU, hoặc bộ phận tương tự mà không được thể hiện. Khi tranzito nêu trên được sử dụng làm CPU trong xe điện 9700, có thể đạt được sự giảm mức tiêu thụ điện của xe điện 9700.

Bộ phận dẫn động 9703 bao gồm động cơ một chiều hoặc động cơ xoay chiều một mình hoặc kết hợp với động cơ đốt trong. Bộ xử lý 9704 đưa ra tín hiệu điều khiển đến mạch điều khiển 9702 trên cơ sở dữ liệu đưa vào như dữ liệu hoạt động (ví dụ, tăng tốc, giảm tốc, hoặc dừng) bằng bộ dẫn động hoặc dữ liệu trong quá trình dẫn động (ví dụ, dữ liệu khi nâng cấp hoặc hạ cấp, hoặc dữ liệu khi nạp lên bánh dẫn động) của xe điện 9700. Mạch điều khiển 9702 điều chỉnh điện năng được cấp từ bộ pin thứ cấp 9701 theo tín hiệu điều khiển của bộ xử lý 9704 để điều khiển công suất của bộ phận dẫn động 9703. Trong trường hợp mà động cơ xoay chiều được lắp, mặc dù không được thể hiện, bộ đảo điện mà biến đổi dòng một chiều thành dòng xoay chiều cũng được kết hợp.

Danh mục các số chỉ dẫn

100: mặt nền, 104: điện cực cổng, 106: màng nhiều lớp, 106a: lớp oxit, 106b: lớp bán dẫn oxit, 106c: lớp oxit, 106d: vùng nguồn, 106e: vùng máng, 112: màng cách điện cổng, 116a: điện cực nguồn, 116b: điện cực máng, 118: màng cách điện bảo vệ, 118a: lớp silic oxit, 118b: lớp silic oxit, 118c: lớp silic nitrua, 200: mặt nền, 201: mặt nền bán dẫn, 202: màng cách điện cơ sở, 203: vùng cách điện chi tiết, 204: điện cực cổng, 206: màng nhiều lớp, 206a: lớp oxit, 206b: lớp bán dẫn oxit, 206c: lớp oxit, 207: màng cách điện cổng, 209: điện cực cổng, 211a: vùng tạp chất, 211b: vùng tạp chất, 212: màng cách điện cổng, 215: màng cách điện, 216a: điện cực nguồn, 216b: điện cực máng, 216c: điện cực, 217: màng cách điện, 218: màng cách điện bảo vệ, 219a: cực tiếp điện, 219b:

cực tiếp điện, 220: màng cách điện, 221: màng cách điện, 222: màng cách điện, 223a: dây dẫn, 223b: dây dẫn, 224: điện cực, 225: màng cách điện, 245: màng cách điện, 249: dây dẫn, 256: dây dẫn, 260: lớp bán dẫn, 500: máy vi tính, 501: nguồn điện dòng một chiều, 502: đường buýt, 503: bộ điều khiển cổng điện, 504: cổng điện, 505: CPU, 506: phân bộ nhớ khả biến, 507: phân bộ nhớ bất khả biến, 508: giao diện, 509: phần cảm biến, 511: cảm biến quang, 512: bộ khuếch đại, 513: bộ biến đổi dòng xoay chiều, 514: bộ phận biến đổi quang điện, 517: tranzito, 519: tranzito, 530: bộ phận phát sáng, 1000: đích, 1001: ion, 1002: hạt phun, 1003: bề mặt lắng, 1141: chi tiết chuyển mạch, 1142: ngăn nhớ, 1143: nhóm ngăn nhớ, 1189: giao diện ROM, 1190: mặt nền, 1191: ALU, 1192: bộ điều khiển ALU, 1193: bộ giải mã lệnh, 1194: bộ điều khiển ngắt, 1195: bộ điều khiển định thời, 1196: bộ ghi, 1197: bộ điều khiển ghi, 1198: giao diện buýt, 1199: ROM, 4000, thiết bị tạo màng, 4001, khoang cấp mặt nền phía môi trường, 4002: khoang vận chuyển mặt nền phía môi trường, 4003a: khoang ngăn nạp, 4003b: khoang ngăn dỡ, 4004: khoang vận chuyển, 4005: khoang gia nhiệt mặt nền, 4006a: buồng tạo màng, 4006b: buồng tạo màng, 4006c: buồng tạo màng, 4101: cửa dạng hộp băng, 4102: cửa bố trí thẳng hàng, 4103: robot vận chuyển, 4104: van cổng, 4105: tầng gia nhiệt, 4106: đích, 4107: tấm bảo vệ gắn, 4108: tầng mặt nền, 4109: mặt nền, 4110: bể lạnh, 4111: tầng, 4200: bơm chân không, 4201: bơm lạnh sâu, 4202: bơm phân tử tuabin, 4300: bộ điều khiển dòng khối lượng, 4301: bộ lọc tinh, 4302: hệ thống gia nhiệt khí, 8000: máy thu hình, 8001: vỏ, 8002: phần hiển thị, 8003: phần loa, 8004: CPU, 8100: thiết bị báo động, 8101: máy vi tính, 8200: khối trong nhà, 8201: vỏ, 8202: cửa xả không khí, 8203: CPU, 8204: khối ngoài nhà, 8300: thiết bị làm lạnh-đông lạnh điện, 8301: vỏ, 8302: cửa cho thiết bị làm lạnh, 8303: cửa cho thiết bị đông lạnh, 8304: CPU, 9700: xe điện, 9701: bộ pin thứ cấp, 9702: mạch điều khiển, 9703: bộ phận dẫn động, và 9704: bộ xử lý.

Đơn sáng chế này yêu cầu hưởng quyền ưu tiên của đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2012-210230 nộp ngày 24 tháng 09 năm 2012 tại Cơ quan patent Nhật Bản, tài liệu này được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị bán dẫn, trong đó thiết bị này bao gồm:

màng nhiều lớp bao gồm lớp oxit thứ nhất, lớp bán dẫn oxit trên lớp oxit thứ nhất, và lớp oxit thứ hai trên lớp bán dẫn oxit này;

màng cách điện cổng tiếp xúc với màng nhiều lớp;

điện cực cổng xếp chồng với màng nhiều lớp với màng cách điện cổng giữa chúng; và

lớp bảo vệ trên điện cực cổng, lớp bảo vệ này bao gồm lớp thứ nhất, lớp thứ hai và lớp thứ ba,

trong đó mỗi lớp trong số lớp oxit thứ nhất, lớp oxit thứ hai và lớp bán dẫn oxit chứa indi,

trong đó lớp bán dẫn oxit tiếp xúc với mỗi lớp trong số lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai,

trong đó năng lượng vùng cấm của lớp oxit thứ nhất lớn hơn năng lượng vùng cấm của lớp bán dẫn oxit,

trong đó năng lượng vùng cấm của lớp oxit thứ hai lớn hơn năng lượng vùng cấm của lớp bán dẫn oxit,

trong đó lớp thứ nhất bao gồm silic oxit hoặc silic oxynitrua mà mật độ spin của nó góp phần vào tín hiệu với hệ số g 2,001 theo ESR nhỏ hơn hoặc bằng 3×10^{17} spin/cm³,

trong đó lớp thứ hai bao gồm silic oxit hoặc silic oxynitrua và bao gồm oxy dư, và

trong đó lớp thứ ba bao gồm silic nitrua.

2. Thiết bị bán dẫn theo điểm 1, trong đó thiết bị này còn bao gồm:

điện cực nguồn và điện cực máng, trong đó mỗi điện cực trong số điện cực nguồn và điện cực máng tiếp xúc với các mép bên của lớp bán dẫn oxit.

3. Thiết bị bán dẫn theo điểm 1, trong đó lớp bán dẫn oxit bao gồm phần tinh thể và trong đó trục c của phần tinh thể song song với vectơ chuẩn của bề mặt lớp oxit thứ nhất.

4. Thiết bị bán dẫn theo điểm 1, trong đó mỗi lớp trong số lớp bán dẫn oxit, lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai bao gồm ít nhất một trong số indi, kẽm và kim loại, trong đó kim loại được chọn từ nhôm, titan, gali, ytri, ziriconi, thiếc, lantan, xeri, xeri, neodim và hafni, và trong đó tỷ lệ nguyên tử của indi với kim loại trong mỗi lớp trong số lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai thấp hơn tỷ lệ kim loại của indi với kim loại trong lớp bán dẫn oxit.

5. Thiết bị bán dẫn theo điểm 1, trong đó mật độ phân tử mang trong lớp bán dẫn oxit nhỏ hơn $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$.

6. Thiết bị bán dẫn theo điểm 1, trong đó mật độ hydro trong lớp bán dẫn oxit nhỏ hơn hoặc bằng 2×10^{20} nguyên tử/ cm^3 .

7. Thiết bị bán dẫn theo điểm 1, trong đó mật độ silic trong lớp bán dẫn oxit nhỏ hơn 1×10^{19} nguyên tử/ cm^3 .

8. Thiết bị bán dẫn theo điểm 1, trong đó thiết bị này còn bao gồm:

màng cách điện tiếp xúc với màng nhiều lớp, trong đó màng cách điện này chứa gốc peroxit, và

trong đó mật độ spin góp phần vào gốc peroxit lớn hơn hoặc bằng 5×10^{17} spin/ cm^3 .

9. Thiết bị bán dẫn bao gồm:

màng nhiều lớp chứa lớp oxit thứ nhất, lớp bán dẫn oxit trên lớp oxit thứ nhất, và lớp oxit thứ hai trên lớp bán dẫn oxit;

màng cách điện công tiếp xúc với màng nhiều lớp;

điện cực công xếp chồng lên màng nhiều lớp với màng cách điện công giữa chúng; và

lớp bảo vệ trên điện cực công, lớp bảo vệ này bao gồm lớp thứ nhất, lớp thứ hai và lớp thứ ba,

trong đó mỗi lớp trong số lớp oxit thứ nhất, lớp oxit thứ hai và lớp bán dẫn oxit chứa indi,

trong đó lớp bán dẫn oxit tiếp xúc với mỗi lớp trong số lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai,

trong đó năng lượng ở đáy vùng dẫn của lớp oxit thứ nhất lớn hơn năng lượng ở đáy vùng dẫn của lớp bán dẫn oxit,

trong đó năng lượng ở đáy vùng dẫn của lớp oxit thứ hai lớn hơn năng lượng ở đáy vùng dẫn của lớp bán dẫn oxit,

trong đó lớp thứ nhất bao gồm silic oxit hoặc silic oxynitrua mà mật độ spin góp phần vào tín hiệu với hệ số g 2,001 theo ESR nhỏ hơn hoặc bằng 3×10^{17} spin/cm³,

trong đó lớp thứ hai bao gồm silic oxit hoặc silic oxynitrua và bao gồm lượng oxy dư, và

trong đó lớp thứ ba bao gồm silic nitrua.

10. Thiết bị bán dẫn theo điểm 9, trong đó độ chênh năng lượng ở đáy vùng dẫn của lớp oxit thứ nhất và năng lượng ở đáy vùng dẫn của lớp bán dẫn oxit lớn hơn hoặc bằng 0,05eV và nhỏ hơn hoặc bằng 2eV, và

trong đó độ chênh năng lượng ở đáy vùng dẫn của lớp oxit thứ hai và năng lượng ở đáy vùng dẫn lớp bán dẫn oxit lớn hơn hoặc bằng 0,05eV và nhỏ hơn hoặc bằng 2eV.

11. Thiết bị bán dẫn theo điểm 9, trong đó thiết bị này bao gồm:

điện cực nguồn và điện cực máng, trong đó mỗi điện cực trong số điện cực nguồn và điện cực máng tiếp xúc với các mép bên của lớp bán dẫn oxit.

12. Thiết bị bán dẫn theo điểm 9, trong đó lớp bán dẫn oxit bao gồm phần tinh thể, và trong đó trục c của phần tinh thể song song với vectơ chuẩn của bề mặt lớp oxit thứ nhất.

13. Thiết bị bán dẫn theo điểm 9, trong đó mỗi lớp trong số lớp bán dẫn oxit, lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai bao gồm ít nhất một trong số indi, kẽp và kim loại, trong đó kim loại được chọn từ nhôm, titan, gali, ytri, ziriconi, thiếc, lantan, xeri, neodim và hafni, và trong đó tỷ lệ nguyên tử của indi với kim loại trong mỗi lớp trong số lớp oxit thứ nhất và lớp oxit thứ hai nhỏ hơn tỷ lệ nguyên tử của indi với kim loại trong lớp bán dẫn oxit.

14. Thiết bị bán dẫn theo điểm 9, trong đó mật độ phân tử mang trong lớp bán dẫn oxit nhỏ hơn 1×10^{17} nguyên tử /cm³.

15. Thiết bị bán dẫn theo điểm 9, trong đó mật độ hydro trong lớp bán dẫn oxit nhỏ hơn hoặc bằng 2×10^{20} nguyên tử/cm³.

16. Thiết bị bán dẫn theo điểm 9, trong đó mật độ của silic trong lớp bán dẫn oxit nhỏ hơn 1×10^{19} nguyên tử/cm³.

17. Thiết bị bán dẫn theo điểm 9, trong đó thiết bị này còn bao gồm:

màng cách điện tiếp xúc với màng nhiều lớp,

trong đó màng cách điện này chứa gốc peroxit và

trong đó mật độ spin góp phần vào gốc peroxit lớn hơn hoặc bằng 5×10^{17} spin/cm³.

FIG. 1

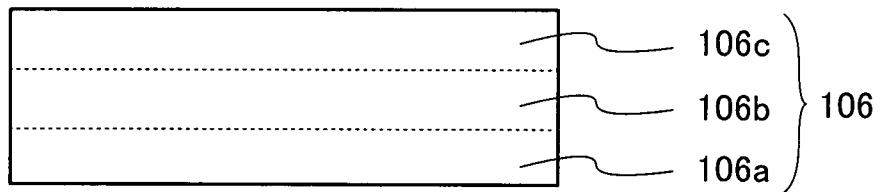


FIG. 2

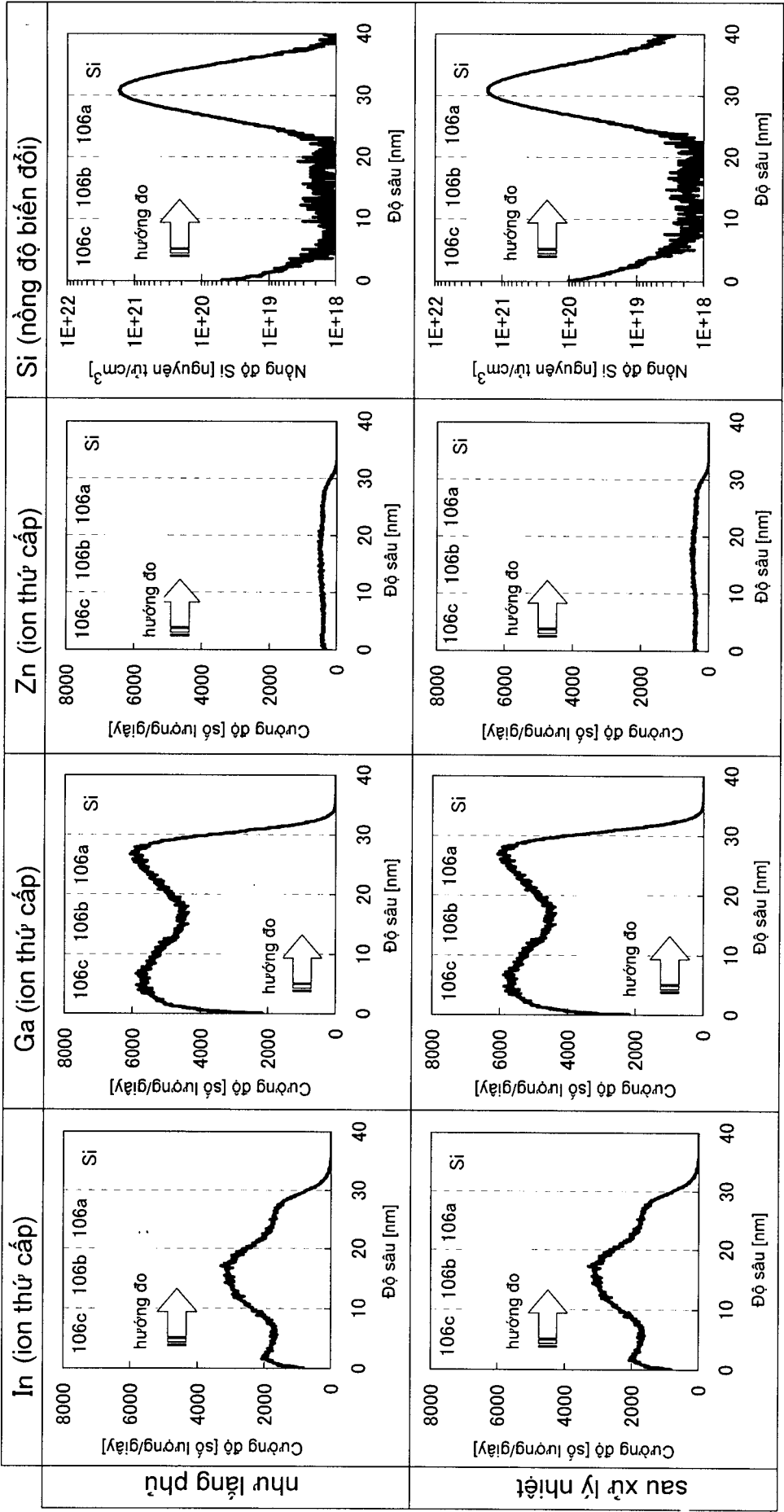


FIG. 3A

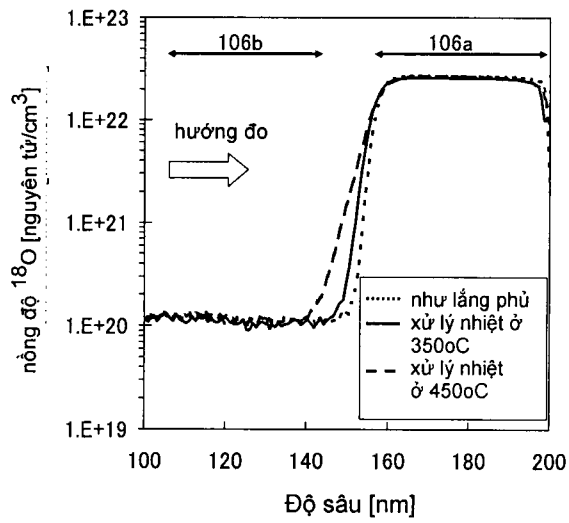


FIG. 3B

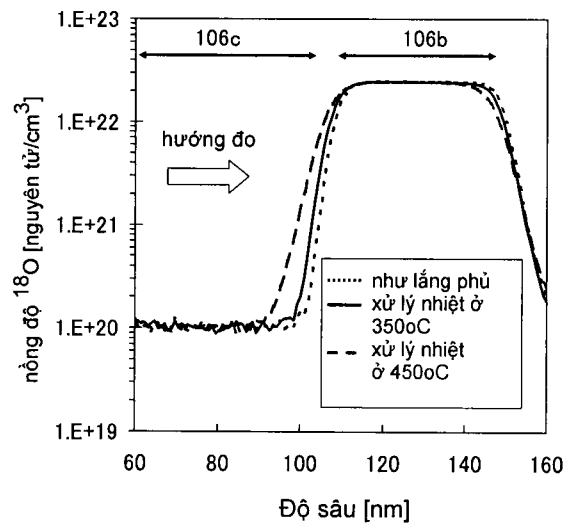


FIG. 3C

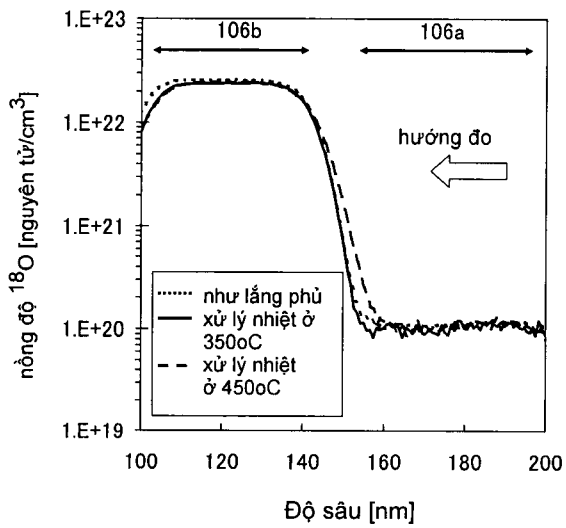


FIG. 4

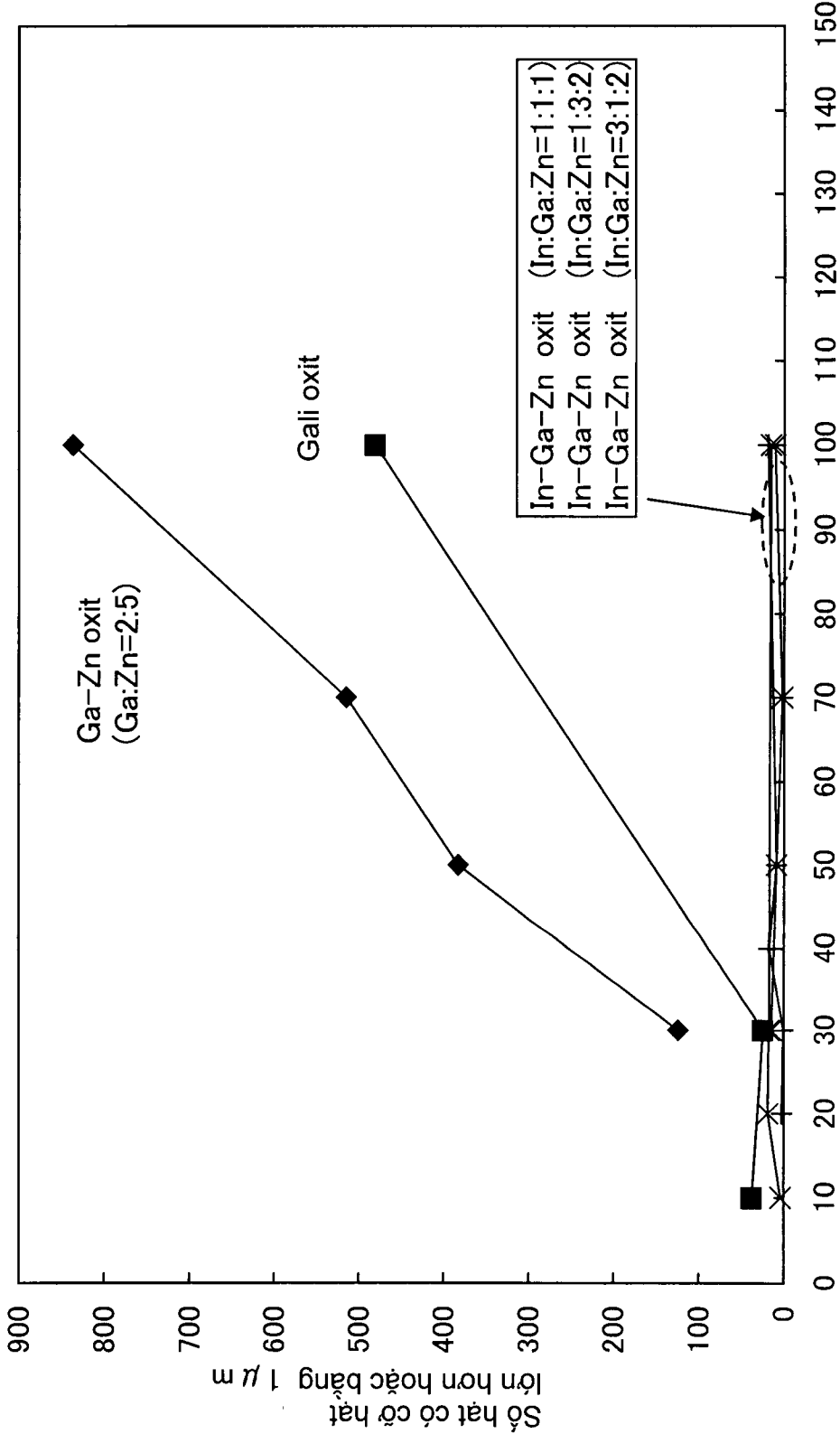


FIG. 5A

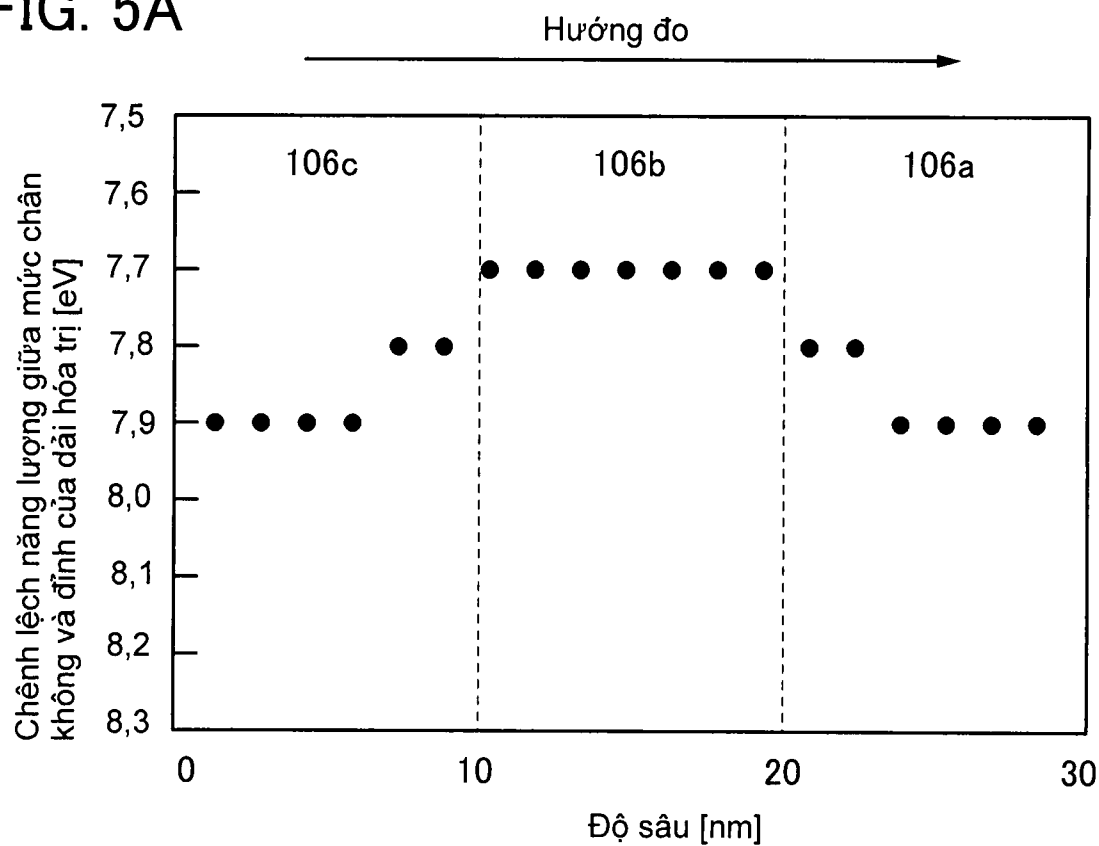


FIG. 5B

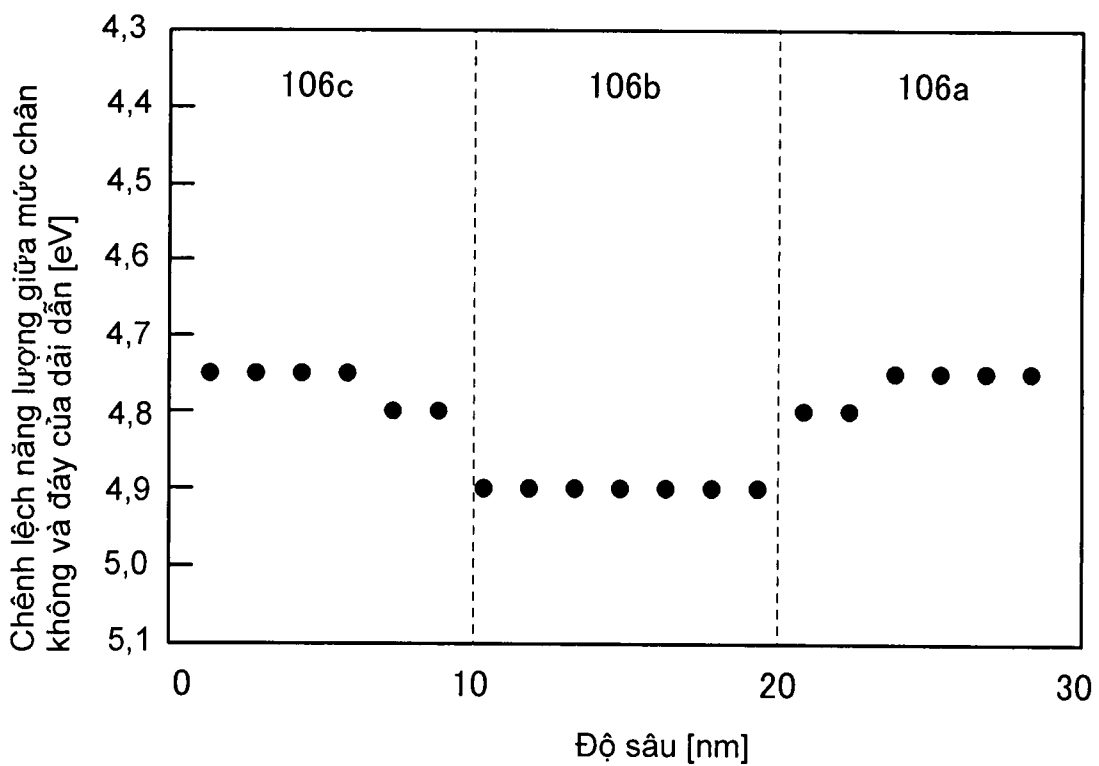


FIG. 6A

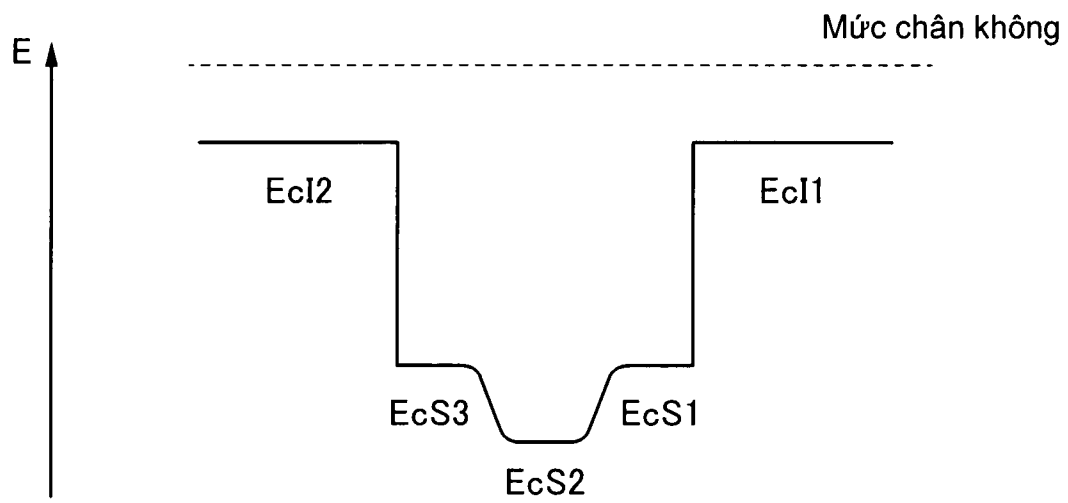


FIG. 6B

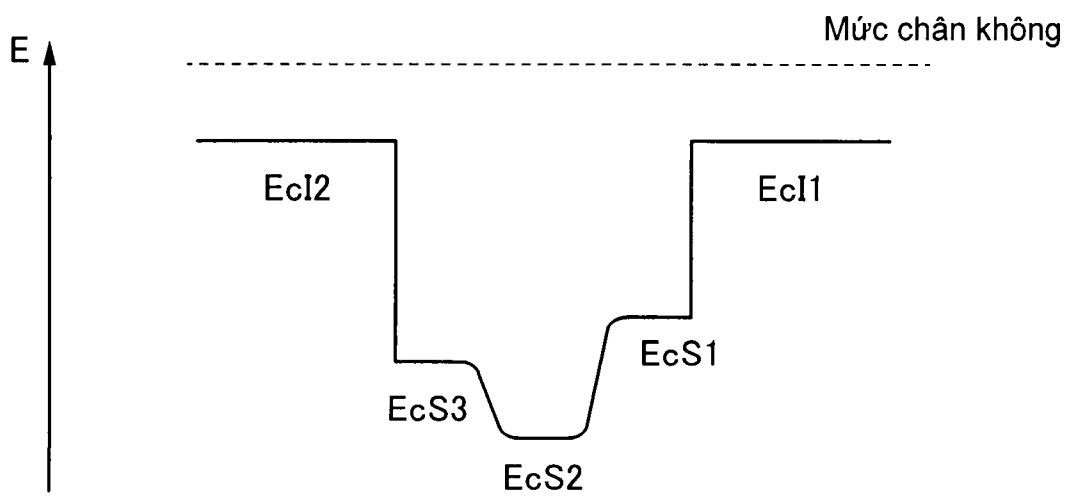


FIG. 7

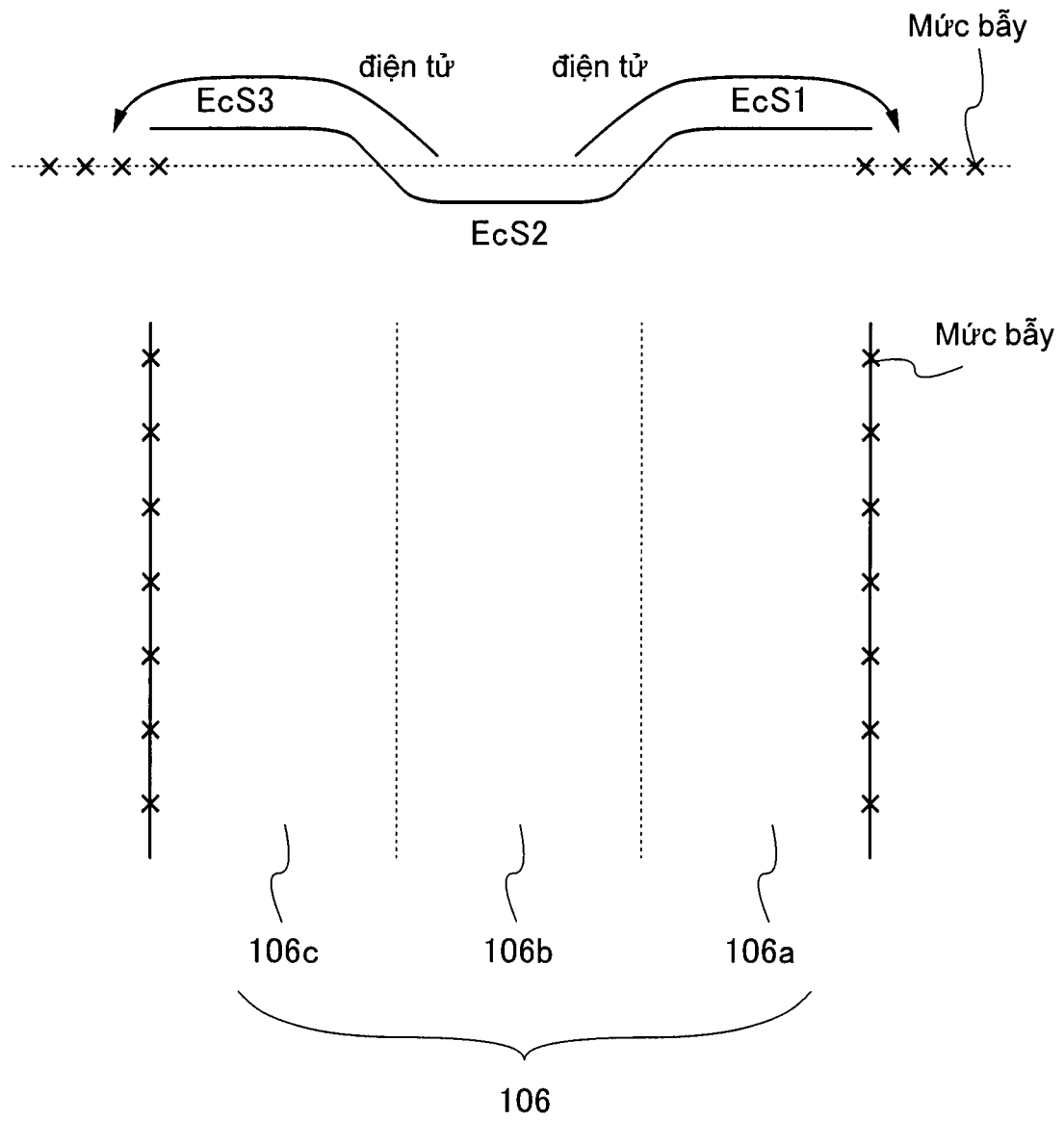


FIG. 8A

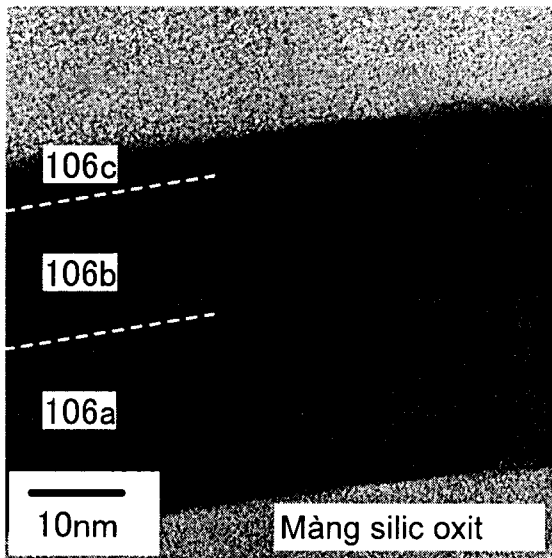


FIG. 8C

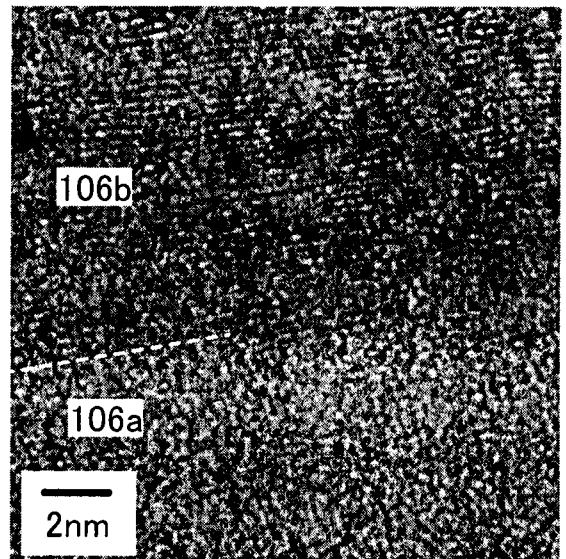


FIG. 8B

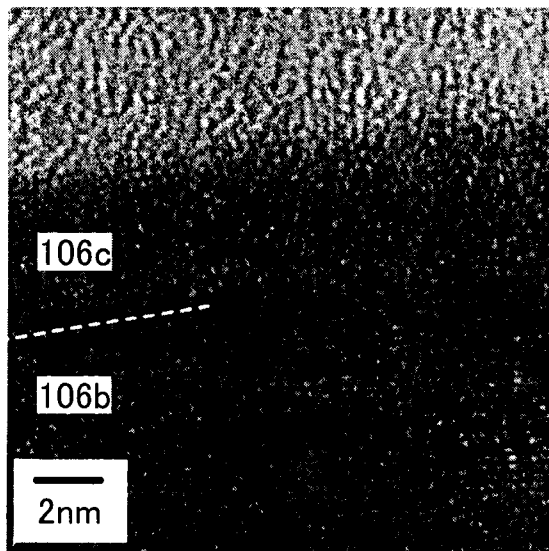


FIG. 8D

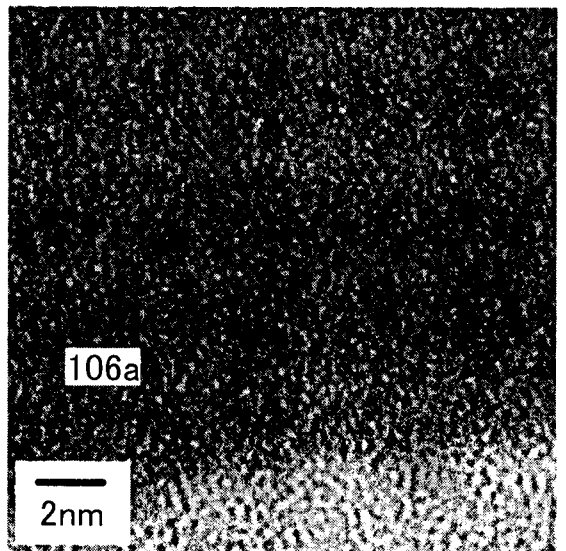


FIG. 9A

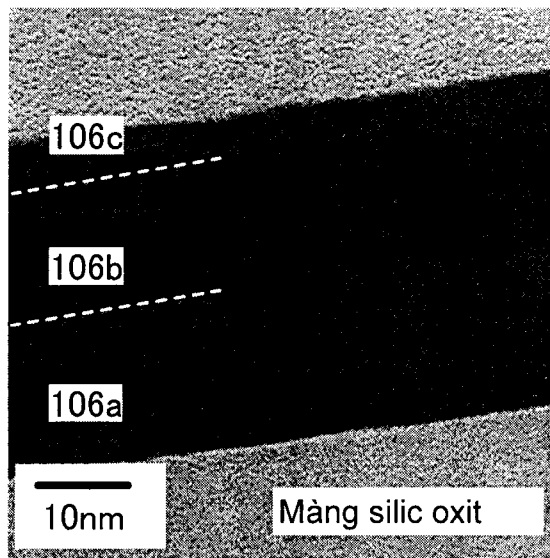


FIG. 9C

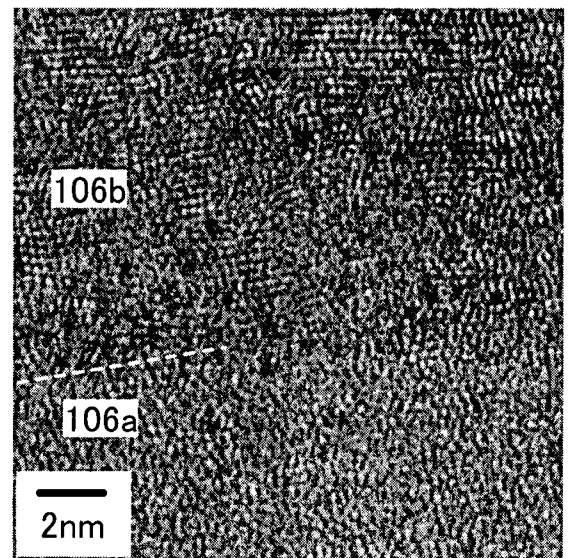


FIG. 9B

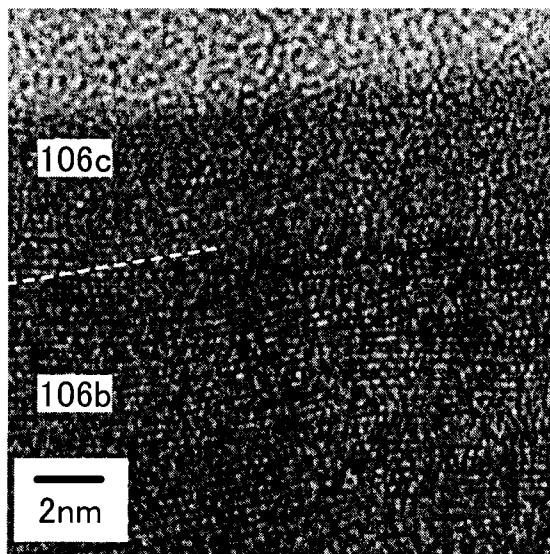


FIG. 9D

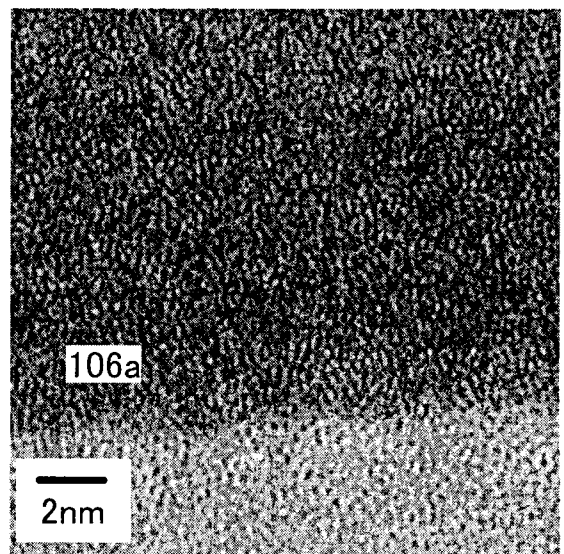


FIG. 10A

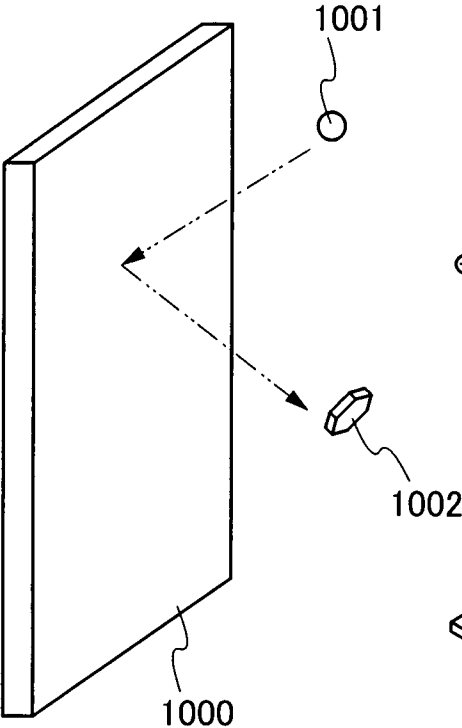


FIG. 10B

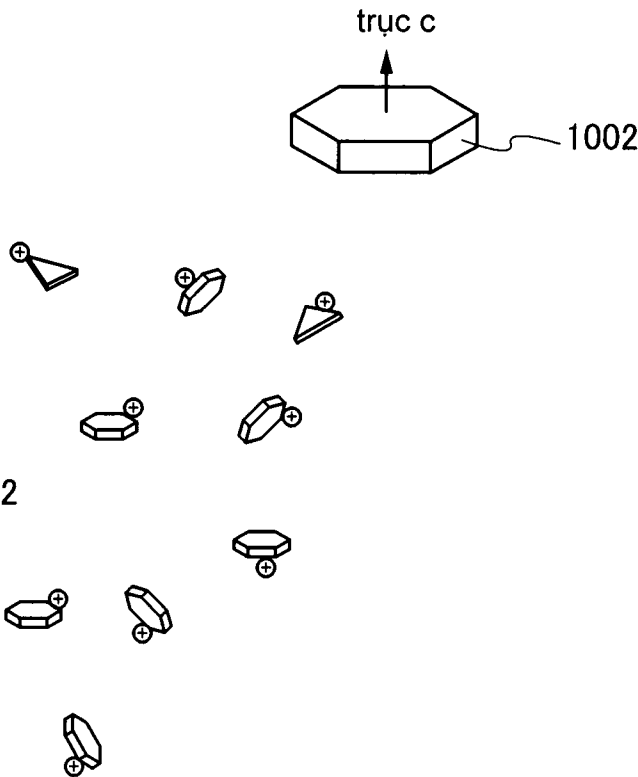


FIG. 11A

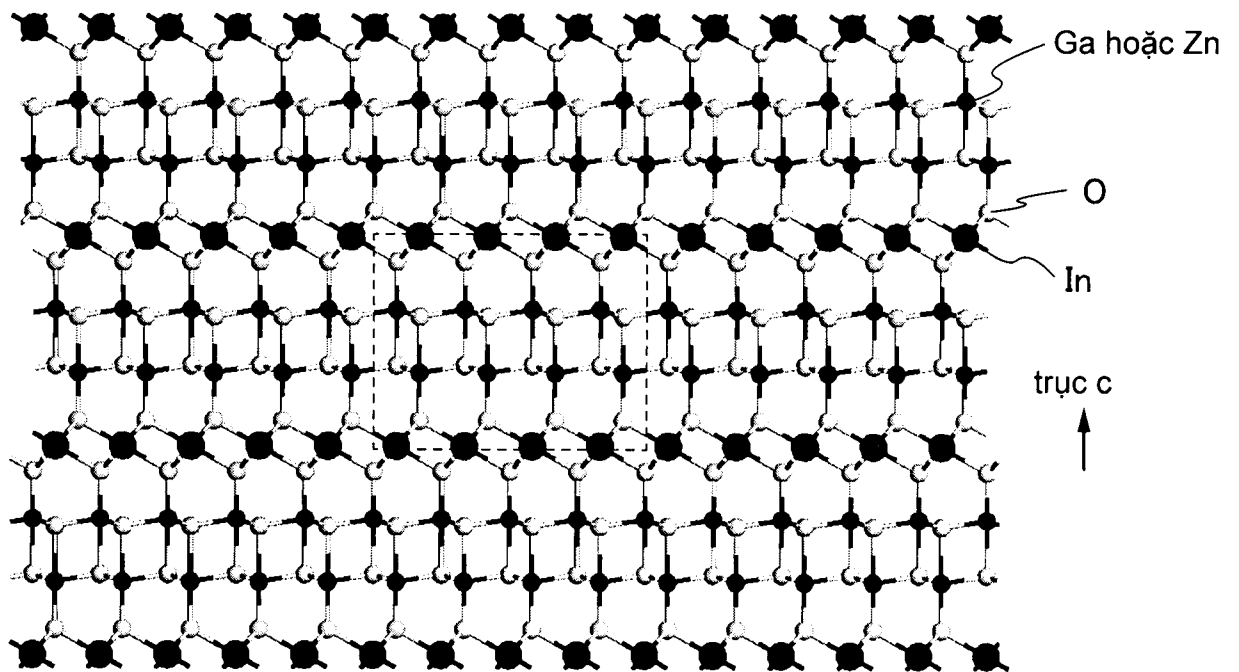


FIG. 11B

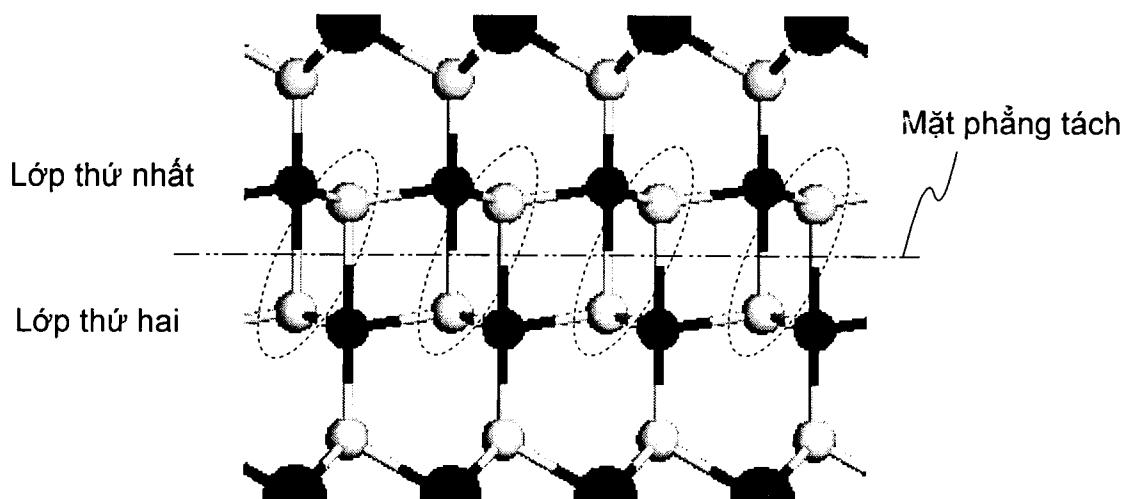


FIG. 12A

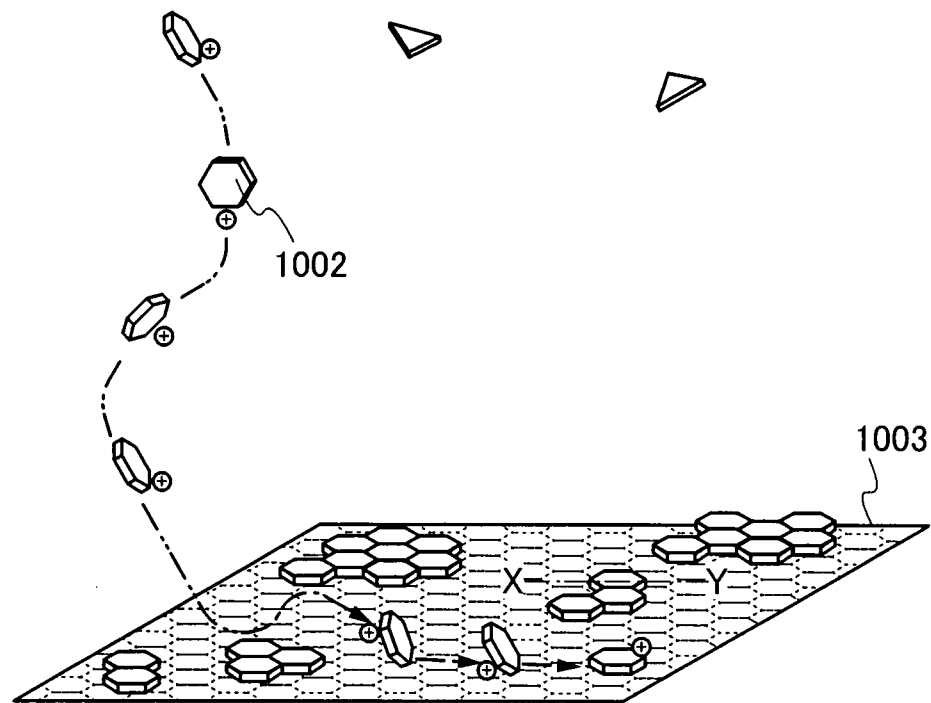


FIG. 12B

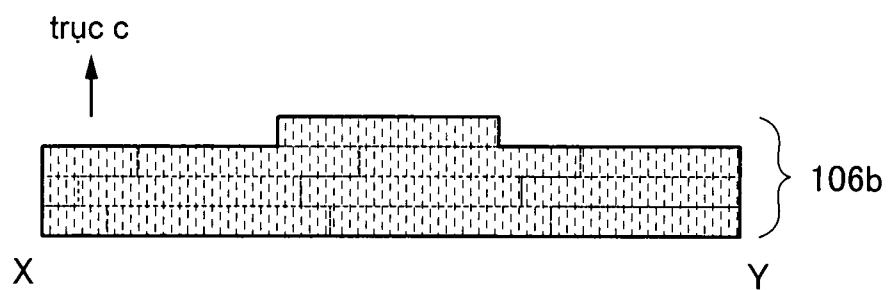


FIG. 13A

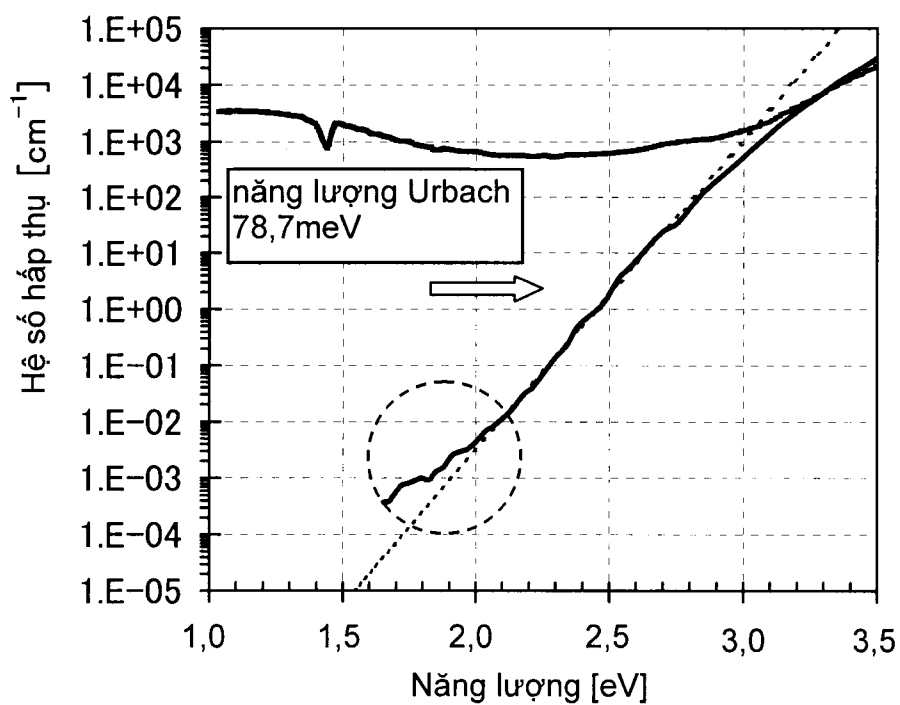


FIG. 13B

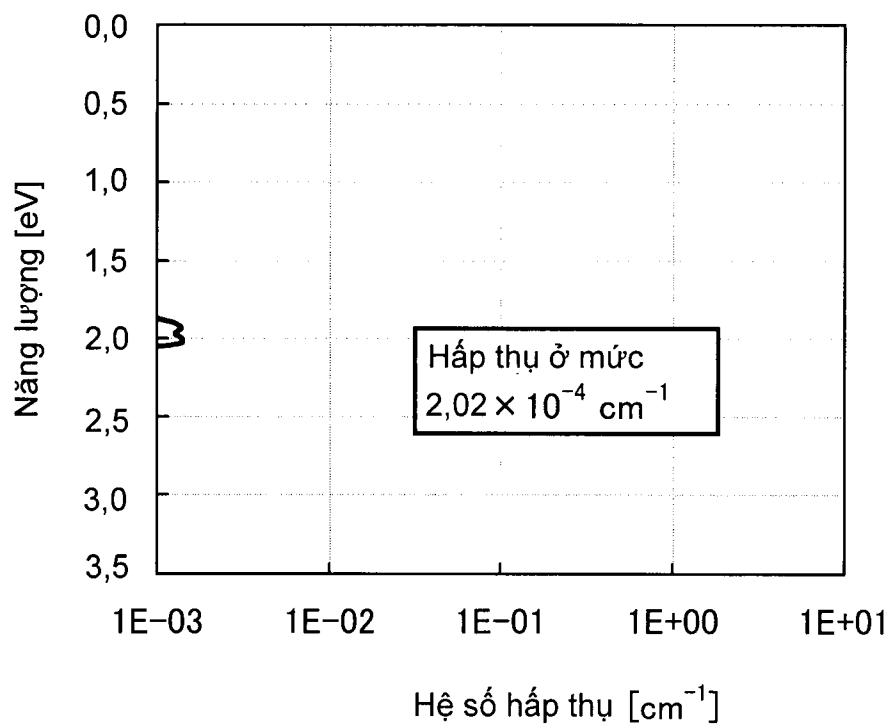


FIG. 14

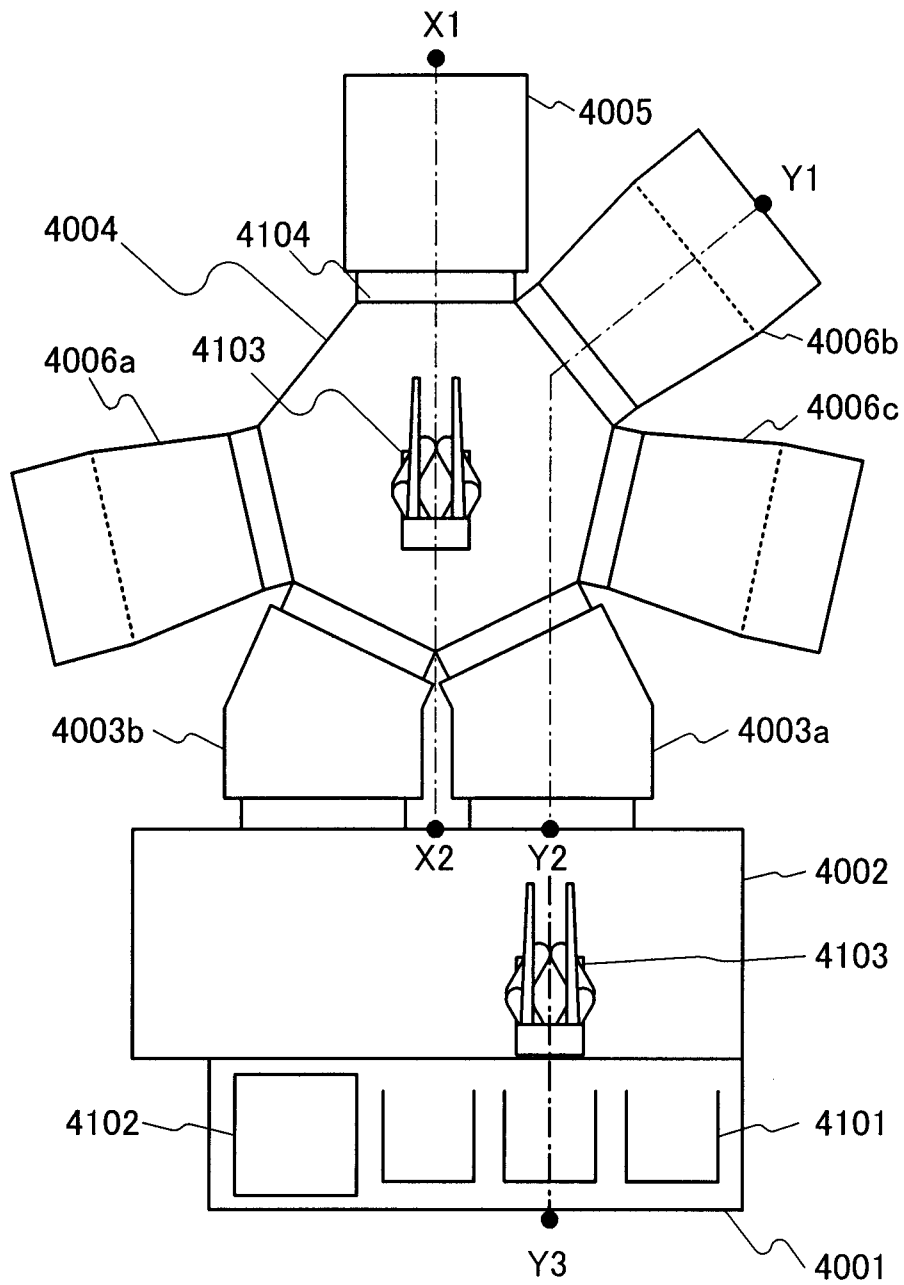
4000

FIG. 15A

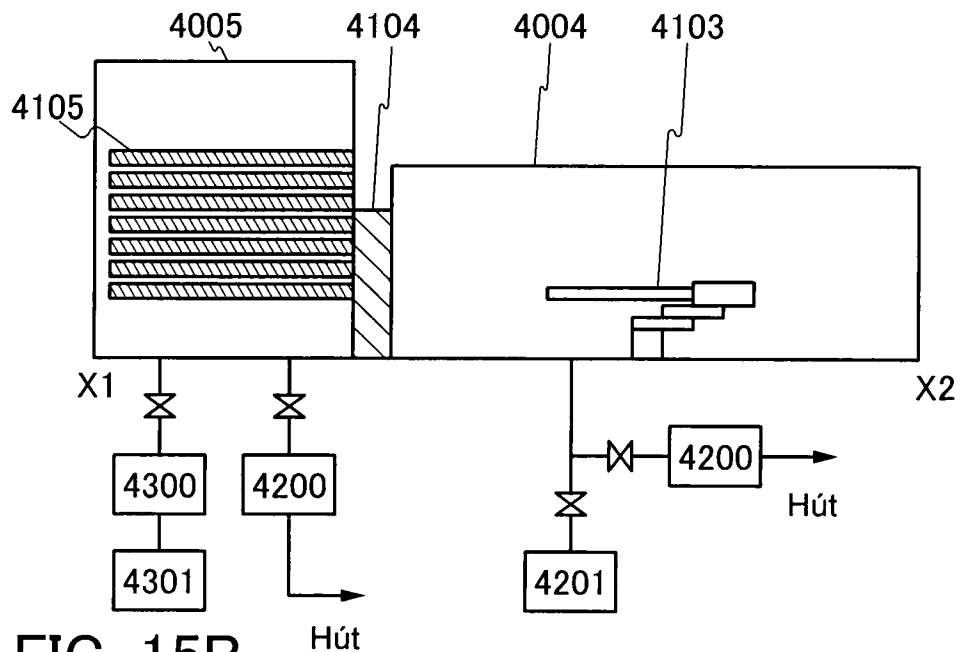


FIG. 15B

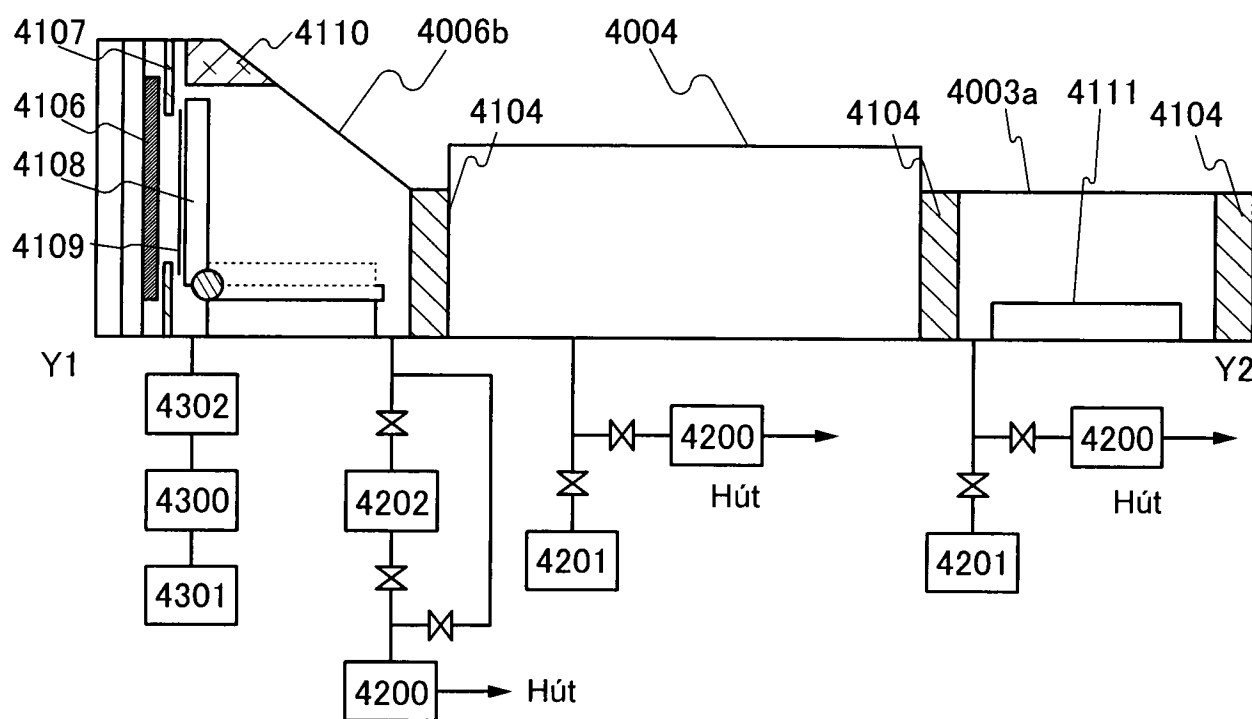


FIG. 15C

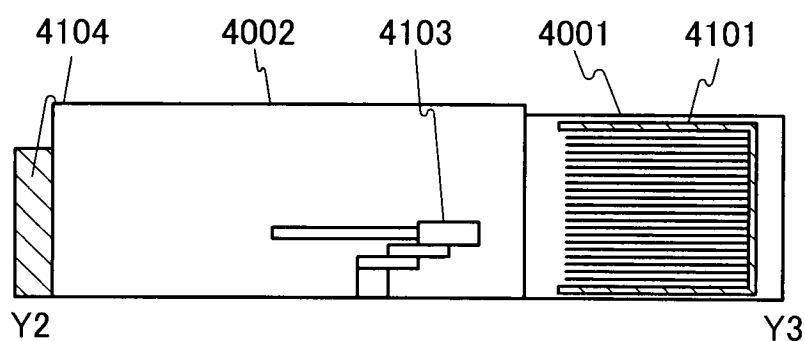


FIG. 16A

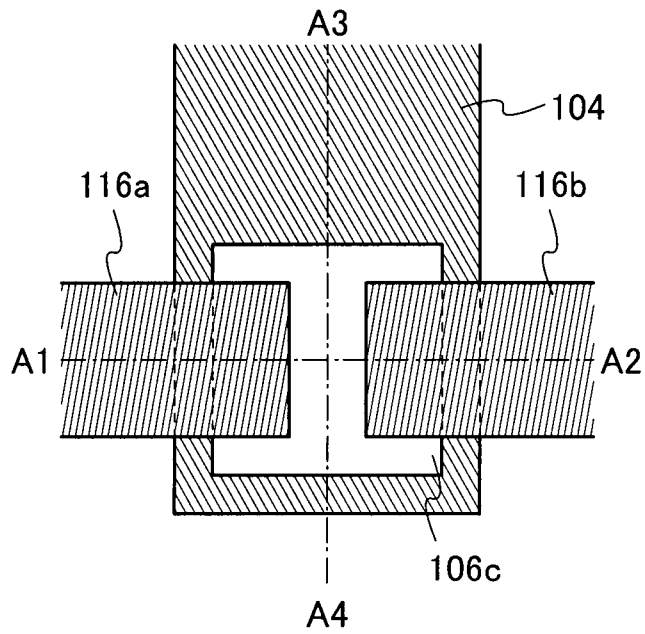


FIG. 16C

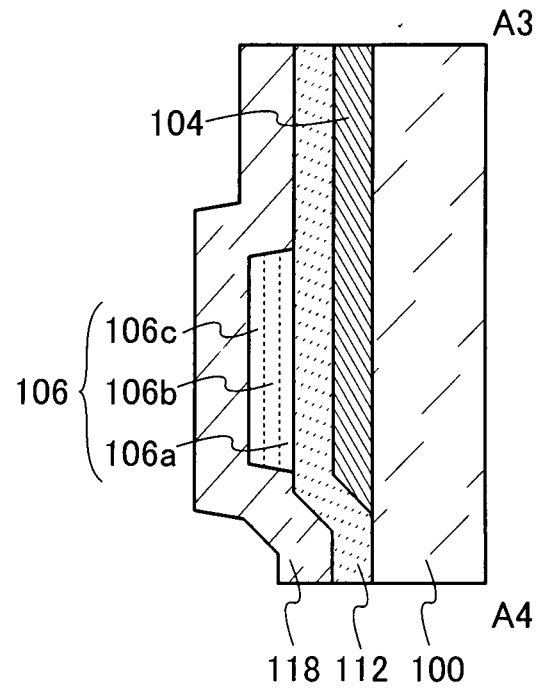


FIG. 16B

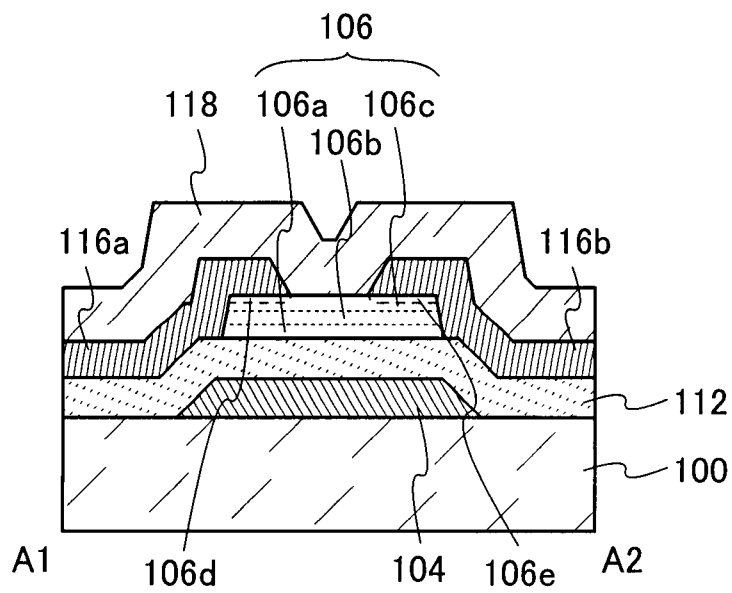


FIG. 16D

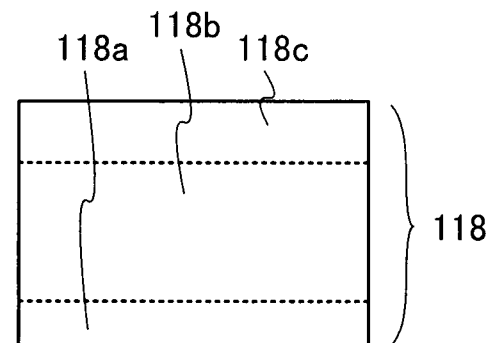


FIG. 17A

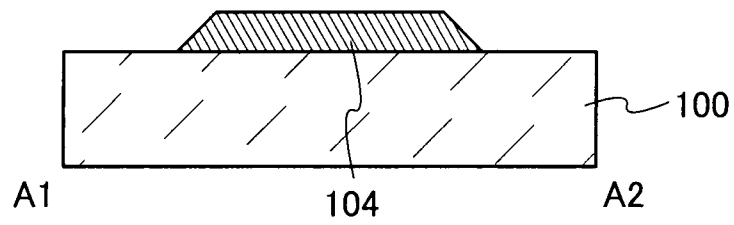


FIG. 17B

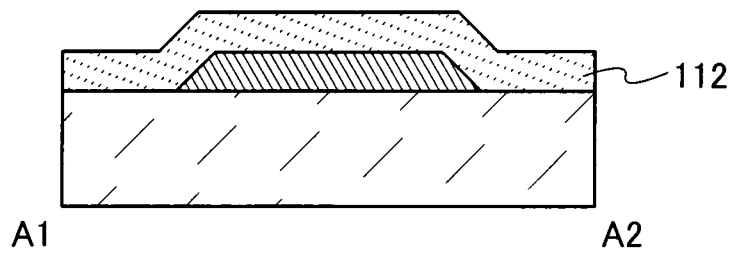


FIG. 17C

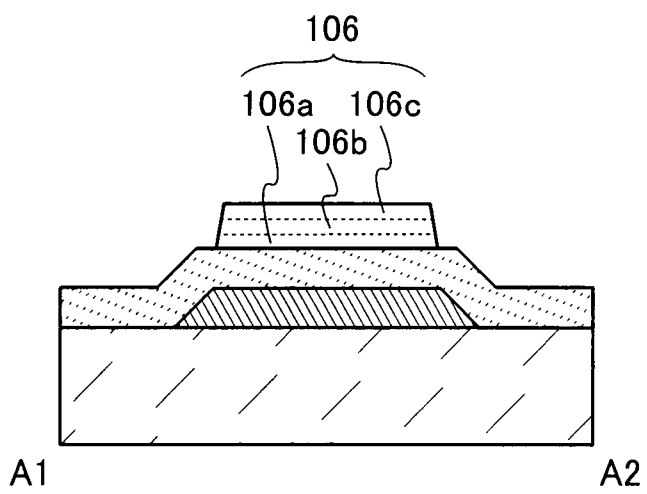


FIG. 18A

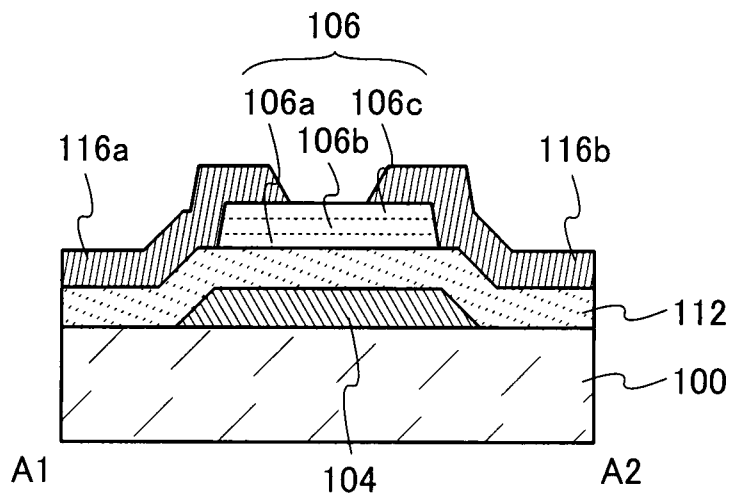


FIG. 18B

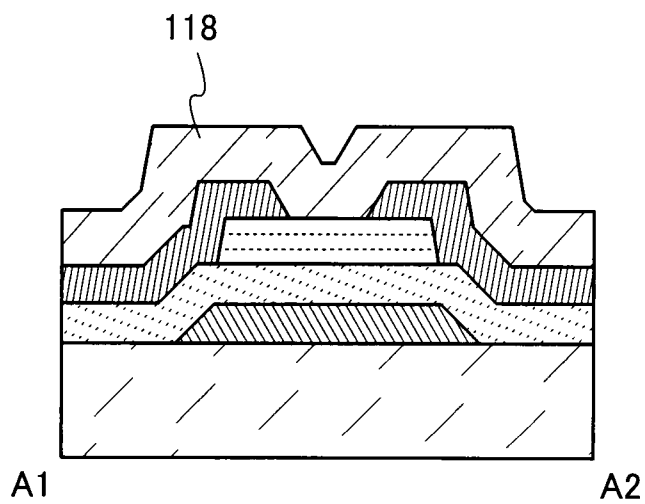


FIG. 19A

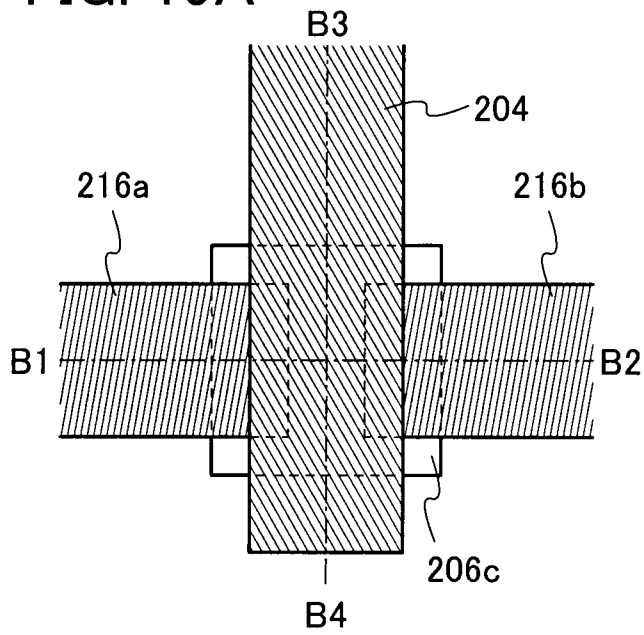


FIG. 19C

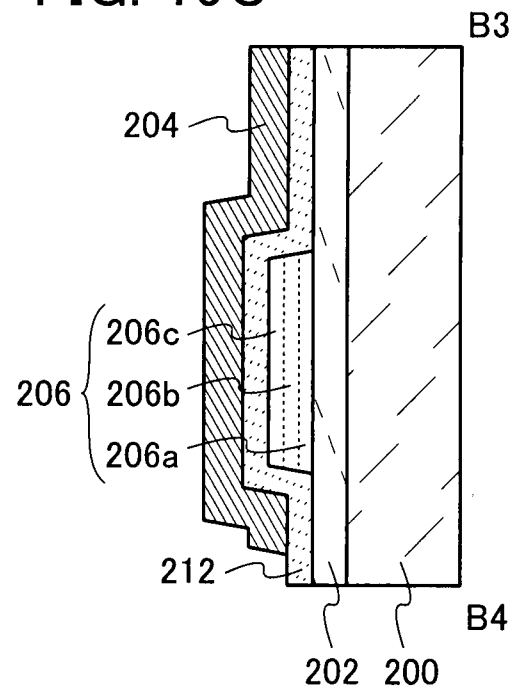


FIG. 19B

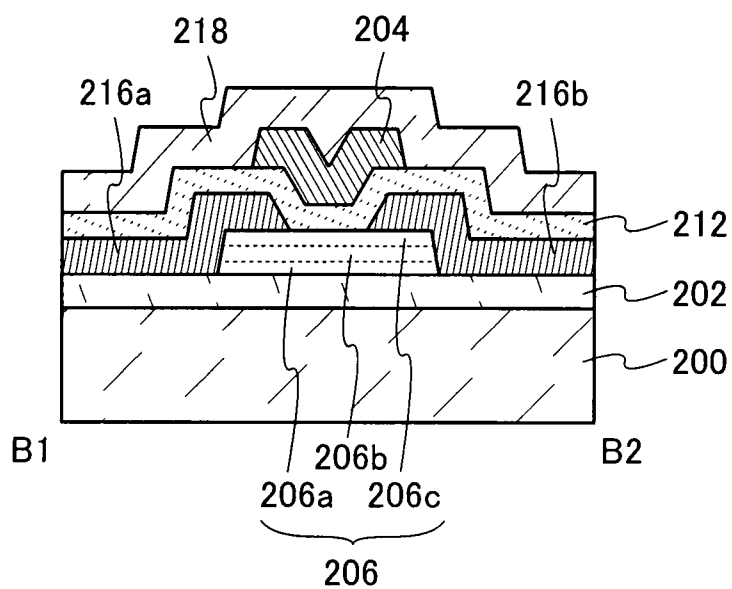


FIG. 20A

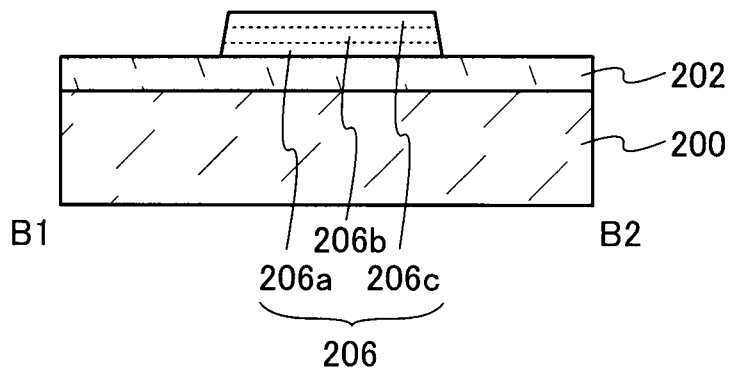


FIG. 20B

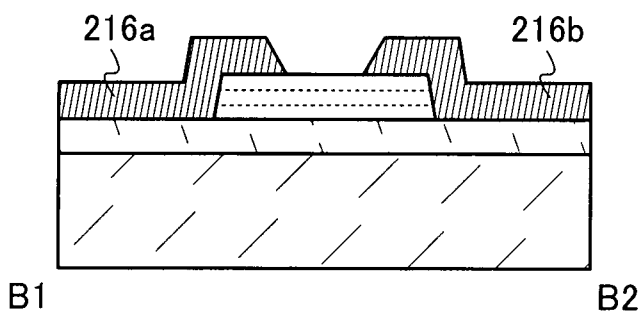


FIG. 20C

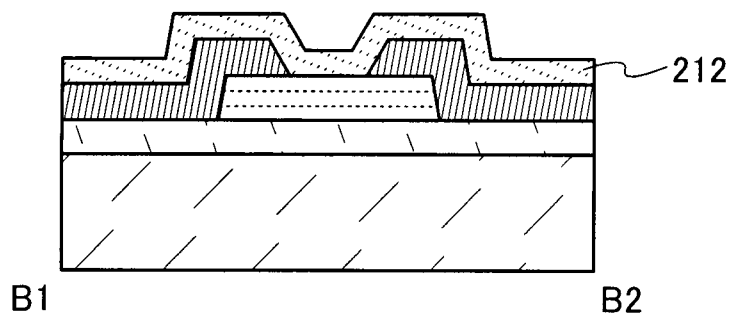


FIG. 21A

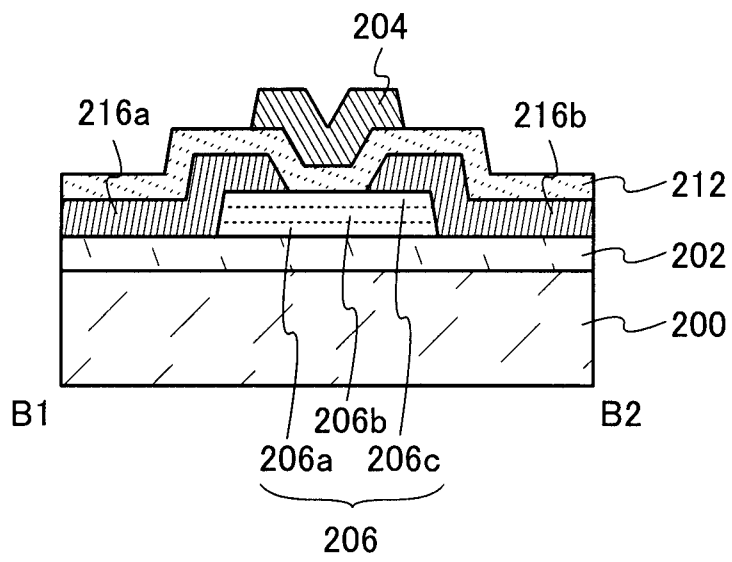


FIG. 21B

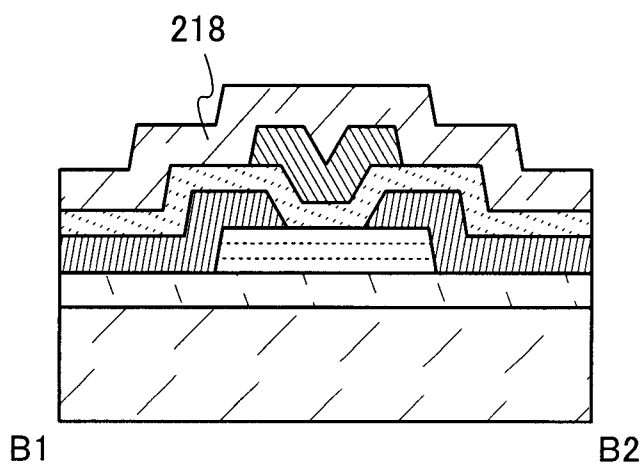


FIG. 22A

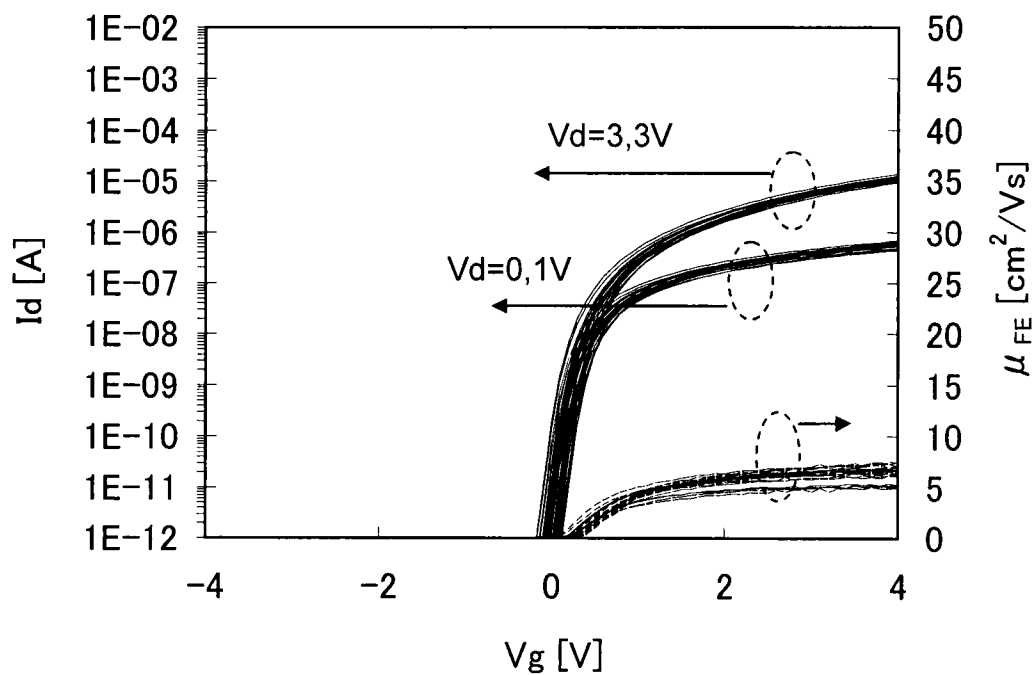


FIG. 22B

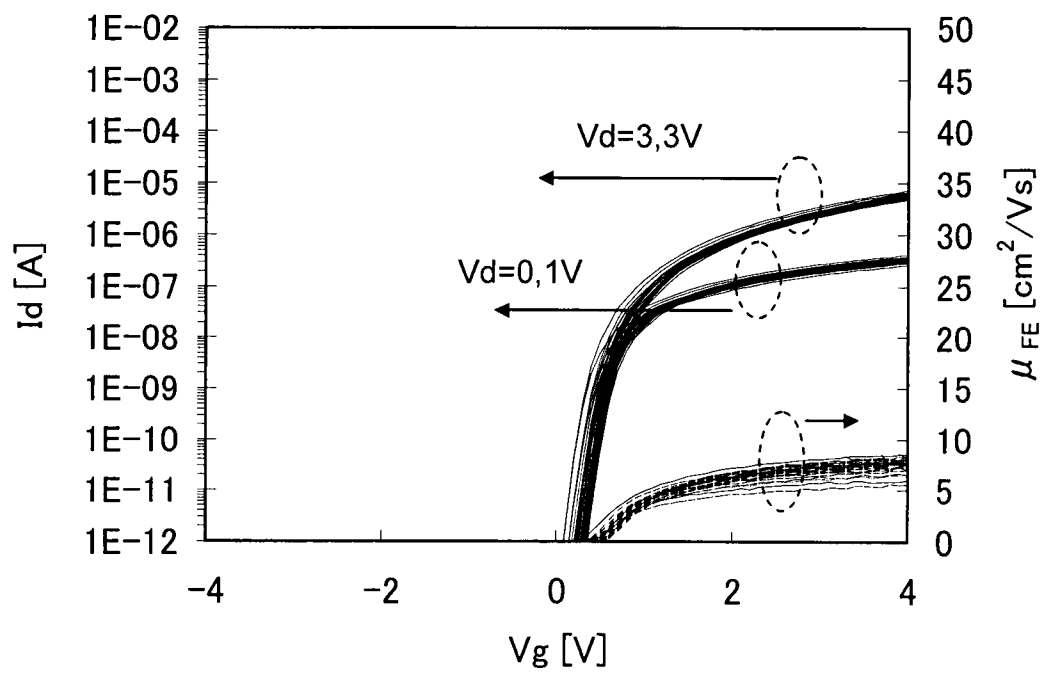


FIG. 23A

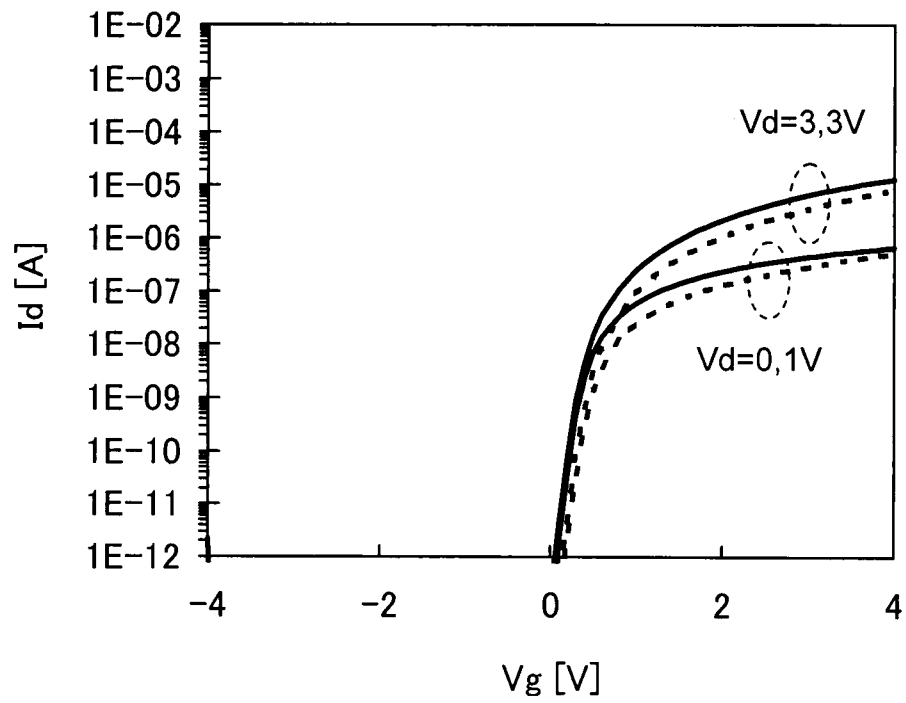


FIG. 23B

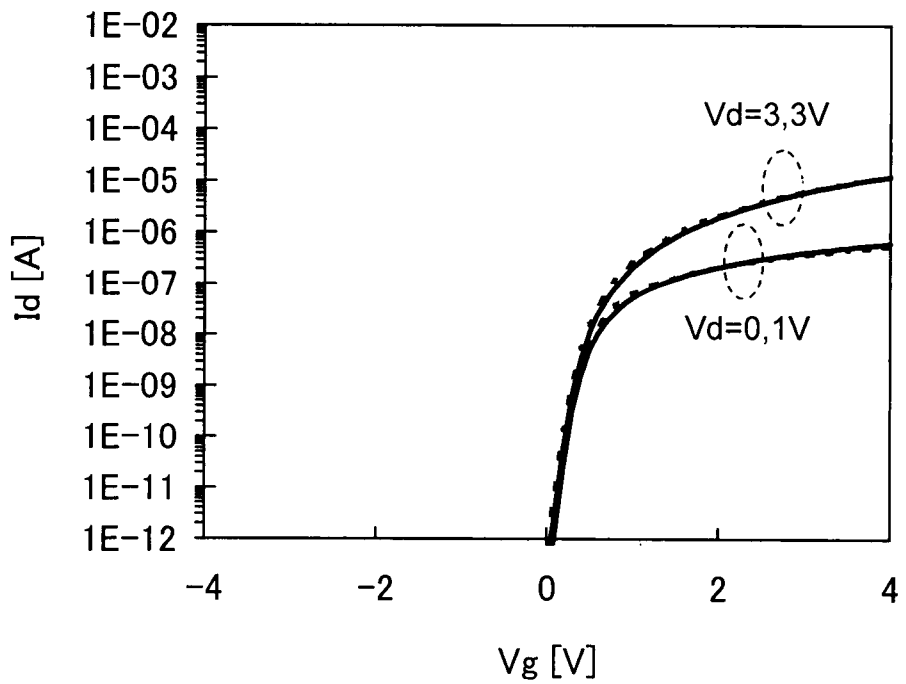


FIG. 24

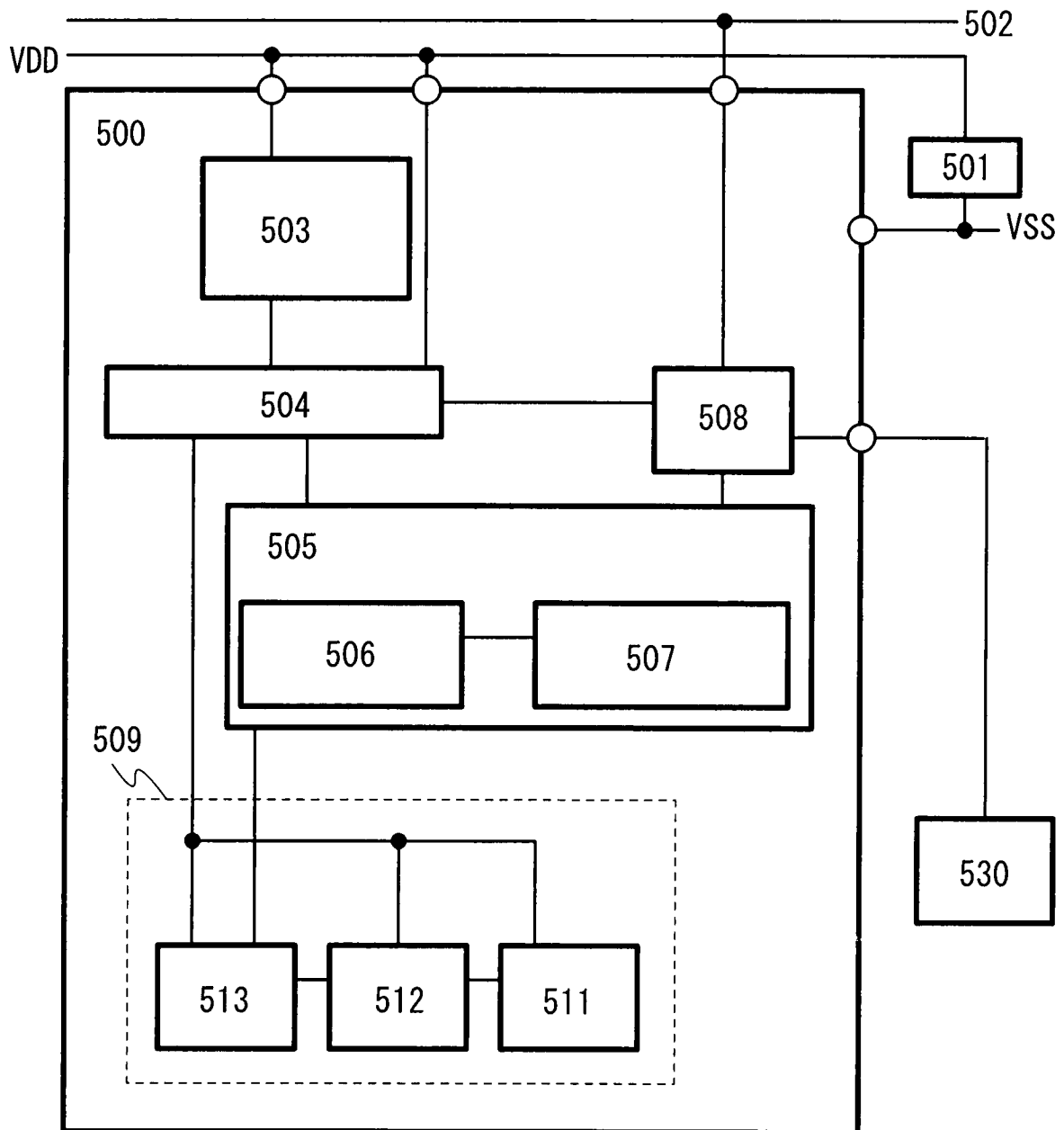


FIG. 25

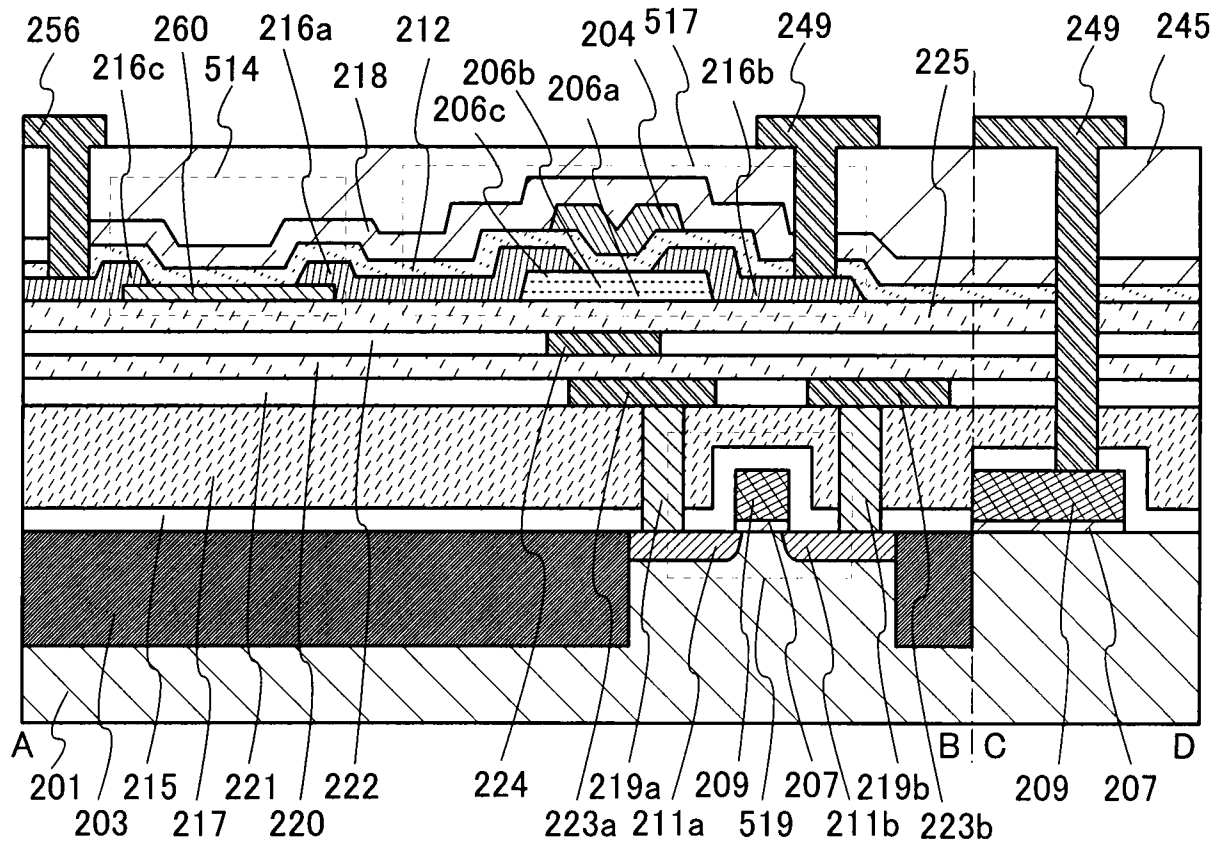


FIG. 26A

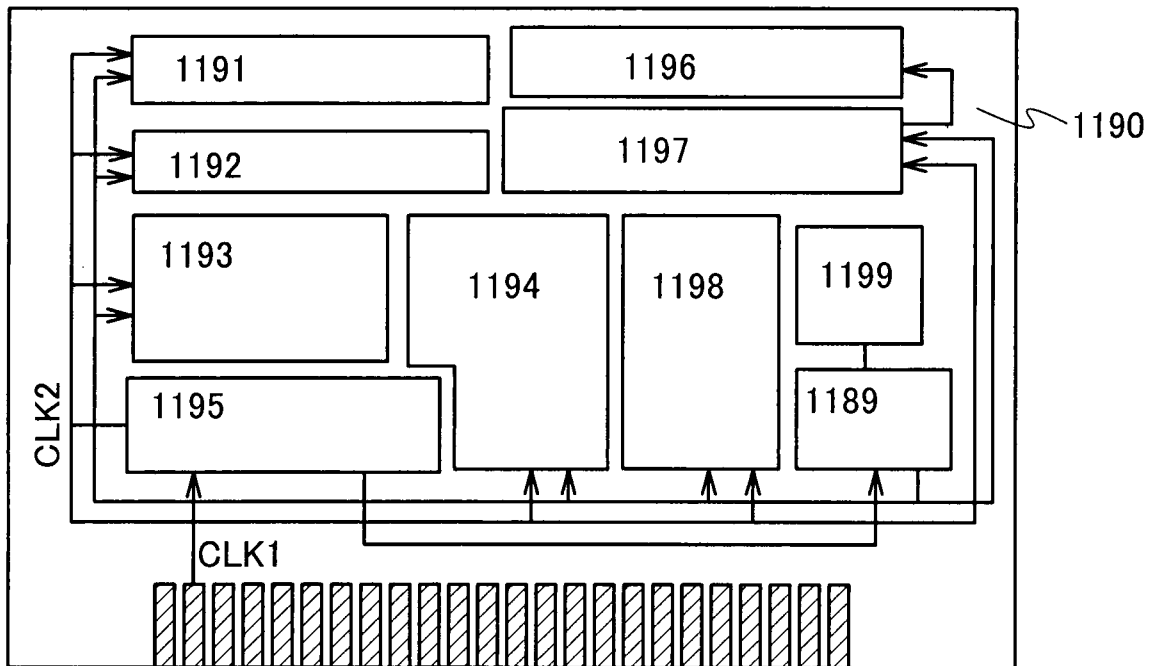


FIG. 26B

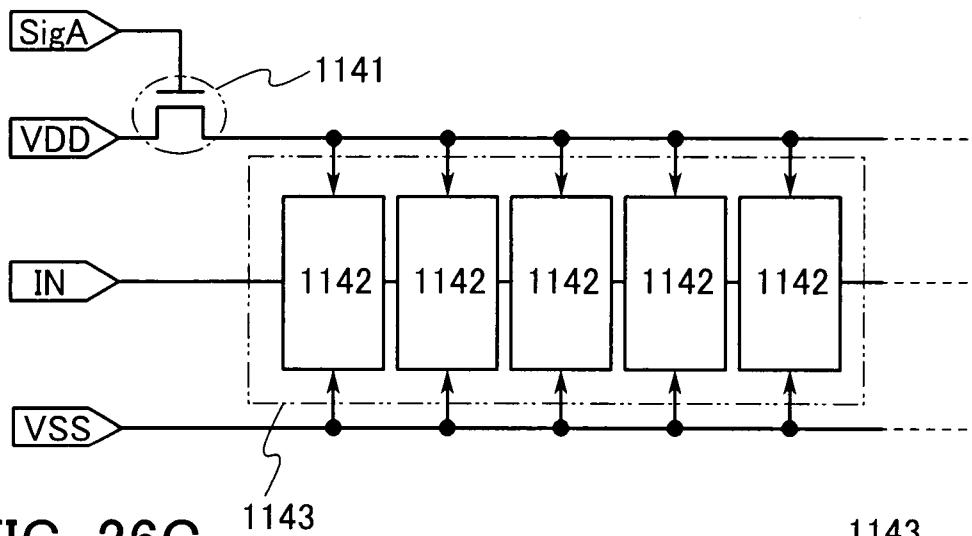


FIG. 26C

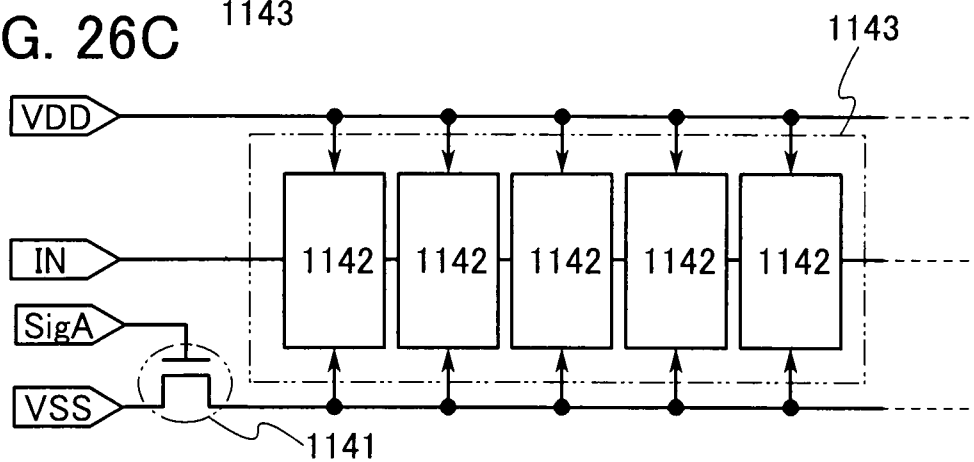


FIG. 27A

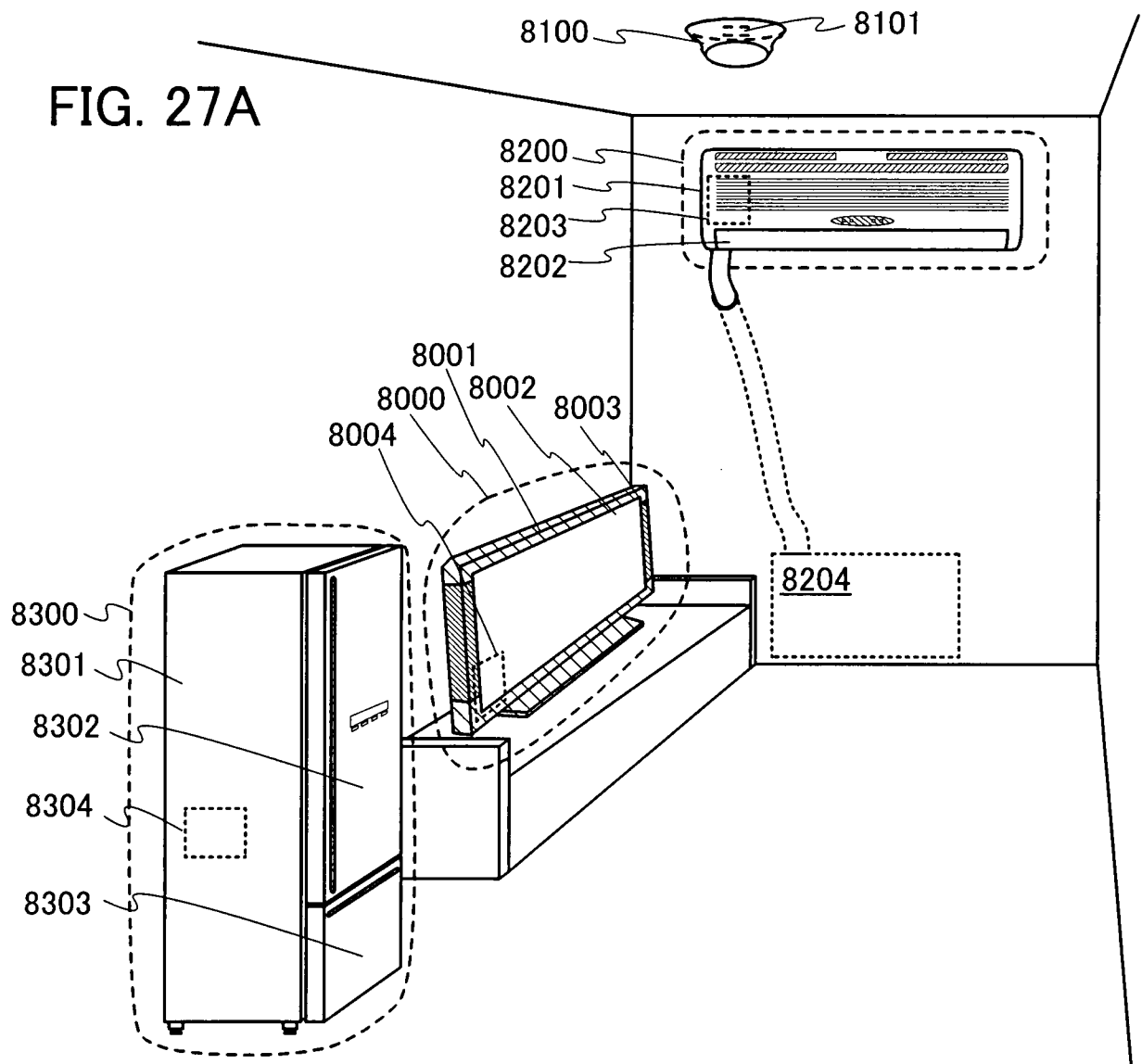


FIG. 27B

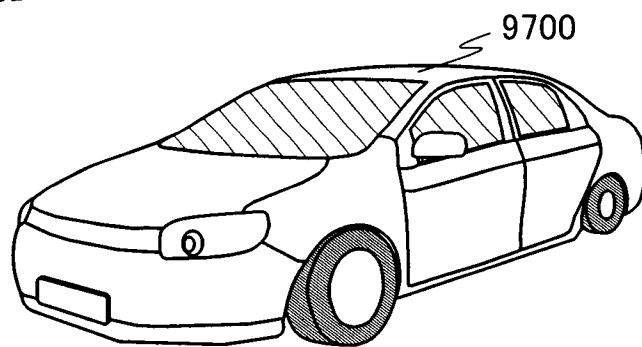


FIG. 27C

