(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2023 001 478 T5** 2025.01.09

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/228616**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 001 478.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/014850**
(86) PCT-Anmeldetag: **12.04.2023**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **30.11.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **09.01.2025**

(51) Int Cl.: ***H10D 30/67*** (2025.01)
H10D 62/40 (2025.01)

(30) Unionspriorität:
2022-085858 26.05.2022 JP

(71) Anmelder:
Japan Display Inc., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann Patentanwälte PartG mbB, 80336 München, DE

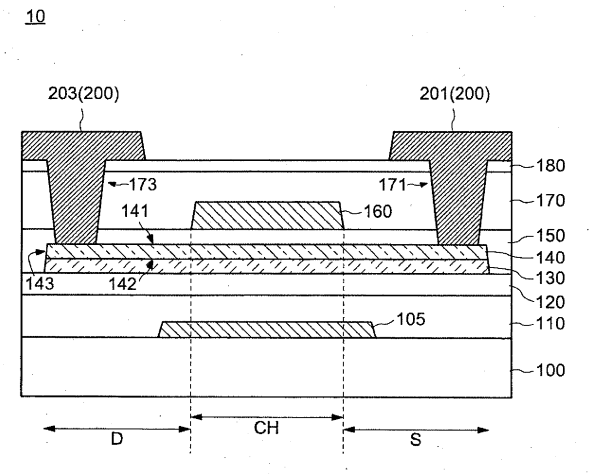
(72) Erfinder:
Watakabe, Hajime, Tokyo, JP; Tsubuku, Masashi, Tokyo, JP; Sasaki, Toshinari, Tokyo, JP; Tamaru, Takaya, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **HALBLEITERBAUELEMENT**

(57) Zusammenfassung: Ein Halbleiterbauelement umfasst eine Metalloxidschicht mit Aluminium über einer isolierenden Oberfläche und eine Oxidhalbleiterschicht über der Metalloxidschicht. Die Oxidhalbleiterschicht umfasst einen ersten Kristallbereich in Kontakt mit der Metalloxidschicht und einen zweiten Kristallbereich in Kontakt mit dem ersten Kristallbereich und mit einer größeren Fläche als der erste Kristallbereich in einer Querschnittsansicht der Oxidhalbleiterschicht. Der erste Kristallbereich und der zweite Kristallbereich unterscheiden sich zumindest in einer Kristallstruktur. und einer Kristallorientierung voneinander. Die Oxidhalbleiterschicht kann zwei oder mehr Metalle enthalten, darunter Indium. Ein Verhältnis von Indium zu den zwei oder mehr Metallen kann in der Oxidhalbleiterschicht größer oder gleich 50 % sein.



Beschreibung

TECHNISCHER BEREICH

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement. Insbesondere bezieht sich eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auf ein Halbleiterbauelement, das einen Oxidhalbleiter als Kanal verwendet.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] In den letzten Jahren wurde anstelle von amorphem Silizium, Niedertemperatur-Polysilizium und Einkristall-Silizium ein Halbleiterbauelement entwickelt, bei dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanal verwendet wird (siehe beispielsweise Patentliteratur 1 bis 6). Das Halbleiterbauelement, in dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanal verwendet wird, kann mit einer einfachen Struktur und einem Niedrigtemperaturprozess hergestellt werden, ähnlich einem Halbleiterbauelement, in dem amorphes Silizium für einen Kanal verwendet wird. Darüber hinaus ist bekannt, dass das Halbleiterbauelement, in dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanal verwendet wird, eine höhere Mobilität aufweist als das Halbleiterbauelement, in dem amorphes Silizium für einen Kanal verwendet wird.

[0003] Damit das Halbleiterbauelement, in dem der Oxidhalbleiter für den Kanal verwendet wird, stabil arbeiten kann, ist es wichtig, einer Oxidhalbleiterschicht im Herstellungsprozess Sauerstoff zuzuführen und den in der Oxidhalbleiterschicht entstehenden Sauerstoffmangel zu verringern. Beispielsweise wird eine Technik zum Bilden einer Oxidhalbleiterschicht unter der Bedingung, dass die Isolierschicht mehr Sauerstoff enthält, als eine Methode zum Versorgen der Oxidhalbleiterschicht mit Sauerstoff offenbart.

ZITATIONSLISTE

PATENTLITERATUR

Patentliteratur 1: Japanische offengelegte Patentveröffentlichung Nr. 2021-141338

Patentliteratur 2: Japanische offengelegte Patentveröffentlichung Nr. 2014-099601

Patentliteratur 3: Japanische offengelegte Patentveröffentlichung Nr. 2021-153196

Patentliteratur 4: Japanische offengelegte Patentveröffentlichung Nr. 2018-006730

Patentliteratur 5: Japanische offengelegte Patentveröffentlichung Nr. 2016-184771

Patentliteratur 6: Japanische offengelegte Patentveröffentlichung Nr. 2021-108405

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

TECHNISCHES PROBLEM

[0004] Eine unter sauerstoffhaltigeren Bedingungen gebildete Isolierschicht enthält mehr Defekte. Da in diesem Fall Elektronen in den Defekten in der Isolierschicht gefangen werden, kommt es zu Schwankungen der elektrischen Eigenschaften oder der Merkmale bei Zuverlässigkeitstests des Halbleiterbauelements. Da andererseits eine Isolierschicht mit wenigen Defekten nicht viel Sauerstoff enthält, kann Sauerstoff nicht ausreichend von der Isolierschicht an die Oxidhalbleiterschicht geliefert werden. Daher besteht Bedarf an der Realisierung einer Struktur, die in der Lage ist, Sauerstoffmängel in der Oxidhalbleiterschicht zu reparieren und gleichzeitig Defekte in der Isolierschicht zu reduzieren, die zu Schwankungen in den Eigenschaften des Halbleiterbauelements führen.

[0005] Darüber hinaus ist es bekannt, dass durch eine relative Erhöhung des Indiumanteils in der Oxidhalbleiterschicht ein Halbleiterbauelement mit hoher Beweglichkeit erhalten werden kann. Wenn jedoch der Anteil von Indium in der Oxidhalbleiterschicht hoch ist, kann es in der Oxidhalbleiterschicht leicht zu Sauerstoffmangel kommen. Um eine hohe Mobilität bei gleichzeitiger Wahrung einer hohen Zuverlässigkeit zu erreichen, ist es daher erforderlich, eine Konfiguration der Oxidhalbleiterschicht und der Isolierschicht um die Oxidhalbleiterschicht herum zu entwickeln.

[0006] Ein Ziel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Halbleiterbauelement mit hoher Mobilität und hoher Zuverlässigkeit bereitzustellen.

LÖSUNG DES PROBLEMS

[0007] Ein Halbleiterbauelement gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine aluminiumhaltige Metalloxidschicht über einer isolierenden Oberfläche und eine Oxidhalbleiterschicht über der Metalloxidschicht. Die Oxidhalbleiterschicht umfasst einen ersten Kristallbereich in Kontakt mit der Metalloxidschicht und einen zweiten Kristallbereich in Kontakt mit dem ersten Kristallbereich und mit einer größeren Fläche als der erste Kristallbereich in einer Querschnittsansicht der Oxidhalbleiterschicht. Der erste Kristallbereich und der zweite Kristallbereich unterscheiden sich zumindest in einer Kristallstruktur und einer Kristallorientierung voneinander.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht, die eine Konfiguration eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 2 ist eine Draufsicht, die eine Konfiguration eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Kristallstruktur einer Oxidhalbleiterschicht eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 4 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Kristallstruktur einer Oxidhalbleiterschicht eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 5 ist ein Sequenzdiagramm, das ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 8 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 9 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 10 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 11 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 12 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 13 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 14 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 15 ist eine Draufsicht, die einen Überblick über eine Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 16 ist ein Blockdiagramm, das eine Schaltungskonfiguration einer Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 17 ist ein Schaltplan, der einen Pixelschaltkreis einer Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 18 ist eine Querschnittsansicht, die einen Überblick über eine Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 19 ist eine Draufsicht einer Pixelelektrode und einer gemeinsamen Elektrode einer Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 20 ist ein Schaltplan, der einen Pixelschaltkreis einer Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 21 ist eine Querschnittsansicht, die einen Überblick über eine Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 22 ist ein Diagramm, das die elektrischen Eigenschaften eines Halbleiterbauelements eines Beispiels zeigt.

Fig. 23 ist ein Diagramm, das einen Zuverlässigkeitstest des Halbleiterbauelements eines Beispiels zeigt.

Fig. 24A ist ein TEM-Querschnittsbild eines Halbleiterbauelements eines Beispiels.

Fig. 24B ist ein schematisches Diagramm zur Erläuterung des TEM-Querschnittsbildes von **Fig.** 24A.

Fig. 25 ist ein Elektronenstrahlbeugungsbild eines Halbleiterbauelements eines Beispiels.

Fig. 26 ist ein Elektronenstrahlbeugungsbild eines Halbleiterbauelements eines Beispiels.

Fig. 27 ist ein Diagramm, das die elektrischen Eigenschaften eines Halbleiterbauelementes eines Vergleichsbeispiels zeigt.

Fig. 28 ist ein Diagramm, das einen Zuverlässigkeitstest eines Halbleiterbauelements eines Vergleichsbeispiels zeigt.

Fig. 29 ist ein TEM-Querschnittsbild eines Halbleiterbauelements eines Vergleichsbeispiels.

Fig. 30 ist ein Elektronenstrahlbeugungsbild eines Halbleiterbauelements eines Vergleichsbeispiels.

Fig. 31 ist ein Elektronenstrahlbeugungsbild eines Halbleiterbauelementes eines Vergleichsbeispiels.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0008] Nachfolgend wird jede Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Die folgende Offenbarung ist lediglich ein Beispiel. Eine Konfiguration, die sich ein Fachmann leicht ausdenken kann, indem er die Konfiguration der Ausführungsform entsprechend ändert und dabei den Kern der Erfindung beibehält, ist selbstverständlich im Umfang der vorliegenden Erfindung enthalten. Um die Beschreibung klarer zu machen, können die Zeichnungen die Breiten, Dicken, Formen und dergleichen von Komponenten im Vergleich mit den tatsächlichen Ausführungsformen schematisch zeigen. Die dargestellten Formen sind jedoch lediglich Beispiele und schränken die Interpretation der vorliegenden Erfindung nicht ein. In der vorliegenden Spezifikation und den Zeichnungen werden Komponenten, die den zuvor in Bezug auf die oben beschriebenen Zeichnungen beschriebenen Komponenten ähneln, die gleichen Bezugszeichen gegeben, und deren detaillierte Beschreibung kann gegebenenfalls weggelassen sein.

[0009] In jeder Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine Richtung von einem Substrat hin zu einer Oxidhalbleiterschicht als „auf“ oder „über“ bezeichnet. Umgekehrt wird eine Richtung von der Oxidhalbleiterschicht zum Substrat als „unter“ oder „unterhalb“ bezeichnet. Der Einfachheit halber wird zur Beschreibung der Ausdruck „über“ oder „unterhalb“ verwendet, aber beispielsweise können das Substrat und die Oxidhalbleiterschicht so angeordnet sein, dass die vertikale Beziehung von der in den Zeichnungen gezeigten abweicht. Ferner beschreibt der Ausdruck „eine Oxidhalbleiterschicht auf einem Substrat“ lediglich die vertikale Beziehung zwischen dem Substrat und der Oxidhalbleiterschicht, wie oben beschrieben, und zwischen dem Substrat und der Oxidhalbleiterschicht kann ein weiteres Element angeordnet sein. Die Begriffe „über“ oder „unter“ bedeuten eine Stapelreihenfolge, in der mehrere Schichten gestapelt sind, und können eine Positionsbeziehung aufweisen, in der sich ein Transistor und eine Pixelelektrode in einer Draufsicht nicht überlappen, wenn sie als „eine Pixelelektrode über einem Transistor“ ausgedrückt werden. Andererseits bedeutet der Ausdruck „eine Pixelelektrode vertikal über einem Transistor“ eine Positionsbeziehung, in der sich der Transistor und die Pixelelektrode in einer Draufsicht überlappen.

[0010] Unter einer „Anzeigevorrichtung“ versteht man eine Struktur, die mithilfe einer elektrooptischen Schicht ein Bild anzeigt. Beispielsweise kann sich der Begriff „Anzeigevorrichtung“ auf ein Anzeigefeld beziehen, das die elektrooptische Schicht enthält, oder auf eine Struktur mit anderen optischen Elementen (beispielsweise ein polarisiertes Element, eine Hintergrundbeleuchtung, ein Touchpanel und dergleichen), die an einer Anzeigezelle angebracht sind. Die „elektrooptische Schicht“ kann eine Flüssigkristallschicht, eine elektrolumineszierende (EL) Schicht, eine elektrochrome (EC) Schicht oder eine elektrophoretische Schicht umfassen, solange kein technischer Widerspruch vorliegt. Obwohl in den folgenden Ausführungsformen eine

Flüssigkristallanzeigevorrichtung mit einer Flüssigkristallschicht und eine organische EL-Anzeigevorrichtung mit einer organischen EL-Schicht als Beispiele für eine Anzeigevorrichtung genannt werden, kann die Struktur gemäß der vorliegenden Ausführungsform auf eine Anzeigevorrichtung angewendet werden, die die anderen oben beschriebenen elektrooptischen Schichten umfasst.

[0011] In der vorliegenden Spezifikation schließt der Ausdruck „α umfasst A, B oder C“, „α umfasst irgendeines von A, B oder C", „α umfasst ein aus einer Gruppe bestehend aus A, B und C ausgewähltes Element" und dergleichen den Fall nicht aus, in dem α eine Vielzahl von Kombinationen von A bis C umfasst, sofern nichts anderes angegeben ist. Darüber hinaus schließen diese Ausdrücke den Fall nicht aus, in dem α andere Komponenten enthält.

[0012] Darüber hinaus können die nachfolgenden Ausführungsformen miteinander kombiniert werden, sofern kein technischer Widerspruch vorliegt.

<Erste Ausführungsform>

[0013] Ein Halbleiterbauelement gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die **Fig.** 1 bis 14 beschrieben. Beispielsweise kann das Halbleiterbauelement der unten beschriebenen Ausführungsform zusätzlich zu einem in einer Anzeigevorrichtung verwendeten Transistor in einem integrierten Schaltkreis (IC), wie etwa einer Mikroprozessoreinheit (MPU) oder einem Speicherschaltkreis, verwendet werden.

[Konfiguration des Halbleiterbauelements 10]

[0014] Eine Konfiguration des Halbleiterbauelements 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die **Fig.** 1 und 2 beschrieben. **Fig.** 1 ist eine Querschnittsansicht, die eine Konfiguration des Halbleiterbauelements 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Ferner ist **Fig.** 2 eine Draufsicht, die eine Konfiguration des Halbleiterbauelements 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0015] Wie in **Fig.** 1 gezeigt, ist das Halbleiterbauelement 10 über einem Substrat 100 angeordnet. Das Halbleiterbauelement 10 umfasst eine Gate-Elektrode 105, Gate-Isolierschichten 110 und 120, eine Metalloxidschicht 130, eine Oxidhalbleiterschicht 140, eine Gate-Isolierschicht 150, eine Gate-Elektrode 160, Isolierschichten 170 und 180, eine Source-Elektrode 201 und eine Drain-Elektrode 203. Darüber hinaus können die Source-Elektrode 201 und die Drain-Elektrode 203, wenn sie sich nicht besonders voneinander unterscheiden, als Source-Drain-Elektrode 200 bezeichnet werden.

[0016] Die Gateelektrode 105 ist über dem Substrat 100 vorgesehen. Die Gate-Isolierschicht 110 und die Gate-Isolierschicht 120 sind über dem Substrat 100 und der Gate-Elektrode 105 vorgesehen. Die Metalloxidschicht 130 ist über der Gate-Isolierschicht 120 vorgesehen. Die Metalloxidschicht 130 steht mit der Gate-Isolierschicht 120 in Kontakt. Die Oxidhalbleiterschicht 140 ist über der Metalloxidschicht 130 vorgesehen. Die Oxidhalbleiterschicht 140 steht mit der Metalloxidschicht 130 in Kontakt. Bei den Hauptoberflächen der Oxidhalbleiterschicht 140 wird eine Oberfläche, die mit der Metalloxidschicht 130 in Kontakt steht, als untere Oberfläche 142 bezeichnet. Eine Seitenfläche der Metalloxidschicht 130 ist im Wesentlichen mit einer Seitenfläche der Oxidhalbleiterschicht 140 ausgerichtet.

[0017] In der vorliegenden Ausführungsform ist zwischen der Metalloxidschicht 130 und dem Substrat 100 keine Halbleiterschicht oder Oxidhalbleiterschicht vorgesehen.

[0018] Obwohl in **Fig.** 1 die Seitenfläche der Metalloxidschicht 130 und die Seitenfläche der Oxidhalbleiterschicht 140 in einer geraden Linie angeordnet sind, ist die Konfiguration nicht darauf beschränkt. Ein Winkel der Seitenfläche der Metalloxidschicht 130 in Bezug auf die Hauptfläche des Substrats 100 kann sich von einem Winkel der Seitenfläche der Oxidhalbleiterschicht 140 in Bezug auf die Hauptfläche unterscheiden. Die Seitenfläche von mindestens einer der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 kann gekrümmt sein.

[0019] Die Gate-Elektrode 160 ist der Oxidhalbleiterschicht 140 zugewandt. Die Gate-Isolierschicht 150 ist zwischen der Oxidhalbleiterschicht 140 und der Gate-Elektrode 160 vorgesehen. Die Gate-Isolierschicht 150 steht mit der Oxidhalbleiterschicht 140 in Kontakt. In den Hauptoberflächen der Oxidhalbleiterschicht 140 wird eine Oberfläche in Kontakt mit der Gate-Isolierschicht 150 als obere Oberfläche 141 bezeichnet. Eine

Oberfläche zwischen der oberen Oberfläche 141 und der unteren Oberfläche 142 wird als Seitenoberfläche 143 bezeichnet. Die Isolierschichten 170 und 180 sind über der Gate-Isolierschicht 150 und der Gate-Elektrode 160 vorgesehen. In den Isolierschichten 170 und 180 sind Öffnungen 171 und 173 vorgesehen, die bis zur Oxidhalbleiterschicht 140 reichen. Die Source-Elektrode 201 ist innerhalb der Öffnung 171 vorgesehen. Die Source-Elektrode 201 steht am Boden der Öffnung 171 mit der Oxidhalbleiterschicht 140 in Kontakt. Die Drain-Elektrode 203 ist innerhalb der Öffnung 173 vorgesehen. Die Drain-Elektrode 203 steht am Boden der Öffnung 173 mit der Oxidhalbleiterschicht 140 in Kontakt.

[0020] Die Gate-Elektrode 105 dient als unteres Gate des Halbleiterbauelements 10 und als Lichtschutzfilm für die Oxidhalbleiterschicht 140. Die Gate-Isolierschicht 110 dient als Sperrfilm zum Abschirmen von Verunreinigungen, die vom Substrat 100 in Richtung der Oxidhalbleiterschicht 140 diffundieren. Die Gate-Isolierschichten 110 und 120 haben die Funktion einer Gate-Isolierschicht für das Bottom-Gate. Die Metalloxidschicht 130 ist eine Schicht, die ein Metalloxid mit Aluminium als Hauptbestandteil enthält, und hat die Funktion eines Gasbarrierefilms zum Abschirmen eines Gases wie Sauerstoff oder Wasserstoff.

[0021] Die Oxidhalbleiterschicht 140 ist in einen Source-Bereich S, einen Drain-Bereich D und einen Kanalbereich CH unterteilt. Der Kanalbereich CH ist ein Bereich der Oxidhalbleiterschicht 140 vertikal unterhalb der Gateelektrode 160. Der Source-Bereich S ist ein Bereich der Oxidhalbleiterschicht 140, der die Gate-Elektrode 160 nicht überlappt und näher an der Source-Elektrode 201 liegt als der Kanalbereich CH. Der Drain-Bereich D ist ein Bereich der Oxidhalbleiterschicht 140, der die Gate-Elektrode 160 nicht überlappt und näher an der Drain-Elektrode 203 liegt als der Kanalbereich CH. Der Kanalbereich CH in der Oxidhalbleiterschicht 140 weist die physikalischen Eigenschaften eines Halbleiters auf. Der Source-Bereich S und der Drain-Bereich D in der Oxidhalbleiterschicht 140 weisen die physikalischen Eigenschaften eines Leiters auf.

[0022] Die Gate-Elektrode 160 dient als Top-Gate des Halbleiterbauelements 10 und als Lichtschutzfilm für die Oxidhalbleiterschicht 140. Die Gate-Isolierschicht 150 dient als Gate-Isolierschicht für das Top-Gate und hat die Funktion, bei einer Wärmebehandlung in einem Herstellungsprozess Sauerstoff freizusetzen. Die Isolierschichten 170 und 180 isolieren die Gate-Elektrode 160 und die Source-Drain-Elektrode 200 und haben die Funktion, die parasitäre Kapazität dazwischen zu verringern. Der Betrieb des Halbleiterbauelements 10 wird hauptsächlich durch eine an die Gate-Elektrode 160 angelegte Spannung gesteuert. An die Gateelektrode 105 wird eine Hilfsspannung angelegt. Wenn die Gate-Elektrode 105 jedoch lediglich als Lichtschutzfilm verwendet wird, wird an die Gate-Elektrode 105 keine bestimmte Spannung angelegt und die Gate-Elektrode 105 kann sich in einem schwebenden Zustand befinden. Das heißt, die Gate-Elektrode 105 kann einfach als „lichtabschirmender Film“ bezeichnet werden.

[0023] Obwohl in der vorliegenden Ausführungsform eine Konfiguration unter Verwendung eines Doppelgate-Transistors als Halbleiterbauelement 10 beispielhaft dargestellt ist, bei der die Gate-Elektrode sowohl über als auch unter der Oxidhalbleiterschicht vorgesehen ist, ist die Konfiguration nicht hierauf beschränkt. Beispielsweise kann als Halbleiterbauelement 10 ein Bottom-Gate-Transistor verwendet werden, bei dem die Gate-Elektrode nur unterhalb der Oxidhalbleiterschicht vorgesehen ist, oder ein Top-Gate-Transistor, bei dem die Gate-Elektrode nur über der Oxidhalbleiterschicht vorgesehen ist. Die obige Konfiguration ist lediglich eine Ausführungsform und die vorliegende Erfindung ist nicht auf die obige Konfiguration beschränkt.

[0024] Wie in **Fig.** 2 gezeigt, ist in einer Draufsicht ein planares Muster der Metalloxidschicht 130 im Wesentlichen dasselbe wie ein planares Muster der Oxidhalbleiterschicht 140. Unter Bezugnahme auf **Fig.** 1 und 2 ist die untere Oberfläche 142 der Oxidhalbleiterschicht 140 mit der Metalloxidschicht 130 bedeckt. Insbesondere ist in der vorliegenden Ausführungsform die gesamte Unterseite 142 der Oxidhalbleiterschicht 140 mit der Metalloxidschicht 130 bedeckt. In einer Richtung D1 ist eine Breite der Gate-Elektrode 105 größer als eine Breite der Gate-Elektrode 160. Die Richtung D1 ist eine Richtung, die die Source-Elektrode 201 und die Drain-Elektrode 203 verbindet, und ist eine Richtung, die eine Kanallänge L des Halbleiterbauelements 10 angibt. Insbesondere ist eine Länge in der Richtung D1 in dem Bereich (dem Kanalbereich CH), wo die Oxidhalbleiterschicht 140 und die Gate-Elektrode 160 einander überlappen, die Kanallänge L, und eine Breite in einer Richtung D2 im Kanalbereich CH ist eine Kanalbreite W.

[0025] Obwohl in der vorliegenden Ausführungsform eine Konfiguration beispielhaft dargestellt ist, bei der die gesamte untere Oberfläche 142 der Oxidhalbleiterschicht 140 mit der Metalloxidschicht 130 bedeckt ist, ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf beschränkt. Beispielsweise kann es sein, dass ein Teil der unteren Oberfläche 142 der Oxidhalbleiterschicht 140 nicht mit der Metalloxidschicht 130 in Kontakt steht. Beispielsweise kann die gesamte Unterseite 142 des Kanalbereichs CH in der Oxidhalbleiterschicht 140 mit der Metalloxidschicht 130 bedeckt sein, und die gesamte oder Teile der Unterseite 142 des Source-Bereichs S

und des Drain-Bereichs D in der Oxidhalbleiterschicht 140 sind möglicherweise nicht mit der Metalloxidschicht 130 bedeckt. Das heißt, die gesamte oder Teile der unteren Oberfläche 142 des Source-Bereichs S und des Drain-Bereichs D in der Oxidhalbleiterschicht 140 stehen möglicherweise nicht mit der Metalloxidschicht 130 in Kontakt. In der obigen Konfiguration ist jedoch ein Teil der unteren Oberfläche 142 des Kanalbereichs CH in der Oxidhalbleiterschicht 140 möglicherweise nicht mit der Metalloxidschicht 130 bedeckt, und der andere Teil der unteren Oberfläche 142 steht möglicherweise mit der Metalloxidschicht 130 in Kontakt.

[0026] Obwohl in der vorliegenden Ausführungsform die Konfiguration beispielhaft dargestellt ist, bei der die Gate-Isolierschicht 150 auf der gesamten Oberfläche ausgebildet ist und die Öffnungen 171 und 173 in der Gate-Isolierschicht 150 vorgesehen sind, ist die Konfiguration nicht hierauf beschränkt. Die Gate-Isolierschicht 150 kann strukturiert sein. Beispielsweise kann die Gate-Isolierschicht 150 so strukturiert werden, dass der gesamte oder ein Teil des Source-Bereichs S und des Drain-Bereichs D der Oxidhalbleiterschicht 140 freiliegt. Das heißt, die Gate-Isolierschicht 150 auf dem Source-Bereich S und dem Drain-Bereich D kann entfernt werden, und der Source-Bereich S und der Drain-Bereich D und die Isolierschicht 170 können miteinander in Kontakt stehen.

[0027] Obwohl in **Fig.** 2 die Konfiguration beispielhaft dargestellt ist, bei der die Source-Drain-Elektrode 200 die Gate-Elektrode 105 und die Gate-Elektrode 160 in einer Draufsicht nicht überlappt, ist die Konfiguration nicht hierauf beschränkt. Beispielsweise kann die Source-Drain-Elektrode 200 in einer Draufsicht mindestens eine der Gate-Elektroden 105 und 160 überlappen. Die obige Konfiguration ist lediglich eine Ausführungsform und die vorliegende Erfindung ist nicht auf die obige Konfiguration beschränkt.

[Material jedes Elements des Halbleiterbauelementes 10]

[0028] Als Substrat 100 wird ein starres Substrat mit Lichtdurchlässigkeit verwendet, beispielsweise ein Glassubstrat, ein Quarzsubstrat, ein Saphirsubstrat oder dergleichen. In dem Fall, in dem das Substrat 100 flexibel sein muss, wird als Substrat 100 ein harzhaltiges Substrat wie etwa ein Polyimidsubstrat, ein Acrylsubstrat, ein Siloxansubstrat oder ein Fluorharzsubstrat verwendet. Wenn als Substrat 100 ein harzhaltiges Substrat verwendet wird, können Verunreinigungen in das Harz eingebracht werden, um die Hitzebeständigkeit des Substrats 100 zu verbessern. Insbesondere in dem Fall, in dem es sich bei dem Halbleiterbauelement 10 um ein Top-Emissions-Display handelt, kann das Substrat 100 nicht transparent sein und es können Verunreinigungen verwendet werden, die die Lichtdurchlässigkeit des Substrats 100 verringern. In dem Fall, dass das Halbleiterbauelement 10 für einen integrierten Schaltkreis verwendet wird, der kein Anzeigebauelement ist, wird als Substrat 100 ein nicht lichtdurchlässiges Substrat, beispielsweise ein Halbleitersubstrat wie etwa ein Siliziumsubstrat, ein Siliziumkarbidsubstrat, ein Verbindungshalbleitersubstrat oder ein leitfähiges Substrat wie etwa ein rostfreies Substrat verwendet.

[0029] Für die Gate-Elektrode 105, die Gate-Elektrode 160 und die Source-Drain-Elektrode 200 werden gängige Metallmaterialien verwendet. Für diese Bauteile werden beispielsweise Aluminium (Al), Titan (Ti), Chrom (Cr), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Molybdän (Mo), Hafnium (Hf), Tantal (Ta), Wolfram (W), Wismut (Bi), Silber (Ag), Kupfer (Cu) sowie deren Legierungen oder Verbindungen verwendet. Die oben beschriebenen Materialien können in einer einzelnen Schicht oder in einer gestapelten Schicht für die Gate-Elektrode 105, die Gate-Elektrode 160 und die Source-Drain-Elektrode 200 verwendet werden.

[0030] Darüber hinaus können die Gate-Elektrode 160 und die Source-/Drain-Elektroden 200 aus dem gleichen oder aus unterschiedlichen Metallmaterialien bestehen. Beispielsweise kann es sein, dass die Gate-Elektrode 160 kein Aluminium enthält und die Source-Drain-Elektrode 200 Aluminium enthält.

[0031] Für die Gate-Isolierschichten 110 und 120 und die Isolierschichten 170 und 180 werden übliche Isoliermaterialien verwendet. Für diese Elemente werden beispielsweise anorganische Isolierschichten wie Siliziumoxid (SiO_x), Siliziumoxynitrid (SiO_xN_y), Siliziumnitrid (SiN_x), Siliziumnitridoxid (SiN_xO_y), Aluminiumoxid (AlO_x), Aluminiumoxynitrid (AlO_xN_y), Aluminiumnitridoxid (AlN_xO_y) und Aluminiumnitrid (AlN_x) verwendet.

[0032] Die oben beschriebenen SiO_xN_y und AlO_xN_y sind eine Siliziumverbindung und eine Aluminiumverbindung, die Stickstoff (N) in einem Verhältnis ($x > y$) enthalten, das kleiner ist als das von Sauerstoff (O). SiN_xO_y und AlN_xO_y sind eine Silizium- und eine Aluminiumverbindung, die Sauerstoff in einem kleineren Verhältnis ($x > y$) als Stickstoff enthalten.

[0033] Unter den oben beschriebenen Isolierschichten wird die Sauerstoff enthaltende Isolierschicht als Gate-Isolierschicht 150 verwendet. Beispielsweise wird für die Gate-Isolierschicht 150 eine anorganische Isolierschicht wie Siliziumoxid (SiO_x), Siliziumoxynitrid (SiO_xN_y) oder dergleichen verwendet.

[0034] Als Gate-Isolierschicht 120 wird eine Isolierschicht verwendet, die die Funktion hat, durch eine Wärmebehandlung Sauerstoff freizusetzen. Beispielsweise ist die Temperatur der Wärmebehandlung, bei der die Gate-Isolierschicht 120 Sauerstoff freisetzt, kleiner oder gleich 600°C, kleiner oder gleich 500°C, kleiner oder gleich 450°C oder kleiner oder gleich 400°C. Das heißt beispielsweise, in dem Fall, in dem das Glassubstrat als Substrat 100 verwendet wird, gibt die Gate-Isolierschicht 120 bei der im Herstellungsprozess des Halbleiterbauelements 10 durchgeführten Wärmebehandlungstemperatur Sauerstoff ab.

[0035] Als Gate-Isolierschicht 150 wird eine Isolierschicht mit wenigen Defekten verwendet. Wenn beispielsweise ein Zusammensetzungsverhältnis von Sauerstoff in der Gate-Isolierschicht 150 mit einem Zusammensetzungsverhältnis von Sauerstoff in einer Isolierschicht (nachfolgend als „andere Isolierschicht“ bezeichnet) verglichen wird, die eine ähnliche Zusammensetzung wie die Gate-Isolierschicht 150 aufweist, liegt das Zusammensetzungsverhältnis von Sauerstoff in der Gate-Isolierschicht 150 näher am stöchiometrischen Verhältnis in Bezug auf die Isolierschicht als das Zusammensetzungsverhältnis von Sauerstoff in dieser anderen Isolierschicht. Insbesondere in dem Fall, in dem Siliziumoxid (SiO_x) für die Gate-Isolierschicht 150 und die Isolierschicht 180 verwendet wird, liegt das Zusammensetzungsverhältnis von Sauerstoff in dem als Gate-Isolierschicht 150 verwendeten Siliziumoxid nahe am stöchiometrischen Verhältnis von Siliziumoxid, verglichen mit dem Zusammensetzungsverhältnis von Sauerstoff in dem als Isolierschicht 180 verwendeten Siliziumoxid. Beispielsweise kann als Gate-Isolierschicht 150 eine Schicht verwendet werden, in der bei der Auswertung durch Elektronenspinresonanz (ESR) keine Defekte beobachtet werden.

[0036] Für die Metalloxidschicht 130 und eine Metalloxidschicht 190 wird ein Metalloxid verwendet, das als Hauptbestandteil Aluminium enthält und im später beschriebenen Herstellungsprozess verwendet wird. Beispielsweise wird für die Metalloxidschicht 130 (oder die Metalloxidschicht 190) ein anorganisches Isoliermaterial wie Aluminiumoxid (AlO_x), Aluminiumoxynitrid (AlO_xN_y), Aluminiumnitridoxid (AlN_xO_y) oder Aluminiumnitrid (AlN_x) verwendet. Die „Metalloxidschicht, die Aluminium als Hauptbestandteil enthält“ bedeutet, dass der Anteil des in der Metalloxidschicht 130 (oder der Metalloxidschicht 190) enthaltenen Aluminiums größer oder gleich 1% der Gesamtmenge der Metalloxidschicht 130 (oder der Metalloxidschicht 190) ist. Der Anteil des in der Metalloxidschicht 130 (oder der Metalloxidschicht 190) enthaltenen Aluminiums kann größer oder gleich 5% und kleiner oder gleich 70%, größer oder gleich 10% und kleiner oder gleich 60% oder größer oder gleich 30% und kleiner oder gleich 50% der Gesamtmenge der Metalloxidschicht 130 sein. Bei dem obigen Verhältnis kann es sich um ein Massenverhältnis oder ein Gewichtsverhältnis handeln.

[0037] Zumindest ein Teil der Oxidhalbleiterschicht 140 steht mit der Metalloxidschicht 130 in Kontakt. Obwohl dies später ausführlich beschrieben wird, diffundiert daher in der Metalloxidschicht 130 enthaltenes Aluminium in die Oxidhalbleiterschicht 140, wenn ein OS-Glühen durchgeführt wird. Daher enthält die Oxidhalbleiterschicht 140 einen Bereich mit einer hohen Aluminiumkonzentration in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140. Beispielsweise kann die Aluminiumkonzentration durch eine Sekundärionen-Massenspektrometrie-Analyse (SIMS) ermittelt werden.

[0038] Obwohl dies später im Detail beschrieben wird, diffundiert außerdem in der Metalloxidschicht 190 enthaltenes Aluminium in die Gate-Isolierschicht 1.50, wenn die Metalloxidschicht 190 auf der Gate-Isolierschicht. 150 abgeschieden wird und ein Oxidationsglühen durchgeführt wird. Daher enthält die Gate-Isolierschicht 150 auch nach dem Entfernen der Metalloxidschicht 190 einen Bereich mit einer hohen Aluminiumkonzentration in der Nähe einer Oberfläche (in der Nähe der Oberfläche auf der der Oxidhalbleiterschicht 140 gegenüberliegenden Seite).

[0039] Für die Oxidhalbleiterschicht 140 wird ein Metalloxid mit Halbleitereigenschaften verwendet. Beispielsweise wird für die Oxidhalbleiterschicht 140 ein Oxidhalbleiter verwendet, der zwei oder mehr Metalle, darunter Indium (In), enthält. In der Oxidhalbleiterschicht 140 ist das Verhältnis von Indium zu zwei oder mehr Metallen größer oder gleich 50 %. Als Oxidhalbleiterschicht 140 werden neben Indium Gallium (Ga), Zink (Zn), Aluminium (Al), Hafnium (Hf), Yttrium (Y), Zirkonia (Zr) und Lanthanoide verwendet. Für die Oxidhalbleiterschicht 140 können auch andere als die oben beschriebenen Elemente verwendet werden.

[0040] Die Oxidhalbleiterschicht 140 weist Kristallinität auf. Die kristalline Oxidhalbleiterschicht 140 weist weniger Sauerstoffmangel auf als eine amorphe Oxidhalbleiterschicht. Obwohl die kristalline Oxidhalbleiterschicht 140 einen amorphen Bereich umfassen kann, ist der Anteil des amorphen Bereichs in der Oxidhalb-

leiterschicht 140 kleiner als der Anteil des kristallinen Bereichs in der Oxidhalbleiterschicht 140. Beispielsweise ist der Anteil des kristallinen Bereichs in der Oxidhalbleiterschicht 140 größer oder gleich 70%, vorzugsweise größer oder gleich 80% und noch besser größer oder gleich 90%.

[0041] Hier wird eine Kristallstruktur der Oxidhalbleiterschicht 140 des Halbleiterbauelements 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig.** 3 beschrieben. **Fig.** 3 ist eine schematische Querschnittsansicht, die die Kristallstruktur der Oxidhalbleiterschicht 140 des Halbleiterbauelements 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0042] Wie in **Fig.** 3 gezeigt, umfasst die Oxidhalbleiterschicht 140 einen ersten Kristallbereich 144 mit einer ersten Kristallstruktur und einen zweiten Kristallbereich 145 mit einer zweiten Kristallstruktur. Der erste Kristallbereich 144 wird nur in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 gebildet. Das heißt, der erste Kristallbereich 144 wird in Kontakt mit der Metalloxidschicht 130 gebildet und befindet sich nicht in einer von der Metalloxidschicht 130 entfernten Position. In der Oxidhalbleiterschicht 140 kann ein erster Kristallbereich 144 oder eine Vielzahl von ersten Kristallbereichen 144 ausgebildet sein. Der zweite Kristallbereich 145 wird in Kontakt mit der Metalloxidschicht 130 und dem ersten Kristallbereich 144 gebildet, um den ersten Kristallbereich 144 abzudecken. Mit anderen Worten ist in einer Querschnittsansicht der Oxidhalbleiterschicht 140 der erste Kristallbereich 144 von der Metalloxidschicht 130 und dem zweiten Kristallbereich 145 umgeben, und zwischen dem ersten Kristallbereich 144 und dem zweiten Kristallbereich 145 ist eine Kristallkorngrenze ausgebildet.

[0043] Wie oben beschrieben, wird der erste Kristallbereich 144 nur in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 gebildet und existiert nicht an einer Position entfernt von der Metalloxidschicht 130. Daher ist der Anteil der ersten Kristallregion 144 in der Oxidhalbleiterschicht 140 deutlich kleiner als der Anteil der zweiten Kristallregion 145 in der Oxidhalbleiterschicht 140. Mit anderen Worten ist in der Querschnittsansicht der Oxidhalbleiterschicht 140 die Fläche des ersten Kristallbereichs 144 deutlich kleiner als die Fläche des zweiten Kristallbereichs. Das heißt, der größte Teil der Oxidhalbleiterschicht 140 wird durch die zweite Kristallregion 145 gebildet und die Kristallstruktur der Oxidhalbleiterschicht 140 ist dieselbe wie die zweite Kristallstruktur der zweiten Kristallregion 145.

[0044] Die zweite Kristallstruktur des zweiten Kristallbereichs 145 ist beispielsweise eine Bixbyitstruktur, eine Korundstruktur, eine Spinellstruktur oder eine homologe Struktur. Die Bixbyit-Struktur ist eine der stabilen Kristallstrukturen von Indiumoxid. Sowohl die Korundstruktur als auch die Spinellstruktur zählen zu den stabilen Kristallstrukturen von Aluminiumoxid bzw. Galliumoxid. Die homologe Struktur ist eine der stabilen Kristallstrukturen von Indium-Gallium-Zinkoxid. Die zweite Kristallstruktur verändert sich je nach Zusammensetzung der im zweiten Kristallbereich 145 enthaltenen Elemente. Darüber hinaus wird die homologe Struktur durch einen Index m (m ist eine natürliche Zahl) in der Zusammensetzungsformel ausgedrückt und kann verschiedene periodische Strukturen aufweisen. Daher ist es vorzuziehen, dass die zweite Kristallstruktur eine Bixbyitstruktur, eine Korundstruktur oder eine Spinellstruktur anstelle einer homologen Struktur ist. Die erste Kristallstruktur des ersten Kristallbereichs 144 kann gleich oder verschieden von der zweiten Kristallstruktur des zweiten Kristallbereichs 145 sein. Wenn jedoch die erste Kristallstruktur dieselbe ist wie die zweite Kristallstruktur, unterscheidet sich die Kristallausrichtung des ersten Kristallbereichs 144 von der Kristallausrichtung des zweiten Kristallbereichs 145 in der Querschnittsansicht der Oxidhalbleiterschicht 140. Das heißt, die Oxidhalbleiterschicht 140 umfasst mindestens zwei Bereiche (den ersten Kristallbereich 144 und den zweiten Kristallbereich 145) mit unterschiedlicher Kristallinität, und die Kristallkorngrenze ist zwischen dem ersten Kristallbereich 144 und dem zweiten Kristallbereich 145 gebildet.

[0045] Der Grund, warum der erste Kristallbereich 144 in der Oxidhalbleiterschicht 140 gebildet wird, wird in der folgenden Beschreibung erläutert. Wie oben beschrieben, diffundiert in der Metalloxidschicht 130 enthaltenes Aluminium in die Oxidhalbleiterschicht 140, wenn die OS-Glühung an der in Kontakt mit der Metalloxidschicht 130 stehenden Oxidhalbleiterschicht 140 durchgeführt wird. In der Nähe der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 wird der erste Kristallbereich 144 mit dem diffundierten Aluminium als Kristallkern gebildet. Da jedoch die Diffusionsrate des diffundierten Aluminiums in der Oxidhalbleiterschicht 140 nicht so hoch ist, wächst der erste Kristallbereich 144 nicht groß. Es entsteht somit der zweite Kristallbereich 145 mit dem auf eine bestimmte Größe gewachsenen ersten Kristallbereich 144 als Kristallkeim. Da der erste Kristallbereich 144 aus der Metalloxidschicht 130 diffundiertes Aluminium enthält, ist die Aluminiumkonzentration des ersten Kristallbereichs 144 höher als die Aluminiumkonzentration des zweiten Kristallbereichs 145. Da sich das diffundierte Aluminium leicht mit Sauerstoff verbindet, kann außerdem die elektrische Leitfähigkeit des ersten Kristallbereichs 144 geringer sein als die elektrische Leitfähigkeit des zweiten Kristallbereichs.

[0046] Obwohl die kristalline Oxidhalbleiterschicht weniger Sauerstoffmangel aufweist als die amorphe Oxidhalbleiterschicht, enthält der kristalline Bereich der Oxidhalbleiterschicht ebenfalls einen erheblichen Sauerstoffmangel. Daher ist es auch in der kristallinen Oxidhalbleiterschicht wünschenswert, den Sauerstoffmangel weiter zu verringern. In der Oxidhalbleiterschicht 140 wächst der zweite Kristallbereich 145 mit dem ersten Kristallbereich 144 als Kristallkern, und der erste Kristallbereich 144 fungiert als sogenannter Pufferbereich. Daher sind die Sauerstoffmängel im zweiten Kristallbereich 145 der Oxidhalbleiterschicht 140 im Vergleich zu dem direkt aus der Metalloxidschicht 130 oder der Gate-Isolierschicht 120 gewachsenen Kristallbereich weiter reduziert. Da außerdem die erste Kristallregion 144 als Pufferregion zwischen der Metalloxidschicht 130 und der zweiten Kristallregion 145 fungiert, wird die Grenzflächenzustandsdichte der Oxidhalbleiterschicht 140 reduziert.

[0047] Darüber hinaus ist eine Konfiguration der Kristallstruktur der Oxidhalbleiterschicht 140 nicht auf die in **Fig.** 3 gezeigte Konfiguration beschränkt. Hier wird unter Bezugnahme auf **Fig.** 4 eine andere Kristallstruktur der Oxidhalbleiterschicht 140 des Halbleiterbauelements 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. **Fig.** 4 ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Kristallstruktur der Oxidhalbleiterschicht 140A des Halbleiterbauelements 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0048] Wie in **Fig.** 4 gezeigt, umfasst die Oxidhalbleiterschicht 140A einen ersten Kristallbereich 144A mit einer ersten Kristallstruktur und einen zweiten Kristallbereich 145A mit einer zweiten Kristallstruktur. Der erste Kristallbereich 144A umfasst aus der Metalloxidschicht 130 diffundiertes Aluminium und ist als Schicht an der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 gebildet. Das heißt, der zweite Kristallbereich 145A steht nicht mit der Metalloxidschicht 130 in Kontakt. Ferner ist die Dicke des zweiten Kristallbereichs 145A in der Filmdickenrichtung der Oxidhalbleiterschicht größer als die Dicke des ersten Kristallbereichs 144A. Auch in diesem Fall wird, da die erste Kristallregion 144A als Pufferregion (Pufferschicht) fungiert, der Sauerstoffmangel in der zweiten Kristallregion 145A verringert und die Grenzflächenzustandsdichte der Oxidhalbleiterschicht 140A reduziert.

[0049] Wenn der Indiumanteil in der Oxidhalbleiterschicht größer oder gleich 50 % ist, weist die Oxidhalbleiterschicht Kristallinität auf. Wenn jedoch auch in einer kristallinen Oxidhalbleiterschicht Sauerstoffmangel in der Kristallregion der Oxidhalbleiterschicht entsteht, können keine ausreichenden elektrischen Eigenschaften und keine ausreichende Zuverlässigkeit erreicht werden. In der vorliegenden Ausführungsform umfasst die Oxidhalbleiterschicht 140 den ersten Kristallbereich 144, der als Pufferschicht fungiert, und den zweiten Kristallbereich 145, in dem Sauerstoffmangel reduziert ist. Daher werden der Sauerstoffmangel und die Grenzflächenzustandsdichte der Oxidhalbleiterschicht 140 verringert und das Halbleiterbauelement 10 weist eine hohe Mobilität und Zuverlässigkeit auf.

[0050] Darüber hinaus ist nicht nur das OS-Glühen, sondern auch das Oxidationsglühen wichtig, um Sauerstoffmängel im zweiten Kristallbereich 145 der Oxidhalbleiterschicht 140 zu verringern. In der folgenden Beschreibung wird ein Verfahren zur Herstellung des Halbleiterbauelements 10 im Detail beschrieben.

[Herstellungsverfahren für Halbleiterbauelement 10]

[0051] Ein Verfahren zur Herstellung des Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die **Fig.** 5 bis 12 beschrieben. **Fig.** 5 ist ein Sequenzdiagramm, das das Verfahren zur Herstellung des Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. **Fig.** 6 bis 14 sind Querschnittsansichten, die das Verfahren zur Herstellung des Halbleiterbauelements gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen. In der folgenden Beschreibung wird das Verfahren zur Herstellung des Halbleiterbauelements 10 beschrieben, bei dem Aluminiumoxid für die Metalloxidschichten 130 und 190 verwendet wird.

[0052] Wie in den **Fig.** 5 und 6 gezeigt, wird die Gate-Elektrode 105 auf dem Substrat 100 als Bottom-Gate gebildet, und die Gate-Isolierschichten 110 und 120 werden auf der Gate-Elektrode 105 gebildet („Bilden von Bottom GI/GE“ in Schritt S2001 von **Fig.** 3). Beispielsweise wird Siliziumnitrid für die Gate-Isolierschicht 110 gebildet. Beispielsweise wird Siliziumoxid für die Gate-Isolierschicht 120 gebildet. Die Gate-Isolierschichten 110 und 120 werden durch ein CVD-Verfahren (Chemical Vapor Deposition) abgeschieden. Eine oder beide der Gate-Isolierschichten 110 und 120 können als „erste Isolierschicht“ bezeichnet werden.

[0053] Wenn Siliziumnitrid für die Gate-Isolierschicht 110 verwendet wird, kann die Gate-Isolierschicht 110 Verunreinigungen blockieren, die beispielsweise vom Substrat 100 in Richtung der Oxidhalbleiterschicht 140

diffundieren. Das für die Gate-Isolierschicht 120 verwendete Siliziumoxid ist Siliziumoxid mit der physikalischen Eigenschaft, bei einer Wärmebehandlung Sauerstoff freizusetzen.

[0054] Wie in den **Fig.** 5 und 7 gezeigt, werden die Metalloxidschicht 130 und die Oxidhalbleiterschicht 140 auf der Gate-Isolierschicht 120 abgelagert („Ablagern von OS/AlOx“ in Schritt S2002 von **Fig.** 5). Für diesen Prozess kann man sagen, dass die Gate-Isolierschichten 110 und 120 über dem Substrat 100 gebildet werden und die Metalloxidschicht 130 über den Gate-Isolierschichten 110 und 120 abgeschieden wird. Alternativ kann man sagen, dass die Metalloxidschicht 130 über dem Substrat 100 abgelagert wird und die Oxidhalbleiterschicht 140 auf der Metalloxidschicht 130 abgelagert wird. Insbesondere wird die Oxidhalbleiterschicht 140 so abgeschieden, dass sie mit der Metalloxidschicht 130 in Kontakt steht. Die Metalloxidschicht 130 und die Oxidhalbleiterschicht 140 werden durch ein Sputterverfahren oder ein Atomlagenabscheidungsverfahren (ALD) abgeschieden.

[0055] Beispielsweise ist eine Dicke der Metalloxidschicht 130 größer oder gleich 1 nm und kleiner oder gleich 100 nm, größer oder gleich 1 nm und kleiner oder gleich 50 nm, größer oder gleich 1 nm und kleiner oder gleich 30 nm oder größer oder gleich 1 nm und kleiner oder gleich 10 nm. In der vorliegenden Ausführungsform wird Aluminiumoxid für die Metalloxidschicht 130 verwendet. Aluminiumoxid hat eine hohe Barriereeigenschaft gegen Gas. In der vorliegenden Ausführungsform blockiert das für die Metalloxidschicht 130 verwendete Aluminiumoxid den aus der Gate-Isolierschicht 120 freigesetzten Wasserstoff und Sauerstoff und verhindert, dass der freigesetzte Wasserstoff und Sauerstoff die Oxidhalbleiterschicht 140 erreichen.

[0056] Beispielsweise ist eine Dicke der Oxidhalbleiterschicht 140 größer oder gleich 10 nm und kleiner oder gleich 100 nm, größer oder gleich 15 nm und kleiner oder gleich 70 nm oder größer oder gleich 20 nm und kleiner oder gleich 40 nm. In der vorliegenden Ausführungsform wird für die Oxidhalbleiterschicht 140 ein Oxid verwendet, das Indium (In) und Gallium (Ga) enthält. Die Oxidhalbleiterschicht 140 ist vor der später beschriebenen Wärmebehandlung (OS-Glühen) amorph.

[0057] Wenn die Oxidhalbleiterschicht 140 durch das später beschriebene OS-Glühen kristallisiert wird, ist es vorzuziehen, dass sich die Oxidhalbleiterschicht 140 nach der Abscheidung und vor dem OS-Glühen in einem amorphen Zustand befindet (einem Zustand, in dem weniger niedrig kristalline Komponenten des Oxidhalbleiters vorhanden sind). Das heißt, die Abscheidungsbedingungen der Oxidhalbleiterschicht 140 sollten vorzugsweise so sein, dass die Oxidhalbleiterschicht 140 unmittelbar nach der Abscheidung so wenig wie möglich kristallisiert. Wenn beispielsweise die Oxidhalbleiterschicht 140 durch das Sputterverfahren abgeschieden wird, wird die Oxidhalbleiterschicht 140 in einem Zustand abgeschieden, in dem die Temperatur des abzuscheidenden Objekts (des Substrats 100 und der darauf gebildeten Strukturen) kontrolliert wird.

[0058] Wenn die Abscheidung auf dem abzuscheidenden Objekt durch ein Sputterverfahren durchgeführt wird, kollidieren im Plasma erzeugte Ionen und von einem Sputtertarget zurückgeworfene Atome mit dem abzuscheidenden Objekt. Somit steigt die Temperatur des abzuscheidenden Objekts mit dem Abscheidevorgang an. Wenn die Temperatur des abzuscheidenden Objekts während des Abscheidungsprozesses ansteigt, werden unmittelbar nach dem Abscheidungsprozess Mikrokristalle in die Oxidhalbleiterschicht 140 eingeschlossen. Die Mikrokristalle werden durch eine anschließende OS-Glühung einer Kristallisation entgegengewirkt. Um beispielsweise die Temperatur des abzuscheidenden Objekts wie oben beschrieben zu steuern, kann die Abscheidung durchgeführt werden, während das abzuscheidende Objekt gekühlt wird. Beispielsweise kann das abzulegende Objekt von einer Oberfläche gegenüber einer Ablagefläche gekühlt werden, so dass die Temperatur der Ablagefläche des abzulegenden Objekts (nachfolgend als „Ablagetemperatur“ bezeichnet) kleiner oder gleich 100°C, kleiner oder gleich 70°C, kleiner oder gleich 50°C oder kleiner oder gleich 30°C ist. Wenn, wie oben beschrieben, die Oxidhalbleiterschicht 140 abgeschieden wird, während das abzuscheidende Objekt gekühlt wird, ist es möglich, die Oxidhalbleiterschicht 140 mit wenigen kristallinen Komponenten in einem Zustand unmittelbar nach der Abscheidung abzuscheiden.

[0059] Wie in den **Fig.** 5 und 8 gezeigt, wird ein Muster der Oxidhalbleiterschicht 140 gebildet („Bilden eines OS-Musters“ in Schritt S2003 von **Fig.** 5). Obwohl in den Figuren nicht gezeigt, wird eine Resistmaske auf der Oxidhalbleiterschicht 140 gebildet und die Oxidhalbleiterschicht 140 wird unter Verwendung der Resistmaske geätzt. Als Ätzverfahren für die Oxidhalbleiterschicht 140 kann Nassätzen oder Trockenätzen verwendet werden. Das Nassätzen kann mit einem sauren Ätzmittel durchgeführt werden. Als Ätzmittel kann beispielsweise Oxalsäure oder Flusssäure verwendet werden.

[0060] Nachdem das Muster der Oxidhalbleiterschicht 140 gebildet wurde („OS-Glühen“ in Schritt S2004 von **Fig.** 5), wird eine Wärmebehandlung (OS-Glühen) an der Oxidhalbleiterschicht 140 durchgeführt. In der vor-

liegenden Ausführungsform wird die Oxidhalbleiterschicht 140 durch das OS-Glühen kristallisiert. Wenn das OS-Glühen durchgeführt wird, diffundiert in der Metalloxidschicht 130 enthaltenes Aluminium in die Oxidhalbleiterschicht 140, und der erste Kristallbereich 144 wird in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 gebildet. Ferner wird der zweite Kristallbereich 145 mit dem ersten Kristallbereich 144 als Kristallkern gebildet.

[0061] Wie in den **Fig.** 5 und 9 gezeigt, wird ein Muster der Metalloxidschicht 130 gebildet („Bilden eines AlOx-Musters“ in Schritt S2005 von **Fig.** 5). Die Metalloxidschicht 130 wird unter Verwendung der im obigen Verfahren strukturierten Oxidhalbleiterschicht 140 als Maske geätzt. Als Ätzverfahren für die Metalloxidschicht 130 kann Nassätzen oder Trockenätzen verwendet werden. Zum Nassätzen wird beispielsweise verdünnte Flusssäure (DHF) verwendet. Wie oben beschrieben, kann ein Photolithografieprozess weggelassen werden, indem die Metalloxidschicht 130 unter Verwendung der Oxidhalbleiterschicht 140 als Maske geätzt wird.

[0062] Wie in den **Fig.** 5 und 10 gezeigt, wird die Gate-Isolierschicht 150 auf der Oxidhalbleiterschicht 140 abgelagert („Bilden von Gl“ in Schritt S2006 von **Fig.** 5). Beispielsweise wird Siliziumoxid für die Gate-Isolierschicht 150 gebildet. Die Gate-Isolierschicht 150 wird durch ein CVD-Verfahren abgeschieden. Beispielsweise kann die Gate-Isolierschicht 150 bei einer Abscheidungstemperatur von höher als oder gleich 350°C abgeschieden werden, um eine Isolierschicht mit wenigen Defekten zu bilden, wie oben beschrieben. Beispielsweise ist eine Dicke der Gate-Isolierschicht 150 größer oder gleich 50 nm und kleiner oder gleich 300 nm, größer oder gleich 60 nm und kleiner oder gleich 200 nm oder größer oder gleich 70 nm und kleiner oder gleich 150 nm. Nach dem Abscheiden der Gate-Isolierschicht 150 kann auf einem Teil der Gate-Isolierschicht 150 ein Prozess zum Implantieren von Sauerstoff durchgeführt werden. Die Gate-Isolierschicht 150 kann als „zweite Isolierschicht“ bezeichnet werden. Die Metalloxidschicht 190 wird auf der Gate-Isolierschicht 150 abgeschieden („Abscheiden von AlO_x“ in Schritt S2007 von **Fig.** 3). Die Metalloxidschicht 190 wird durch ein Sputterverfahren abgeschieden. Durch die Abscheidung der Metalloxidschicht 190 wird Sauerstoff in die Gate-Isolierschicht 150 implantiert.

[0063] Beispielsweise ist eine Dicke der Metalloxidschicht 190 größer oder gleich 5 nm und kleiner oder gleich 100 nm, größer oder gleich 5 nm und kleiner oder gleich 50 nm, größer oder gleich 5 nm und kleiner oder gleich 30 nm oder größer oder gleich 7 nm und kleiner oder gleich 15 nm. In der vorliegenden Ausführungsform wird Aluminiumoxid für die Metalloxidschicht 190 verwendet. Aluminiumoxid hat eine hohe Barriereeigenschaft gegen Gas. In der vorliegenden Ausführungsform verhindert das für die Metalloxidschicht 190 verwendete Aluminiumoxid, dass der beim Abscheiden der Metalloxidschicht 190 in die Gate-Isolierschicht 150 implantierte Sauerstoff nach außen diffundiert.

[0064] Wenn beispielsweise die Metalloxidschicht 190 durch ein Sputterverfahren abgeschieden wird, verbleibt ein bei dem Sputterverfahren verwendetes Prozessgas in der Metalloxidschicht 190. Wenn beispielsweise Ar als Prozessgas für das Sputterverfahren verwendet wird, kann Ar in der Metalloxidschicht 190 verbleiben. Das verbleibende Ar kann durch eine SIMS-Analyse auf der Metalloxidschicht 190 nachgewiesen werden.

[0065] Eine Wärmebehandlung zum Zuführen von Sauerstoff zu der Oxidhalbleiterschicht 140 (Oxidationsglühen) wird in einem Zustand durchgeführt, in dem die Gate-Isolierschicht 150 auf der Oxidhalbleiterschicht 140 abgelagert ist und die Metalloxidschicht 190 auf der Gate-Isolierschicht 150 abgelagert ist („Oxidationsglühen“ in Schritt S2008 von **Fig.** 5). Mit anderen Worten wird das Glühen an der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 durchgeführt, die wie oben beschrieben strukturiert sind. Im Prozess von der Abscheidung der Oxidhalbleiterschicht 140 bis zur Abscheidung der Gate-Isolierschicht 150 auf der Oxidhalbleiterschicht 140 entsteht ein großer Sauerstoffmangel in der oberen Oberfläche 141 und der Seitenoberfläche 143 der Oxidhalbleiterschicht 140. Durch die oben beschriebene Oxidationsglühung wird aus den Gate-Isolierschichten 120 und 150 freigesetzter Sauerstoff der Oxidhalbleiterschicht 140 zugeführt und die Sauerstoffmängel werden behoben.

[0066] Durch die Oxidationsglühung aus der Gate-Isolierschicht 120 freigesetzter Sauerstoff wird durch die Metalloxidschicht 130 blockiert. Daher ist es weniger wahrscheinlich, dass Sauerstoff an die untere Oberfläche 142 der Oxidhalbleiterschicht 140 gelangt. Der aus der Gate-Isolierschicht 120 freigesetzte Sauerstoff diffundiert aus einem Bereich, in dem die Metalloxidschicht 130 nicht gebildet ist, zu der auf der Gate-Isolierschicht 120 angeordneten Gate-Isolierschicht 150 und erreicht durch die Gate-Isolierschicht 150 die Oxidhalbleiterschicht 140. Dies führt dazu, dass der aus der Gate-Isolierschicht 120 freigesetzte Sauerstoff weniger wahrscheinlich der unteren Oberfläche 142 der Oxidhalbleiterschicht 140 zugeführt wird, und

hauptsächlich der Seitenoberfläche 143 und der oberen Oberfläche 141 der Oxidhalbleiterschicht 140 zugeführt wird. Darüber hinaus ermöglicht das Oxidationsglühen die Zufuhr von aus der Gate-Isolierschicht 150 freigesetztem Sauerstoff zur oberen Oberfläche 141 und zur Seitenoberfläche 143 der Oxidhalbleiterschicht 140. Obwohl durch die Oxidationsglühung Wasserstoff aus den Gate-Isolierschichten 110 und 120 freigesetzt werden kann, wird der freigesetzte Wasserstoff durch die Metalloxidschicht 130 blockiert.

[0067] Wie oben beschrieben, ist es im Prozess des Oxidationsglühens möglich, Sauerstoff an die obere Oberfläche 141 und die Seitenoberfläche 143 der Oxidhalbleiterschicht 140 zu liefern, die einen großen Sauerstoffmangel aufweisen, während die Sauerstoffzufuhr an die untere Oberfläche 142 der Oxidhalbleiterschicht 140, die einen kleinen Sauerstoffmangel aufweist, unterdrückt wird.

[0068] In ähnlicher Weise wird beim oben beschriebenen Oxidationsglühen der in die Gate-Isolierschicht 150 implantierte Sauerstoff durch die Metalloxidschicht 190 blockiert. Daher wird die Freisetzung von Sauerstoff in die Atmosphäre verhindert. Als Ergebnis wird der Oxidhalbleiterschicht 140 durch das Oxidationsglühen wirksam Sauerstoff zugeführt und die Sauerstoffmängel werden behoben.

[0069] Wie in den **Fig.** 5 und 11 gezeigt, wird die Metalloxidschicht 190 nach dem Oxidationsglühen geätzt (entfernt) („Entfernen von AlO_x“ in Schritt S2009 von **Fig.** 5). Als Ätzverfahren für die Metalloxidschicht 190 kann Nassätzen oder Trockenätzen verwendet werden. Zum Nassätzen wird beispielsweise verdünnte Flusssäure (DHF) verwendet. Durch das Ätzen wird die ganzflächig gebildete Metalloxidschicht 190 entfernt. Mit anderen Worten wird das Entfernen der Metalloxidschicht 190 ohne Verwendung einer Maske durchgeführt. Mit anderen Worten wird durch das Ätzen die gesamte Oxidschicht 190 entfernt, einschließlich eines Bereichs, der die in zumindest einer Draufsicht in einem Muster ausgebildete Oxidhalbleiterschicht 140 überlappt.

[0070] Wenn das Oxidationsglühen durchgeführt wird, diffundiert das in der Metalloxidschicht 190 enthaltene Aluminium in die Gate-Isolierschicht 150. Daher verbleibt aus der Metalloxidschicht 190 diffundiertes Aluminium in der Gate-Isolierschicht 150, auch wenn die Metalloxidschicht 190 entfernt wird.

[0071] Wie in den **Fig.** 5 und 12 gezeigt, wird die Gate-Elektrode 160 auf der Gate-Isolierschicht 150 gebildet („Bilden von GE“ in Schritt S2010 von **Fig.** 5). Die Gate-Elektrode 160 wird durch ein Sputterverfahren oder ein Atomlagenabscheidungsverfahren abgeschieden und durch einen Photolithographieprozess strukturiert. Wie oben beschrieben, wird die Gate-Elektrode 160 so ausgebildet, dass sie mit der Gate-Isolierschicht 150 in Kontakt steht, die durch Entfernen der Metalloxidschicht 190 freigelegt wurde.

[0072] Wenn die Gate-Elektrode 160 geätzt wird, kann auch ein Teil der Gate-Isolierschicht 150 geätzt werden. Das heißt, die Gate-Isolierschicht 150 umfasst Bereiche mit unterschiedlichen Dicken. Insbesondere umfasst die Gate-Isolierschicht 150 einen ersten Bereich, der die Gate-Elektrode 160 überlappt, und einen zweiten Bereich, der die Gate-Elektrode 160 nicht überlappt. Der erste Bereich überlappt den Kanalbereich CH der Oxidhalbleiterschicht 140. Der zweite Bereich überlappt den Source-Bereich S oder den Drain-Bereich D der Oxidhalbleiterschicht 140. Die Dicke des zweiten Bereichs ist kleiner als die Dicke des ersten Bereichs.

[0073] Die Widerstände des Source-Bereichs S und des Drain-Bereichs D der Oxidhalbleiterschicht 140 werden in einem Zustand verringert („Verringern des Widerstands von SD“ in Schritt S2011 von **Fig.** 5), in dem die Gate-Elektrode 160 strukturiert ist. Insbesondere werden Verunreinigungen durch Ionenimplantation von der Seite der Gate-Elektrode 160 durch die Gate-Isolierschicht 150 in die Oxidhalbleiterschicht 140 implantiert. Beispielsweise werden Argon (Ar), Phosphor (P) und Bor (B) durch Ionenimplantation in die Oxidhalbleiterschicht 140 implantiert. Wenn durch die Ionenimplantation Sauerstoffmängel in der Oxidhalbleiterschicht 140 entstehen, verringert sich der Widerstand der Oxidhalbleiterschicht 140. Da die Gate-Elektrode über dem Kanalbereich CH vorgesehen ist, der im Halbleiterbauelement 140 als Kanal fungiert, werden in den Kanalbereich CH in der Oxidhalbleiterschicht 140 keine Verunreinigungen implantiert.

[0074] Wie in den **Fig.** 5 und 13 gezeigt, werden die Isolierschichten 170 und 180 als Zwischenschichtfilme auf der Gate-Isolierschicht 150 und der Gate-Elektrode 160 abgelagert („Ablagern des Zwischenschichtfilms“ in Schritt S2012 von **Fig.** 5). Die Isolierschichten 170 und 180 werden durch ein CVD-Verfahren abgeschieden. Beispielsweise wird Siliziumnitrid für die Isolierschicht 170 und Siliziumoxid für die Isolierschicht 180 abgeschieden. Die für die Isolierschichten 170 und 180 verwendeten Materialien sind nicht darauf beschränkt. Eine Dicke der Isolierschicht 170 ist größer oder gleich 50 nm und kleiner oder gleich 500 nm. Eine Dicke der Isolierschicht 180 ist größer oder gleich 50 nm und kleiner oder gleich 500 nm.

[0075] Wie in den **Fig.** 5 und 14 gezeigt, werden die Öffnungen 171 und 173 in der Gate-Isolierschicht 150 und den Isolierschichten 170 und 180 gebildet („Öffnen des Kontaktlochs“ in Schritt S2013 von **Fig.** 5). Die Oxidhalbleiterschicht 140 im Source-Bereich S wird durch die Öffnung 171 freigelegt. Die Oxidhalbleiterschicht 140 im Drain-Bereich D wird durch die Öffnung 173 freigelegt. Das in **Fig.** 1 gezeigte Halbleiterbauelement 10 wird durch Bilden der Source-Drain-Elektrode 200 auf der durch die Öffnungen 171 und 173 freigelegten Oxidhalbleiterschicht 140 und der Isolierschicht 180 fertiggestellt („Bilden von SD“ in Schritt S2014 von **Fig.** 5).

[0076] In Bezug auf das mit dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellte Halbleiterbauelement 10 ist es möglich, elektrische Eigenschaften mit einer Beweglichkeit von größer oder gleich 50 cm^2/Vs, größer oder gleich 55 cm^2/Vs oder größer oder gleich 60 cm^2/Vs in einem Bereich zu erhalten, in dem die Kanallänge L des Kanalbereichs CH größer oder gleich 2 µm und kleiner oder gleich 4 µm ist und die Kanalbreite des Kanalbereichs CH größer oder gleich 2 µm und kleiner oder gleich 25 µm ist. Die Mobilität in der vorliegenden Ausführungsform ist die Feldeffektmobilität in einem Sättigungsbereich in den elektrischen Eigenschaften des Halbleiterbauelements 10. Insbesondere ist mit der Mobilität der Maximalwert der Feldeffektmobilität in einem Bereich gemeint, in dem eine Potenzialdifferenz (Vd) zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode größer ist als ein Wert (Vg - Vth), der durch Subtrahieren einer Schwellenspannung (Vth) des Halbleiterbauelements 10 von einer an die Gate-Elektrode angelegten Spannung (Vg) ermittelt wird.

<Zweite Ausführungsform>

[0077] Unter Bezugnahme auf die **Fig.** 15 bis 19 wird eine Anzeigevorrichtung beschrieben, die ein Halbleiterbauelement gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet. In der unten gezeigten Ausführungsform wird eine Konfiguration beschrieben, in der das in der oben beschriebenen ersten Ausführungsform beschriebene Halbleiterbauelement 10 auf eine Schaltung einer Flüssigkristallanzeigevorrichtung angewendet wird.

[Übersicht über die Anzeigevorrichtung 20]

[0078] Fig. 15 ist eine Draufsicht, die einen Überblick über die Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Wie in **Fig.** 15 gezeigt, umfasst die Anzeigevorrichtung 20 ein Array-Substrat 300, einen Dichtungsabschnitt 310, ein Gegensubstrat 320, ein flexibles Leiterplattensubstrat 330 (FPC 330) und einen IC-Chip 340. Das Array-Substrat 300 und das Gegensubstrat 320 sind durch den Dichtungsabschnitt 310 miteinander verbunden. Eine Vielzahl von Pixelschaltungen 301 ist in einer Matrix in einem Flüssigkristallbereich 22 angeordnet, der vom Dichtungsabschnitt 310 umgeben ist. Der Flüssigkristallbereich 22 ist ein Bereich, der in einer Draufsicht ein Flüssigkristallelement 311, das später beschrieben wird, überlappt.

[0079] Ein Dichtungsbereich 24, in dem der Versiegelungsabschnitt 310 vorgesehen ist, ist ein Bereich, der den Flüssigkristallbereich 22 umgibt. Die FPC 330 ist in einem Anschlussbereich 26 vorgesehen. Der Anschlussbereich 26 ist ein Bereich, in dem das Array-Substrat 300 vom Gegensubstrat 320 freiliegt und außerhalb des Dichtungsbereiches 24 vorgesehen ist. Mit der Außenseite des Dichtungsbereichs 24 ist die Außenseite des Bereichs gemeint, in dem der Dichtungsabschnitt 310 vorgesehen ist, sowie der Bereich, der vom Dichtungsabschnitt 310 umgeben ist. Der IC-Chip 340 ist auf dem FPC 330 vorgesehen. Der IC-Chip 340 liefert ein Signal zum Ansteuern jeder Pixelschaltung 301.

[Schaltkreiskonfiguration der Anzeigevorrichtung 20]

[0080] Fig. 16 ist ein Blockdiagramm, das eine Schaltungskonfiguration der Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Wie in **Fig.** 14 gezeigt, ist eine Source-Treiberschaltung 302 an einer Position benachbart zum Flüssigkristallbereich 22 angeordnet, wobei die Pixelschaltung 301 in Richtung D1 (Spaltenrichtung) angeordnet ist, und eine Gate-Treiberschaltung 303 ist an einer Position benachbart zum Flüssigkristallbereich 22 in Richtung D2 (Zeilenrichtung) angeordnet. Die Source-Treiberschaltung 302 und die Gate-Treiberschaltung 303 sind im oben beschriebenen Dichtungsbereich 24 angeordnet. Der Bereich, in dem die Source-Treiberschaltung 302 und die Gate-Treiberschaltung 303 angeordnet sind, ist jedoch nicht auf den Dichtungsbereich 24 beschränkt. Die Source-Treiberschaltung 302 und die Gate-Treiberschaltung 303 können in jedem Bereich außerhalb des Bereichs angeordnet sein, in dem die Pixelschaltung 301 angeordnet ist.

[0081] Eine Source-Verdrahtung 304 erstreckt sich von der Source-Treiberschaltung 302 in Richtung D1 und ist mit der Vielzahl von Pixelschaltungen 301 verbunden, die in Richtung D1 angeordnet sind. Eine Gate-Verdrahtung 305 erstreckt sich von der Gate-Treiberschaltung 303 in Richtung D2 und ist mit der Vielzahl von Pixelschaltungen 301 verbunden, die in Richtung D2 angeordnet sind.

[0082] Im Anschlussbereich 26 ist ein Anschlussabschnitt 306 vorgesehen. Der Anschlussabschnitt 306 und die Source-Treiberschaltung 302 sind durch eine Verbindungsverdrahtung 307 miteinander verbunden. In ähnlicher Weise sind der Anschlussabschnitt 306 und die Gate-Treiberschaltung 303 durch die Verbindungsverdrahtung 307 miteinander verbunden. Durch Verbinden des FPC 330 mit dem Anschlussabschnitt 306 werden eine externe Vorrichtung, das mit dem FPC 330 verbunden ist, und die Anzeigevorrichtung 20 miteinander verbunden, und ein Signal von der externen Vorrichtung steuert jede in der Anzeigevorrichtung 20 angeordnete Pixelschaltung 301 an.

[0083] Das in der ersten Ausführungsform gezeigte Halbleiterbauelement 10 wird als Transistor verwendet, der in der Pixelschaltung 301, der Source-Treiberschaltung 302 und der Gate-Treiberschaltung 303 enthalten ist.

[Pixelschaltung 301 der Anzeigevorrichtung 20]

[0084] **Fig.** 17 ist ein Schaltplan, der einen Pixelschaltkreis der Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Wie in **Fig.** 17 gezeigt, umfasst die Pixelschaltung 301 Elemente wie das Halbleiterbauelement 10, einen Speicherkondensator 350 und das Flüssigkristallelement 311. Das Halbleiterbauelement 10 weist die Gateelektrode 160, die Sourceelektrode 201 und die Drainelektrode 203 auf. Die Gate-Elektrode 160 ist mit der Gate-Verdrahtung 305 verbunden. Die Source-Elektrode 201 ist mit der Source-Verdrahtung 304 verbunden. Die Drain-Elektrode 203 ist mit dem Speicherkondensator 350 und dem Flüssigkristallelement 311 verbunden. Obwohl in der vorliegenden Ausführungsform der Einfachheit halber eine mit „201“ gekennzeichnete Elektrode als Source-Elektrode und eine mit „203“ gekennzeichnete Elektrode als Drain-Elektrode bezeichnet wird, kann die mit „201“ gekennzeichnete Elektrode als Drain-Elektrode und die mit „203“ gekennzeichnete Elektrode als Source-Elektrode fungieren.

[Querschnittsstruktur der Anzeigevorrichtung 20]

[0085] **Fig.** 18 ist eine Querschnittsansicht der Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie in **Fig.** 18 gezeigt, ist die Anzeigevorrichtung 20 eine Anzeigevorrichtung, in der das Halbleiterbauelement 10 verwendet wird. Obwohl in der vorliegenden Ausführungsform eine Konfiguration beispielhaft dargestellt ist, in der das Halbleiterbauelement 10 für die Pixelschaltung 301 verwendet wird, kann das Halbleiterbauelement 10 auch für eine Peripherieschaltung verwendet werden, die die Source-Treiberschaltung 302 und die Gate-Treiberschaltung 303 umfasst. Da die Konfiguration des Halbleiterbauelements 10 mit der des in **Fig.** 1 gezeigten Halbleiterbauelements 10 identisch ist, wird in der folgenden Beschreibung auf eine weitere Beschreibung verzichtet.

[0086] Auf der Source-Elektrode 201 und der Drain-Elektrode 203 ist eine Isolierschicht 360 vorgesehen. Auf der Isolierschicht 360 ist eine für alle Pixel gemeinsame Elektrode 370 vorgesehen. Auf der gemeinsamen Elektrode 370 ist eine Isolierschicht 380 vorgesehen. In den Isolierschichten 360 und 380 ist eine Öffnung 381 vorgesehen. Eine Pixelelektrode 390 ist auf der Isolierschicht 380 und innerhalb der Öffnung 381 vorgesehen. Die Pixelelektrode 390 ist mit der Drainelektrode 203 verbunden.

[0087] In der Anzeigevorrichtung 20 ist eine Verdrahtungsschicht 162 in derselben Schicht wie die Gate-Elektrode 160 vorgesehen. Die Verdrahtungsschicht 162 enthält dasselbe Material wie die Gate-Elektrode 160. Die Verdrahtungsschicht 162 ist auf einer Isolierschicht vorgesehen, die der Gate-Isolierschicht 150 entspricht. Die Metalloxidschicht 190 wird ebenfalls auf der Isolierschicht abgelagert und das Oxidationsglühen wird durchgeführt. Eine Aluminiumkonzentration eines Bereichs der Isolierschicht, der die Verdrahtungsschicht 162 nicht überlappt, ist kleiner als eine Aluminiumkonzentration eines Bereichs der Isolierschicht, der die Verdrahtungsschicht 162 überlappt.

[0088] **Fig.** 19 ist eine Draufsicht der Pixelelektrode und der gemeinsamen Elektrode der Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie in **Fig.** 19 gezeigt, weist die gemeinsame Elektrode 370 einen Überlappungsbereich auf, der in einer Draufsicht mit der Pixelelektrode 390 überlappt, und einen Nichtüberlappungsbereich, der mit der Pixelelektrode 390 nicht überlappt. Wenn zwischen der Pixelelektrode 390 und der gemeinsamen Elektrode 370 eine Spannung angelegt wird, wird ein transversales

elektrisches Feld von der Pixelelektrode 390 im Überlappungsbereich hin zur gemeinsamen Elektrode 370 im nicht überlappenden Bereich gebildet. Die Abstufung des Pixels wird durch die Wirkung der im Flüssigkristallelement 311 enthaltenen Flüssigkristallmoleküle durch das transversale elektrische Feld bestimmt.

<Dritte Ausführungsform>

[0089] Unter Bezugnahme auf die **Fig.** 20 und 21 wird eine Anzeigevorrichtung beschrieben, die das Halbleiterbauelement gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet. In der vorliegenden Ausführungsform wird eine Konfiguration beschrieben, in der das in der ersten Ausführungsform beschriebene Halbleiterbauelement 10 auf eine Schaltung einer organischen EL-Anzeigevorrichtung angewendet wird. Da die Übersicht und die Schaltungskonfiguration der Anzeigevorrichtung 20 mit denen in **Fig.** 15 und **Fig.** 16 identisch sind, wird deren Beschreibung weggelassen.

[Pixelschaltung 301 der Anzeigevorrichtung 20]

[0090] **Fig.** 20 ist ein Schaltplan, der einen Pixelschaltkreis der Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Wie in **Fig.** 20 gezeigt, umfasst die Pixelschaltung 301 Elemente wie einen Treibertransistor 11, einen Auswahltransistor 12, einen Speicherkondensator 210 und ein Licht emittierendes Element DO. Der Treibertransistor 11 und der Auswahltransistor 12 haben die gleiche Konfiguration wie das Halbleiterbauelement 10. Die Source-Elektrode des Auswahltransistors 12 ist mit einer Signalleitung 211 verbunden, und die Gate-Elektrode des Auswahltransistors 12 ist mit einer Gate-Leitung 212 verbunden. Die Source-Elektrode des Treibertransistors 11 ist mit einer Anodenstromleitung 213 verbunden, und die Drain-Elektrode des Treibertransistors 11 ist mit einem Ende des Licht emittierenden Elements DO verbunden. Das andere Ende des Licht emittierenden Elements DO ist mit einer Kathodenstromleitung 214 verbunden. Die Gate-Elektrode des Treibertransistors 11 ist mit der Drain-Elektrode des Auswahltransistors 12 verbunden. Der Speicherkondensator 210 ist mit der Gate-Elektrode und der Drain-Elektrode des Treibertransistors 11 verbunden. Ein Abstufungssignal zum Bestimmen der Lichtemissionsintensität des Lichtemissionselements DO wird der Signalleitung 211 zugeführt. Ein Signal zum Auswählen einer Pixelzeile, in die das oben beschriebene Gradationssignal geschrieben wird, wird der Gate-Leitung 212 zugeführt.

[Querschnittsstruktur der Anzeigevorrichtung 20]

[0091] **Fig.** 21 ist ein Querschnittsdiagramm der Anzeigevorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Obwohl die Konfiguration der in **Fig.** 21 gezeigten Anzeigevorrichtung 20 der der in **Fig.** 18 gezeigten Anzeigevorrichtung 20 ähnelt, unterscheidet sich die Struktur über der Isolierschicht 360 der Anzeigevorrichtung 20 in **Fig.** 21 von der Struktur über der Isolierschicht 360 der Anzeigevorrichtung 20 in **Fig.** 18. Im Folgenden werden in der Konfiguration der Anzeigevorrichtung 20 in **Fig.** 21 Beschreibungen der gleichen Konfiguration wie die Anzeigevorrichtung 20 in **Fig.** 18 ausgelassen und Unterschiede zwischen den beiden beschrieben.

[0092] Wie in **Fig.** 21 gezeigt, weist die Anzeigevorrichtung 20 die Pixelelektrode 390, eine Licht emittierende Schicht 392 und eine gemeinsame Elektrode 394 (das Licht emittierende Element DO) über der Isolierschicht 360 auf. Die Pixelelektrode 390 ist über der Isolierschicht 360 und innerhalb der Öffnung 381 vorgesehen. Über der Pixelelektrode 390 ist eine Isolierschicht 362 vorgesehen. In der Isolierschicht 362 ist eine Öffnung 363 vorgesehen. Die Öffnung 363 entspricht einem Lichtemissionsbereich. Das heißt, die Isolierschicht 362 definiert ein Pixel. Die Licht emittierende Schicht 392 und die gemeinsame Elektrode 394 sind über der durch die Öffnung 363 freiliegenden Pixelelektrode 390 vorgesehen. Die Pixelelektrode 390 und die Licht emittierende Schicht 392 sind für jedes Pixel individuell angeordnet. Andererseits ist die gemeinsame Elektrode 394 für die Vielzahl von Pixeln gemeinsam angeordnet. Für die Licht emittierende Schicht 392 werden je nach Anzeigefarbe des Pixels unterschiedliche Materialien verwendet.

[0093] Obwohl in der zweiten und der dritten Ausführungsform die Konfiguration beschrieben wird, in der das in der ersten Ausführungsform beschriebene Halbleiterbauelement auf eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung und eine organische EL-Anzeigevorrichtung angewendet wird, kann das Halbleiterbauelement auch auf andere Anzeigevorrichtungen als diese Anzeigevorrichtungen angewendet werden (beispielsweise auf eine selbstleuchtende Anzeigevorrichtung oder eine elektronische Papieranzeigevorrichtung, bei der es sich nicht um eine organische EL-Anzeigevorrichtung handelt). Darüber hinaus kann das oben beschriebene Halbleiterbauelement ohne besondere Einschränkung sowohl für kleine als auch für große Anzeigevorrichtungen eingesetzt werden.

<Beispiele>

[0094] Als Beispiel wurde das in der ersten Ausführungsform beschriebene Halbleiterbauelement 10 hergestellt und eine Bewertung des Halbleiterbauelements 10 durchgeführt. Darüber hinaus wurde als Vergleichsbeispiel ein Halbleiterbauelement hergestellt, bei dem die Metalloxidschicht 130 in Kontakt mit der Oxidhalbleiterschicht 140 nicht vorgesehen war.

[0095] Sowohl bei dem Halbleiterbauelement 10 der Ausführungsform als auch bei dem Halbleiterbauelement des Vergleichsbeispiels wurde vor dem Bilden der Gate-Elektrode 160 eine Aluminiumoxidschicht als Metalloxidschicht 190 durch ein Sputterverfahren gebildet, und die Aluminiumoxidschicht wurde nach dem Durchführen eines Oxidationsglühens entfernt.

[1. Elektrische Eigenschaften]

[0096] **Fig.** 22 ist ein Diagramm, das die elektrischen Eigenschaften des Halbleiterbauelements 10 des Beispiels zeigt. Darüber hinaus ist **Fig.** 27 ein Diagramm, das die elektrischen Eigenschaften des Halbleiterbauelementes des Vergleichsbeispiels zeigt. Tabelle 1 zeigt die Bedingungen zum Messen der in den **Abb.** 22 und 27 gezeigten elektrischen Eigenschaften.

[Tabelle 1]

Größe des Kanalbereichs	B/L = 3,0 μm/3,0 μm
Source-Drain-Spannung	0.1 V (dünne durchgezogene Linie), 10 V (dicke durchgezogene Linie)
Gate-Spannung	-15 V bis +15 V
Messumgebung	Raumtemperatur, Dunkler Raum

[0097] **Fig.** 22 und 27 zeigen nicht nur die elektrischen Eigenschaften (Id-Vg-Eigenschaften), sondern auch die Mobilität. In den **Fig.** 22 und 27 ist die vertikale Achse für den Drainstrom (Id) auf der linken Seite des Diagramms und die vertikale Achse für die aus dem Drainstrom berechnete Mobilität auf der rechten Seite des Diagramms dargestellt.

[0098] Wie in **Fig.** 22 gezeigt, zeigen die elektrischen Eigenschaften des Halbleiterbauelements 10 des Beispiels sogenannte selbstsperrende (Anreicherungstyp) Eigenschaften, bei denen der Drain-Strom Id zu fließen beginnt, wenn die Gate-Spannung Vg höher als 0 V ist. Die aus den elektrischen Eigenschaften berechnete Mobilität beträgt etwa 59 cm^2/Vs.

[0099] Wie in **Fig.** 27 gezeigt, weisen die elektrischen Eigenschaften des Halbleiterbauelements des Vergleichsbeispiels auch sogenannte selbstsperrende (Verstärkungstyp) Eigenschaften auf. Die aus den elektrischen Eigenschaften berechnete Mobilität beträgt etwa 34 cm2/Vs.

[0100] Wie aus dem Obigen ersichtlich ist, ist die Mobilität des Halbleiterbauelements 10 des Beispiels ungefähr doppelt so hoch wie die des Halbleiterbauelements des Vergleichsbeispiels, und dies bestätigt, dass das Halbleiterbauelement 10 des Beispiels eine hohe Mobilität aufweist.

[2. Zuverlässigkeitstest]

[0101] **Fig.** 23 ist ein Diagramm, das einen Zuverlässigkeitstest des Halbleiterbauelements 10 des Beispiels zeigt. Darüber hinaus ist **Fig.** 28 ein Diagramm, das einen Zuverlässigkeitstest des Halbleiterbauelementes des Vergleichsbeispiels zeigt. Aus Tabelle 2 sind die Messbedingungen der Zuverlässigkeitsprüfung gemäß den **Fig.** 23 und 28 ersichtlich. Das heißt, die Zuverlässigkeit wurde für den Zuverlässigkeitstest mithilfe von Negative Bias Temperature Illumination Stress (NBTIS) bewertet.

[Tabelle 2]

	NBTIS
Größe des Kanalbereichs	B/L = 3,0 μm/3,0 μm

	NBTIS
Lichtbestrahlungsbedingungen	Mit Bestrahlung (8000cd/m^2)
Quell- und Drainspannungen	0 V
Gate-Spannung	-30 V
Bühnentemperatur bei Belastung	60°C

[0102] In den **Fig.** 23 und 28 werden elektrische Eigenschaften, die bei Belastungszeiten von 0 Sek., 100 Sek., 500 Sek., 1000 Sek., 1500 Sek., 2000 Sek. und 3600 Sek. gemessen wurden, überlappend angezeigt. Hier ist die Zeit vor der Spannungsanwendung auf 0 Sekunden und die Zeit nach der Spannungsanwendung auf 3600 Sekunden eingestellt. In den **Fig.** 23 und 28 werden die elektrischen Eigenschaften vor der Spannungsanwendung (0 Sek.) durch eine dicke gepunktete Linie und die elektrischen Eigenschaften nach der Spannungsanwendung (3600 Sek.) durch eine dicke durchgezogene Linie dargestellt.

[0103] Darüber hinaus sind in Tabelle 3 die Bedingungen zur Messung der elektrischen Eigenschaften vor und nach der Belastung aufgeführt.

[Tabelle 3]

Größe des Kanalbereichs	B/L = 3,0 μm/3,0 μm -
Source-Drain-Spannung	0.1 . V, 10 V
Gate-Spannung	-15 V bis +15 V
Messumgebung	60°C, Dunkler Raum

[0104] Wie in **Fig.** 23 gezeigt, bleiben die elektrischen Eigenschaften vor und nach der Belastung im NBTIS-Test im Halbleiterbauelement 10 des Beispiels nahezu unverändert. Die Änderung der Schwellenspannung vor und nach der Belastung beträgt -0,05 V. Das heißt, nach der Belastung verschiebt sich die Schwellenspannung lediglich um 0,05 V in die negative Richtung. Darüber hinaus weisen die elektrischen Eigenschaften auch nach Belastung einen selbstsperrenden Zustand auf.

[0105] Wie in **Fig.** 28 gezeigt, ändern sich die elektrischen Eigenschaften vor und nach der Belastung im NBTIS-Test im Halbleiterbauteil des Vergleichsbeispiels. Die Änderung der Schwellenspannung vor und nach der Belastung beträgt -1,14 V. Das heißt, nach der Belastung verschiebt sich die Schwellenspannung um 1,14 V in die negative Richtung.

[0106] Wie aus dem Obigen ersichtlich ist, ist die Zuverlässigkeit des Halbleiterbauelements 10 des Beispiels stabil, und es bestätigt, dass das Halbleiterbauelement 10 der Ausführungsform eine hohe Zuverlässigkeit aufweist.

[3. Querschnitts-TEM-Beobachtung]

[0107] **Fig.** 24A ist ein TEM-Querschnittsbild des Halbleiterbauelements 10 des Beispiels. **Fig.** 24B ist ein schematisches Diagramm zur Erläuterung des TEM-Querschnittsbildes von **Fig.** 24A. **Fig.** 29 ist ein TEM-Querschnittsbild des Halbleiterbauelements des Vergleichsbeispiels. **Fig.** 24A zeigt ein TEM-Querschnittsbild der Umgebung der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 im Halbleiterbauelement 10 des Beispiels. Andererseits zeigt **Fig.** 29 ein TEM-Querschnittsbild der Umgebung der Schnittstelle zwischen der Gate-Isolierschicht 120 und der Oxidhalbleiterschicht 140 im Halbleiterbauelement des Vergleichsbeispiels.

[0108] Wie in **Fig.** 24A gezeigt, können im Halbleiterbauelement 10 des Beispiels zwei unterschiedliche Kristallbereiche bestätigt werden. Insbesondere können, wie in **Fig.** 24B gezeigt, der erste Kristallbereich 144 in Kontakt mit der Metalloxidschicht 130 und der zweite Kristallbereich 145, der den ersten Kristallbereich 144 bedeckt, in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 bestätigt werden.

[0109] Wie in **Fig.** 29 gezeigt, weist die Oxidhalbleiterschicht 140 in dem Halbleiterbauelement des Vergleichsbeispiels Kristallinität auf. In der Nähe der Schnittstelle zwischen der Gate-Isolierschicht 120 und der Oxidhalbleiterschicht 140 ist jedoch kein anderer Kristallbereich als der Kristallbereich zu beobachten, der den größten Teil der Oxidhalbleiterschicht 140 einnimmt.

[4. Messung der Elektronenstrahlbeugung]

[0110] **Fig.** 25 und 26 sind Elektronenstrahlbeugungsbilder des Halbleiterbauelements 10 des Beispiels. **Fig.** 25 zeigt ein Elektronenstrahlbeugungsbild der Oxidhalbleiterschicht 140 an einer Position entfernt von der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140, und **Fig.** 26 zeigt ein Elektronenstrahlbeugungsbild in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140. **Fig.** 30 und 31 sind Elektronenstrahlbeugungsbilder des Halbleiterbauelementes des Vergleichsbeispiels. **Fig.** 30 zeigt ein Elektronenstrahlbeugungsbild der Oxidhalbleiterschicht 140 an einer Position entfernt von der Schnittstelle zwischen der Gate-Isolierschicht 120 und der Oxidhalbleiterschicht 140, und **Fig.** 31 zeigt ein Elektronenstrahlbeugungsbild in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Gate-Isolierschicht 120 und der Oxidhalbleiterschicht 140.

[0111] In **Abb.** 25 sind klare Flecken aufgrund der Kristallstruktur zu erkennen. Daher wird bestätigt, dass die Oxidhalbleiterschicht 140 (der zweite Kristallbereich 145) im Halbleiterbauelement 10 des Beispiels eine Kristallstruktur aufweist. Andererseits können in **Fig.** 26 Punkte bestätigt werden, die sich von den in **Fig.** 25 bestätigten Punkten unterscheiden. Es wird angenommen, dass die in **Fig.** 26 bestätigten Punkte durch die Kristallstruktur des ersten Kristallbereichs 144 erhalten werden. Daher bestätigt es, dass in dem Halbleiterbauelement 10 des Beispiels der erste Kristallbereich 144 in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 eine andere Kristallstruktur oder Kristallausrichtung aufweist als der zweite Kristallbereich 145.

[0112] In **Abb.** 30 sind klare Flecken aufgrund der Kristallstruktur zu erkennen. Daher wird bestätigt, dass die Oxidhalbleiterschicht 140 im Halbleiterbauelement des Vergleichsbeispiels ebenfalls eine Kristallstruktur aufweist. Dieselben Punkte wie die in **Abb.** 30 bestätigten können auch in **Abb.** 31 bestätigt werden. Daher ist in dem Halbleiterbauelement des Vergleichsbeispiels in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Gate-Isolierschicht 120 und der Oxidhalbleiterschicht 140 kein Kristallbereich bestätigt, der sich von dem Kristallbereich unterscheidet, der den größten Teil der Oxidhalbleiterschicht 140 einnimmt.

[0113] Wie aus den Ergebnissen der TEM-Beobachtung im Querschnitt und der Elektronenstrahlbeugung ersichtlich ist, ist in dem Halbleiterbauelement 10 des Beispiels der erste Kristallbereich 144, der eine andere Kristallinität aufweist als der zweite Kristallbereich 145, der den größten Teil der Oxidhalbleiterschicht 140 einnimmt, in der Nähe der Schnittstelle zwischen der Metalloxidschicht 130 und der Oxidhalbleiterschicht 140 gebildet. Wie oben beschrieben, weist das Halbleiterbauelement 10, in dem der erste Kristallbereich 144 gebildet ist, eine hohe Beweglichkeit und eine hohe Zuverlässigkeit auf.

[0114] Jede der oben als Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschriebenen Ausführungsformen kann entsprechend kombiniert und implementiert werden, solange kein Widerspruch entsteht. Des Weiteren sind das Hinzufügen, Entfernen oder die Designänderung von Komponenten oder das Hinzufügen, Entfernen oder die Zustandsänderung von Prozessen, wie es dem Fachmann auf der Grundlage jeder der Ausführungsformen angemessen erscheint, ebenfalls im Umfang der vorliegenden Erfindung enthalten, solange sie im Wesentlichen mit der vorliegenden Erfindung vereinbar sind.

[0115] Darüber hinaus ist zu beachten, dass selbst wenn die Wirkung von der Wirkung der oben beschriebenen Ausführungsformen abweicht, die aus der Beschreibung in der Spezifikation ersichtliche oder von Fachleuten leicht vorhersehbare Wirkung offensichtlich aus der vorliegenden Erfindung stammt.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0116] 10: Halbleiterbauelement, 11: Treibertransistor, 12: Auswahltransistor, 20: Anzeigevorrichtung, 22: Flüssigkristallbereich, 24: Dichtungsbereich, 26: Anschlussbereich, 100: Substrat, 105, 160: Gate-Elektrode, 110, 120, 150: Gate-Isolierschicht, 130, 190: Metalloxidschicht, 140: Oxidhalbleiterschicht, 141: Oberseite, 142: Unterseite, 143: Seitenfläche, 144, 144A: erster Kristallbereich, 145, 145A: zweiter Kristallbereich, 162: Verdrahtungsschicht, 170, 180: Isolierschicht, 171, 173: Öffnung, 200: Source-/Drainelektrode, 201: Sourceelektrode, 203: Drainelektrode, 210: Speicherkondensator, 211: Signalleitung, 212: Gate-Leitung, 213: Anodenstromleitung, 214: Kathodenstromleitung, 220: Resistmaske, 300: Array-Substrat, 301: Pixelschaltung,

302: Source-Treiberschaltung, 303: Gate-Treiberschaltung, 304: Source-Verdrahtung, 305: Gate-Verdrahtung, 306: Anschlussabschnitt, 307: Verbindungsverdrahtung, 310: Dichtungsabschnitt, 311: Flüssigkristallelement, 320: Gegensubstrat, 330: flexible Leiterplatte (FPC), 340: IC-Chip, 350: Speicherkondensator, 360, 362: Isolierschicht, 363, 381: Öffnung, 370: gemeinsame Elektrode, 380: Isolierschicht, 390: Pixelelektrode, 392: Licht emittierende Schicht, 394: gemeinsame Elektrode

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2021-141338 [0003]
- JP 2014-099601 [0003]
- JP 2021-153196 [0003]
- JP 2018-006730 [0003]
- JP 2016-184771 [0003]
- JP 2021-108405 [0003]

Patentansprüche

1. Ein Halbleiterbauelement, umfassend:
eine Metalloxidschicht, die Aluminium enthält, über einer isolierenden Oberfläche; und
eine Oxidhalbleiterschicht über der Metalloxidschicht,
wobei die Oxidhalbleiterschicht umfasst:
einen ersten Kristallbereich in Kontakt mit der Metalloxidschicht und
einen zweiten Kristallbereich in Kontakt mit dem ersten Kristallbereich und mit einer größeren Fläche als der erste Kristallbereich in einer Querschnittsansicht der Oxidhalbleiterschicht,
wobei sich der erste Kristallbereich und der zweite Kristallbereich zumindest in einer Kristallstruktur und einer Kristallorientierung voneinander unterscheiden.

2. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 1,
wobei die Oxidhalbleiterschicht zwei oder mehr Metalle einschließlich Indium enthält und
wobei ein Verhältnis von Indium zu den zwei oder mehr Metallen in der Oxidhalbleiterschicht größer oder gleich 50 % ist.

3. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 1, wobei eine Aluminiumkonzentration des ersten Kristallbereichs größer ist als eine Aluminiumkonzentration des zweiten Kristallbereichs.

4. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 1, wobei eine Dicke des zweiten Kristallbereichs größer ist als eine Dicke des ersten Kristallbereichs in einer Dicke der Oxidhalbleiterschicht.

5. Das Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 1, wobei sich im Querschnitt der Oxidhalbleiterschicht zwischen dem ersten Kristallbereich und dem zweiten Kristallbereich eine Korngrenze befindet.

6. Das Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, wobei der erste Kristallbereich eine geringere elektrische Leitfähigkeit aufweist als der zweite Kristallbereich .

7. Das Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, wobei der erste Kristallbereich im Querschnitt der Oxidhalbleiterschicht von der Metalloxidschicht und dem zweiten Kristallbereich umgeben ist.

Es folgen 32 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

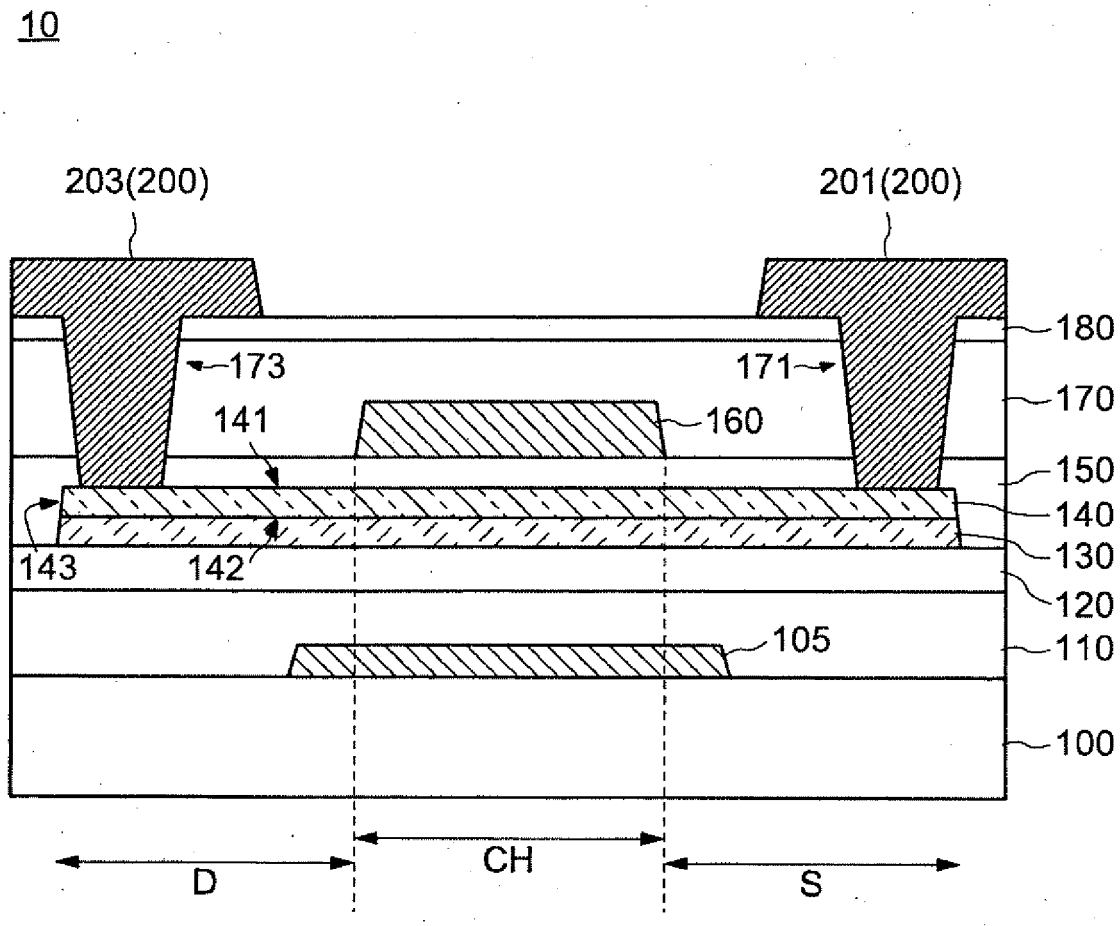


FIG. 2

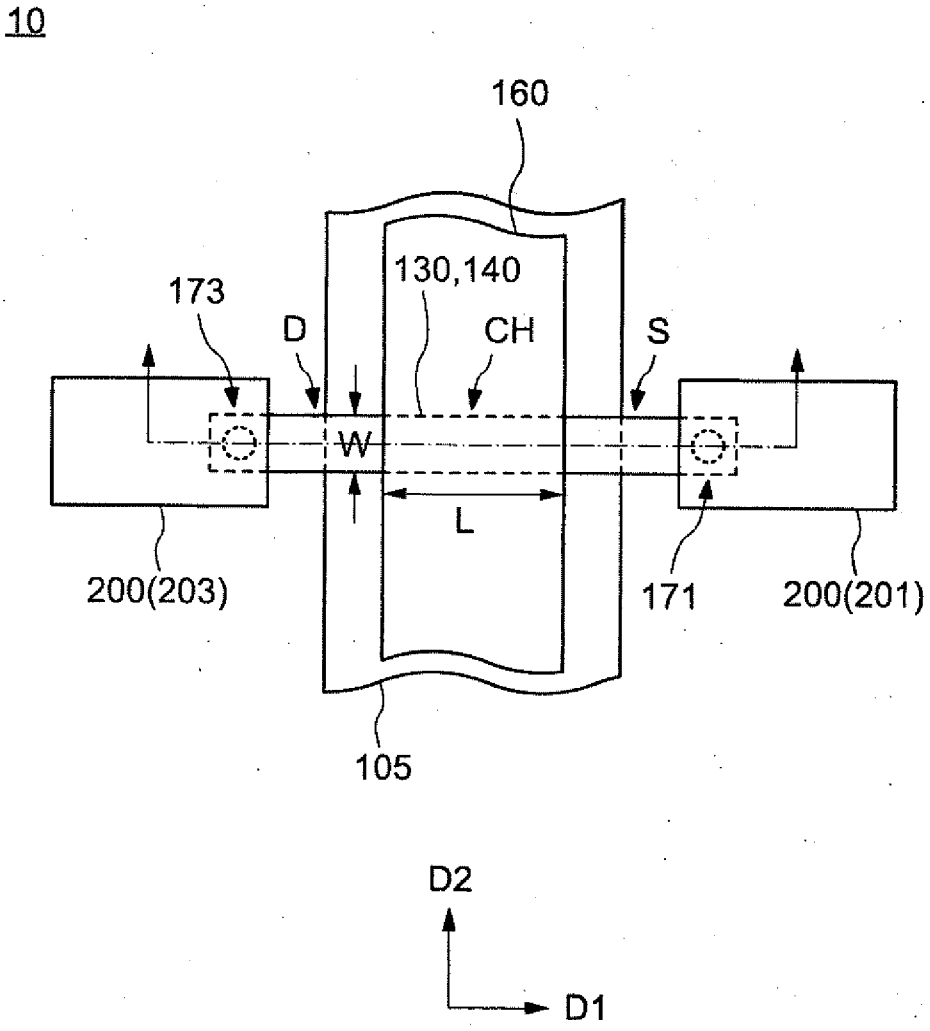


FIG. 3

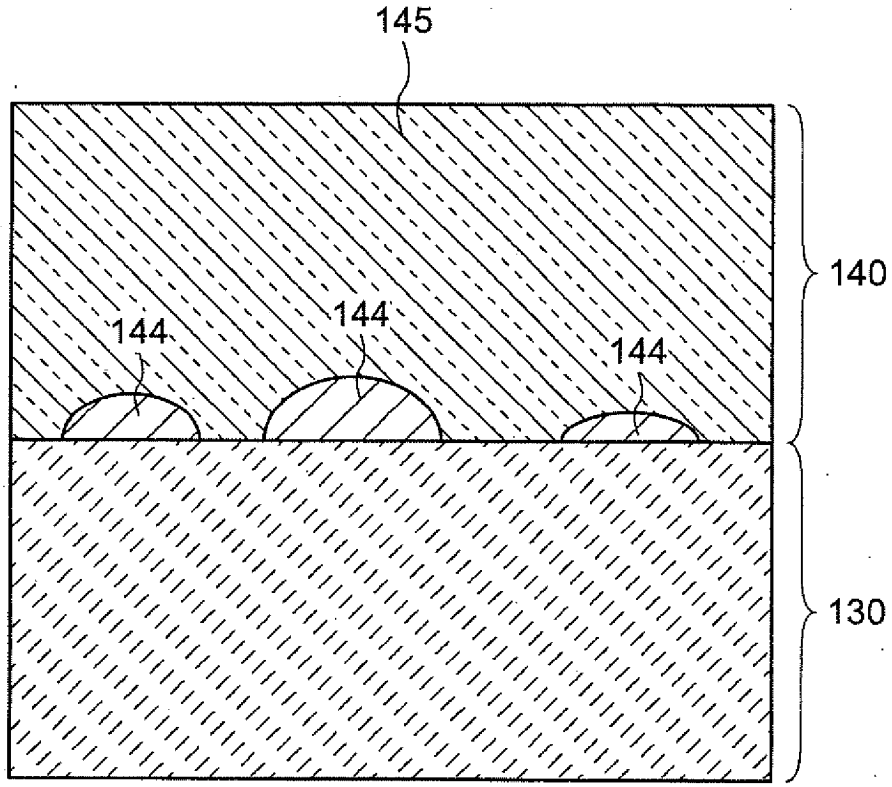


FIG. 4

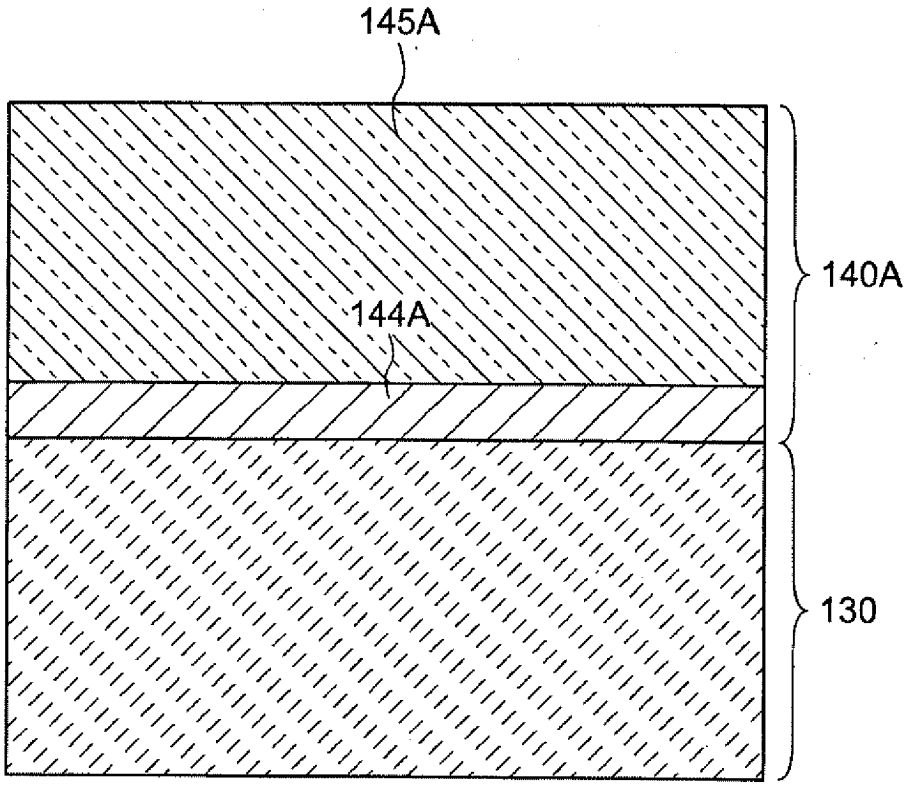


FIG. 5

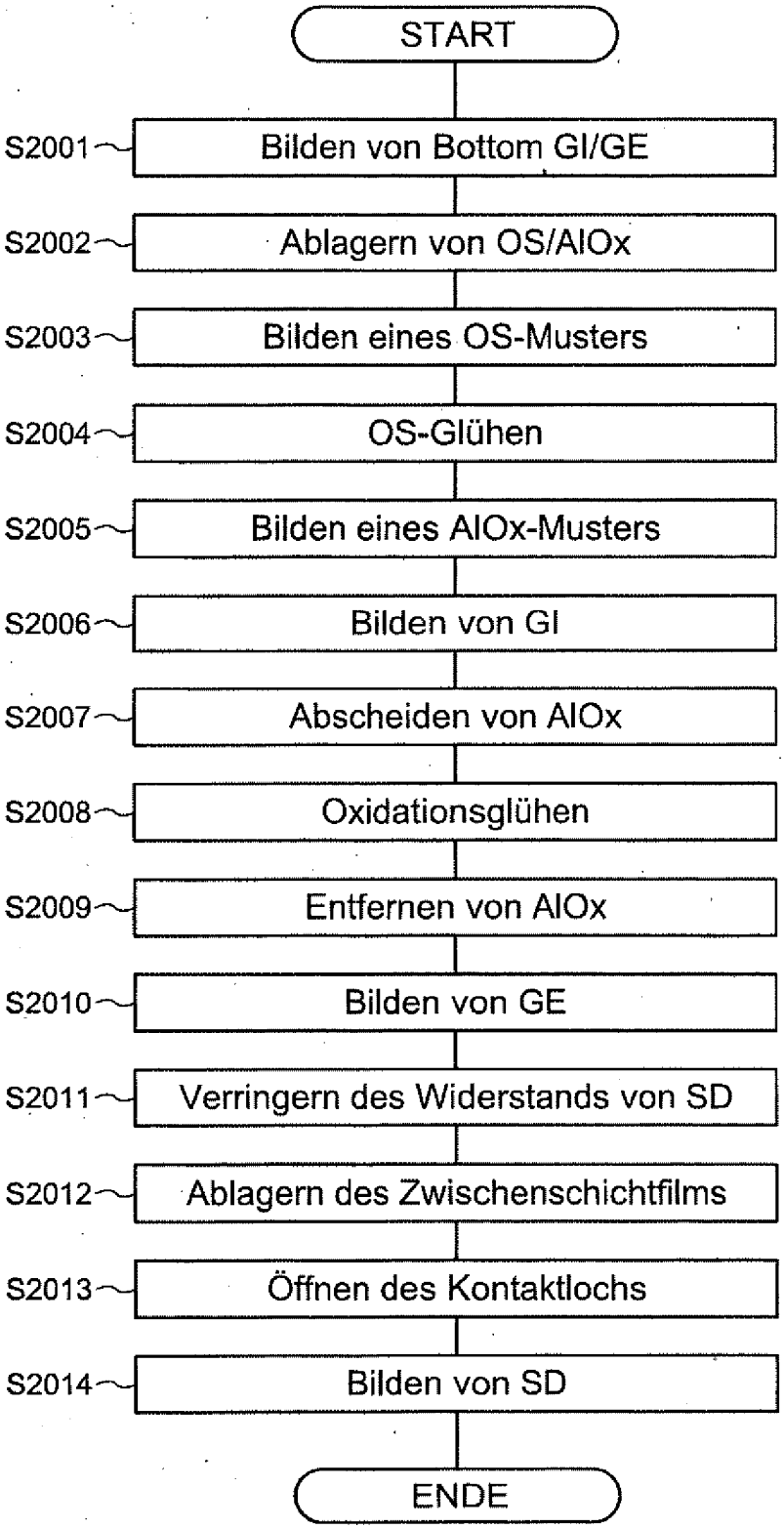

START
S2001
Bilden von Bottom GI/GE
S2002
Ablagern von OS/AlOx
S2003
Bilden eines OS-Musters
S2004
OS-Glühen
S2005
Bilden eines AlOx-Musters
S2006
Bilden von GI
S2007
Abscheiden von AlOx
S2008
Oxidationsglühen
S2009
Entfernen von AlOx
S2010
Bilden von GE
S2011
Verringern des Widerstands von SD
S2012
Ablagern des Zwischenschichtfilms
S2013
Öffnen des Kontaktlochs
S2014
Bilden von SD
ENDE

FIG. 6

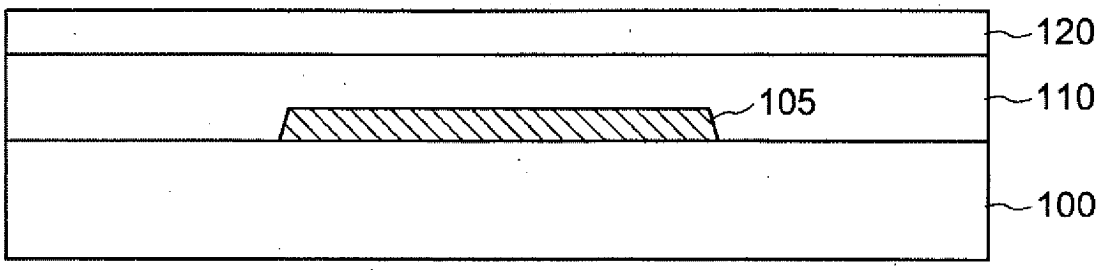


FIG. 7

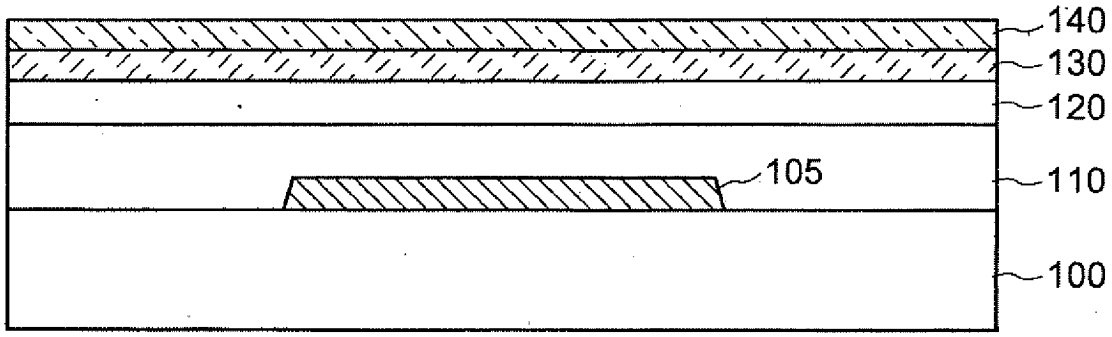


FIG. 8

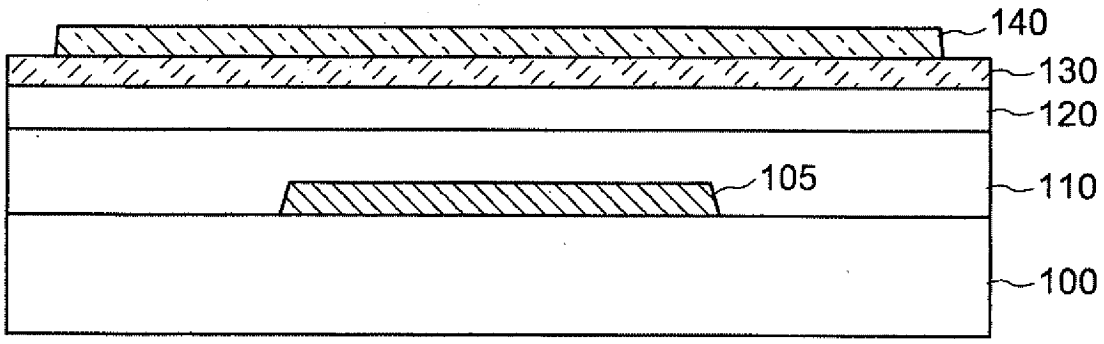


FIG. 9

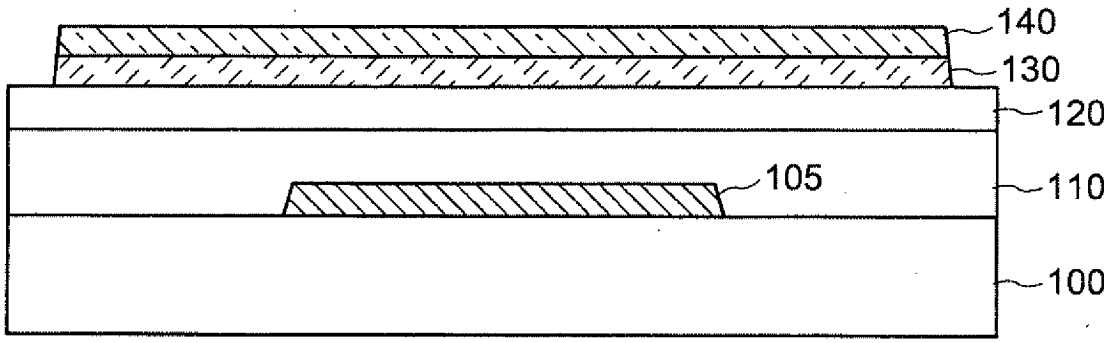


FIG. 10

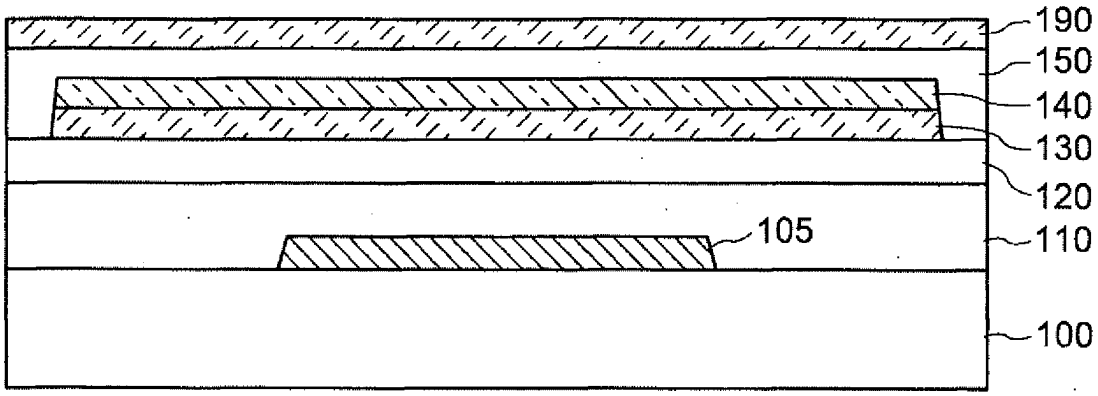


FIG. 11

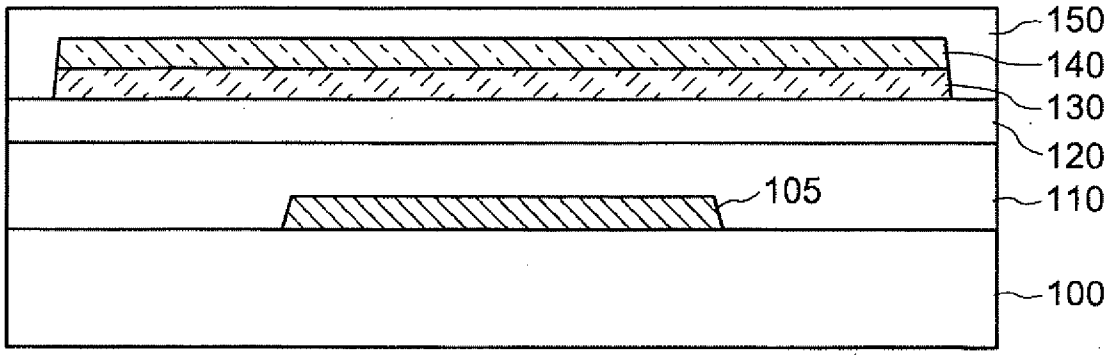


FIG. 12

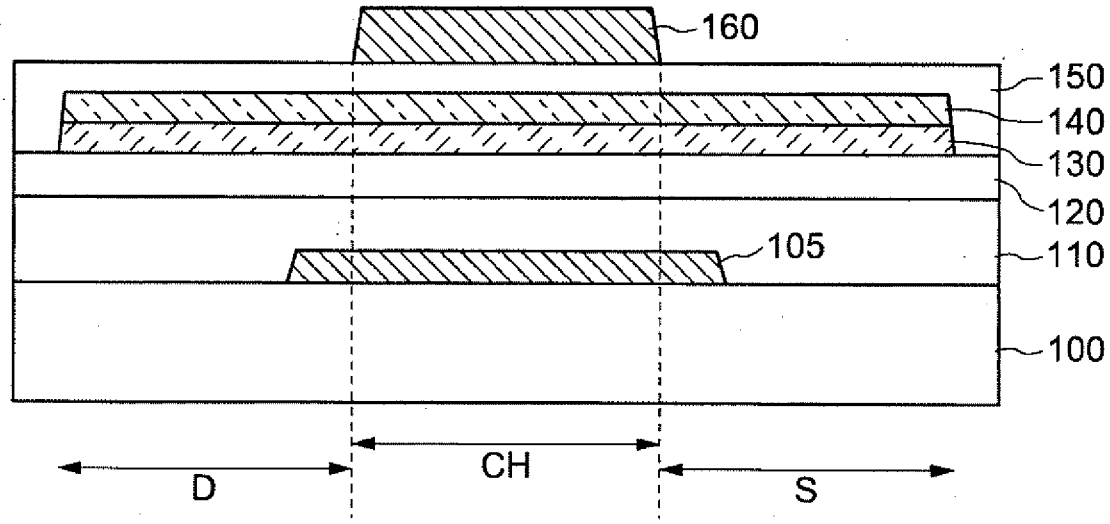


FIG. 13

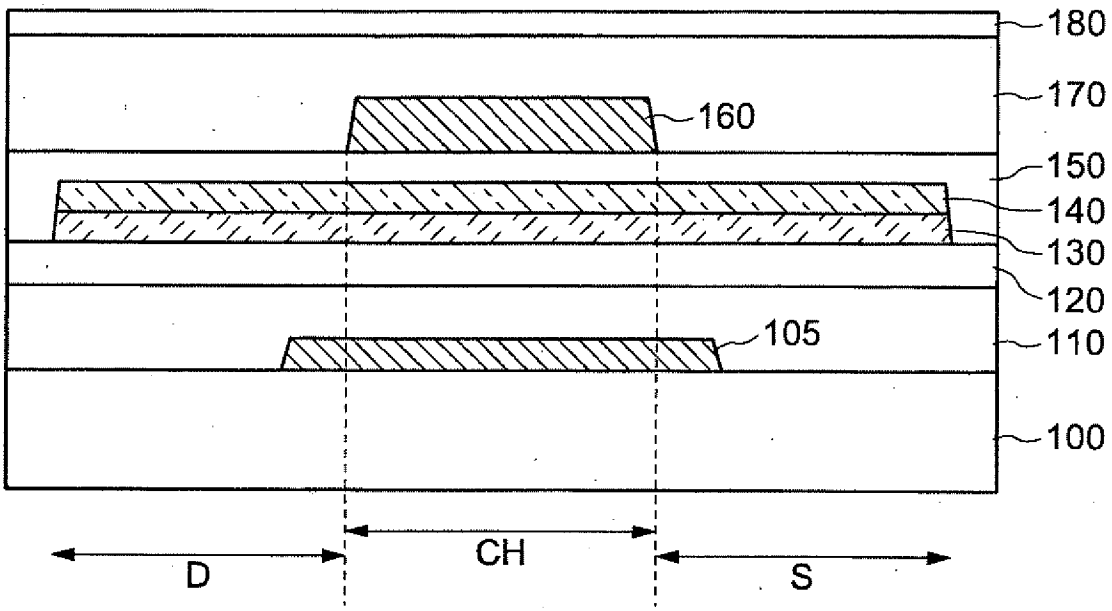


FIG. 14

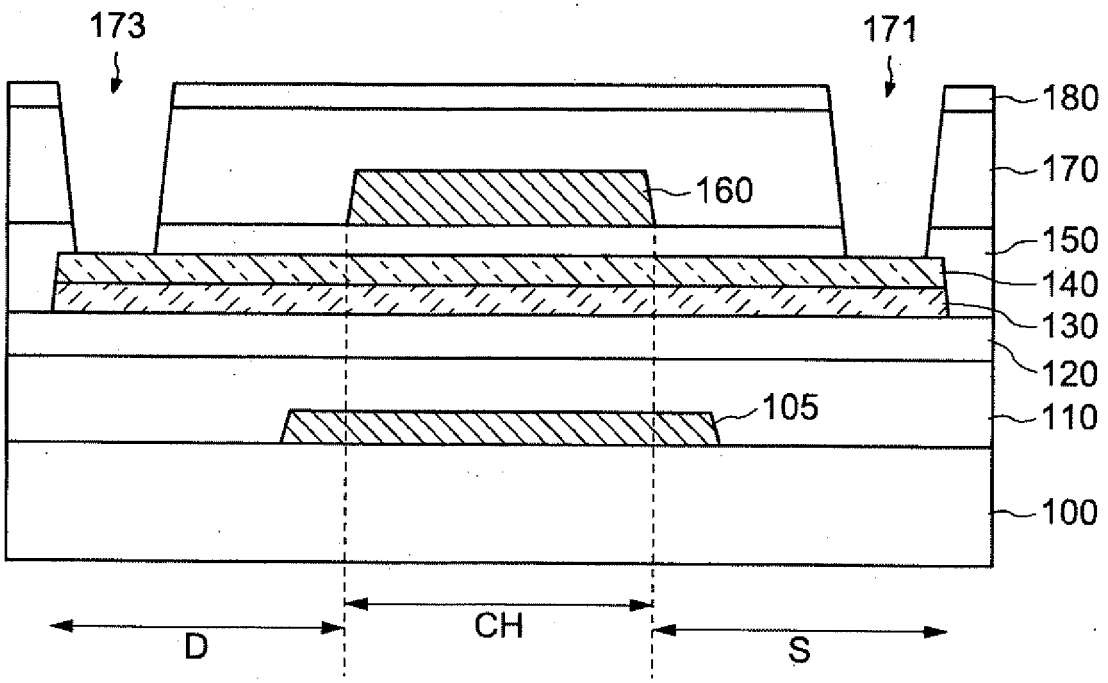


FIG. 15

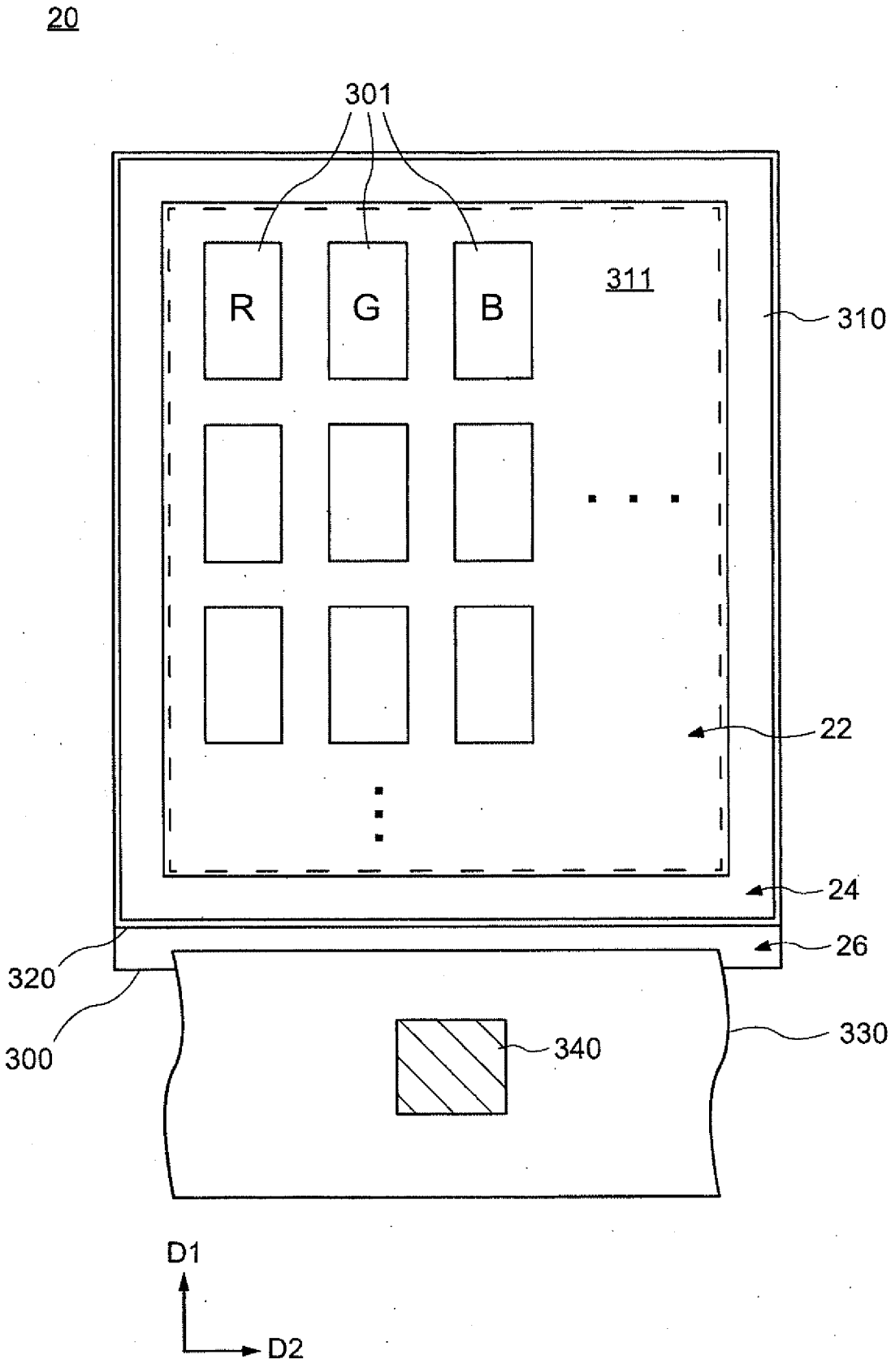


FIG. 16

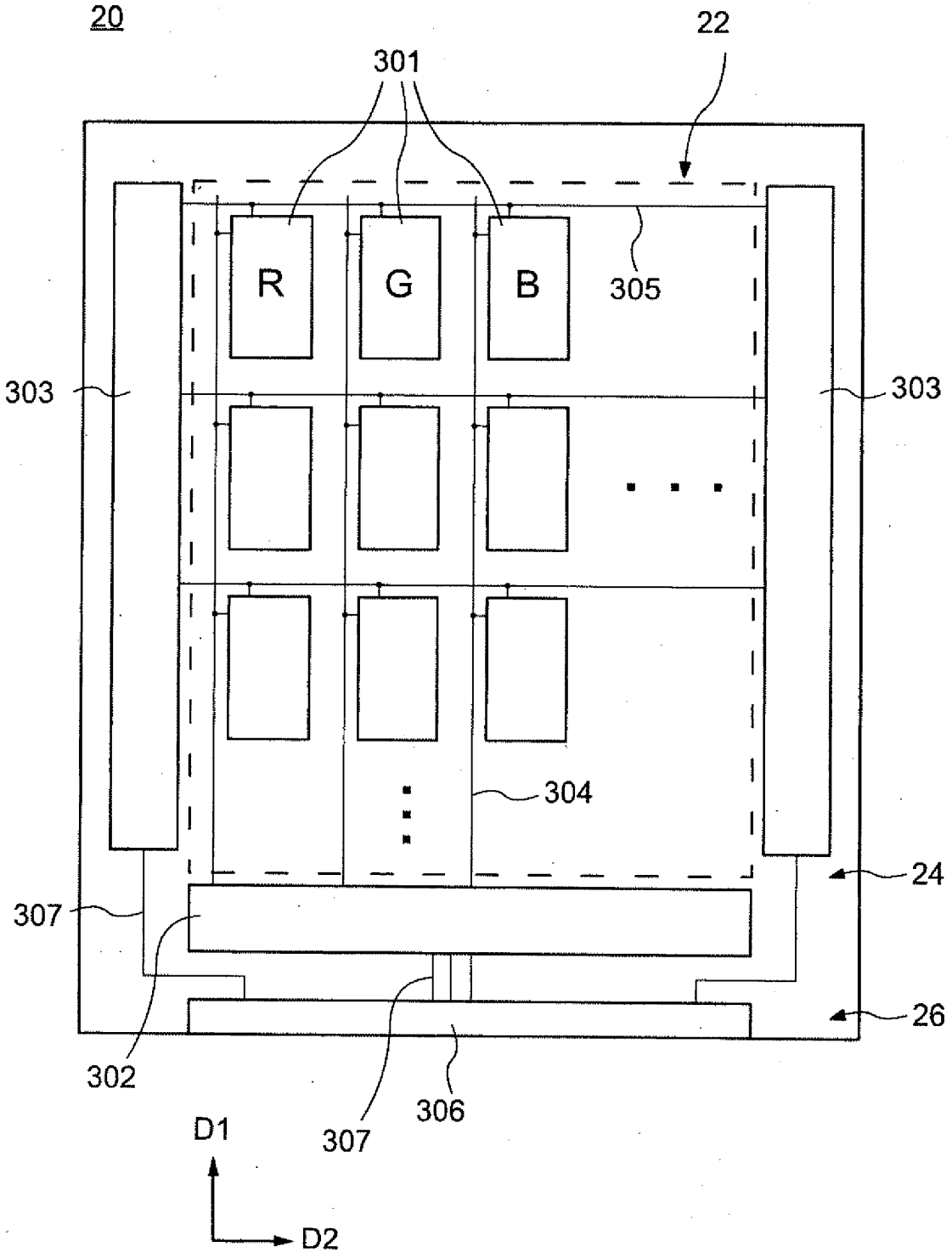


FIG. 17

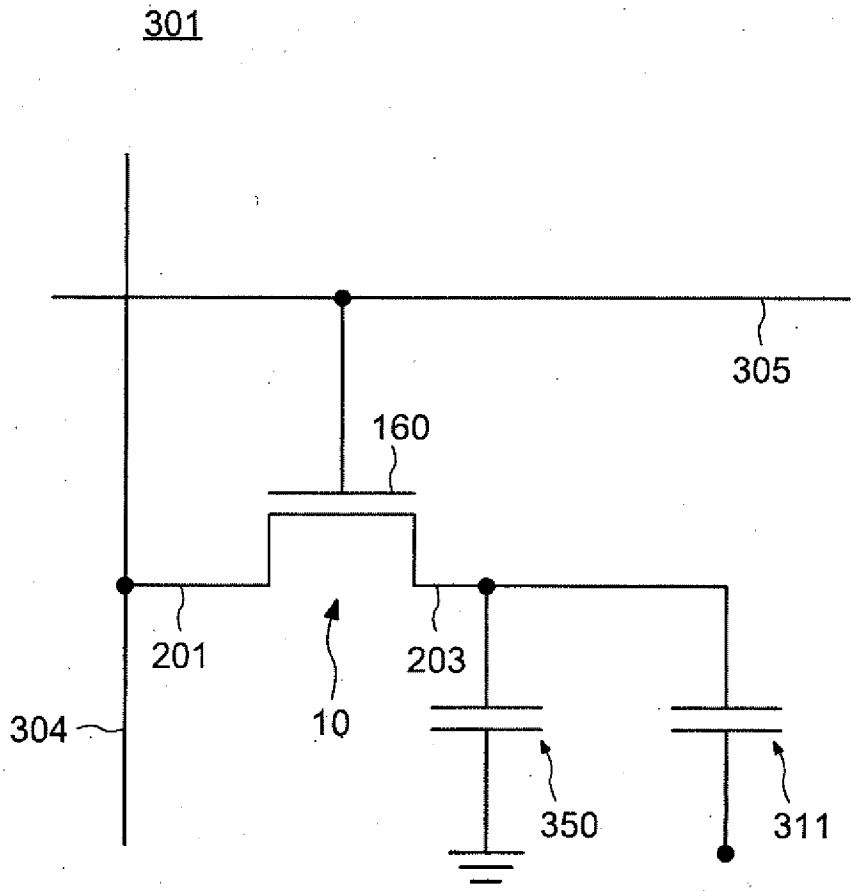


FIG. 18

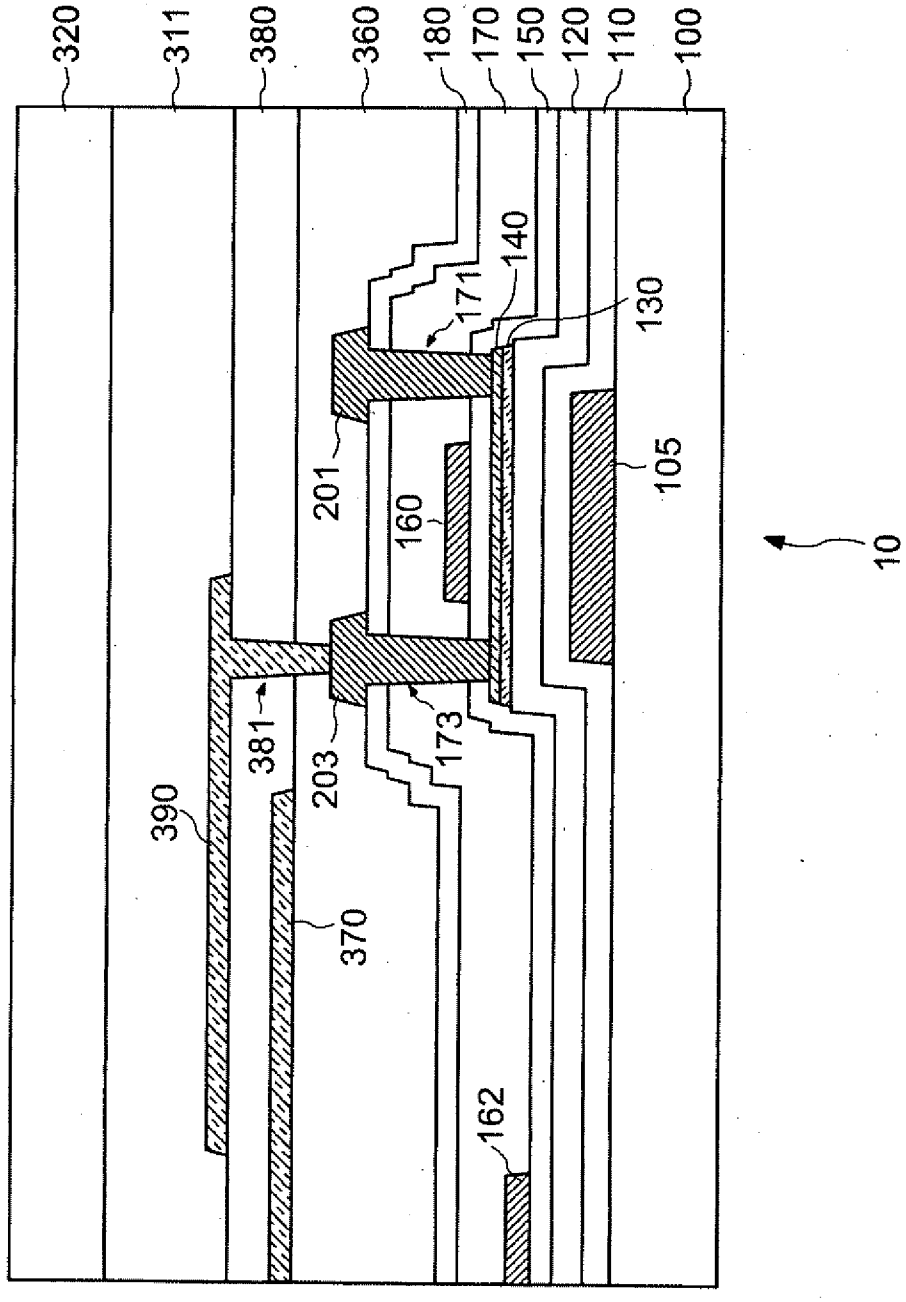

20
320
311
380
360
180
170
150
120
110
100
140
171
130
201
160
105
10
381
203
173
390
370
162

FIG. 19

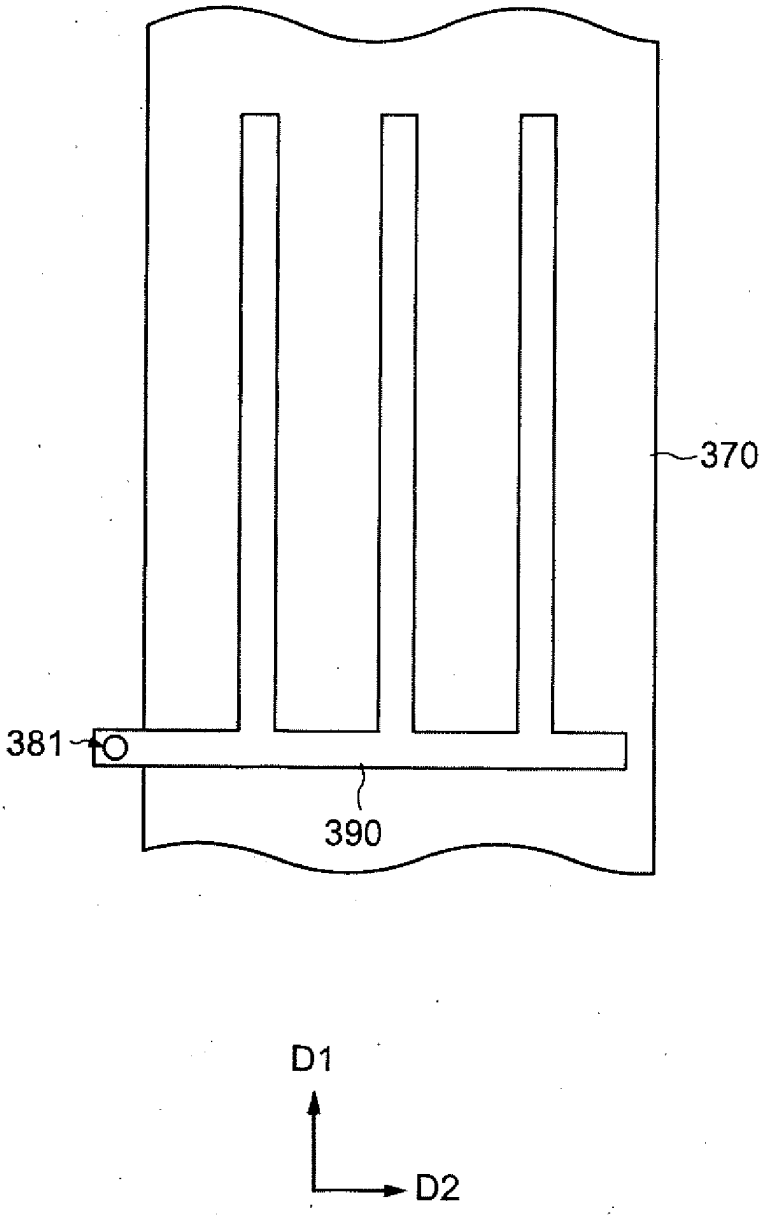


FIG. 20

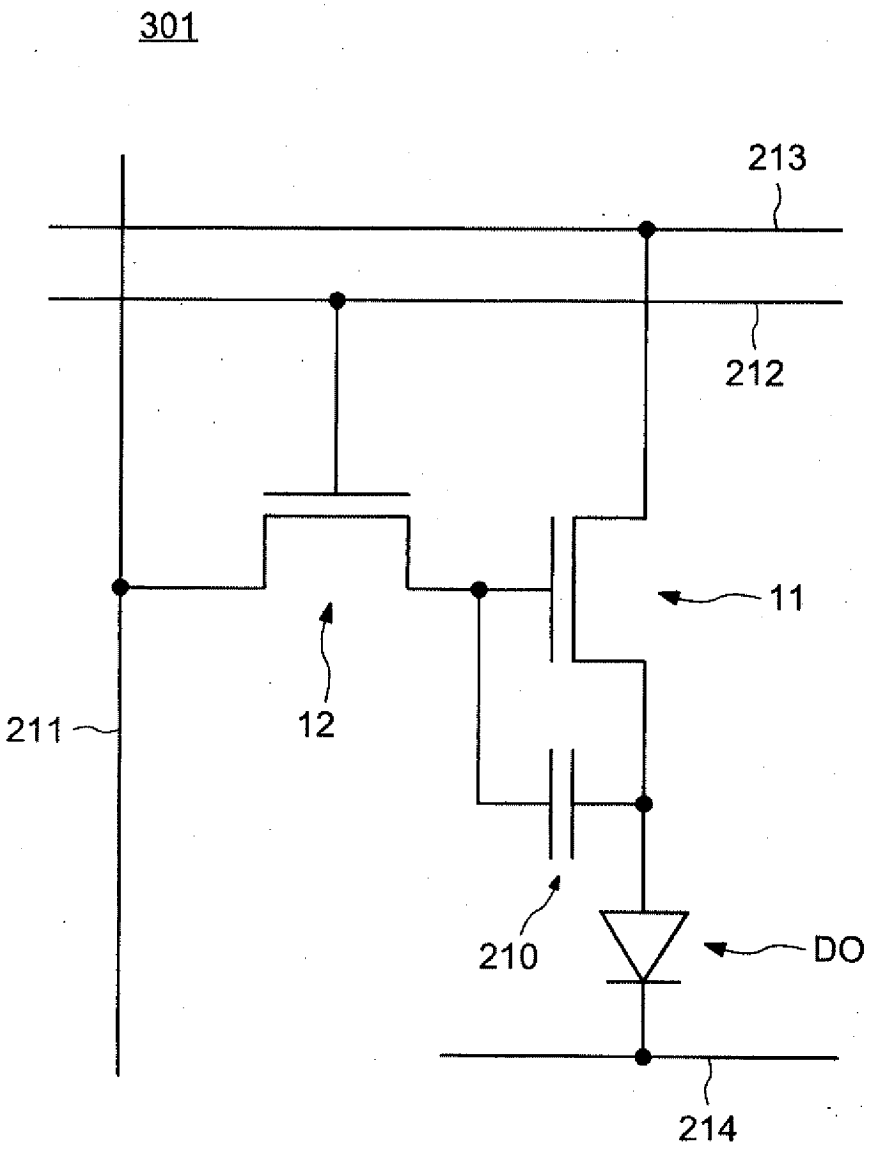


FIG. 21

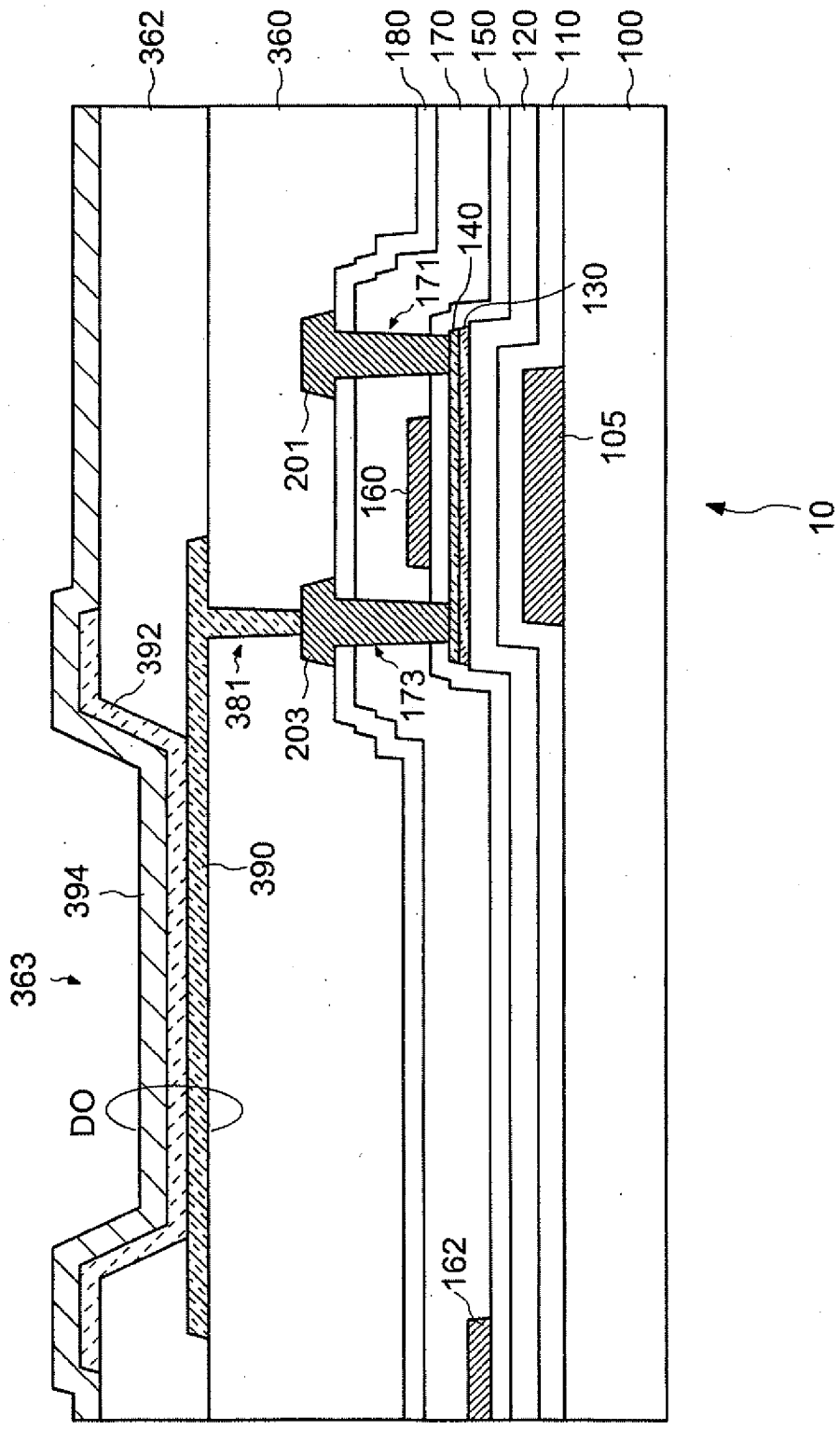

20
362
360
180
170
150
120
110
100
140
171
130
201
160
105
10
392
381
203
173
394
390
363
DO
162

FIG. 22

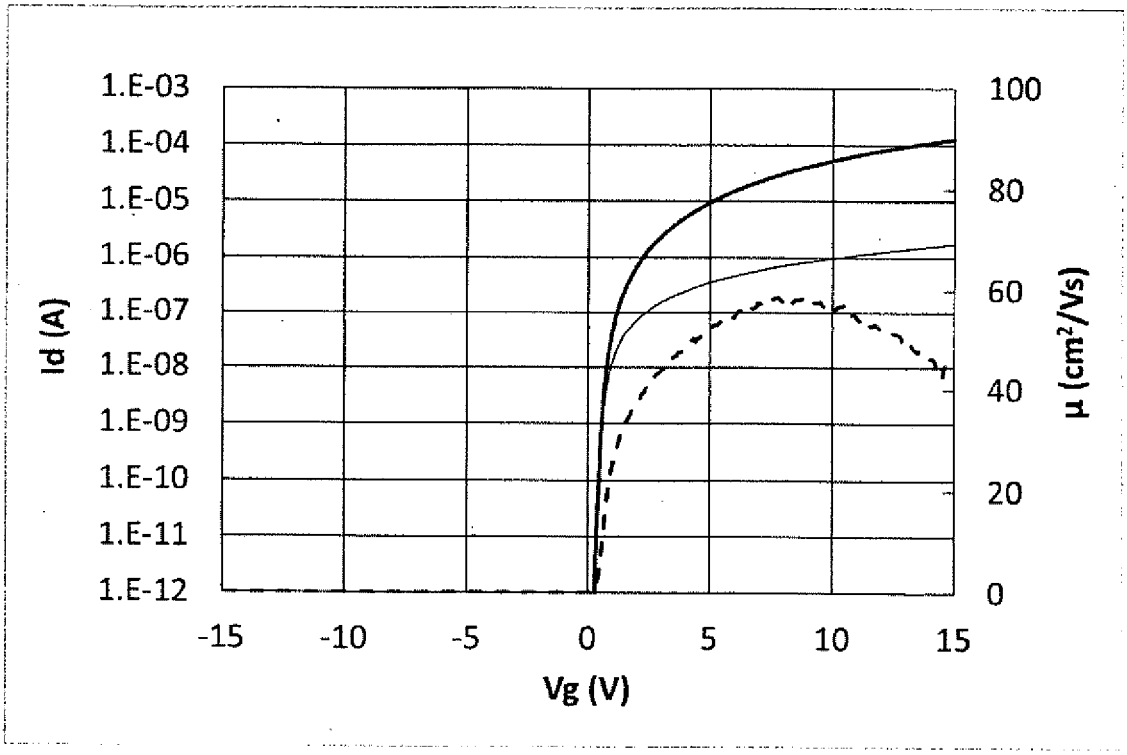

1.E-03
1.E-04
1.E-05
1.E-06
1.E-07
1.E-08
1.E-09
1.E-10
1.E-11
1.E-12
Id (A)
100
80
60
40
20
0
μ (cm²/Vs)
-15
-10
-5
0
5
10
15
Vg (V)

FIG. 23

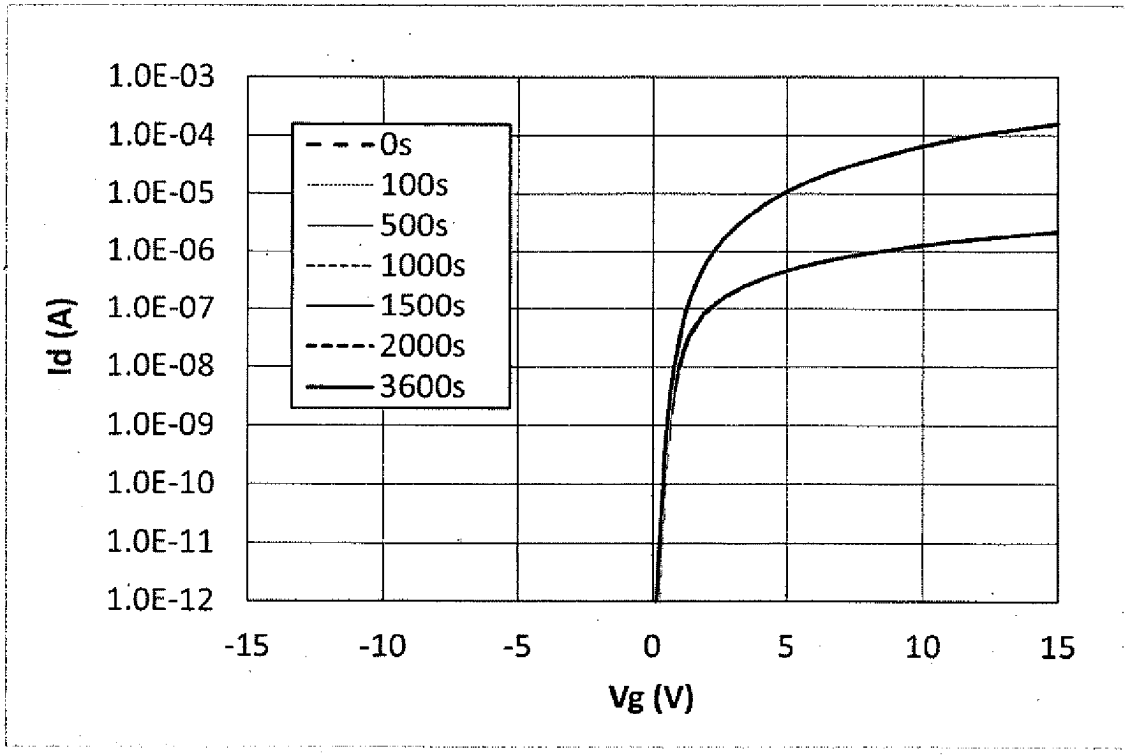

1.0E-03
1.0E-04
1.0E-05
1.0E-06
1.0E-07
1.0E-08
1.0E-09
1.0E-10
1.0E-11
1.0E-12
Id (A)
0s
100s
500s
1000s
1500s
2000s
3600s
-15
-10
-5
0
5
10
15
Vg (V)

FIG. 24A

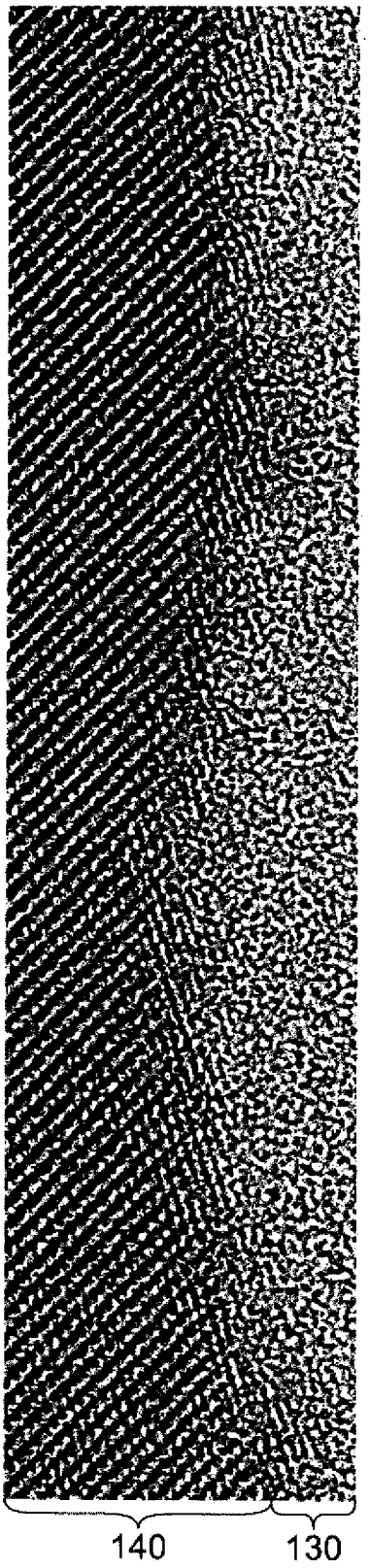


FIG. 24B

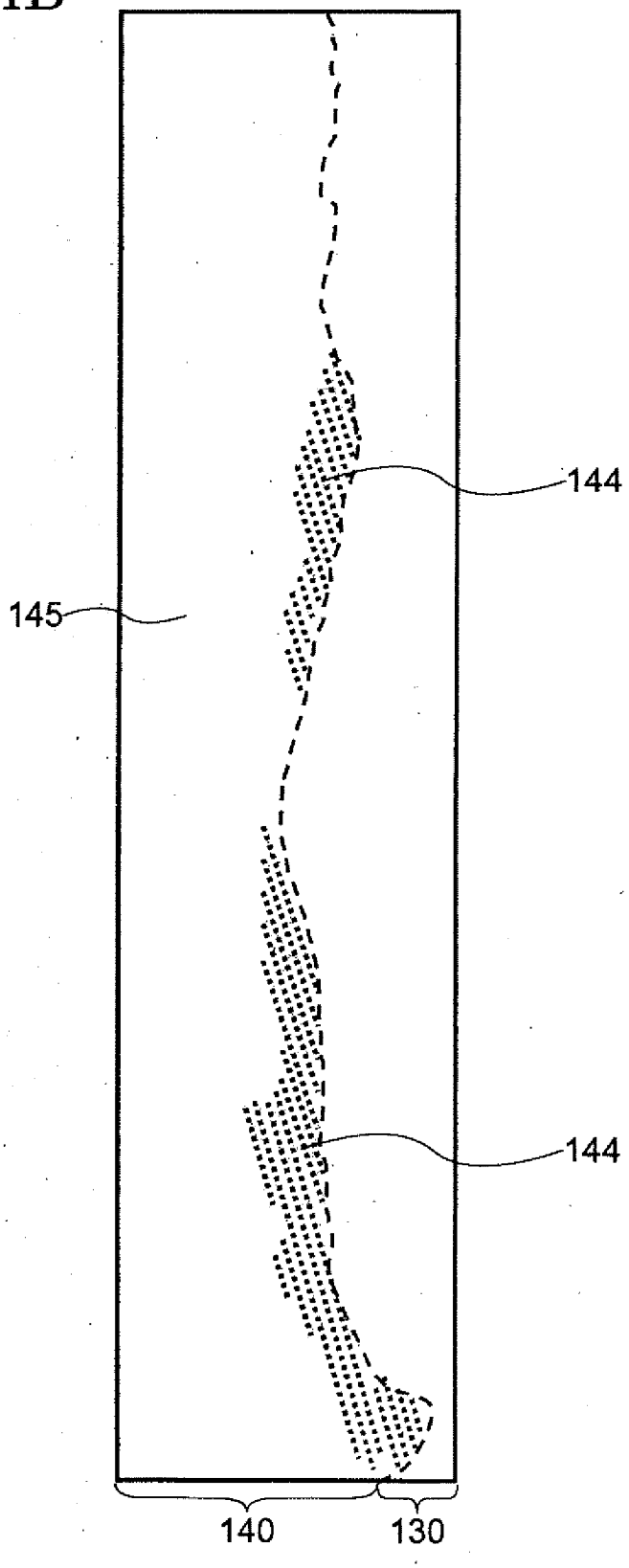


FIG. 25

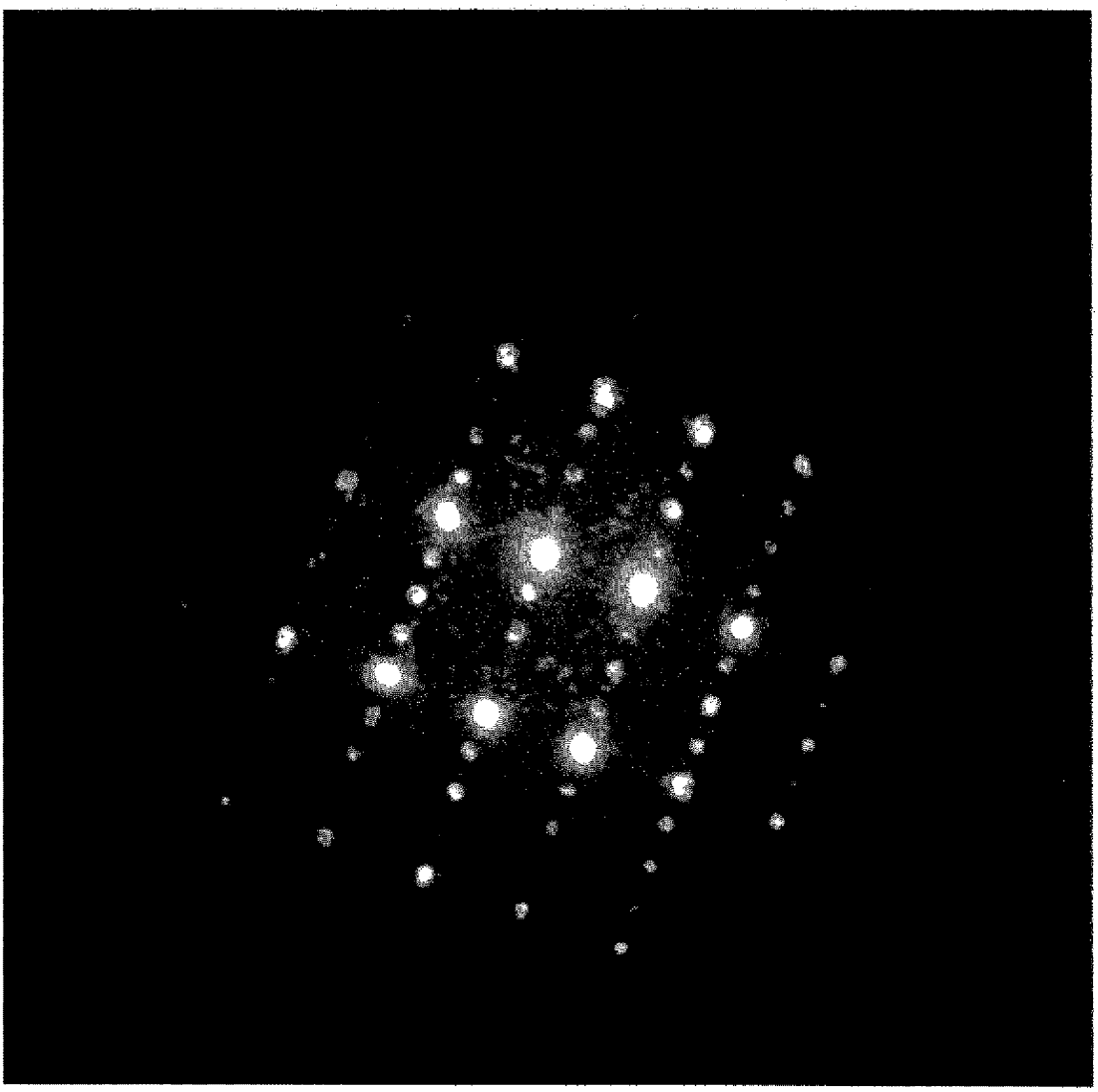


FIG. 26



FIG. 27

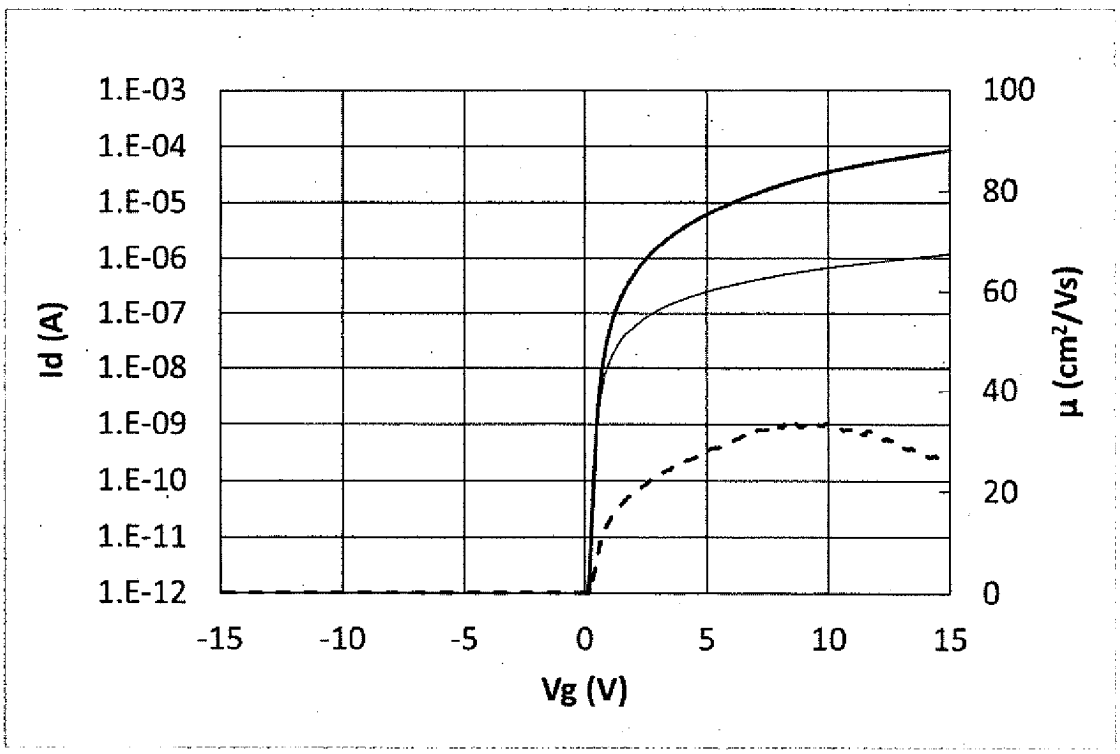

1.E-03
1.E-04
1.E-05
1.E-06
1.E-07
1.E-08
1.E-09
1.E-10
1.E-11
1.E-12
Id (A)
100
80
60
40
20
0
μ (cm²/Vs)
-15
-10
-5
0
5
10
15
Vg (V)

FIG. 28

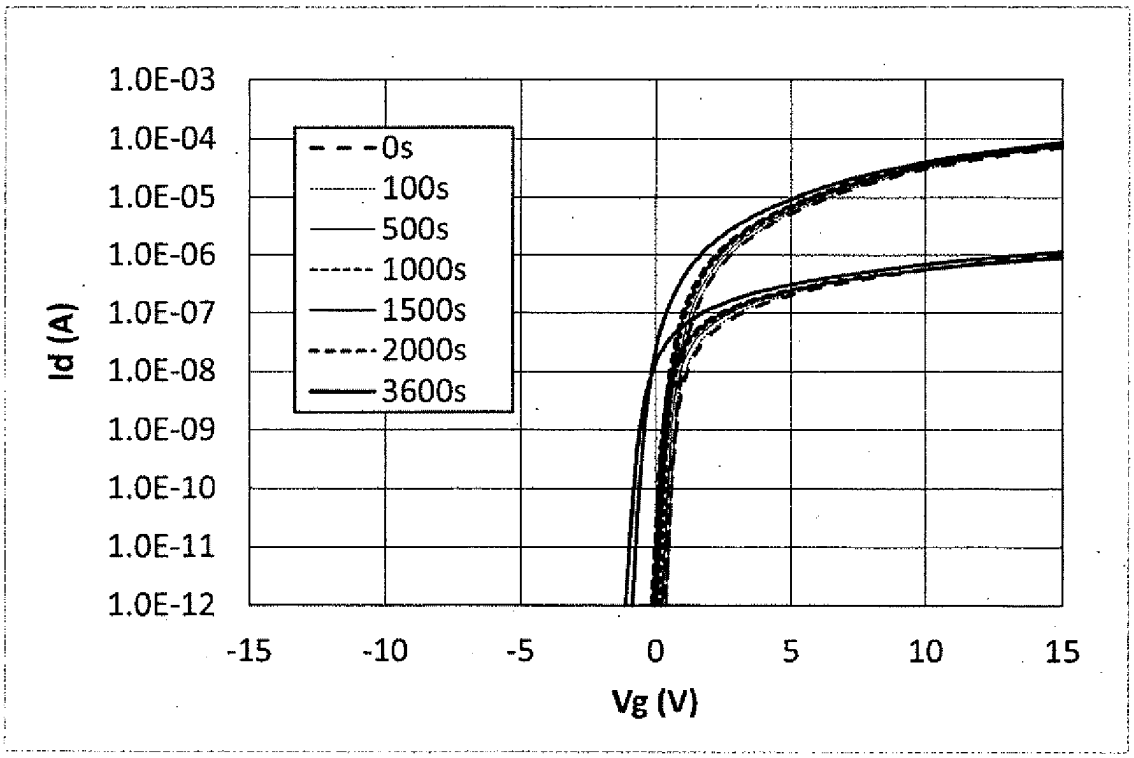

1.0E-03
1.0E-04
1.0E-05
1.0E-06
1.0E-07
1.0E-08
1.0E-09
1.0E-10
1.0E-11
1.0E-12
Id (A)
0s
100s
500s
1000s
1500s
2000s
3600s
-15
-10
-5
0
5
10
15
Vg (V)

FIG. 29

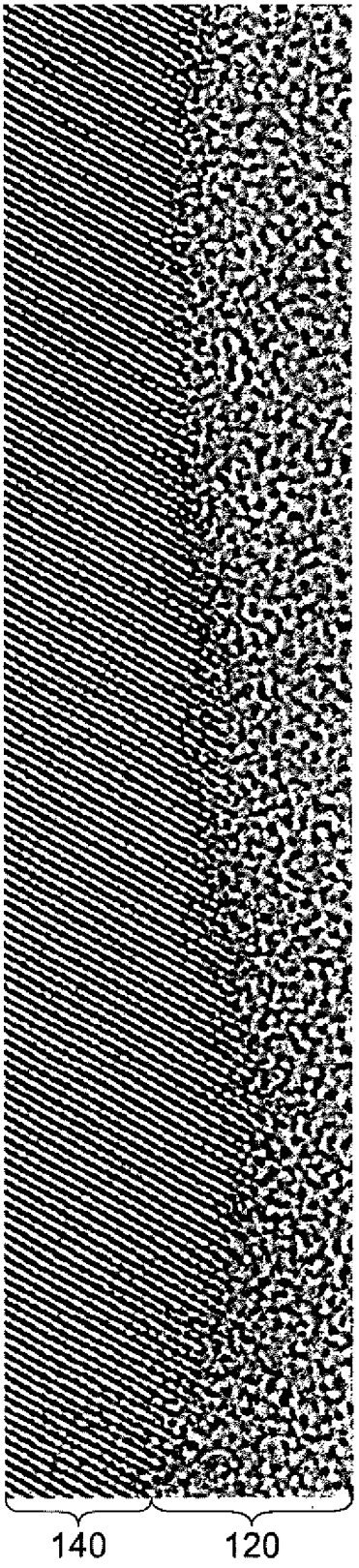


FIG. 30

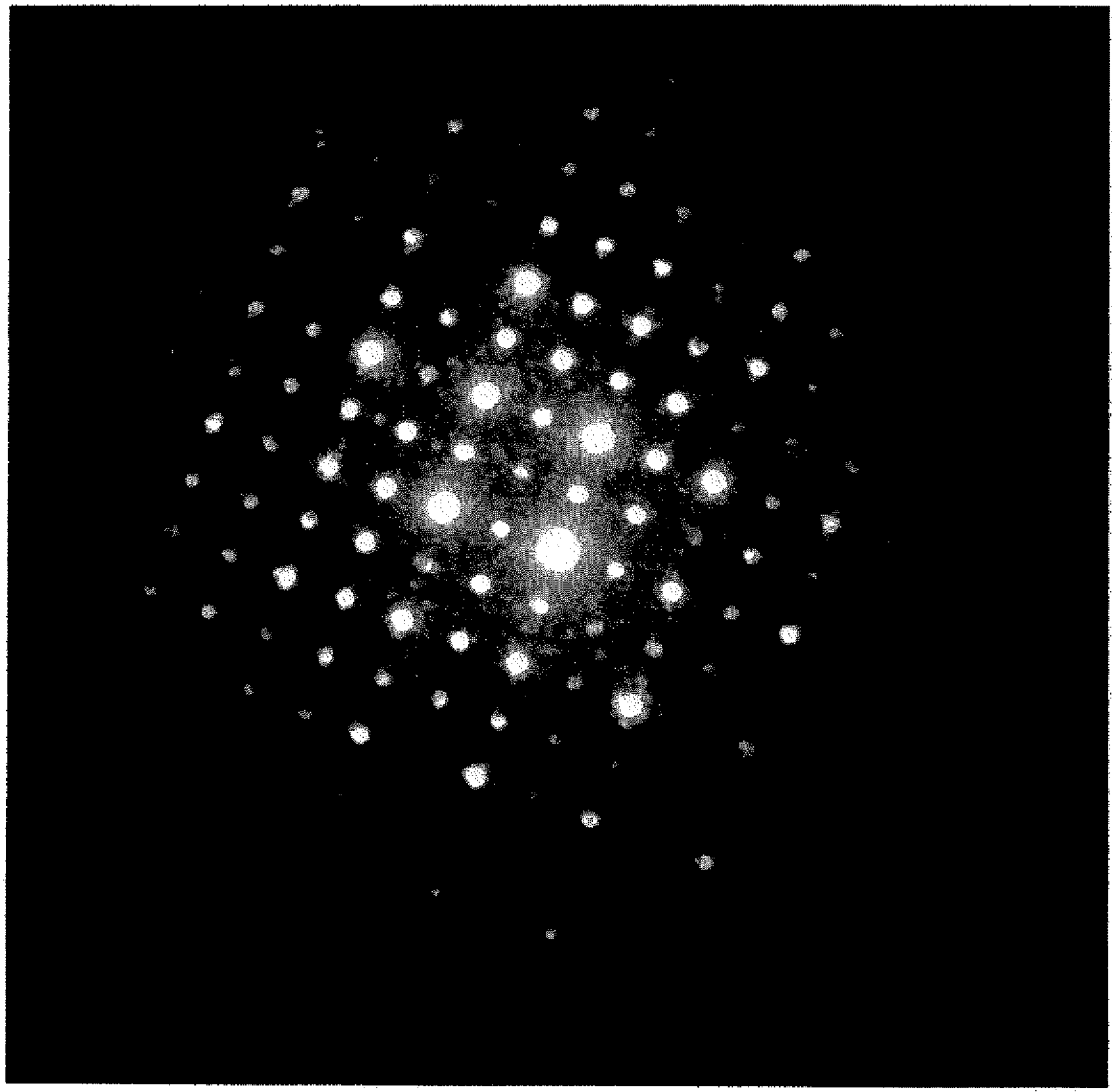
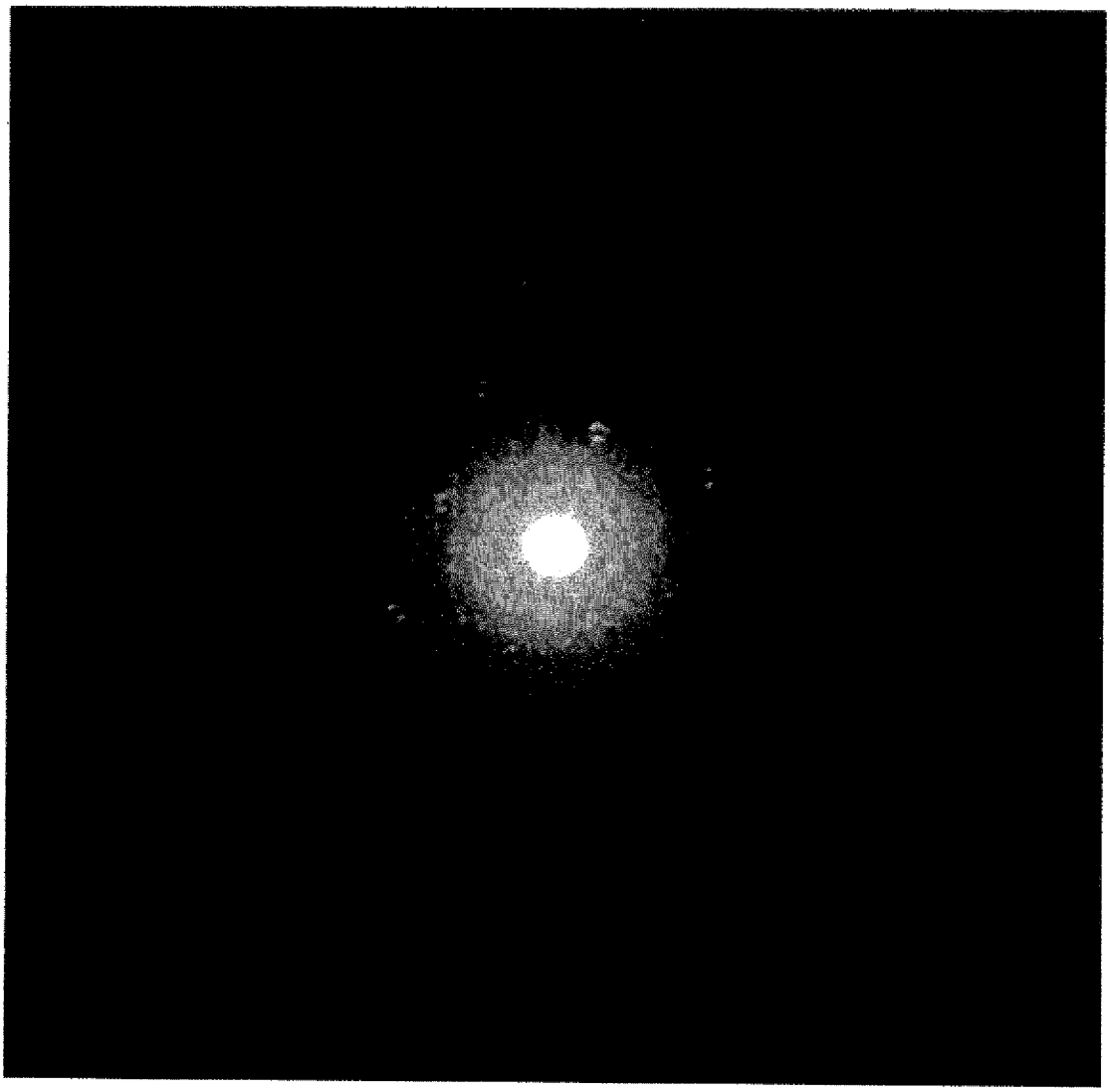


FIG. 31



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.