(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2013 012 471 U1** 2017.03.30

(12) # Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2013 012 471.7**
(22) Anmeldetag: **06.08.2013**
(67) aus Patentanmeldung: **11 2013 003 931.1**
(47) Eintragungstag: **17.02.2017**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **30.03.2017**

(51) Int Cl.: ***H01L 27/15*** (2006.01)
H01L 33/10 (2010.01)
H01L 33/38 (2010.01)

(30) Unionspriorität:

10-2012-0086329	**07.08.2012**	**KR**
10-2012-0094107	**28.08.2012**	**KR**
10-2013-0088709	**26.07.2013**	**KR**
10-2013-0088710	**26.07.2013**	**KR**

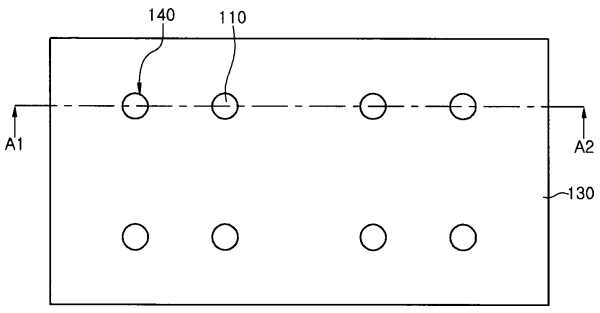
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Seoul Viosys Co., Ltd., Ansan-si, Gyeonggi-do, KR

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
isarpatent - Patentanwälte- und Rechtsanwälte Behnisch Barth Charles Hassa Peckmann & Partner mbB, 80801 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Leuchtdiodenarray auf Wafer-Ebene**

(57) Hauptanspruch: Ein Leuchtdiodenarray, umfassend:
ein Wachstumssubstrat;
eine Mehrzahl von auf einem Substrat angeordneten Leuchtdioden, wobei jede aus der Mehrzahl von Leuchtdioden eine erste Halbleiterschicht, eine aktive Schicht und eine zweite Halbleiterschicht aufweist; und
eine Mehrzahl von oberen, auf der Mehrzahl von Leuchtdioden angeordneten und aus einem identischen Material gebildeten Elektroden, wobei jede aus der Mehrzahl der oberen Elektroden mit der ersten Halbleiterschicht einer jeweiligen Leuchtdiode elektrisch verbunden ist,
wobei mindestens eine der oberen Elektroden mit der zweiten Halbleiterschicht einer der angrenzenden Leuchtdioden elektrisch verbunden ist und eine andere der oberen Elektroden von der zweiten Halbleiterschicht einer der angrenzenden Leuchtdioden isoliert ist.



Beschreibung

[Technisches Gebiet]

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Leuchtdiodenarray, und insbesondere auf ein Leuchtdiodenarray mit einer Mehrzahl von durch Drähte verbundenen und zu einem Flip-Chip-Typ geformten Leuchtdioden.

[Stand der Technik]

[0002] Eine Leuchtdiode ist eine Vorrichtung zum Durchführen eines Licht emittierenden Vorgangs, wenn eine Spannung in Höhe einer Einschaltspannung oder mehr daran über entsprechende Anoden- und Kathodenanschlüsse angelegt wird. Im Allgemeinen hat die Einschaltspannung, um die Leuchtdiode zur Abgabe von Licht zu veranlassen, einen deutlich niedrigeren Wert als die Spannung einer herkömmlichen Stromquelle. Daher hat die Leuchtdiode den Nachteil, dass sie nicht direkt im Rahmen der herkömmlichen Wechselstromquelle von 110 V oder 220 V verwendet werden kann. Für den Betrieb der Leuchtdiode unter Verwendung der herkömmlichen Wechselstromquelle ist ein Spannungswandler zum Absenken der gelieferten Wechselspannung erforderlich. Dementsprechend ist eine Treiberschaltung für die Leuchtdiode vorgesehen, die zu einem zu einen Anstieg der Fertigungskosten für eine Beleuchtungsvorrichtung, einschließlich der Leuchtdiode, führt. Wenn eine diskrete Treiberschaltung vorgesehen ist, wird das Volumen der Beleuchtungsvorrichtung erhöht und unnötige Wärme erzeugt. Zusätzlich treten Probleme auf, wie etwa die Verbesserung eines Leistungsfaktors für den gelieferten Strom.

[0003] Um die herkömmliche Wechselstromquelle in einem Zustand zu verwenden, in dem ein diskretes Spannungswandlermittel ausgeschlossen ist, wurde ein Verfahren zum Bau eines Arrays vorgeschlagen, indem eine Mehrzahl von in Reihe geschalteten Leuchtdioden-Chips miteinander verbunden wird. Um die Leuchtdioden als ein Array zu realisieren, sollten die Leuchtdioden-Chips einzelne Pakete bilden. Somit sind ein Substrattrennverfahren, ein Einhausungsverfahren für einen abgetrennten Leichtdioden-Chip und Ähnliches erforderlich. Ein Montageverfahren für das Anordnen der Pakete auf einem Arraysubstrat und ein Verdrahtungsverfahren zum Bilden von Verdrahtungen zwischen Elektroden der Pakete sind zusätzlich erforderlich. Daher gibt es Probleme dahingehend, dass sich die Bearbeitungszeit für den Bau eines Arrays verlängert und die Fertigungskosten für das Array steigen.

[0004] Ferner wird Drahtbonden für das Verdrahtungsverfahren zum Bilden des Arrays verwendet und zusätzlich wird eine Formteil-Schicht zum Schützen der Bonddrähte auf der gesamten Oberfläche des Arrays gebildet. Dementsprechend gibt es das Problem, dass ein Formteilverfahren zum Bilden der Formteil-Schicht zusätzlich erforderlich ist, wodurch die Verfahren noch komplexer werden. Insbesondere im Fall der Anwendung eines Chip-Typs mit einer lateralen Struktur wird die Leuchtleistung des Leuchtdioden-Chips verringert und die Qualität der Leuchtdiode verschlechtert sich aufgrund der erzeugten Hitze.

[0005] Um die vorstehend genannten Probleme zu lösen, wurde ein Leuchtdioden-Chip-Array vorgeschlagen, in dem ein Array, einschließlich einer Mehrzahl von Leuchtdioden-Chips, als ein einzelnes Paket gefertigt wird.

[0006] In der koreanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2007-0035745 ist eine Mehrzahl von Leuchtdioden-Chips vom lateralen Typ auf einem einzelnen Substrat durch Metallverdrahtungen, die in einem Luft-Brücken-Verfahren gebildet sind, elektrisch verbunden. Nach dieser Offenlegungsschrift ergibt sich als Vorteil, dass kein separates Einhausungsverfahren (packaging) für jeden der einzelnen Chips erforderlich ist, und ein Array auf Wafer-Ebene gebildet wird. Allerdings führt die Luft-Brücken-Verbindungsstruktur zu einer geringen Lebensdauer und der laterale Typ verursacht das Problem einer Verschlechterung der Leuchtleistung oder der Fähigkeit, Wärme abzugeben.

[0007] In US-Patent Nr. 6,573,537 werden eine Mehrzahl von Leuchtdioden vom Flip-Chip-Typ auf einem einzelnen Substrat gebildet. Allerdings liegen n- und p-Elektroden einer jeden Leuchtdiode nach außen in einem Zustand frei, in dem die n- und p-Elektroden voneinander getrennt werden. Daher wird ein Verdrahtungsverfahren zum Verbinden einer Mehrzahl von Elektroden untereinander benötigt, um eine einzelne Stromquelle zu verwenden. Zu diesem Zweck wird in dem US-Patent ein Montagebasissubstrat (submount substrate) verwendet. Entsprechend werden die Leuchtdioden vom Flip-Chart-Typ auf einem diskreten Montagebasissubstrat angebracht, um die Elektroden zu verdrahten. Mindestens zwei Elektroden für eine elektrische Verbindung mit einem anderen Substrat sollten auf der Rückseite des Montagebasissubstrats gebildet werden. Da Leuchtdioden vom Flip-Chart-Typ verwendet werden, besteht bei dem US-Patent der Vorteil einer Verbesserung der Leuchtleistung und der Wärmeabgabeleistung. Hingegen führt die Verwendung eines Montagebasissubstrats zu einem Anstieg sowohl bei den Fertigungskosten als auch bei der Dicke des Endprodukts. Zusätzlich gibt es weitere Nachteile dadurch, dass ein zusätzliches Verdrahtungsverfahren für das Montagebasissubstrat und ein zusätzliches Verfahren zur Montage des Montagebasissubstrats auf einem neuen Substrat benötigt werden.

[0008] In der koreanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 2008-0002161 wird eine Konfiguration offengelegt, in der Leuchtdioden vom Flip-Chip-Typ in Reihe geschaltet miteinander verbunden sind. Gemäß der Patentoffenlegungsschrift ist kein Einhausungsverfahren auf Chipbasis erforderlich und die Verwendung der Leuchtdioden vom Flip-Chart-Typ weist eine verbesserte Leuchtleistung und Wärmeabgabefähigkeit auf. Allerdings wird eine diskrete reflektierende Schicht neben der Verdrahtung zwischen den n-Typ- und p-Typ-Halbleiterschichten verwendet und eine Schaltungsverdrahtung kommt auf der n-Typ-Elektrode zum Einsatz. Daher sollte eine Mehrzahl von strukturierten Metallschichten gebildet werden. Zu diesem Zweck sollten verschiedene Arten von Masken verwendet werden, was zu einem Problem wird. Zusätzlich treten Abblätterungen oder Risse aufgrund eines unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen der n-Elektrode und der Zwischenverbindungselektrode oder Ähnlichem auf und daher gibt es das Problem, dass ein elektrischer Kontakt dazwischen geöffnet wird.

[Offenbarung der Erfindung]

[Technisches Problem]

[0009] Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist das Bereitstellen eines Leuchtdiodenarrays vom Flip-Chip-Typ mit einer verbesserten Struktur.

[0010] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist das Bereitstellen eines Leuchtdiodenarrays, das ohne ein Montagebasissubstrat verwendet werden kann, sowie ein Verfahren zu dessen Formgebung.

[0011] Ein anderer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist das Bereitstellen eines Leuchtdiodenarrays vom Flip-Chip-Typ, das einen Lichtverlust ohne Verwendung einer diskreten reflektierenden Metallschicht neben den Drähten zum Verbinden einer Mehrzahl von Leuchtdioden verhindern kann, sowie ein Verfahren zu dessen Formgebung.

[0012] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist das Bereitstellen eines Leuchtdiodenarrays vom Flip-Chip-Typ, das die effiziente Lichtauskopplung durch Vermindern des Lichtverlusts verbessert, sowie ein Verfahren zu dessen Formgebung.

[0013] Andere Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung sind durch die folgende Beschreibung ersichtlich und auch besser verständlich.

[Technische Lösung]

[0014] Zu einem Leuchtdiodenarray nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung gehören ein Wachstumssubstrat; eine Mehrzahl von auf dem Substrat angeordneten Leuchtdioden, wobei jede aus der Mehrzahl von Leuchtdioden eine erste Halbleiterschicht, eine aktive Schicht und eine zweite Halbleiterschicht aufweist; und eine Mehrzahl von oberen, auf der Mehrzahl von Leuchtdioden angeordneten und aus einem identischen Material gebildeten Elektroden, wobei jede aus der Mehrzahl der oberen Elektroden mit der ersten Halbleiterschicht einer jeweiligen Leuchtdiode elektrisch verbunden ist. Mindestens eine der oberen Elektroden ist mit der zweiten Halbleiterschicht einer der angrenzenden Leuchtdioden elektrisch verbunden und eine andere der oberen Elektroden ist von der zweiten Halbleiterschicht einer der angrenzenden Leuchtdioden isoliert.

[0015] Dementsprechend ist es möglich, ein Leuchtdiodenarray von Flip-Chart-Typ bereitzustellen, das bei hoher Spannung betrieben werden kann, und ein vereinfachtes Formgebungsverfahren dafür, das ohne Verwendung eines Montagebasissubstrats auskommt.

[0016] Die oberen Elektroden können ohmsche Kontaktschichten in ohmschem Kontakt mit den ersten Halbleiterschichten einschließen. Da die oberen Elektroden die ohmschen Kontaktschichten einschließen, brauchen die ohmsche Kontaktschicht und die obere Elektrode nicht durch Verwendung getrennter Masken gebildet werden, und somit kann das Formgebungsverfahren weiter vereinfacht werden.

[0017] Die ohmsche Kontaktschicht kann ein metallisches Material aus Cr, Ni, Ti, Rh oder Al; oder ITO umfassen.

[0018] Die oberen Elektroden können reflektierende Leiterschichten umfassen. Die reflektierenden Leiterschichten können auf den ohmschen Kontaktschichten liegen. Die reflektierenden Leiterschichten können Al, Ag, Rh oder Pt umfassen. Ferner können die oberen Elektroden auch Sperrschichten zum Schützen der reflektierenden Leitschichten einschließen. Die Sperrschichten können zu einzel- oder mehrschichtigen Strukturen geformt sein und eine Dicke von 300 bis 5000 nm aufweisen.

[0019] Ferner kann das Leuchtdiodenarray eine erste isolierende, zwischen den Leuchtdioden und den oberen Elektroden angeordnete Zwischenschicht einschließen. Die oberen Elektroden können von den Seitenflächen der Leuchtdioden durch die erste isolierende Zwischenschicht isoliert sein. Die erste isolierende Zwischenschicht kann die Seitenflächen der Leuchtdioden sowie die Regionen zwischen den Leuchtdioden abdecken. Die oberen Elektroden können auf der ersten isolierenden Zwischenschicht liegen und können den Großteil der Regionen zwischen den Leuchtdioden abdecken. In einem klassischen Fall, in dem eine lineare Verdrahtung verwendet wird, deckt die Verdrahtung die Regionen zwischen den

Leuchtdioden kaum ab. Hingegen decken die oberen Elektroden mindestens 30%, mindestens 50% oder sogar mindestens 90% der Regionen zwischen den Leuchtdioden ab. Allerdings decken die oberen Elektroden weniger als 100% der Regionen zwischen den Leuchtdioden ab, da die oberen Elektroden voneinander entfernt liegen.

[0020] Die oberen Elektroden können so geformt sein, dass sie relative große Bereiche aufweisen, um den durch die oberen Elektroden verursachten Widerstand zu verringern. Somit ist es möglich, die Stromverteilung zu erleichtern und die Vorwärtsspannung des Leuchtdiodenarrays zu verringern.

[0021] Ferner können die oberen Elektroden zusammen mit der ersten isolierenden Zwischenschicht einen omnidirektionalen Reflektor bilden. Alternativerweise kann die erste isolierende Zwischenschicht einen Bragg-Reflektor (Distributed Bragg Reflector, DBR) einschließen. Somit kann der omnidirektionale Reflektor oder der Bragg-Reflektor die Lichtreflexion weiter verbessern.

[0022] Ferner kann das Leuchtdiodenarray untere, jeweils auf den zweiten Halbleiterschichten der Leuchtdioden angeordnete Elektroden einschließen. Die erste isolierende Zwischenschicht kann einen Teil der unteren Elektrode auf jeder Leuchtdiode freilegen. Die obere(n), mit der zweiten Halbleiterschicht der angrenzenden Leuchtdiode elektrisch verbundenen Elektrode(n) kann/können mit dem freigelegten Teil der unteren Elektrode durch die erste isolierende Zwischenschicht verbunden sein. Jede der unteren Elektroden kann eine reflektierende Schicht einschließen.

[0023] Ferner kann das Leuchtdiodenarray eine zweite isolierende, die oberen Elektroden abdeckende Zwischenschicht einschließen. Die zweite isolierende Zwischenschicht kann eine der unteren Elektroden und die obere, von der zweiten Halbleiterschicht der angrenzenden Leichtdiode isolierte Elektrode freilegen.

[0024] Zudem können die Leuchtdioden durch die oberen Elektroden in Reihe geschaltet verbunden sein. Zu diesem Zeitpunkt kann die zweite isolierende Zwischenschicht untere und obere Elektroden entsprechend den Leuchtdioden an beiden Enden der in Reihe geschalteten Leuchtdioden freilegen.

[0025] Ferner kann das Leuchtdiodenarray erste und zweite, auf der zweiten isolierenden Zwischenschicht liegende Kontaktstellen (Kontaktpads) einschließen. Die erste Kontaktstelle kann mit der unteren, durch die zweite isolierende Zwischenschicht freigelegten Elektrode verbunden sein und die zweite Kontaktstelle kann mit der oberen, durch die zweite isolierende Zwischenschicht freigelegten Elektrode verbunden sein. Dementsprechend ist es möglich, ein Leuchtdiodenarray vom Flip-Chip-Typ bereitzustellen, das unter Verwendung der ersten und zweiten Kontaktstelle auf einer Leiterplatte oder Ähnlichem montiert werden kann.

[0026] In einigen Ausführungsformen kann jede der Leuchtdioden ein Durchgangsloch (Kontaktloch) zum Freilegen der ersten Halbleiterschicht durch die zweite Halbleiterschicht und die aktive Schicht aufweisen. Jede der oberen Elektroden kann durch das Durchgangsloch mit der ersten Halbleiterschicht einer jeweiligen Leuchtdiode verbunden sein.

[0027] Unterdessen können die oberen Elektroden mindestens 30% und weniger als 100% des Gesamtbereichs des Leuchtdiodenarrays einnehmen.

[0028] Jede der oberen Elektroden kann in Form einer Platte oder eines Blechs mit einem Seitenverhältnis (Länge/Breite) im Bereich von 1:3 bis 3:1 vorliegen. Anders als eine herkömmliche lineare Verdrahtung, ist es – da die oberen Elektroden in Form einer Platte oder eines Blechs vorliegen – möglich, die Stromverteilung zu erleichtern und die Vorwärtsspannung des Leuchtdiodenarrays zu verringern.

[0029] Mindestens eine der oberen Elektroden kann länger bzw. breiter sein als eine der jeweiligen Leuchtdioden. Somit kann die obere Elektrode die Region zwischen den Leuchtdioden abdecken und kann das in der aktiven Schicht erzeugte Licht in Richtung des Substrats reflektieren.

[0030] Ein Verfahren zum Bilden eines Leuchtdiodenarrays schließt das Bilden einer Mehrzahl von Leuchtdioden ein, wobei jede aus der Mehrzahl von Leuchtdioden eine ersten Halbleiterschicht, eine aktive Schicht und eine zweite Halbleiterschicht auf einem Wachstumssubstrat einschließt. Bei jeder aus der Mehrzahl der Leuchtdioden wird durch Entfernen der zweiten Halbleiterschicht und der aktiven Schicht die erste Halbleiterschicht freigelegt. Anschließend wird eine erste isolierende Zwischenschicht zum Abdecken der Leuchtdioden gebildet. Die erste isolierende Zwischenschicht legt die freigelegten ersten Halbleiterschichten frei und weist auf der zweiten Halbleiterschicht einer jeden Leuchtdiode liegende Öffnungen auf. Zusätzlich wird eine Mehrzahl von oberen Elektroden aus einem identischen Material auf der ersten isolierenden Zwischenschicht gebildet. Jede der oberen Elektroden ist mit der ersten Halbleiterschicht einer jeweiligen Leuchtdiode verbunden. Ferner ist mindestens eine der oberen Elektroden mit der zweiten Halbleiterschicht einer der angrenzenden Leuchtdioden durch die Öffnung der ersten isolierenden Zwischenschicht elektrisch verbunden und eine andere der oberen Elektroden wird von der zweiten Halbleiterschicht einer der angrenzenden Leuchtdioden isoliert.

[0031] Dementsprechend ist es möglich, ein Leuchtdiodenarray vom Flip-Chip-Typ zu bilden, in dem die Leuchtdioden unter Verwendung der oberen Elektroden elektrisch verbunden werden können. Daher ist es nicht notwendig, ein Montagebasissubstrat zu verwenden. Die obere Elektrode kann eine ohmsche Kontaktschicht einschließen und somit braucht keine separate ohmsche Kontaktschicht auf der ersten Halbleiterschicht einer jeden Leuchtdiode gebildet werden.

[0032] Ferner kann jede der oberen Elektroden eine reflektierende Leiterschicht einschließen. Da die obere Elektrode die reflektierende Leiterschicht einschließt, ist es möglich, den Lichtverlust des Leuchtdiodenarrays zu vermindern.

[0033] Unterdessen kann das Verfahren ferner das Ausbilden unterer Elektroden auf den zweiten Halbleiterschichten der jeweiligen Leuchtdioden vor der Bildung der ersten isolierenden Zwischenschicht umfassen. Die untere Elektrode kann dabei gebildet werden, bevor oder nachdem eine Mehrzahl von voneinander getrennten Leuchtdioden gebildet worden ist. Die getrennten Leuchtdioden werden durch Strukturierung der ersten Halbleiterschicht, der aktiven Schicht und der zweiten Halbleiterschicht geformt.

[0034] Ferner kann das Verfahren das Bilden einer zweiten isolierenden Zwischenschicht auf den oberen Elektroden einschließen. Die zweite isolierende Zwischenschicht kann eines der unteren Elektroden und die andere obere, von der zweiten Halbleiterschicht der angrenzenden Leuchtdiode isolierte Elektrode freilegen.

[0035] Ferner kann das Verfahren das Bilden erster und zweiter Kontaktstellen auf der zweiten isolierenden Zwischenschicht einschließen. Die erste Kontaktstelle kann mit der unteren Elektrode verbunden sein und die zweite Kontaktstelle kann mit der oberen Elektrode verbunden sein.

[0036] Unterdessen kann das Verfahren ferner das Schneiden des Wachstumssubstrats in Einzelteile einschließen. Die oberen Elektroden nehmen mindestens 30% und weniger als 100% des Bereichs des Leuchtdiodenarrays eines jeden der geschnittenen Einzelteile ein.

[0037] In einigen Ausführungsformen kann die erste isolierende Zwischenschicht als ein verteilter Bragg-Reflektor gebildet werden. In anderen Ausführungsformen kann die erste isolierende Zwischenschicht zusammen mit der oberen Elektrode einen omnidirektionalen Reflektor bilden.

[0038] Unterdessen kann das Verfahren ferner das Schneiden des Wachstumssubstrats in Einzelteile einschließen. Die oberen Elektroden nehmen mindestens 30% und weniger als 100% des Bereichs des Leuchtdiodenarrays eines jeden der geschnittenen Einzelteile ein.

[Vorteilhafte Wirkungen]

[0039] Gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist es möglich, ein Leuchtdiodenarray vom Flip-Chip-Typ mit einer verbesserten Struktur bereitzustellen. Insbesondere ist es möglich, ein Leuchtdiodenarray auf Wafer-Ebene bereitzustellen, das bei hoher Spannung betrieben werden kann. Ferner benötigt das Leuchtdiodenarray kein Montagebasissubstrat. Da die obere Elektrode eine ohmsche Kontaktschicht einschließen kann, ist es nicht notwendig, eine diskrete ohmsche Kontaktschicht zu bilden.

[0040] Zusätzlich schließen die oberen Elektroden reflektierende Leiterschichten ein. Ferner können die oberen Elektroden zum Reflektieren von Licht verwendet werden, da die oberen Elektroden die Seitenflächen der Leuchtdioden und den Großteil der Regionen zwischen den Leuchtdioden abdecken. Somit ist es möglich, den Verlust des in den Regionen zwischen den Leuchtdioden erzeugten Lichts zu verringern. Ferner ist es nicht notwendig, neben den oberen Elektroden (Verdrahtungen) zusätzlich eine diskrete reflektierende Metallschicht zum Reflektieren von Licht zu bilden.

[0041] Außerdem sind die oberen Elektroden in Form einer breiten Platte oder eines breiten Blechs hergestellt, wodurch die Stromverteilungsleistung verbessert und die Vorwärtsspannung bei identischer Stromstärke unter Verwendung einer identischen Anzahl von Leuchtdioden verringert wird.

[0042] Da die ersten und zweiten Kontaktstellen einen relativ großen Bereich einnehmen, ist es zudem möglich, das Leuchtdiodenarray einfach und fest auf einer Leiterplatte oder Ähnlichem zu montieren.

[Beschreibung der Zeichnungen]

[0043] **Fig.** 1 und **Fig.** 2 sind eine Draufsicht und eine Schnittansicht, die zeigen, dass eine Mehrzahl von Durchgangslöchern in einer laminierten Struktur gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebildet wird.

[0044] **Fig.** 3 und **Fig.** 4 sind eine Draufsicht und eine Schnittansicht, die zeigen, dass untere Elektroden auf einer zweiten Halbleiterschicht von **Fig.** 1 gebildet werden.

[0045] **Fig.** 5 ist eine Draufsicht, die einen Zustand zeigt, in dem Zellregionen bezüglich der Struktur von **Fig.** 3 getrennt werden.

[0046] **Fig.** 6 ist eine entlang der Linie A1-A2 der Draufsicht von **Fig.** 5 aufgenommene Schnittansicht.

[0047] **Fig.** 7 ist eine perspektivische Ansicht der Struktur der Draufsicht von **Fig.** 5.

[0048] **Fig.** 8 ist eine Draufsicht, die zeigt, dass eine erste isolierende Zwischenschicht auf der gesamten Oberfläche der **Fig.** 5 bis **Fig.** 7 gebildet wird und Teile von einer ersten Halbleiterschicht und die unteren Elektroden in jeder Zellregion freigelegt sind.

[0049] **Fig.** 9 to **Fig.** 12 sind entlang bestimmter Linien der Draufsicht von **Fig.** 8 aufgenommene Schnittansichten.

[0050] **Fig.** 13 ist eine Draufsicht, die zeigt, dass obere Elektroden auf der in **Fig.** 8 bis **Fig.** 12 veranschaulichten Struktur gebildet werden.

[0051] **Fig.** 14 bis **Fig.** 17 sind entlang bestimmter Linien der Draufsicht von **Fig.** 13 aufgenommene Schnittansichten.

[0052] **Fig.** 18 ist eine perspektivische Ansicht der Struktur der Draufsicht von **Fig.** 13.

[0053] **Fig.** 19 ist ein Ersatzschaltbild, das man durch das Modellieren der Struktur von **Fig.** 13 bis **Fig.** 18 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhält.

[0054] **Fig.** 20 ist eine Draufsicht, die zeigt, dass eine zweite isolierende Zwischenschicht auf die gesamte Oberfläche der Struktur von **Fig.** 13 angewandt wird, ein Teil einer ersten Elektrode in einer ersten Zellregion freigelegt wird und ein Teil einer vierten unteren Elektrode in einer vierten Zellregion freigelegt wird.

[0055] **Fig.** 21 bis **Fig.** 24 sind entlang bestimmter Linien in der Draufsicht von **Fig.** 20 aufgenommene Schnittansichten.

[0056] **Fig.** 25 ist eine Draufsicht, die zeigt, dass erste und zweite Kontaktstellen in der Struktur von **Fig.** 20 gebildet werden.

[0057] **Fig.** 26 bis **Fig.** 29 sind entlang bestimmter Linien in der Draufsicht von **Fig.** 25 Schnittansichten aufgenommen.

[0058] **Fig.** 30 ist eine perspektivische, entlang der Linie C2-C3 in der Draufsicht von **Fig.** 25 aufgenommene Ansicht.

[0059] **Fig.** 31 ist ein Schaltplan, der durch das Modellieren einer Verbindung von zehn in Reihe geschalteten Leuchtdioden gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung entstanden ist.

[0060] **Fig.** 32 ist ein Schaltplan, den man durch das Modellieren eines Arrays mit in Reihe/parallel geschaltet verbundenen Leuchtdioden gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhält.

[Ausführungsbeispiele]

[0061] Im Folgenden werden beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ausführlich unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, um die vorliegende Erfindung konkreter zu beschreiben. Allerdings beschränkt sich die vorliegende Erfindung nicht auf die folgenden, in dieser Schrift beschriebenen Ausführungen, sondern kann in anderen Formen realisiert werden.

[0062] In diesen Ausführungsformen versteht es sich, dass der Begriff „erste, r, s", „zweite, r, s", „dritte, r, s" oder Ähnliches keine Beschränkung hinsichtlich der Komponenten auferlegt, sondern nur zum Unterscheiden der Komponenten verwendet wird.

[0063] **Fig.** 1 und **Fig.** 2 sind eine Draufsicht und eine Schnittansicht, die zeigen, dass eine Mehrzahl von Durchgangslöchern in einer laminierten Struktur gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung gebildet wird.

[0064] Insbesondere ist **Fig.** 2 eine entlang der Linie A1-A2 in der Draufsicht von **Fig.** 1 aufgenommene Schnittansicht.

[0065] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 1 und **Fig.** 2 werden eine erste Halbleiterschicht **110**, eine aktive Schicht **120** und eine zweite Halbleiterschicht **130** auf einem Substrat **100** gebildet, und Durchgangslöcher **140** werden gebildet, damit eine Oberfläche der Halbleiterschicht **110** dorthindurch freigelegt wird.

[0066] Das Substrat **100** umfasst ein Material wie etwa Saphir, Siliciumcarbid oder GaN. Jedes beliebige Material kann für das Substrat **100** verwendet werden, solange es das Wachstum einer auf dem Substrat **100** zu bildenden Dünnschicht anregen kann. Die erste Halbleiterschicht **110** kann n-Typ-Leitfähigkeit aufweisen. Die aktive Schicht **120** kann eine Vielfachquantenfilmstruktur aufweisen und die zweite Halbleiterschicht **130** wird auf der aktiven Schicht **120** gebildet. Wenn die erste Halbleiterschicht **110** eine n-Typ-Leitfähigkeit aufweist, weist die zweite Halbleiterschicht **130** eine p-Typ-Leitfähigkeit auf. Ferner kann eine Pufferschicht (nicht gezeigt) zwischen dem Substrat **100** und der ersten Halbleiterschicht **110** gebildet werden, um das Einkristallwachstum der ersten Halbleiterschicht **110** zu erleichtern.

[0067] Anschließend wird auf der bis zur zweiten Halbleiterschicht **130** gebildeten Struktur eine selektive Ätzung durchgeführt und eine Mehrzahl von Durchgangslöchern **140** wird gebildet. Teile der un-

teren ersten Halbleiterschicht **110** werden durch die Durchgangslöcher **140** freigelegt. Die Durchgangslöcher **140** können durch ein herkömmliches Ätzverfahren gebildet werden. Zum Beispiel wird ein Fotolack (Photoresist) aufgetragen und Teile des Fotolacks in Regionen, in denen die Durchgangslöcher gebildet werden, werden anschließend durch ein herkömmliches Strukturierungsverfahren entfernt, um ein Fotolackmuster zu bilden. Danach wird ein Ätzverfahren unter Verwendung des Fotolackmusters als Ätzmaske durchgeführt. Das Ätzverfahren wird durchgeführt, bis die Teile der ersten Halbleiterschicht **110** freigelegt sind. Nach dem Ätzverfahren wird das verbleibende Fotolackmuster entfernt.

[0068] Die Form und Anzahl der Durchgangslöcher **140** können unterschiedlich verändert werden.

[0069] **Fig.** 3 und **Fig.** 4 sind eine Draufsicht und eine Schnittansicht, die zeigen, dass untere Elektroden auf der zweiten Halbleiterschicht von **Fig.** 1 gebildet werden. Insbesondere ist **Fig.** 4 eine entlang der Linie A1-A2 in der Draufsicht von **Fig.** 3 aufgenommene Schnittansicht.

[0070] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 3 und **Fig.** 4 werden die unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** in Regionen, mit Ausnahme der Durchgangslöcher **140**, gebildet und eine Mehrzahl von Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** kann durch die Bildung der unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** definiert werden. Die unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** können durch Einsatz eines nach Bildung einer Metallelektrode verwendeten Lift-Off-Verfahrens gebildet werden. Zum Beispiel wird ein Fotolack in sich trennenden Regionen – mit Ausnahme der virtuellen Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** – und in den Regionen, in denen die Durchgangslöcher **140** gebildet werden, gebildet und eine Metallschicht wird durch herkömmliche thermische Deposition oder Ähnliches gebildet. Anschließend wird der Fotolack entfernt, wodurch die unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** auf der zweiten Halbleiterschicht **130** gebildet werden. Jedes beliebige Material kann für die unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** angewandt werden, solange es sich um ein metallisches Material handelt, das in ohmschen Kontakt mit der zweiten Halbleiterschicht **130** stehen kann. Die unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** können eine reflektierende Schicht eines Materials, wie etwa Al, Ag, Rh oder Pt, einschließen. Zum Beispiel können die unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** Ni, Cr oder Ti umfassen und können aus einer Metallverbundschicht aus Ti/Al/Ni/Au bestehen.

[0071] In **Fig.** 3 und **Fig.** 4 definieren die Regionen, in denen die vier unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** gebildet werden, vier Zellregionen **161**, **162**, **163** bzw. **164**. Die zweite Halbleiterschicht **130** wird in Räumen unten den Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** freigelegt. Die Anzahl der Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** kann der Anzahl der in einem zu bildenden Array enthaltenen Leuchtdioden entsprechen. Daher kann die Anzahl der Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** unterschiedlich verändert werden.

[0072] Obwohl **Fig.** 4 zeigt, dass die untere Elektrode **151**, **152**, **153** oder **154** in der gleichen Zellregion **161**, **162**, **163** oder **164** getrennt wird, ist dies ein Phänomen, das auftritt, wenn die Linie A1-A2 die Durchgangslöcher **140** durchläuft. Wie in **Fig.** 3 ersichtlich, ist die untere, in der gleichen Zellregion **161**, **162**, **163** oder **164** gebildete Elektrode **151**, **152**, **153** oder **154** physisch durchgehend. Somit ist die untere, in der gleichen Zellregion gebildete Elektrode **151**, **152**, **153** oder **154** in einem elektrisch kurzgeschlossenen Zustand, auch wenn die Durchgangslöcher **140** darin gebildet werden.

[0073] **Fig.** 5 ist eine Draufsicht, die einen Zustand zeigt, in dem Zellregionen bezüglich der Struktur von **Fig.** 3 getrennt werden, **Fig.** 6 ist eine entlang der Linie A1-A2 in der Draufsicht von **Fig.** 5 aufgenommene Schnittansicht und **Fig.** 7 ist eine perspektivische Ansicht der Struktur in der Draufsicht von **Fig.** 5.

[0074] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 5, **Fig.** 6 und **Fig.** 7 werden mesa-geätzte Regionen durch Mesaätzung für die Räume unten den vier Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** gebildet. Das Substrat **100** wird in den mesa-geätzten, durch Mesaätzung gebildeten Regionen freigelegt. Somit werden die vier Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** elektrisch vollständig voneinander getrennt. Wenn eine Pufferschicht zwischen das Substrat **100** und die erste Halbleiterschicht **110** in **Fig.** 1 bis **Fig.** 4 eingefügt wird, kann die Pufferschicht in dem Trennverfahren der Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** gleichmäßig bleiben. Um die Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** voneinander vollständig zu trennen, kann die Pufferschicht zwischen aneinandergrenzenden Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** allerdings durch die Mesaätzung entfernt werden.

[0075] Mit dem Trennverfahren zwischen aneinandergrenzenden Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** werden Halbleiterschichten **111**, **112**, **113** und **114**, aktive Schichten **121**, **122**, **123** und **124**, zweite Halbleiterschichten **131**, **132**, **133** und **134** sowie untere Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** unabhängig in den Zellregionen **161**, **162**, **163** bzw. **164** gebildet. Somit wird die erste untere Elektrode **151** in der ersten Zellregion **161** freigelegt, und die erste Halbleiterschicht **111** wird durch die Durchgangslöcher **140** freigelegt. Die zweite untere Elektrode **152** wird in der zweiten Zellregion **162** freigelegt, und die erste Halbleiterschicht **112** wird durch die Durchgangslöcher **140** freigelegt. In ähnlicher Weise werden die dritte untere Elektrode **153** und die erste Halbleiterschicht **113** in der dritten Zellregion **163** freigelegt, und die vierte un-

tere Elektrode **154** und die erste Halbleiterschicht **114** werden in der vierten Zellregion **164** freigelegt.

[0076] In der vorliegenden Erfindung bezieht sich die Leuchtdiode auf eine Struktur, in der die erste Halbleiterschicht **111**, **112**, **113** oder **114**, die aktive Schicht **121**, **122**, **123** oder **124** bzw. die zweite Halbleiterschicht **131**, **132**, **133** und **134** laminiert werden. Somit wird eine Leuchtdiode in einer Zellregion gebildet. Wenn die Leuchtdiode so modelliert wird, dass die erste Halbleiterschicht **111**, **112**, **113** oder **114** eine n-Typ-Leitfähigkeit aufweist und die zweite Halbleiterschicht **131**, **132**, **133** oder **134** eine p-Typ-Leitfähigkeit aufweist, kann die untere, auf der zweiten Halbleiterschicht **131**, **132**, **133** oder **134** gebildete Elektrode **151**, **152**, **153** oder **154** als Anodenelektrode der Leuchtdiode bezeichnet werden.

[0077] **Fig.** 8 ist eine Draufsicht, die zeigt, dass eine erste isolierende Zwischenschicht auf der gesamten Oberfläche der Struktur der **Fig.** 5 bis **Fig.** 7 gebildet wird, und Teile einer ersten Halbleiterschicht und die unteren Elektroden in jeder der Zellregionen freigelegt werden.

[0078] Zudem sind **Fig.** 9 bis **Fig.** 12 entlang bestimmter Linien in der Draufsicht von **Fig.** 8 aufgenommene Schnittansichten. Insbesondere ist **Fig.** 9 eine entlang der Linie B1-B2 in der Draufsicht von **Fig.** 8 aufgenommene Schnittansicht, **Fig.** 10 ist eine entlang der Linie C1-C2 in der Draufsicht von **Fig.** 8 aufgenommene Schnittansicht, **Fig.** 11 ist eine entlang der Linie D1-D2 in der Draufsicht von **Fig.** 8 aufgenommene Schnittansicht und **Fig.** 12 ist eine entlang der Linie E1-E2 in der Draufsicht von **Fig.** 8 aufgenommene Schnittansicht.

[0079] Zuerst wird eine erste isolierende Zwischenschicht **170** bezüglich der Struktur von **Fig.** 5 bis **Fig.** 7 gebildet. Zudem werden Teile der unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** und der Halbleiterschichten **111**, **112**, **113** und **114** unter den Durchgangslöchern mittels Strukturierung freigelegt.

[0080] Zum Beispiel werden in der ersten Zellregion **161** zwei vorgeformte Durchgangslöcher geöffnet, so dass Teile der ersten Halbleiterschicht **111** freigelegt werden und ein Teil der ersten unteren, auf der vorgeformten zweiten Halbleiterschicht **131** gebildeten Elektrode **151** freigelegt wird. In der zweiten Zellregion **162** werden Teile der ersten Halbleiterschicht **112** durch die vorgeformten Durchgangslöcher freigelegt, und ein Teil der zweiten unteren Elektrode **152** wird mittels Ätzung für einen Teil der ersten isolierenden Schicht **170** freigelegt. In der dritten Zellregion **163** werden Teile der ersten Halbleiterschicht **113** durch die Durchgangslöcher freigelegt und ein Teil der dritten unteren Elektrode **153** wird mittels Ätzung für einen Teil der ersten isolierenden Zwischenschicht **170** freigelegt. In der vierten Zellregion **164** werden Teile der ersten Halbleiterschicht **114** durch die Durchgangslöcher freigelegt, und ein Teil der vierten unteren Elektrode **154** wird mittels Ätzung für einen Teil der ersten isolierenden Zwischenschicht **170** freigelegt.

[0081] Als Ergebnis ist, wie in **Fig.** 8 bis **Fig.** 12 ersichtlich, die erste isolierende Zwischenschicht **170** auf der gesamten Oberfläche des Substrats gebildet und die Teile der ersten Halbleiterschichten **111**, **112**, **113** und **114** unter den Durchgangslöchern und die Teile der unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** auf den zweiten Halbleiterschichten **131**, **132**, **133** und **134** sind in jeder der Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** mittels selektiver Ätzung freigelegt. Das heißt, in den jeweiligen Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** werden die Teile der ersten Halbleiterschichten **111**, **112**, **113** und **114** durch die vorher im vorausgehenden Verfahren gebildeten Durchgangslöcher freigelegt, und die Teile der unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** werden ebenfalls freigelegt. Die verbleibende Region wird durch die erste isolierende Zwischenschicht **170** geschützt. Die erste isolierende Zwischenschicht **170** kann durch ein isolierendes, Lichtdurchlässigkeit aufweisendes Material gebildet werden. Zum Beispiel kann die erste isolierende Zwischenschicht SiO_2 umfassen. Alternativerweise kann die erste isolierende Zwischenschicht **170** als ein verteilter Bragg-Reflektor ausgebildet werden, in dem unterschiedliche Brechungsindizes aufweisende Materialschichten laminiert sind. Zum Beispiel kann die erste isolierende Zwischenschicht **170** durch wiederholtes Laminieren von SiO_2/TiO_2 gebildet werden, wodurch von der aktiven Schicht erzeugtes Licht reflektiert wird.

[0082] **Fig.** 13 ist eine Draufsicht, die zeigt, dass die oberen Elektroden auf der in **Fig.** 8 bis **Fig.** 12 veranschaulichten Struktur gebildet werden, und **Fig.** 14 bis **Fig.** 17 sind entlang bestimmter Linien in der Draufsicht von **Fig.** 13 aufgenommene Schnittansichten. Insbesondere ist **Fig.** 14 eine entlang der Linie B1-B2 in der Draufsicht von **Fig.** 13 aufgenommene Schnittansicht, **Fig.** 15 ist eine entlang der Linie C1-C2 in der Draufsicht von **Fig.** 13 aufgenommene Schnittansicht, **Fig.** 16 ist eine entlang der Linie D1-D2 in der Draufsicht von **Fig.** 13 aufgenommene Schnittansicht und **Fig.** 17 ist eine entlang der Linie E1-E2 in der Draufsicht von **Fig.** 13 aufgenommene Schnittansicht.

[0083] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 13 werden die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** gebildet. Die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** werden als vier diskrete Regionen gebildet. Zum Beispiel wird die erste obere Elektrode **181** über der ersten Zellregion **161** und einem Teil der zweiten Zellregion **162** gebildet. Die zweite obere Elektrode **182** wird über einem Teil der zweiten Zellregion **162** und einem Teil der dritten Zellregion **163** gebildet. Die dritte obere

Elektrode **183** wird über einem Teil der dritten Zellregion **163** und einem Teil der vierten Zellregion **164** gebildet. Die vierte obere Elektrode **184** wird in einem Teil der vierten Zellregion **164** gebildet. Somit wird jede der oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** gebildet, während sie Räume zwischen aneinandergrenzenden Zellregionen schützen. Die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** können nicht weniger als 30%, sogar nicht weniger als 50% oder nicht weniger als 90% der Räume zwischen den angrenzenden Zellregionen abdecken. Da die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** voneinander entfernt liegen, decken die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** allerdings weniger als 100% der Regionen zwischen aneinandergrenzenden Leuchtdioden ab.

[0084] Alle obere Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** können nicht weniger als 30%, nicht weniger als 50%, nicht weniger als 70%, nicht weniger als 80% oder nicht weniger als 90% der Gesamtfläche des Leuchtdiodenarrays einnehmen. Da die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** voneinander entfernt liegen, nehmen sie allerdings weniger als 100% der Gesamtfläche des Leuchtdiodenarrays ein. Jede der oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** hat die Form einer Platte oder eines Blechs mit einem Längen-Breiten-Verhältnis im Bereich von 1:3 bis 3:1. Ferner ist mindestens eine der oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** länger oder breiter als eine der entsprechenden Leuchtdioden (Zellregion).

[0085] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 14 wird die erste obere Elektrode **181** auf der ersten isolierenden Zwischenschicht **170** in der ersten Zellregion **161** gebildet, und wird auf durch die Durchgangslöcher geöffneten Teilen der ersten Halbleiterschicht **111** gebildet. Zusätzlich ermöglicht die erste obere Elektrode **181**, dass ein Teil der ersten unteren Elektrode **151** in der ersten Zellregion **161** geöffnet wird und auf einem in der zweiten Zellregion **162** freigelegten Teil der zweiten unteren Elektrode **152** gebildet wird.

[0086] Die zweite obere Elektrode **182** wird auf durch die Durchgangslöcher in der zweiten Zellregion **162** freigelegten Teilen der ersten Halbleiterschicht **112** in einem Zustand gebildet, in dem die zweite obere Elektrode **182** von der ersten oberen Elektrode **181** physisch getrennt ist. Zusätzlich wird die zweite obere Elektrode **182** auf der ersten isolierenden Zwischenschicht **170** gebildet.

[0087] In **Fig.** 14 verbindet die erste obere Elektrode **181** die erste Halbleiterschicht **111** in der ersten Zellregion **161** elektrisch mit der zweiten Halbleiterschicht **132** in der zweiten Zellregion **162**. Trotz der vorhandenen Durchgangslöcher befindet sich die zweite untere Elektrode **152** in der zweiten Zellregion **162** vollständig in einem elektrisch kurzgeschlossenen Zustand in einer Zellregion. Somit ist die erste Halbleiterschicht **111** in der ersten Zellregion **161** mit der zweiten Halbleiterschicht **132** in der zweiten Zellregion **162** durch die zweite untere Elektrode **152** elektrisch verbunden.

[0088] In **Fig.** 15 wird die zweite obere Elektrode **182** auf durch die Durchgangslöcher in der zweiten Zellregion **162** freigelegten Teilen der ersten Halbleiterschicht **112** gebildet und wird gebildet, um sich zur dritten unteren Elektrode **153** in der dritten Zellregion **163** zu erstrecken. Die dritte obere, von der zweiten oberen Elektrode **182** physisch getrennte Elektrode **183** wird auch auf die Durchgangslöcher in der dritten Zellregion **163** freigelegten Teilen der ersten durch Halbleiterschicht **113** gebildet.

[0089] In **Fig.** 15 wird die zweite obere Elektrode **182** mit den Teilen der ersten Halbleiterschicht **112** durch die Durchgangslöcher in der zweiten Zellregion **162** elektrisch verbunden, und wird mit der dritten unteren Elektrode **153** in der dritten Zellregion **163** elektrisch verbunden. Somit kann die erste Halbleiterschicht **112** in der zweiten Zellregion **162** das gleiche Potential wie die zweite Halbleiterschicht **133** in der dritten Zellregion **163** aufrechterhalten.

[0090] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 16 wird die dritte obere Elektrode **183** auf durch die Durchgangslöcher in der dritten Zellregion **163** freigelegten Teilen der ersten Halbleiterschicht **113** gebildet, und wird gebildet, um sich zur vierten unteren Elektrode **154** in der vierten Zellregion **164** zu erstrecken. Somit ist die erste Halbleiterschicht **113** in der dritten Zellregion **163** mit der zweiten Halbleiterschicht **134** in der vierten Zellregion **164** elektrisch verbunden. Die vierte untere, von der dritten unteren Elektrode **183** physisch getrennte Elektrode **184** ist mit den durch die Durchgangslöcher in der vierten Zellregion **164** freigelegten Teilen der ersten Halbleiterschicht **114** elektrisch verbunden.

[0091] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 17 wird die vierte obere Elektrode **184** auf durch die Durchgangslöcher in der vierten Zellregion **164** freigelegten Teilen der ersten Halbleiterschicht **114** gebildet. Die erste obere, von der vierten unteren Elektrode **184** physisch getrennte Elektrode **181** wird auf durch die Durchgangslöcher in der ersten Zellregion **161** freigelegten Teilen der ersten Halbleiterschicht **111** gebildet, und ermöglicht, dass ein Teil der ersten unteren Elektrode **151** in der ersten Zellregion **161** freigelegt wird.

[0092] Der in **Fig.** 13 bis **Fig.** 17 offengelegte Inhalt wird unten zusammengefasst. Die erste Halbleiterschicht **111** in der ersten Zellregion **161** und die zweite Halbleiterschicht **132** in der zweiten Zellregion **162** stellen das gleiche Potential durch die erste obere Elektrode **181** her. Die erste Halbleiterschicht **112** in der zweiten Zellregion **162** und die zweite Halbleiterschicht **133** in der dritten Zellregion **163** stellen das gleiche Potential durch die zweite obere Elektrode

182 her. Die erste Halbleiterschicht **113** in der dritten Zellregion **163** stellt das gleiche Potential wie die zweite Halbleiterschicht **134** in der vierten Zellregion **164** durch die dritte obere Elektrode **183** her. Die erste untere Elektrode **151**, die mit der zweiten Halbleiterschicht **131** in der ersten Zellregion **161** elektrisch verbunden ist, wird freigelegt.

[0093] Selbstverständlich wird das gleiche Potential hergestellt, indem eine ideale elektrische Verbindung in einem Zustand angenommen wird, in dem die Widerstände der oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** und Kontaktwiderstände zwischen den oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** und den unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** vernachlässigt werden. Somit kann es beim Betrieb einer tatsächlichen Vorrichtung durch Widerstandskomponenten der oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** und der unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154**, bei denen es sich um Arten von Metalldrähten handelt, manchmal zu einem Spannungsabfall kommen.

[0094] Unterdessen können die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** eine reflektierende Leiterschicht **180b** einschließen. Die reflektierende Leiterschicht **180b** kann Al, Ag, Rh, Pt oder eine Kombination davon umfassen. Die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184**, einschließlich der reflektierenden Leiterschicht **180b**, können Licht, das von den aktiven Schichten **121**, **122**, **123** und **124** in den jeweiligen Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** erzeugt wird, in Richtung des Substrats **100** reflektieren. Ferner können die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** zusammen mit der ersten isolierenden Zwischenschicht **170** omnidirektionale Reflektoren bilden. Unterdessen, selbst wenn die erste isolierende Zwischenschicht **170** als verteilter Bragg-Reflektor gebildet wird, können die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184**, einschließlich der reflektierenden Leiterschicht **180b**, die Lichtreflexion ebenfalls verbessern.

[0095] Die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** können auch eine ohmsche Kontaktschicht **180a** einschließen. Die reflektierende Leiterschicht **180b** kann auf der ohmschen Kontaktschicht **180a** liegen. Die ohmschen Kontaktschicht **180a** umfasst ein Material, wie etwa Ni, Cr, Ti, Rh, Al oder eine Kombination davon, das/die in ohmschen Kontakt mit den ersten Halbleiterschichten **111**, **112**, **113** und **114** und den unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** stehen kann. Allerdings ist die ohmsche Kontaktschicht **180a** nicht darauf begrenzt und jedes Material kann für die ohmsche Kontaktschicht **180a** verwendet werden, solange es ein Material ist, das in ohmschen Kontakt mit den unteren, aus einem metallischen Material gefertigten Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** sein kann, während es in ohmschen Kontakt mit den ersten Halbleiterschichten **111**, **112**, **113** und **114** steht. Eine Schicht leitfähiger Sauerstoff, wie etwa ITO, kann verwendet werden.

[0096] Das von den aktiven Schichten **121**, **122**, **123** und **124** in den jeweiligen Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** erzeugte Licht kann von den unteren Elektroden **151**, **152**, **153** und **154** in Richtung des Substrats **100** reflektiert werden. Zusätzlich wird durch die Räume zwischen den aneinandergrenzenden Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** durchgelassenes Licht von der ersten isolierenden Zwischenschicht **170**, welche die Räume zwischen den aneinandergrenzenden Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** und/oder den oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** schützt, reflektiert. Das Licht L, das von den aktiven Schichten **121**, **122**, **123** und **124** erzeugt und zu den Durchgangslöchern oder den Räumen zwischen den aneinandergrenzenden Zellräumen **161**, **162**, **163** und **164** gelenkt wird, wird von der ersten isolierenden, an den Seitenwänden der Durchgangslöcher oder Räume angebrachten Zwischenschicht **170** und/oder von den oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** mit der reflektierenden Leiterschicht **180b** reflektiert, so dass das Licht nach Außen durch das Substrat **100** ausgekoppelt werden kann. Dementsprechend ist es möglich, den Lichtverlust zu verringern, wodurch die effiziente Lichtauskopplung verbessert wird.

[0097] Zu diesem Zweck ist es zu bevorzugen, dass die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** einen großen Bereich in dem Leuchtdiodenarray einnehmen. Zum Beispiel können die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** nicht weniger als 70%, nicht weniger als 80% oder sogar nicht weniger als 90% der Gesamtfläche des Leuchtdiodenarrays einnehmen. Ein Intervall zwischen den oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** kann im Bereich von 1 bis 100 μm liegen. Noch besser liegt das Intervall zwischen den oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** zwischen 5 und 15 μm.

[0098] Dementsprechend ist es möglich, Lichtaustritt in den Durchgangslöchern oder den Räumen zwischen den aneinandergrenzenden Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** zu vermeiden.

[0099] Die oberen Elektroden **181**, **182**, **183** und **184** können ferner eine auf der reflektierenden Leiterschicht **180b** angeordnete Sperrschicht einschließen. Die Sperrschicht **180c** kann Ti, Ni, Cr, Pt, TiW, W, Mo oder eine Kombination davon umfassen. Die Sperrschicht **180c** kann eine Beschädigung der reflektierenden Leiterschicht **180b** während des nachfolgenden Ätz- oder Reinigungsverfahrens verhindern. Die Sperrschicht **180c** kann als eine einzel- oder mehrschichtige Struktur gebildet werden und eine Dicke im Bereich von 300 to 5000 μm aufweisen.

[0100] Wenn die ersten Halbleiterschichten **111**, **112**, **113** und **114** eine n-Typ-Leitfähigkeit aufweisen und die zweiten Halbleiterschichten **131**, **132**, **133** und **134** eine p-Typ-Leitfähigkeit aufweisen, kann jede der oberen Elektroden als Kathodenelektrode der Leuchtdiode gebildet werden und zugleich als eine Verdrahtung zum Verbinden der Kathodenelektrode der Leuchtdiode mit der unteren Elektrode, die eine Anodenelektrode einer in einer angrenzenden Zellregion gebildeten Leuchtdiode ist. Das heißt, in der in der Zellregion gebildeten Leuchtdiode kann die obere Elektrode so modelliert werden, dass sie eine Kathodenelektrode formt und zugleich eine Verdrahtung zum elektrischen Verbinden der Kathodenelektrode der Leuchtdiode mit einer Anodenelektrode einer Leuchtdiode in einer angrenzenden Zellregion darstellt.

[0101] **Fig.** 18 ist eine perspektivische Ansicht der Struktur in der Draufsicht von **Fig.** 13.

[0102] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 18 werden die ersten bis dritten oberen Elektroden, **181** bis **183**, über mindestens zwei Zellregionen gebildet. Der Raum zwischen angrenzenden Zellregionen wird geschützt. Die oberen Elektroden ermöglichen, dass Licht, das zwischen angrenzenden Zellregionen austritt, durch das Substrat reflektiert wird, und sie werden mit der Halbleiterschicht in jeder Zellregion elektrisch verbunden.

[0103] Die oberen Elektroden sind mit der Halbleiterschicht in einer angrenzenden Zellregion elektrisch verbunden.

[0104] **Fig.** 19 ist ein Ersatzschaltbild, das man durch das Modellieren der Struktur von **Fig.** 13 bis **Fig.** 18 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhält.

[0105] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 19 werden die vier Leuchtdioden D1, D2, D3 und D4 und eine Verdrahtungsbeziehung unter den Leuchtdioden gezeigt.

[0106] Die erste Leuchtdiode D1 wird in der ersten Zellregion **161** gebildet, die zweite Leuchtdiode D2 wird in der zweiten Zellregion **162** gebildet, die dritte Leuchtdiode D3 wird in der dritten Zellregion **163** gebildet und die vierte Leuchtdiode D4 wird in der vierten Zellregion **164** gebildet. Die ersten Halbleiterschichten **111**, **112**, **113** und **114** in den Zellregionen **161**, **162**, **163** und **164** werden als n-Typ-Halbleiter modelliert und die zweiten Halbleiterschichten **131**, **132**, **133** und **134** werden als p-Typ-Halbleiter modelliert.

[0107] Die erste obere Elektrode **181** ist mit der ersten Halbleiterschicht **111** in der ersten Zellregion **161** elektrisch verbunden und erstreckt sich zur zweiten Zellregion **162**, um mit der zweiten Halbleiterschicht **132** in der zweiten Zellregion **162** elektrisch verbunden zu werden. Somit wird die erste obere Elektrode **181** als Verdrahtung für eine Verbindung eines Kathodenanschlusses der ersten Leuchtdiode D1 mit einer Anodenelektrode der zweiten Leuchtdiode D2 modelliert.

[0108] Die zweite obere Elektrode **182** wird als Verdrahtung für eine Verbindung zwischen einem Kathodenanschluss der zweiten Leuchtdiode D2 und einem Anodenanschluss der dritten Leuchtdiode D3 modelliert. Die dritte obere Elektrode **183** wird als Verdrahtung für eine Verbindung zwischen einer Kathodenelektrode der dritten Leuchtdiode D3 und einem Anodenanschluss der vierten Leuchtdiode D4 modelliert. Die vierte obere Elektrode **184** wird als Verdrahtung zum Bilden einer Kathodenelektrode der vierten Leuchtdiode D4 modelliert.

[0109] Somit befinden sich der Anodenanschluss der ersten Leuchtdiode D1 und der Kathodenanschluss der vierten Leuchtdiode D4 in einem elektrisch offenen Zustand bezüglich einer externen Stromquelle und die anderen Leuchtdioden D2 und D3 sind elektrisch in Reihe geschaltet verbunden.

[0110] **Fig.** 20 ist eine Draufsicht, die zeigt, dass eine zweite isolierende Zwischenschicht auf der gesamten Oberfläche der Struktur von **Fig.** 13 aufgetragen wird, ein Teil der ersten Elektrode in der ersten Zellregion freigelegt wird und ein Teil der vierten unteren Elektrode in einer vierten Zellregion freigelegt wird.

[0111] **Fig.** 21 ist eine entlang der Linie B1-B2 in der Draufsicht von **Fig.** 20 aufgenommene Schnittansicht, **Fig.** 22 ist eine entlang der Linie C1-C2 in der Draufsicht von **Fig.** 20 aufgenommene Schnittansicht, **Fig.** 23 ist eine entlang der Linie D1-D2 in der Draufsicht von **Fig.** 20 aufgenommene Schnittansicht, und **Fig.** 24 ist eine entlang der Linie E1-E2 in der Draufsicht von **Fig.** 20 aufgenommene Schnittansicht.

[0112] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 21 werden in der ersten Zellregion **161** mit der zweiten Halbleiterschicht **131** elektrisch verbundene Teile der ersten unteren Elektrode **151** geöffnet. Die verbleibenden Teile in der ersten Zellregion werden mit der zweiten isolierenden Zwischenschicht **190**, die auch über der zweiten Zellregion **162** liegt, abgedeckt.

[0113] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 22 werden die zweiten und dritten Zellregionen **162** und **163** vollständig mit der zweiten isolierenden Zwischenschicht **190** abgedeckt.

[0114] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 23 und **Fig.** 24 werden Teile der vierten oberen Elektrode **184** in der vierten Zellregion **164** freigelegt und Teile der ersten

unteren Elektrode **151** in der ersten Zellregion **161** werden freigelegt.

[0115] Die zweite isolierende Zwischenschicht **190** wird ausgewählt aus einem Isoliermaterial, das eine darunterliegende Schicht von der äußeren Umwelt schützen kann. Insbesondere kann die zweite isolierende Zwischenschicht SiN oder Ähnliches umfassen, das eine Isolierfähigkeit aufweist und eine Temperatur- oder Feuchtigkeitsveränderung blockieren kann.

[0116] In **Fig.** 20 bis **Fig.** 24 wird die zweite isolierende Zwischenschicht **190** auf die gesamte, auf dem Substrat gebildete Struktur aufgetragen und legt auch einen Teil der ersten unteren Elektrode **151** in der ersten Zellregion **161** frei sowie die vierte obere Elektrode **184** in der vierten Zellregion **164**.

[0117] **Fig.** 25 ist eine Draufsicht, die zeigt, dass erste und zweite Kontaktstellen in der Struktur von **Fig.** 20 gebildet werden.

[0118] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 25 kann die erste Kontaktstelle **210** über der ersten und zweiten Zellregion **161** und **162** gebildet werden. Dementsprechend kann die erste Kontaktstelle **210** mit der ersten unteren Elektrode **151** in der ersten Zellregion **161**, die in **Fig.** 20 freigelegt wird, elektrisch verbunden sein.

[0119] Zudem wird die zweite Kontaktstelle **220** so gebildet, damit sie von der ersten Kontaktstelle **210** durch einen vorbestimmten Abstand getrennt ist und kann über der dritten und vierten Zellregion **163** und **164** gebildet werden. Die zweite Kontaktstelle **220** wird mit der vierten oberen Elektrode **184** in der vierten Zellregion **164**, die in **Fig.** 20 freigelegt wird, elektrisch verbunden.

[0120] **Fig.** 26 ist eine entlang der Linie B1-B2 in der Draufsicht von **Fig.** 25 aufgenommene Schnittansicht, **Fig.** 27 ist eine entlang der Linie C1-C2 in der Draufsicht von **Fig.** 25 aufgenommene Schnittansicht, **Fig.** 28 ist eine entlang der Linie D1-D2 in der Draufsicht von **Fig.** 25 aufgenommene Schnittansicht und **Fig.** 29 ist eine entlang der Linie E1-E2 in der Draufsicht von **Fig.** 25 aufgenommene Schnittansicht.

[0121] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 26 wird die erste Kontaktstelle **210** über der ersten und zweiten Zellregion **161** und **162** gebildet. Die erste Kontaktstelle **210** wird auf der ersten unteren, in der ersten Zellregion **161** freigelegten Elektrode **151** und auf der zweiten isolierenden Zwischenschicht **190** in den anderen Zellregionen gebildet. Somit ist die erste Kontaktstelle **210** mit der zweiten Halbleiterschicht **131** in der ersten Zellregion **161** durch die erste untere Elektrode **151** elektrisch verbunden.

[0122] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 27 wird die erste Kontaktstelle **210** in der zweiten Zellregion **162** gebildet und die zweite Kontaktstelle **220** wird in der dritten Zellregion **163** gebildet, um von der erste Kontaktstelle **210** entfernt zu sein. Dier elektrische Kontakt zwischen der ersten oder zweiten Kontaktstelle **210** oder **220** und der unteren oder oberen Elektrode wird in der zweiten und dritten Zellregion **162** und **163** blockiert.

[0123] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 28 wird die zweite Kontaktstelle **220** über der dritten und vierten Zellregion **163** und **164** gebildet. Insbesondere die zweite Kontaktstelle **220** ist mit der vierten oberen, in der vierten Zellregion **164** geöffneten Elektrode elektrisch verbunden. Somit ist die zweite Kontaktstelle **220** mit der ersten Halbleiterschicht **114** in der vierten Zellregion **164** elektrisch verbunden.

[0124] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 29 wird die zweite Kontaktstelle **220** in der vierten Zellregion **164** gebildet und die erste Kontaktstelle **210** wird so gebildet, damit sie von der zweite Kontaktstelle **220** in der ersten Zellregion **161** entfernt liegt. Die erste Kontaktstelle **210** wird auf der ersten unteren Elektrode **151** in der ersten Zellregion **161** gebildet und ist mit der zweiten Halbleiterschicht **131** elektrisch verbunden.

[0125] **Fig.** 30 ist eine perspektivische, entlang der Linie C2-C3 in der Draufsicht von **Fig.** 25 aufgenommene Ansicht.

[0126] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 30 ist die erste Halbleiterschicht **113** in der dritten Zellregion **163** mit der dritten oberen Elektrode **183** elektrisch verbunden. Die dritte obere Elektrode **183** schützt den Raum zwischen der dritten und vierten Zellregion **163** und **164** und ist mit der vierten unteren Elektrode **154** in der vierten Zellregion **164** elektrisch verbunden. Die erste und zweite Kontaktstelle **210** und **220** liegen voneinander entfernt und werden auf der zweiten isolierenden Zwischenschicht **190** gebildet. Selbstverständlich ist, wie oben beschrieben, die erste Kontaktstelle **210** mit der zweiten Halbleiterschicht **131** in der ersten Zellregion **161** elektrisch verbunden und die zweite Kontaktstelle ist mit der ersten Halbleiterschicht **114** in der vierten Zellregion **164** elektrisch verbunden.

[0127] Unter Bezugnahme auf die Modellierung von **Fig.** 19 werden die ersten Halbleiterschichten **111**, **112**, **113** und **114** in den jeweiligen Zellregionen als n-Typ-Halbleiter modelliert und die zweiten Halbleiterschichten **131**, **132**, **133** und **134** in den jeweiligen Zellregionen werden als p-Typ-Halbleiter modelliert. Die erste untere, auf der zweiten Halbleiterschicht **131** in der ersten Zellregion **161** gebildete Elektrode wird als die Anodenelektrode der ersten Leuchtdiode D1 gebildet. Somit kann die erste Kontaktstelle **210** als mit der Anodenelektrode der Leuchtdiode D1

verbundene Verdrahtung modelliert werden. Die vierte obere, mit der ersten Halbleiterschicht **114** in der vierten Zellregion **164** elektrisch verbundene Elektrode **184** wird als die Kathodenelektrode der vierten Leuchtdiode D4 modelliert. Somit kann die zweite Kontaktstelle **220** als mit der Kathodenelektrode der vierten Leuchtdiode D4 verbundene Verdrahtung modelliert werden.

[0128] Dementsprechend kann eine Arraystruktur, in der die vier Leuchtdioden D1 bis D4 in Reihe geschaltet verbunden gebildet werden, und die elektrische Verbindung dafür nach außen durch die zwei, auf dem einzelnen Substrat **100** gebildeten Anschlussstellen **210** und **220** geschaffen werden.

[0129] In der vorliegenden Erfindung wird gezeigt, dass die vier Leuchtdioden gebildet werden, wobei sie voneinander getrennt sind und ein Anodenanschluss einer der Leuchtdioden wird mit einem Kathodenanschluss einer anderen Leuchtdiode durch die unteren und oberen Elektroden elektrisch verbunden. Allerdings sind die vier Leuchtdioden in dieser Ausführungsform nur ein Beispiel und es kann eine Vielzahl von Leuchtdioden gebildet werden.

[0130] **Fig.** 31 ist ein Schaltplan, den man durch das Modellieren einer Verbindung von zehn in Reihe geschalteten Leuchtdioden gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhält.

[0131] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 31 werden die zehn Zellregionen **301** to **310** unter Verwendung des in **Fig.** 5 dargestellten Verfahrens definiert. Eine erste Halbleiterschicht, eine aktive Schicht, eine zweite Halbleiterschicht und eine untere Elektrode in jeder der Zellregionen **301** bis **310** sind von denen in anderen Zellregionen getrennt. Die jeweiligen unteren Elektroden werden auf den zweiten Halbleiterschichten gebildet, um Anodenelektroden von Leuchtdioden D1 bis D10 zu bilden.

[0132] Anschließend werden eine erste isolierende Zwischenschicht und eins bis zehn obere Elektrode **181**, **182**, **183**, **184**, **185**, **186**, **187**, **188**, **189** und **189'** unter Verwendung der in **Fig.** 6 bis **Fig.** 17 dargestellten Verfahren gebildet. Die oberen Elektroden **181**, **182**, **183**, **184**, **185**, **186**, **187**, **188**, **189** und **189'** schützen den Raum zwischen den angrenzenden Zellregionen. Die erste bis neunte Elektrode **181**, **182**, **183**, **184**, **185**, **186**, **187**, **188** und **189** dient als Verdrahtung zum Herstellen einer elektrischen Verbindung zwischen einer Anodenelektrode eines Paares aneinander angrenzender Leuchtdioden und einer ersten Halbleiterschicht eines anderen Paares aneinander angrenzender Leuchtdioden. Die zehnte obere Elektrode **189'** ist mit der ersten Halbleiterschicht der Leuchtdiode D10 elektrisch verbunden.

[0133] Ferner wird eine zweite isolierende Zwischenschicht unter Verwendung der in **Fig.** 20 bis **Fig.** 29 dargestellten Verfahren gebildet. Die untere Elektrode der ersten, mit einer positiven Spannung V+ auf einem Strompfad verbundenen Leuchtdiode D1 wird freigelegt und die obere Elektrode der zehnten, mit einer negativen Spannung V– auf dem Strompfad verbundenen Leuchtdiode D10 wird geöffnet. Dann wird eine erste Kontaktstelle **320** gebildet und mit dem Anodenanschluss der ersten Leuchtdiode D1 verbunden und eine zweite Kontaktstelle **330** wird gebildet und mit einem Kathodenanschluss der zehnten Leuchtdiode D10 verbunden.

[0134] Die anderen Leuchtdioden werden in Reihe/parallel geschaltet verbunden, um ein Array zu bilden.

[0135] **Fig.** 32 ein Schaltplan, den man durch das Modellieren eines Arrays mit in Reihe/parallel verbundenen Leuchtdioden gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhält.

[0136] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 32 werden eine Mehrzahl von Leuchtdioden D1 bis D8 in Reihe und/oder parallel geschaltet miteinander verbunden. Die Leuchtdioden D1 bis D8 werden unabhängig voneinander durch Definitionen der Zellregionen **401** bis **408** gebildet. Wie oben beschrieben wird eine Anodenelektrode jeder der Leuchtdiode D1 bis D8 durch eine untere Elektrode gebildet. Die Verdrahtung zwischen einer Kathodenelektrode jeder der Leuchtdioden D1 bis D8 und der Anodenelektrode einer angrenzenden Leuchtdiode wird durch Bilden einer unteren Elektrode und Durchführen eines entsprechenden Verdrahtungsverfahrens hergestellt. Allerdings wird die untere Elektrode auf einer zweiten Halbleiterschicht gebildet und die obere Elektrode wird gebildet, um den Raum zwischen angrenzenden Zellregionen zu schützen.

[0137] Schließlich wird eine erste, mit positiver Spannung V+ versorgte Kontaktstelle **410** elektrisch mit der unteren, auf der zweiten Halbleiterschichten der ersten oder dritten Leuchtdiode D1 oder D3 gebildeten Elektrode elektrisch verbunden und eine zweite, mit negativer Spannung V– versorgte Kontaktstelle **420** wird elektrisch mit der oberen Elektrode verbunden, bei der es sich um eine Kathodenelektrode der sechsten oder achten Leuchtdiode D6 oder D8 handelt.

[0138] Gemäß der vorliegenden, oben beschriebenen Erfindung wird in der aktiven Schicht einer jeden Leuchtdiode erzeugtes Licht von den unteren und oberen Elektroden in Richtung des Substrats reflektiert und die Leuchtdioden vom Flip-Chip-Typ werden durch Verdrahtung der oberen Elektroden auf einem einzelnen Substrat elektrisch verbunden. Insbesondere die obere Elektrode dient als Verdrahtung zum Schaffen einer elektrischen Verbindung zwischen der

ersten Halbleiterschicht eines Paares aneinandergrenzender Leuchtdioden und der zweiten Halbleiterschicht eines anderen Paares aneinandergrenzender Leuchtdioden. In diesem Fall schließt die obere Elektrode eine reflektierende Leiterschicht ein, wodurch das von einer Licht emittierenden Schicht abgegebene Licht reflektiert wird, um die effiziente Lichtauskopplung zu verbessern.

[0139] Die obere Elektrode ist von außen durch die zweite isolierende Zwischenschicht geschützt. Die erste, mit einer positiven Spannung versorgte Kontaktstelle ist mit einer unteren Elektrode einer am engsten mit der positiven Spannung verbundenen Leuchtdiode elektrisch verbunden. Die zweite, mit einer negativen Spannung versorgte Kontaktstelle ist mit einer oberen Elektrode einer am engsten mit der negativen Spannung verbundenen Leuchtdiode elektrisch verbunden.

[0140] Somit ist es möglich, Schwierigkeiten bei einem Verfahren zur Montage einer Mehrzahl von Leuchtdioden vom Flip-Chip-Typ auf einem Montagebasissubstrat auszuräumen und zwei Anschlüsse zu einer externen Stromquelle durch eine auf einem Montagebasissubstrat angeordnete Verdrahtung zu realisieren. Zusätzlich kann der Raum zwischen angrenzenden Zellregionen durch die obere Elektrode geschützt werden, wodurch die Lichtreflexion in Richtung Substrat maximiert wird.

[0141] Ferner schützt die zweite isolierende Zwischenschicht eine laminierte Struktur, die zwischen dem Substrat und der zweiten isolierenden Zwischenschicht angeordnet ist, vor äußerer Temperatur oder Feuchtigkeit oder Ähnlichem. Somit ist es möglich, eine Struktur zu realisieren, die ohne Verwendung jeglicher separater Einhausungsmittel direkt auf einem Substrat angeordnet werden kann.

[0142] Da eine Mehrzahl von Leuchtdioden vom Flip-Chip-Typ auf einem einzelnen Substrat realisiert wird, gibt es insbesondere den Vorteil, dass eine kommerzielle Stromquelle direkt – unter Ausschluss eines Spannungsabfalls, einer Umwandlung des Spannungspegels oder einer Umwandlung der Wellenform für die kommerzielle Stromquelle – verwendet werden kann.

[0143] Obwohl die vorliegende Erfindung in Verbindung mit den bevorzugten Ausführungsformen beschrieben worden ist, ist die vorliegende Erfindung nicht darauf begrenzt. Dementsprechend versteht es sich für einen Fachmann, dass verschiedene Modifikationen und Veränderungen vorgenommen werden können, ohne vom Sinn und Geltungsbereich der durch die beigefügten Schutzansprüche definierten Erfindung abzuweichen.

Bezugszeichenliste

100	Substrat
111, 112, 113, 114	erste Halbleiterschicht
121, 122, 123, 124	aktive Schicht
131, 132, 133, 134	zweite Halbleiterschicht
140	Durchgangsloch
151	erste untere Elektrode
152	zweite untere Elektrode
153	dritte untere Elektrode
154	vierte untere Elektrode
161	erste Zellregion
162	zweite Zellregion
163	dritte Zellregion
164	vierte Zellregion
170	erste isolierende Zwischenschicht
181	erste obere Elektrode
182	zweite obere Elektrode
183	dritte obere Elektrode
184	vierte obere Elektrode
190	zweite isolierende Zwischenschicht
210	erste Kontaktstelle
220	zweite Kontaktstelle

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

- KR 2007-0035745 [0006]
- US 6573537 [0007]
- KR 2008-0002161 [0008]

Schutzansprüche

1. Ein Leuchtdiodenarray, umfassend:
ein Wachstumssubstrat;
eine Mehrzahl von auf einem Substrat angeordneten Leuchtdioden, wobei jede aus der Mehrzahl von Leuchtdioden eine erste Halbleiterschicht, eine aktive Schicht und eine zweite Halbleiterschicht aufweist; und
eine Mehrzahl von oberen, auf der Mehrzahl von Leuchtdioden angeordneten und aus einem identischen Material gebildeten Elektroden, wobei jede aus der Mehrzahl der oberen Elektroden mit der ersten Halbleiterschicht einer jeweiligen Leuchtdiode elektrisch verbunden ist,
wobei mindestens eine der oberen Elektroden mit der zweiten Halbleiterschicht einer der angrenzenden Leuchtdioden elektrisch verbunden ist und eine andere der oberen Elektroden von der zweiten Halbleiterschicht einer der angrenzenden Leuchtdioden isoliert ist.

2. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 1, wobei die oberen Elektroden ohmsche Kontaktschichten in ohmschem Kontakt mit den ersten Halbleiterschichten umfassen.

3. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 2, wobei die ohmschen Kontaktschichten ein aus der Gruppe bestehend aus Cr, Ni, Ti, Rh und Al ausgewähltes, metallisches Material umfassen.

4. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 1, wobei die ohmschen Kontaktschichten ITO umfassen.

5. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 2, wobei die oberen Elektroden reflektierende, auf den ohmschen Kontaktschichten liegende Leiterschichten umfassen.

6. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 1, ferner umfassend eine erste isolierende, zwischen den Leuchtdioden und den oberen Elektroden angeordnete Zwischenschicht, wobei die oberen Elektroden von den Seitenflächen der Leuchtdioden durch die erste isolierende Zwischenschicht isoliert sind.

7. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 6, ferner umfassend untere, jeweils auf den zweiten Halbleiterschichten der Leuchtdioden angeordnete Elektroden,
wobei die erste isolierende Zwischenschicht einen Teil der unteren Elektrode auf jeder Leuchtdiode freilegt, und
wobei die obere(n), mit der zweiten Halbleiterschicht der angrenzenden Leuchtdiode elektrisch verbundenen Elektrode(n) mit dem freigelegten Teil der unteren Elektrode durch die erste isolierende Zwischenschicht verbunden ist/sind.

8. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 7, wobei jede der unteren Elektroden eine reflektierende Schicht umfasst.

9. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 7, ferner umfassend eine zweite isolierende, die oberen Elektroden abdeckende Zwischenschicht, wobei die zweite isolierende Zwischenschicht eine der unteren Elektroden und die obere, von der zweiten Halbleiterschicht der angrenzenden Leichtdiode isolierte Elektrode freilegt.

10. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 9, wobei die Leuchtdioden durch die oberen Elektroden in Reihe geschaltet verbunden sind und wobei die zweite isolierende Zwischenschicht untere und obere Elektroden entsprechend den Leuchtdioden an beiden Enden der in Reihe geschaltet verbundenen Leuchtdioden freilegt.

11. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 9, ferner umfassend erste und zweite, auf der zweiten isolierenden Zwischenschicht liegende Kontaktstellen, wobei die erste Kontaktstelle mit der unteren, durch die zweite isolierende Zwischenschicht freigelegten Elektrode verbunden ist und die zweite Kontaktstelle mit der oberen, durch die zweite isolierende Zwischenschicht freigelegten Elektrode verbunden ist.

12. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 1, wobei jede der Leuchtdioden ein Durchgangsloch aufweist, um das Freilegen der ersten Halbleiterschicht durch die zweite Halbleiterschicht und die aktive Schicht zu veranlassen, wobei jede der oberen Elektroden mit der ersten Halbleiterschicht einer jeweiligen der Leuchtdioden durch das Durchgangsloch verbunden ist.

13. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 1, wobei die oberen Elektroden mindestens 30% und weniger als 100% der Gesamtfläche des Leuchtdiodenarrays einnehmen.

14. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 1, wobei jede der oberen Elektroden in Form einer Platte oder eines Blechs mit einem Verhältnis Länge/Breite im Bereich von 1:3 bis 3:1 vorliegt.

15. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 1, wobei mindestens eine der oberen Elektroden länger bzw. breiter ist als eine der jeweiligen Leuchtdioden.

16. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 1, wobei die oberen Elektroden reflektierende Leiterschichten umfassen.

17. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 16, ferner umfassend eine erste isolierende, zwi-

schen den Leuchtdioden und den oberen Elektroden angeordnete Zwischenschicht, wobei die oberen Elektroden von den Seitenflächen der Leuchtdioden durch die erste isolierende Zwischenschicht isoliert sind.

18. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 17, wobei die erste isolierende Zwischenschicht und die oberen Elektroden einen omnidirektionalen Reflektor bilden.

19. Das Leuchtdiodenarray nach Schutzanspruch 17, wobei die erste isolierende Schicht einen verteilten Bragg-Reflektor (DBR) umfasst.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

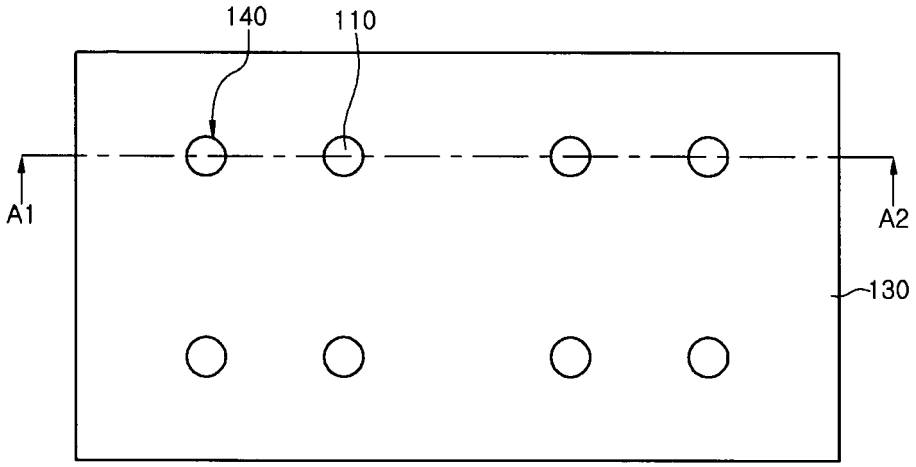
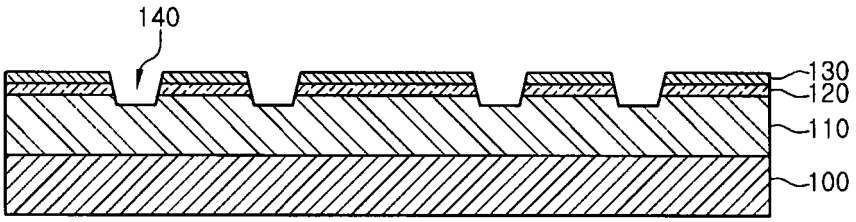


Fig. 2



A1 - A2

Fig. 3

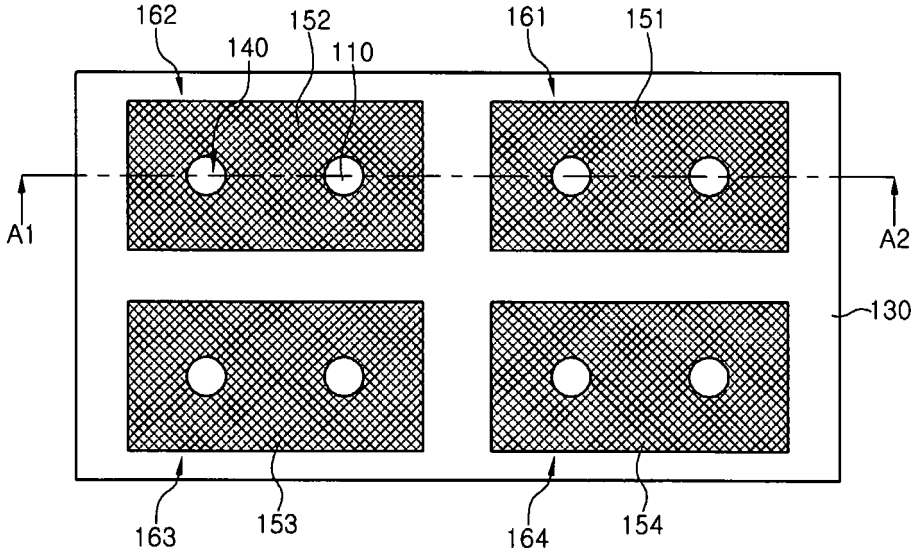


Fig. 4

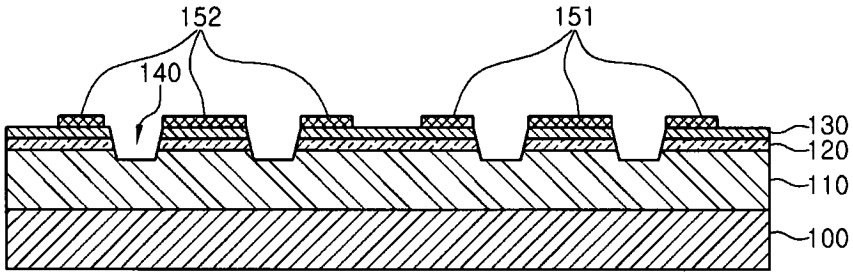

152
151
140
130
120
110
100
A1 - A2

Fig. 5

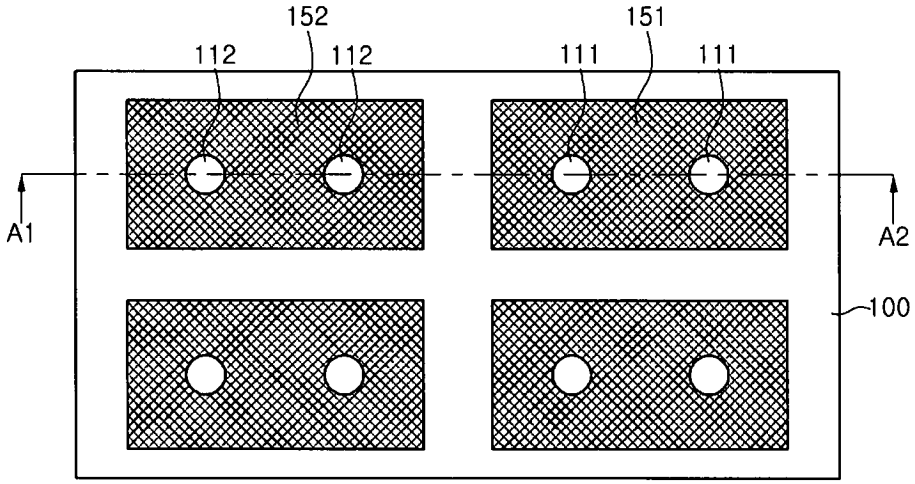

152
151
112
112
111
111
A1
A2
100

Fig. 6

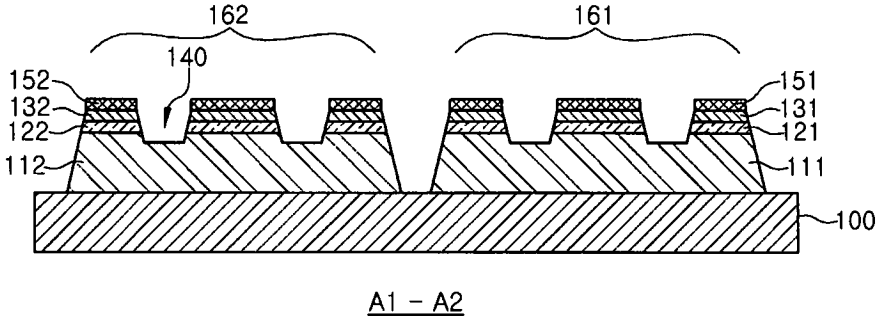

162
161
140
152
132
122
112
151
131
121
111
100
A1 - A2

Fig. 7

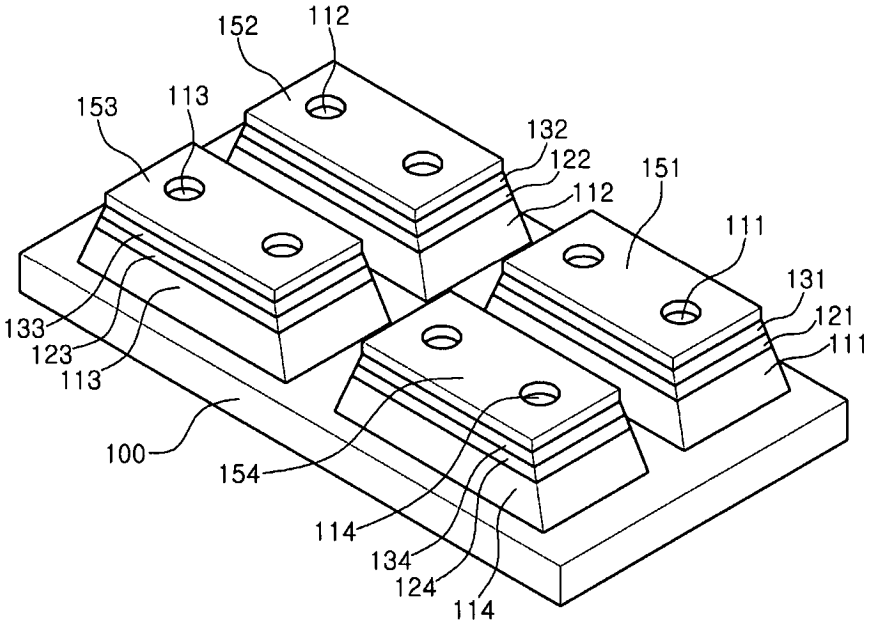

152
112
153
113
132
122
112
151
111
131
121
111
133
123
113
100
154
114
134
124
114

Fig. 8

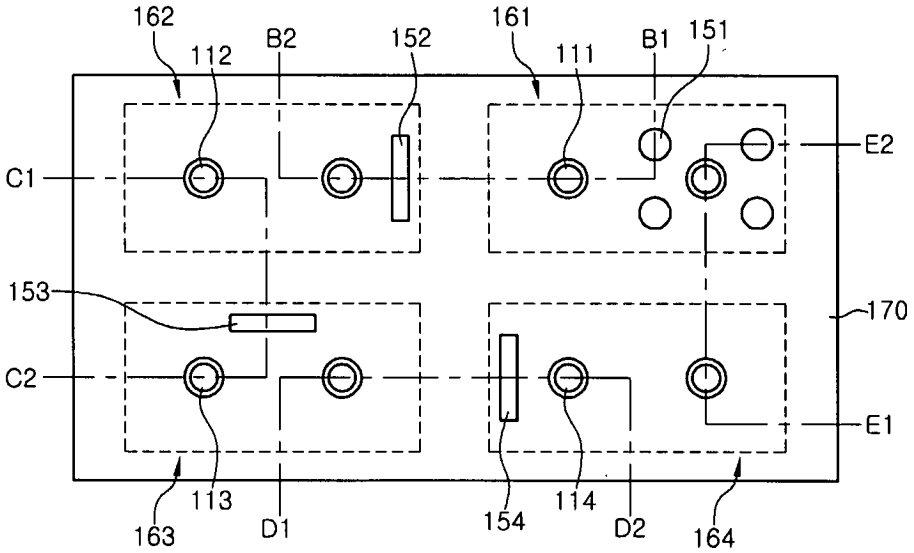
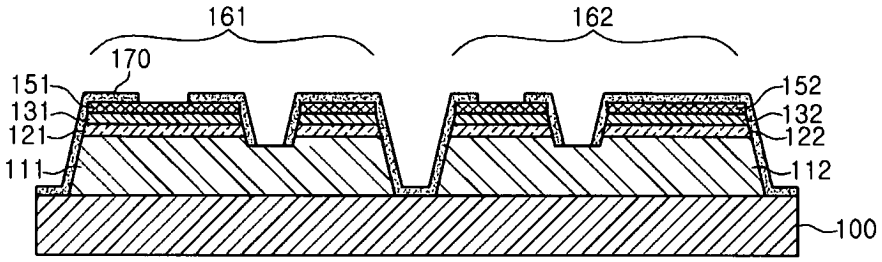
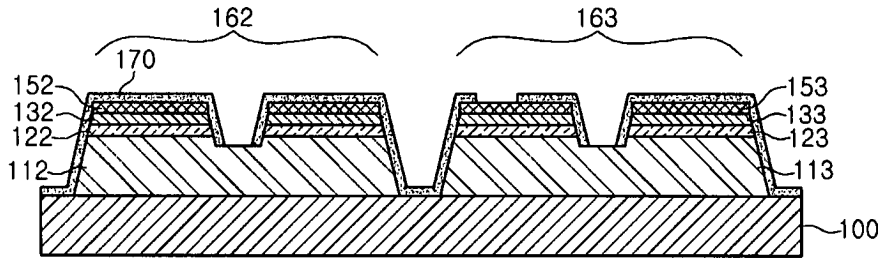

162
112
B2
152
161
111
B1
151
E2
C1
153
170
C2
E1
113
163
D1
154
114
D2
164

Fig. 9



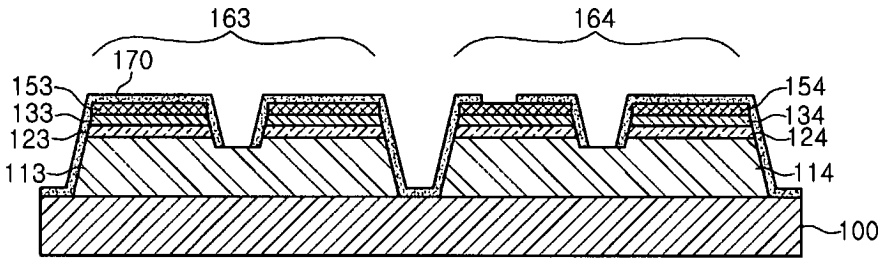
B1 - B2

Fig. 10



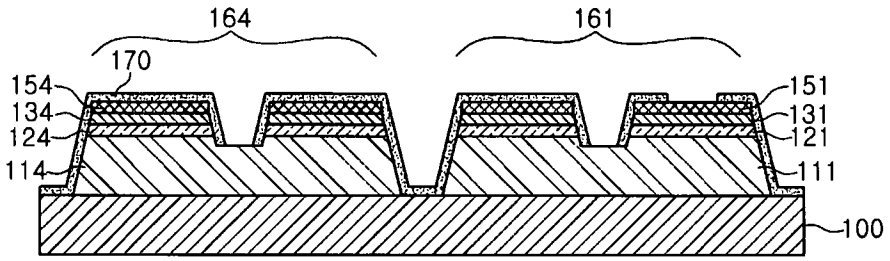
C1 - C2

Fig. 11



D1 - D2

Fig. 12



E1 – E2

Fig. 13

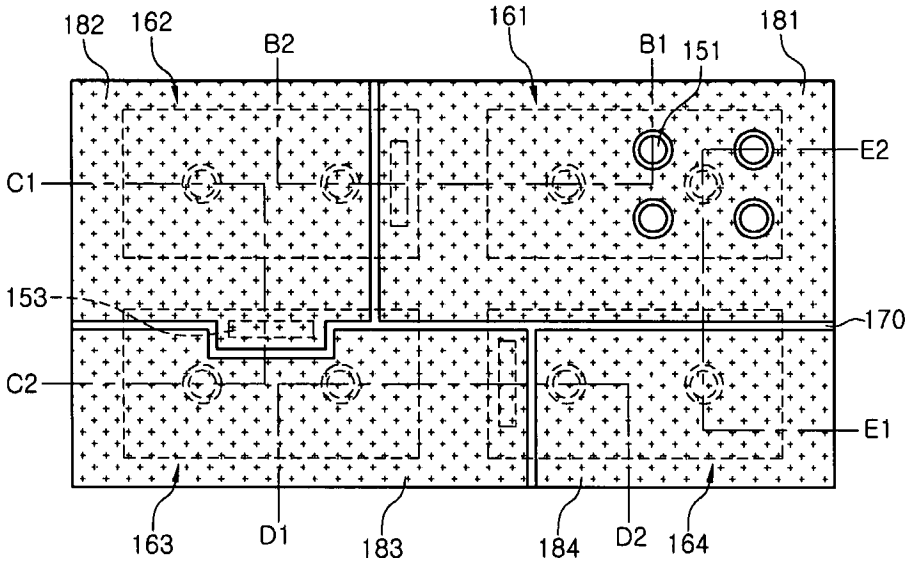


Fig. 14

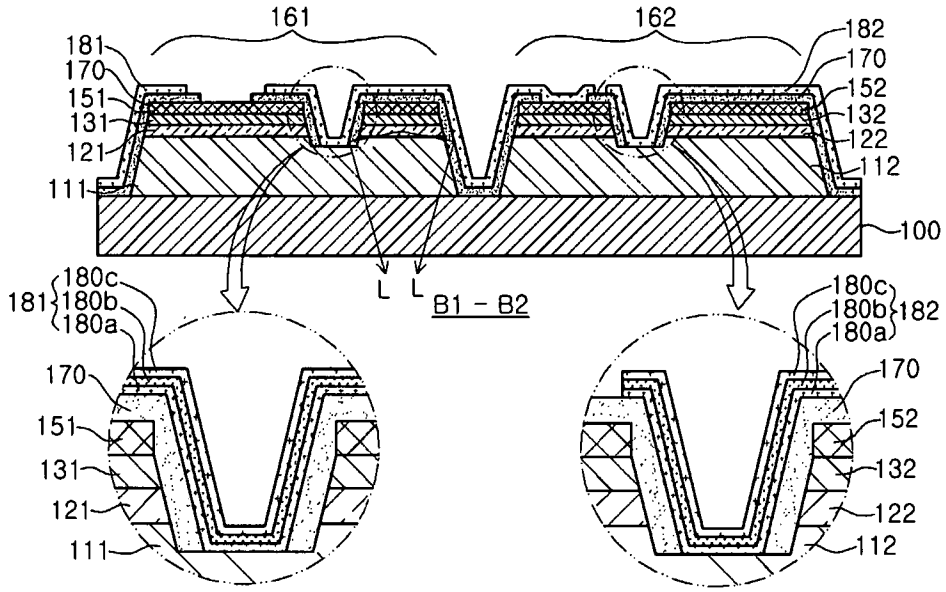

161
162
181
170
151
131
121
111
182
170
152
132
122
112
100
L L
B1 - B2
180c
180b
180a
181
182
170
151
131
121
111
152
132
122
112

Fig. 15

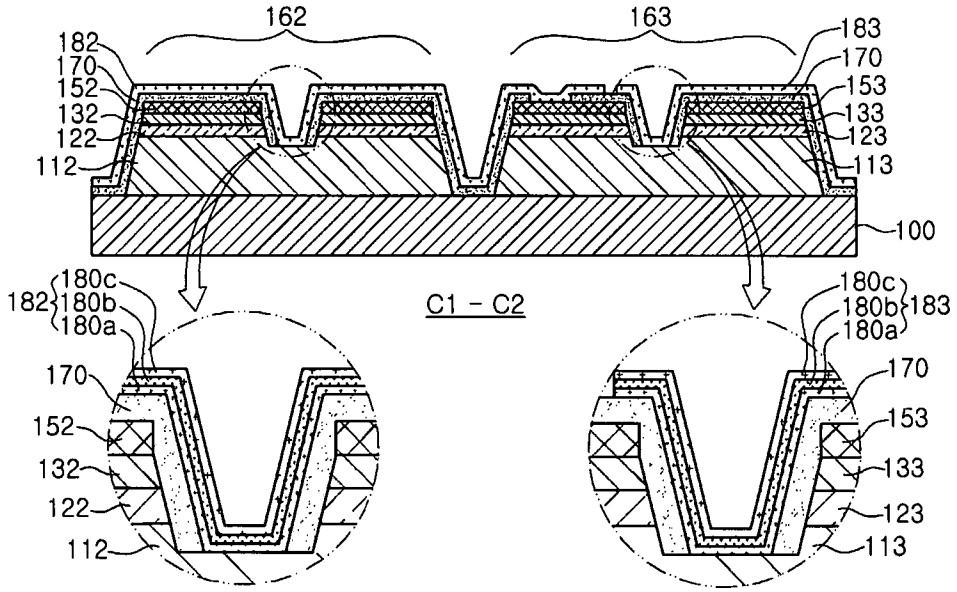

162
163
182
170
152
132
122
112
183
170
153
133
123
113
100
C1 - C2
180c
180b
180a
182
183
170
152
132
122
112
153
133
123
113

Fig. 16

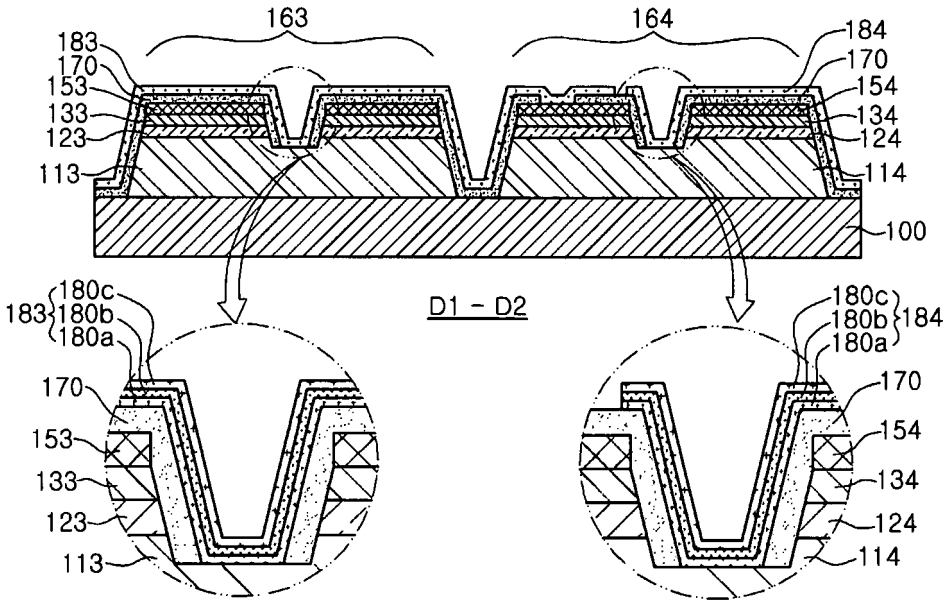

163
164
183
170
153
133
123
113
184
170
154
134
124
114
100
D1 - D2
180c
180b
180a
183
184
170
153
133
123
113
154
134
124
114

Fig. 17

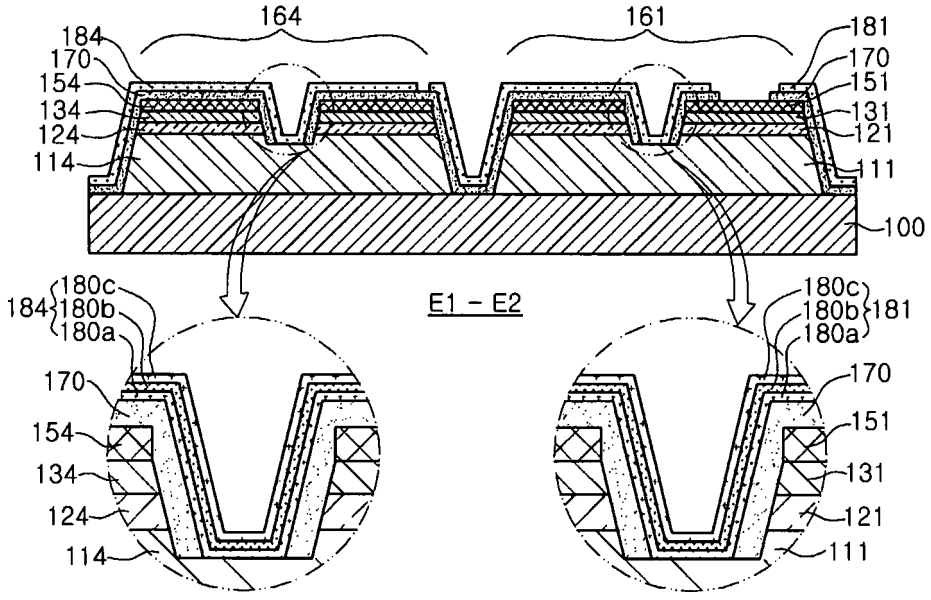

164
161
184
170
154
134
124
114
181
170
151
131
121
111
100
E1 - E2
180c
180b
180a
184
181
170
154
134
124
114
151
131
121
111

Fig. 18

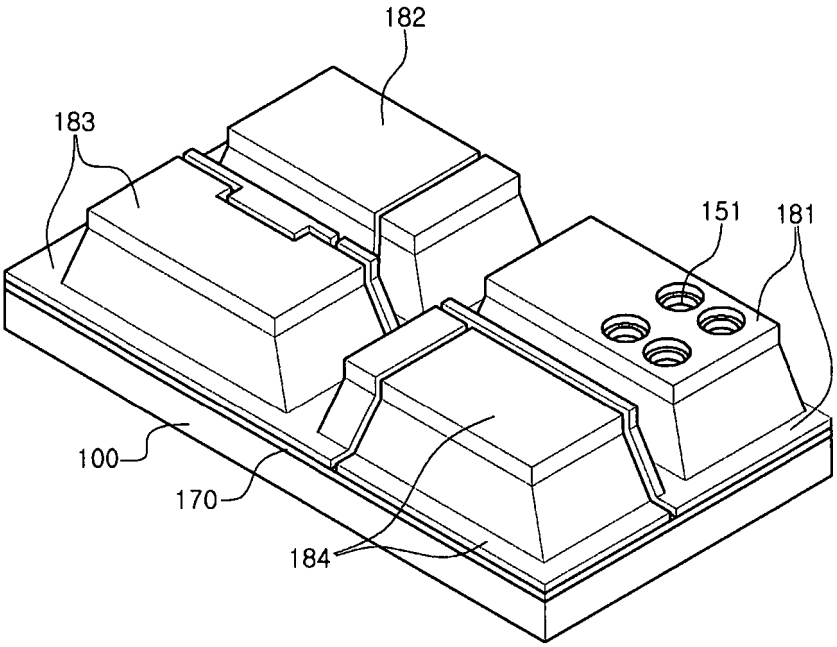


Fig. 19

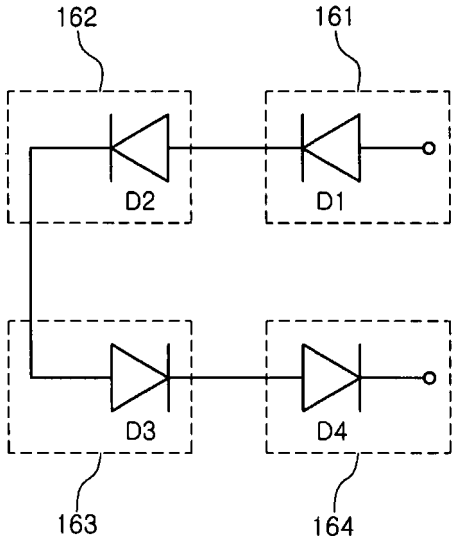


Fig. 20

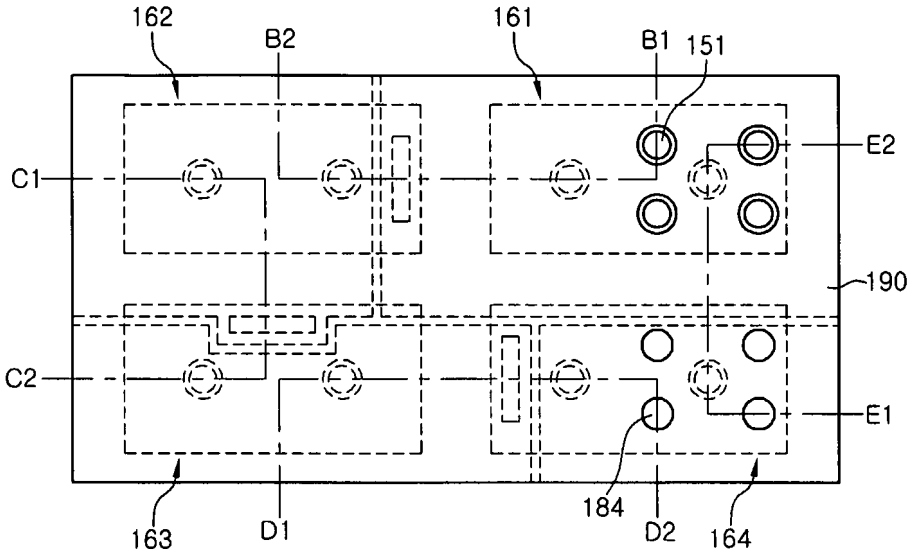
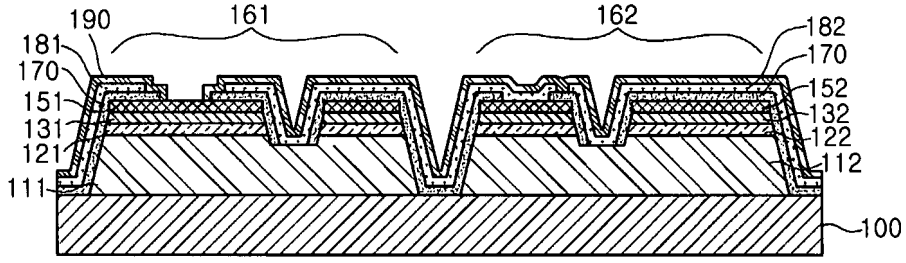
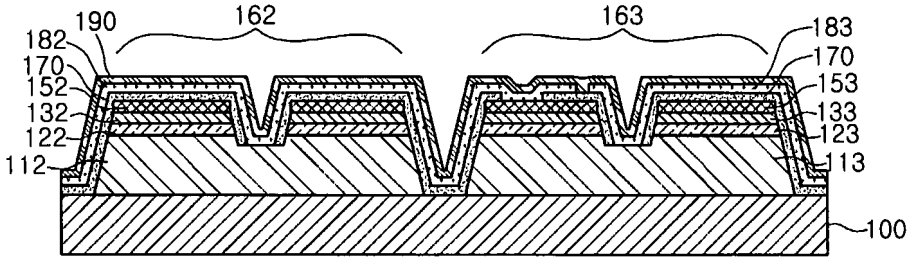


Fig. 21



B1 - B2

Fig. 22



C1 - C2

Fig. 23

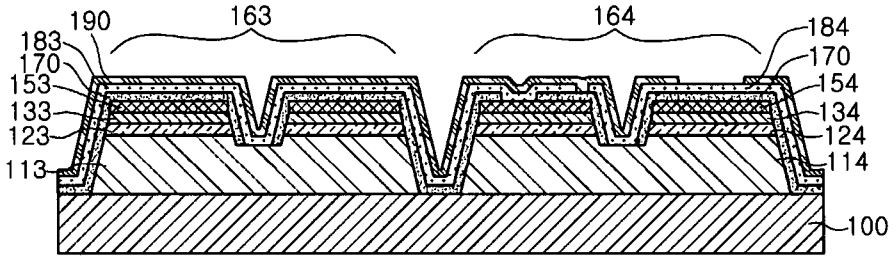


Fig. 24

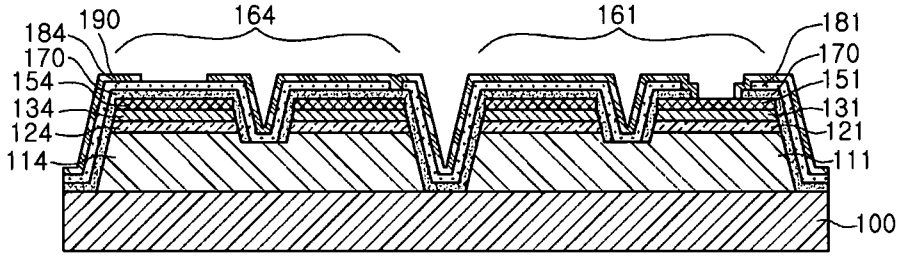


Fig. 25

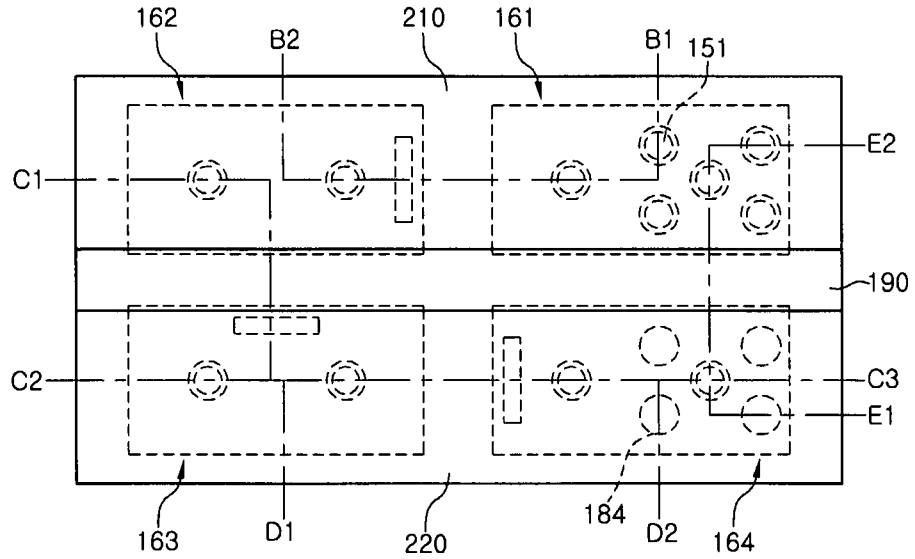
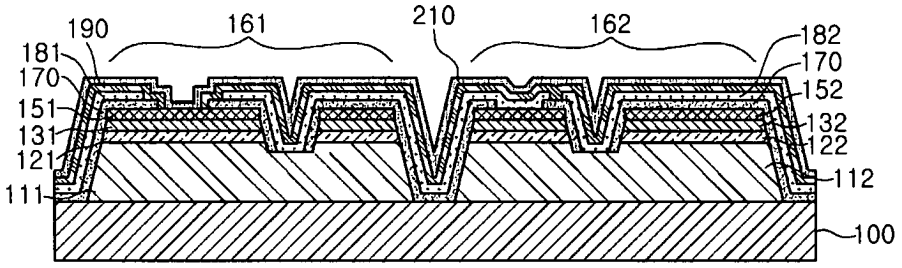
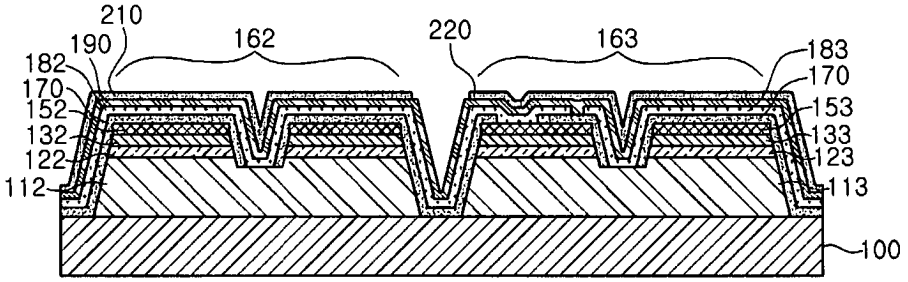


Fig. 26



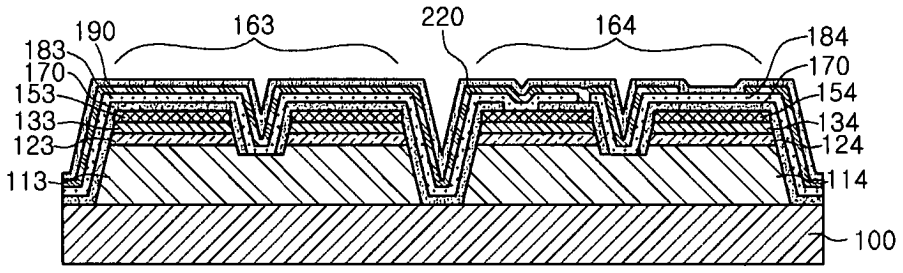
B1 - B2

Fig. 27



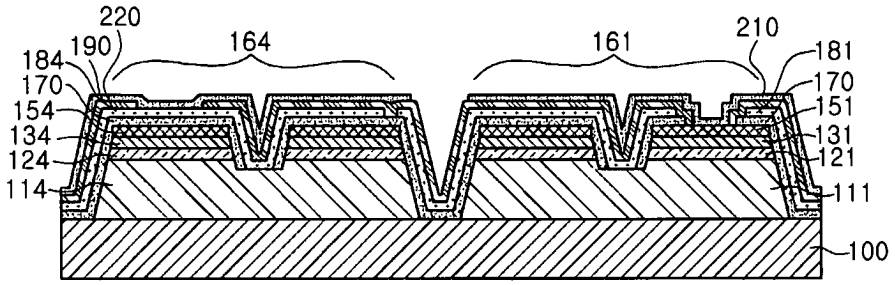
C1 - C2

Fig. 28



D1 - D2

Fig. 29



E1 – E2

Fig. 30

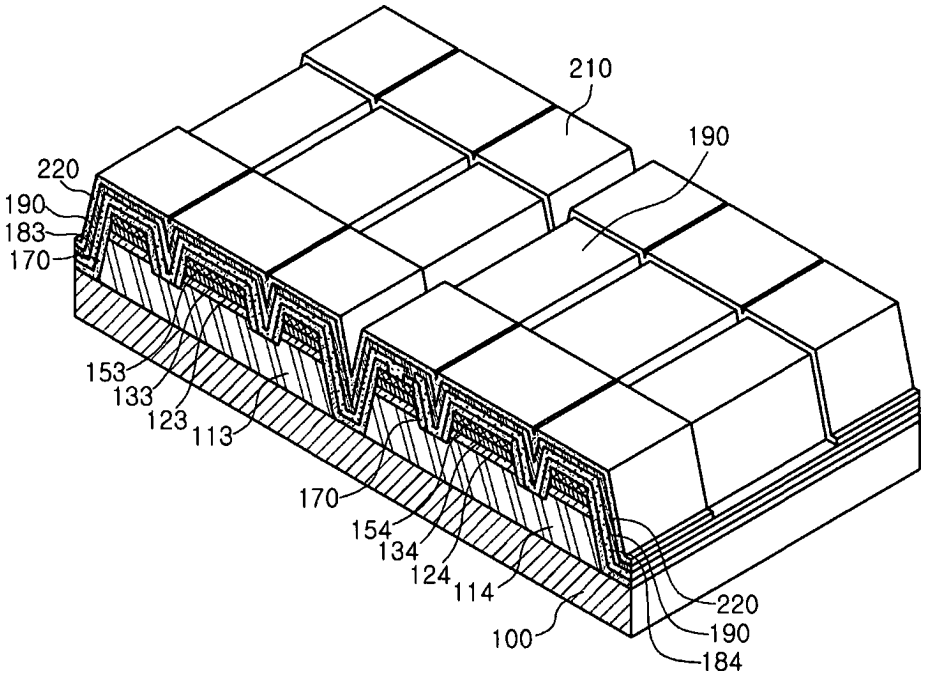


Fig. 31

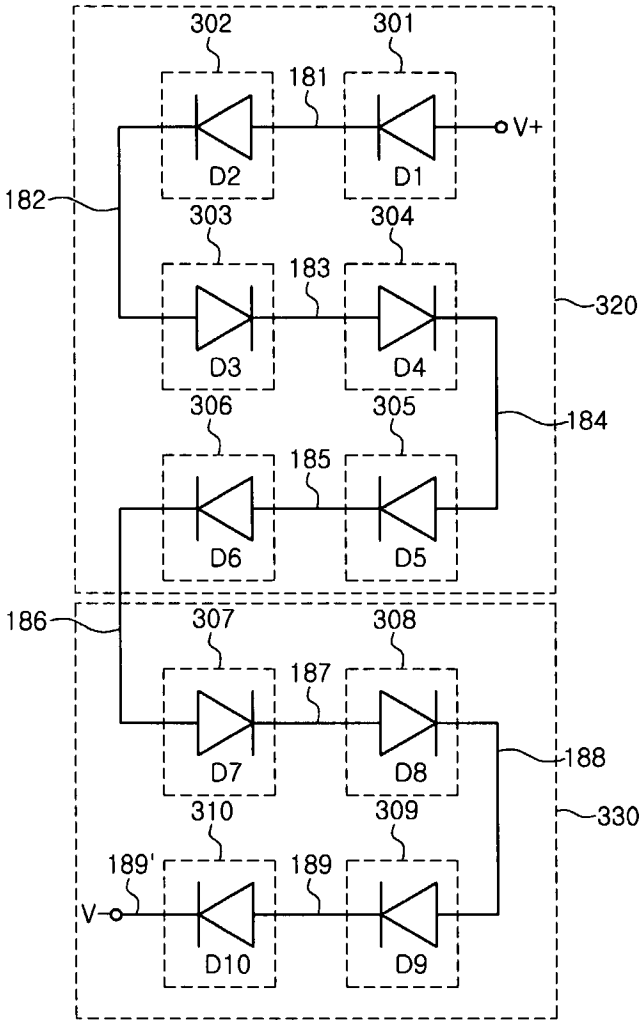

302
301
181
V+
D2
D1
182
303
304
183
320
D3
D4
306
305
184
185
D6
D5
186
307
308
187
D7
D8
188
310
309
330
189'
189
V-
D10
D9

Fig. 32

