



(10) **DE 11 2013 000 281 B4** 2016.06.09

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2013 000 281.7**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2013/053813**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2013/132993**  
(86) PCT-Anmeldetag: **18.02.2013**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.09.2013**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **21.08.2014**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **09.06.2016**

(51) Int Cl.: **H01L 33/22 (2010.01)**  
**H01L 21/3065 (2006.01)**  
**H01L 33/10 (2010.01)**  
**H01L 21/3213 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2012-050199**                      **07.03.2012**    **JP**

(73) Patentinhaber:  
**MARUBUN CORPORATION, Tokyo, JP; TOSHIBA KIKAI KABUSHIKI KAISHA, Tokyo, JP; Ulvac, Inc., Chigasaki-shi, Kanagawa, JP**

(74) Vertreter:  
**Schatt, Markus, Dipl.-Ing.Univ., 80331 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Kamimura, Ryuichiro, c/o Ulvac Inc., Susono-shi, Shizuoka, JP; Nishihara, Hiromi, c/o Toshiba Kikai K.K., Numazu-shi, Shizuoka-ken, JP; Tashiro,**

**Takaharu, c/o Toshiba Kikai K.K., Numazu-shi, Shizuoka-ken, JP; Ookawa, Takafumi, c/o Toshiba Kikai K.K., Numazu-shi, Shizuoka-ken, JP; Osada, Yamato, c/o Ulvac Inc., Susono-shi, Shizuoka, JP; Kashima, Yukio, c/o Marubun Corporation, Tokyo, JP**

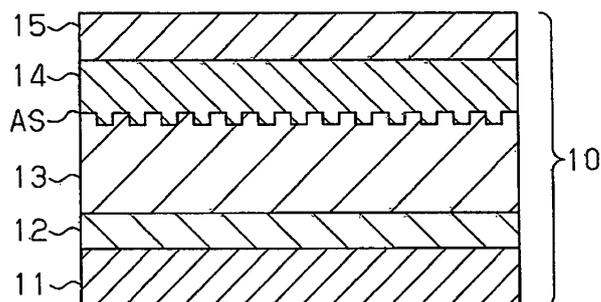
(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>2008 / 0 203 620</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2011 / 0 306 185</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2011/ 122 605</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2010- 284 970</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>2011- 211 083</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>2011- 138 586</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>2011- 035 078</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung mit einer konkav-konvexen Struktur, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Bilden eines organischen Resistfilms auf einer Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur, in der eine konkav-konvexe Struktur gebildet werden soll;
- Bilden eines siliziumhaltigen Resistfilms auf dem organischen Resistfilm;
- Mustern des siliziumhaltigen Resistfilms durch Nanoprägen;
- Oxidieren des siliziumhaltigen Resistfilms mit einem sauerstoffhaltigen Plasma, um einen Siliziumoxidfilm zu bilden;
- Trockenätzen des organischen Resistfilms unter Verwendung des Siliziumoxidfilms als Ätzmaske,
- Trockenätzen der Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur unter Verwendung des Siliziumoxidfilms und des organischen Resistfilms als Ätzmasken; und
- Entfernen des Siliziumoxidfilms und des organischen Resistfilms.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung mit einer feinen konkav-konvexen Struktur.

**[0002]** Aus dem allgemeinen Stand der Technik ist ein Verfahren zur Bildung eines sogenannten photonischen Kristalls bekannt, der eine feine konkav-konvexe Struktur in Nanogrößenordnung ist, in einer Leuchtvorrichtung wie etwa einer Leuchtdiode oder einer Laserdiode, um die Lichtauskopplungseffizienz der Vorrichtung zu verbessern (siehe zum Beispiel Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. JP 2011-35078 A). Dieses Verfahren umfasst die Schritte des Schichtens einer aus Siliziumoxid gebildeten Ätzmaske auf eine erste Nitrid-Halbleiterschicht und das Bilden von Poren durch Photolithographie über die Ätzmaske in der ersten Nitrid-Halbleiterschicht, wodurch in der ersten Nitrid-Halbleiterschicht eine feine konkav-konvexe Struktur gebildet wird.

**[0003]** Aus der JP 2010-284970 A ist ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung mit einer konkav-konvexen Struktur bekannt, bei dem eine Ätzmaske durch Nanoprägen einer Polyurethan-Oligomerschicht erzeugt wird.

**[0004]** Die US 2011/0306185 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung mit einer konkav-konvexen Struktur. Zur Ausbildung der Struktur in einer Basisschicht wird auf diese zunächst eine nicht-Silizium-haltige Schicht aufgebracht und in dieser mittels Nanoprägen eine konkav-konvexen Struktur erzeugt. Anschließend wird auf die nicht-Silizium-haltige Schicht eine siliziumhaltige Schicht aufgebracht. Weiterhin wird zunächst die siliziumhaltige Schicht zur Bildung einer Maske mit einem Ätzgas und anschließend die nicht-Silizium-haltige Schicht durch die siliziumhaltige Schicht hindurch geätzt. Zum Ätzen der nicht-Silizium-haltigen Schicht wird ein Ätzgas mit einem gegenüber dem Ätzgas zum Ätzen der siliziumhaltigen Schicht erhöhten Sauerstoffgehalt verwendet.

**[0005]** Bei einer photonischen kristallinen Struktur kann zum Beispiel dann, wenn der Innendurchmesser eines konkaven Abschnitts klein wird, das Wellenlängenband, das die Lichtauskopplungseffizienz verbessert, klein gestaltet werden. Doch wenn die photonische kristalline Struktur durch Lithographie gebildet wird, ist die Auflösung aufgrund der Belichtungswellenlänge beschränkt. Daher war es schwierig, zu dem Zweck der Verbesserung der Lichtauskopplungseffizienz den Innendurchmesser eines konkaven Abschnitts und den Durchmesser eines konvexen Abschnitts zu optimieren und das Aspektverhältnis zu erhöhen. Als Ergebnis war es schwierig, die konkav-konvexe Struktur durch Lithographie zu bilden.

**[0006]** Angesichts dessen wurde auch ein Verfahren vorgeschlagen, das das Nanoprägen verwendet. Bei dem Verfahren, das das Nanoprägen verwendet, wird eine Mutterform verwendet, um eine feine konkav-konvexe Struktur zu einem Resistfilm zu übertragen, und wird unter Verwendung des Resistfilms ein Trockenätzen vorgenommen. Bei diesem Verfahren kann auch eine feine konkav-konvexe Struktur mit einer Größe von, zum Beispiel, einigen zehn Nanometern oder weniger gebildet werden. Da die feine konkav-konvexe Struktur ferner durch einen einfachen Prozess des Pressens der Mutterform gegen den Resistfilm gebildet wird, kann verglichen mit ihrer Bildung durch Photolithographie auch die Wirkung einer Verringerung der Herstellungskosten erhalten werden.

**[0007]** Bei dem Nano-Prägeprozess ist es wichtig, die Formtrennung der Mutterform von einem Resistfilm, zu dem die konkav-konvexe Struktur übertragen wird, sicherzustellen. Doch eine Erhöhung der Tiefe des konkaven Abschnitts in der Mutterform, um eine feine konkav-konvexe Struktur mit einem hohen Aspektverhältnis zu erhalten, verursacht ein Anhaften des Resistfilms an der Mutterform und schadhafte Formen des konkaven Abschnitts und des konvexen Abschnitts nach dem Lösen der Mutterform. Daher unterliegen die Tiefe des konkaven Abschnitts und die Höhe des konvexen Abschnitts in der Mutterform Beschränkungen. Somit war es schwierig, eine feine konkav-konvexe Struktur mit einem hohen Aspektverhältnis unter Verwendung nur des Nano-Prägeprozesses zu bilden.

**[0008]** Entsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung, die eine feine konkav-konvexe Struktur mit einem hohen Aspektverhältnis umfasst, bereitzustellen.

**[0009]** Ein erster Gesichtspunkt ist ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung mit einer konkav-konvexen Struktur, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Bilden eines organischen Resistfilms auf einer Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur, in der eine konkav-konvexe Struktur gebildet werden soll; Bilden eines siliziumhaltigen Resistfilms auf dem organischen Resistfilm; Mustern des siliziumhaltigen Resistfilms durch Nanoprägen; Oxidieren des siliziumhaltigen Resistfilms mit einem sauerstoffhaltigen Plasma, um einen Siliziumoxidfilm zu bilden; Trockenätzen des organischen Resistfilms unter Verwendung des Siliziumoxidfilms als Ätzmaske, Trockenätzen der Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur unter Verwendung des Siliziumoxidfilms und des organischen Resistfilms als Ätzmasken; und Entfernen des Siliziumoxidfilms und des organischen Resistfilms.

**[0010]** Nach dem ersten Gesichtspunkt wird eine konkav-konvexe Struktur durch Schichten eines siliziumhaltigen Resistfilms auf einem organischen Resistfilm, Muster des siliziumhaltigen Resistfilms durch Nanoprägen, und Bilden eines zweischichtigen Resists durch Trockenätzen des organischen Resistfilms gebildet. Wenn unter Verwendung des Nano-Prägeprozesses ein einschichtiges Resist gebildet wird, ist die Filmdicke zu dem Zweck der Sicherstellung der Formtrennung beschränkt. Doch durch Bilden eines zweischichtigen Resists unter Verwendung eines Trockenätzens kann die Filmdicke des Resists erhöht werden. Daher können durch Verwenden des zweischichtigen Resists konkave Abschnitte mit einem hohen Aspektverhältnis in der Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur gebildet werden. Ferner wird der aus Siliziumoxid gebildete Resistfilm als die obere Schicht des zweischichtigen Resists ausgeführt. Dadurch kann die Selektivität der Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur in Bezug auf den Resistfilm verbessert werden.

**[0011]** Nach einem zweiten Gesichtspunkt umfasst das Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach dem ersten Gesichtspunkt ferner den Schritt des Entfernens der verbliebenen Schicht, die in dem durch das Nanoprägen gebildeten konkaven Abschnitt zurückgeblieben ist, mit Plasma, das Sauerstoff und Fluor enthält, vor dem Schritt des Trockenätzens des organischen Resistfilms.

**[0012]** Nach dem zweiten Gesichtspunkt wird die verbliebene Schicht des siliziumhaltigen Resistfilms vor dem Trockenätzen des organischen Resistfilms entfernt. Daher wird die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur durch den organischen Resistfilm vor dem Plasma geschützt. Insbesondere wird die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur bei einer Bildung eines einschichtigen Resists durch das Nanoprägen während des Schritts des Entfernens der verbliebenen Schicht einem Plasma ausgesetzt. Doch die Gelegenheiten, bei denen die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur einem Plasma ausgesetzt wird, können durch Bilden eines zweischichtigen Resists verringert werden. Daher können Veränderungen der Eigenschaften, die verursacht werden, indem die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur einem Plasma ausgesetzt wird, unterdrückt werden.

**[0013]** Nach einem dritten Gesichtspunkt ist die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur bei dem Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach dem ersten oder zweiten Gesichtspunkt aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter gebildet und wird sie mit einem chlorhaltigen Plasma geätzt.

**[0014]** Da nach dem dritten Gesichtspunkt eine aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter gebildete Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur mit ei-

nem chlorhaltigen Plasma geätzt wird, kann die Selektivität in Bezug auf den Siliziumoxidfilm verbessert werden.

**[0015]** Nach einem vierten Gesichtspunkt ist die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur bei dem Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach dem ersten oder zweiten Gesichtspunkt aus Saphir gebildet und wird sie mit einem chlorhaltigen Plasma geätzt.

**[0016]** Da nach dem vierten Gesichtspunkt eine aus Saphir gebildete Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur mit einem chlorhaltigen Plasma geätzt wird, kann die Selektivität in Bezug auf den Siliziumoxidfilm verbessert werden.

**[0017]** Nach einem fünften Gesichtspunkt ist die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur bei dem Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach dem ersten oder zweiten Gesichtspunkt durch mehrere Schichten gebildet und wird sie mit einem chlorhaltigen Plasma geätzt.

**[0018]** Nach dem fünften Gesichtspunkt kann eine feine konkav-konvexe Struktur mit einem hohen Aspektverhältnis über mehrere Schichten gebildet werden.

**[0019]** Im Folgenden werden Ausführungsformen der Erfindung an Hand der beiliegenden Figuren beschrieben, die zeigen:

**[0020]** Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht, die einen geschichteten Körper zur Bildung einer Leuchtvorrichtung veranschaulicht, die eine Vorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**[0021]** Fig. 2 ist ein schematisches Diagramm, das ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verfahren zur Herstellung einer Leuchtvorrichtung veranschaulicht, wobei Fig. 2A den Schritt des Bildens eines organischen Resistfilms veranschaulicht; Fig. 2B den Schritt des Bildens eines siliziumhaltigen Resistfilms veranschaulicht; und Fig. 2C den Nano-Prägeprozess veranschaulicht.

**[0022]** Fig. 3A veranschaulicht den Schritt des Entfernens einer verbliebenen Schicht; Fig. 3B veranschaulicht den Schritt des Oxidierens des siliziumhaltigen Resistfilms; Fig. 3C veranschaulicht den Schritt des Musterns des organischen Resistfilms; Fig. 3D veranschaulicht den Schritt des Trockenätzens einer GaN-Schicht, die eine Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur ist; und Fig. 3E veranschaulicht den Resistentfernungsprozess.

**[0023]** Fig. 4 ist ein schematisches Diagramm, das ein Beispiel für eine Leuchtvorrichtung veranschaulicht, die den geschichteten Körper aufweist.

**[0024]** Fig. 5 ist ein schematisches Diagramm, das ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als Verfahren zur Herstellung einer Leuchtvorrichtung veranschaulicht, wobei Fig. 5A den Schritt des Bildens eines organischen Resistfilms veranschaulicht; Fig. 5B den Schritt des Bildens eines siliziumhaltigen Resistfilms veranschaulicht; und Fig. 5C den Nano-Prägeprozess veranschaulicht.

**[0025]** Fig. 6 ist ein schematisches Diagramm, das ein Beispiel für die Leuchtvorrichtung nach der zweiten Ausführungsform veranschaulicht.

**[0026]** Fig. 7 ist ein schematisches Diagramm, das ein anderes Beispiel für die Vorrichtung veranschaulicht, die durch den Herstellungsprozess nach der vorliegenden Erfindung hergestellt wird.

**[0027]** Unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis Fig. 4 wird ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben werden, das auf ein Verfahren zur Herstellung einer Leuchtvorrichtung angewendet wird. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Leuchtvorrichtung als LED ausgeführt.

**[0028]** Wie in Fig. 1 veranschaulicht weist ein geschichteter Körper **10** zur Bildung einer LED ein Substrat **11**, eine Pufferschicht **12**, eine n-Typ-Halbleiterschicht **13**, eine MQW-Schicht **14** mit einer Vielfachquantenmuldenstruktur (MQW), und eine p-Typ-Halbleiterschicht **15** auf.

**[0029]** Für das Substrat **11** kann jedes beliebige Substrat verwendet werden, sofern die Pufferschicht **12**, die n-Typ-Halbleiterschicht **13** und dergleichen darauf epitaktisch wachsen können. Zum Beispiel kann das Substrat **11** ein Saphirsubstrat sein. Ferner können Siliziumcarbid, Silizium und dergleichen als Material des Substrats **11** verwendet werden.

**[0030]** Die n-Typ-Halbleiterschicht **13**, die MQW-Schicht **14** und die p-Typ-Halbleiterschicht **15** ist aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter gebildet, der wenigstens ein Element der Gruppe III umfasst, wie etwa AlN, GaN, AlGaIn, AlInN, GaInN oder AlGaInN. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die n-Typ-Halbleiterschicht **13** aus n-Typ-GaN, das mit Si oder Ge dotiert ist, gebildet.

**[0031]** Auf einer Fläche der n-Typ-Halbleiterschicht **13** wird eine feine konkav-konvexe Struktur AS gebildet. Bei der vorliegenden Ausführungsform entspricht die n-Typ-Halbleiterschicht **13** einer Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur. Die feine kon-

kav-konvexe Struktur weist eine periodische Struktur auf, die ungefähr eine Länge aufweist, welche durch Dividieren der Wellenlänge, die die Auskopplungseffizienz der Leuchtvorrichtung verbessert, durch den Brechungsindex des Materials der n-Typ-Halbleiterschicht **15** erhalten wird. Wenn die feine konkav-konvexe Struktur AS als die periodische Struktur von photonischen Kristallen optimiert wird, liegen der Radius R eines konkaven Abschnitts oder konvexen Abschnitts und die strukturelle Periode a insbesondere in einem Verhältnis von  $0,3 < R/a < 0,4$  und übersteigt das Aspektverhältnis **1**. Die feine konkav-konvexe Struktur AS unterdrückt die Lichtausbreitung in einer Hauptflächenrichtung der n-Typ-Halbleiterschicht **13**, damit Licht in einer Richtung ausgestrahlt wird, die senkrecht zu einer Hauptfläche der n-Typ-Halbleiterschicht **13** liegt, wodurch die Lichtauskopplungseffizienz verbessert wird.

**[0032]** Als nächstes wird das Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Leuchtvorrichtung gemäß Fig. 2 beschrieben werden. Wie in Fig. 2A veranschaulicht wird zuerst ein organisches Resistmaterial wie etwa ein Novolak-Harz durch einen Rotationsbeschichter oder dergleichen auf die n-Typ-Halbleiterschicht **13** aufgetragen, um einen organischen Resistfilm **20** zu bilden.

**[0033]** Nach der Bildung des organischen Resistfilms **20** wird wie in Fig. 2B veranschaulicht ein siliziumhaltiges Resistmaterial durch einen Rotationsbeschichter oder dergleichen auf den organischen Resistfilm **20** aufgetragen, um einen siliziumhaltigen Resistfilm **30** zu bilden. Der siliziumhaltige Resistfilm **30** wird unter Berücksichtigung von, zum Beispiel, der Viskosität des siliziumhaltigen Resistmaterials so eingerichtet, dass er eine Dicke aufweist, die die Formtrennung einer Mutterform gut sicherstellen kann. Der siliziumhaltige Resistfilm **30** weist eine geringere Filmdicke als jene des organischen Resistfilms **20** auf.

**[0034]** Dann wird wie in Fig. 2C veranschaulicht das Muster der feinen konkav-konvexen Struktur AS durch Nanoprägen zu dem siliziumhaltigen Resistfilm **30** übertragen. Eine Mutterform N ist aus einem Substrat aus Quarz oder dergleichen gebildet und umfasst eine Fläche mit einer feinen Struktur, die durch Elektronenstrahlen oder dergleichen gebildet wurde. Wenn die Mutterform N senkrecht gegen den siliziumhaltigen Resistfilm **30** gepresst wird, wird das Muster der Mutterform N zu dem siliziumhaltigen Resistfilm **30** übertragen, um einen Film **30a**, zu dem das Muster übertragen wurde, zu bilden. Hier sind die Tiefe des konkaven Abschnitts und die Höhe des konvexen Abschnitts in der Mutterform N so eingerichtet, dass fehlerhafte Formen von konkaven Abschnitten **30H** und konvexen Abschnitten in dem Film **30a**, zu dem das Muster übertragen wurde, unterdrückt werden. Dadurch wird die Vertikalität der konkaven Ab-

schnitte **30H** in dem Film **30a**, zu dem das Muster übertragen wurde, verbessert. In diesem Zustand ist an dem Boden jedes konkaven Abschnitts **30A** des Films **30a**, zu dem das Muster übertragen wurde, eine verbliebene Schicht **30d** vorhanden.

**[0035]** Dann wird ein Vorprodukt, das mit dem Film **30a**, zu dem das Muster übertragen wurde, ausgeführt ist, in eine Trockenätzvorrichtung befördert. Für die Trockenätzvorrichtung können bekannte Vorrichtungen wie etwa eine Vorrichtung, die eine induktiv gekoppelte Plasmaquelle aufweist, und eine Vorrichtung, die eine kapazitiv gekoppelte Plasmaquelle aufweist, passend verwendet werden. Die Trockenätzvorrichtung umfasst ein Gaszufuhrsystem, das ein sauerstoffhaltiges Gas und ein fluorhaltiges Gas liefert. Wenn das Vorprodukt in die Trockenätzvorrichtung befördert ist und die Plasmaquelle auf Basis vorherbestimmter Bedingungen betrieben wird, wird ein Plasma des sauerstoffhaltigen Gases und des fluorhaltigen Gases erzeugt, um die verbliebene Schicht **30d** zu entfernen. Das heißt, wie in **Fig. 3A** veranschaulicht werden die Oberflächen der konvexen Abschnitte des Films **30a**, zu dem das Muster übertragen wurde, geätzt und wird auch die verbliebene Schicht **30d** geätzt, wodurch der organische Resistfilm **20** zwischen den konvexen Abschnitten freigelegt wird.

**[0036]** Wenn das Resist nun einen einschichtigen Aufbau aufweisen würde, würde die unter der verbliebenen Schicht **30d** angeordnete n-Typ-Halbleiterschicht **13** bei der Entfernung der verbliebenen Schicht **30d** dem Plasma, das Sauerstoff und Fluor enthält, ausgesetzt werden. Im Gegensatz dazu ist bei der vorliegenden Ausführungsform der siliziumhaltige Resistfilm **30** auf den organischen Resistfilm **20** geschichtet. Dadurch wird die n-Typ-Halbleiterschicht **13** bei der Entfernung der verbliebenen Schicht **30d** dem Plasma nicht ausgesetzt. Dies unterdrückt Veränderungen der Eigenschaften der n-Typ-Halbleiterschicht **13**.

**[0037]** Als nächstes wird das Vorprodukt, von dem die verbliebene Schicht **30d** entfernt wurde, in eine Trockenätzvorrichtung befördert, die ein Gaszufuhrsystem umfasst, das ein sauerstoffhaltiges Gas liefert. Dann wird wie in **Fig. 3B** veranschaulicht der Film **30a**, zu dem das Muster übertragen wurde und von dem die verbliebene Schicht **30d** entfernt wurde, einem sauerstoffhaltigen Plasma ausgesetzt, um einen Siliziumoxidfilm **30c** zu bilden.

**[0038]** Nachdem der Siliziumoxidfilm **30c** auf diese Weise auf dem Vorprodukt gebildet wurde, wird das Vorprodukt in eine Trockenätzvorrichtung befördert, die ein Gaszufuhrsystem umfasst, das ein Sauerstoffgas und ein Verdünnungsgas wie etwa Argon liefert. In der Trockenätzvorrichtung wird eine Plasmaquelle betrieben, um ein sauerstoffhaltiges Plasma zu er-

zeugen, und der organische Resistfilm **20** wird über den Film **30a**, zu dem das Muster übertragen wurde, trocken geätzt. Als Ergebnis wird der organische Resistfilm **20** wie in **Fig. 3C** veranschaulicht so gemustert, dass ein Musterbildungsfilm **20b** gemäß dem Siliziumoxidfilm **30c** gebildet wird. Der Siliziumoxidfilm **30c** und der Musterbildungsfilm **20a** bilden ein zweischichtiges Resist **40**. Aufgrund der hohen Vertikalität der konkaven Abschnitte des Siliziumoxidfilms **30c** weisen auch die konkaven Abschnitte, die in den organischen Resistfilm **20** gebildet sind, eine hohe Vertikalität auf.

**[0039]** Nachdem das zweischichtige Resist **40** auf dem Vorprodukt gebildet wurde, wird das Vorprodukt in eine Trockenätzvorrichtung befördert, die ein Gaszufuhrsystem umfasst, das ein chlorhaltiges Gas liefert. Eine Plasmaquelle wird betrieben, um ein chlorhaltiges Plasma zu erzeugen, und die n-Typ-Halbleiterschicht **13** wird wie in **Fig. 3D** veranschaulicht geätzt, um konkave Abschnitte H1 zu bilden. Das chlorhaltige Gas enthält Cl<sub>2</sub>, BCl<sub>3</sub> oder dergleichen.

**[0040]** Das zweischichtige Resist **40** ist verglichen mit einem nur als Siliziumoxid gebildeten Resist dick. Die Tiefe des konkaven Abschnitts, der durch Trockenätzen gebildet wird, unterscheidet sich zusätzlich zu der Selektivität in Bezug auf den Resistfilm auch abhängig von der Dicke des Resistfilms. Daher kann ein konkaver Abschnitt mit einem hohen Aspektverhältnis selbst dann gebildet werden, wenn die n-Typ-Halbleiterschicht **143** aus einem Material gebildet ist, das eine geringe Selektivität in Bezug auf den Resistfilm aufweist. Ferner kann aufgrund der hohen Vertikalität der konkaven Abschnitte des zweischichtigen Resists **40** die Vertikalität der in der n-Typ-Halbleiterschicht **13** gebildeten konkaven Abschnitte verbessert werden.

**[0041]** Ferner kann die Selektivität von GaN in Bezug auf die Maske erhöht werden, wenn ein chlorhaltiges Gas als Ätzgas verwendet wird. Daher kann durch Verwenden eines Ätzgases, das eine hohe Selektivität bereitstellt, während das zweischichtige Resist **40** mit einer großen Filmdicke verwendet wird, das Aspektverhältnis der konkaven Abschnitte H1 erhöht werden.

**[0042]** Nachdem die n-Typ-Halbleiterschicht **13** gemustert wurde, wird das Vorprodukt wie in **Fig. 3E** veranschaulicht in eine Trockenätzvorrichtung befördert, die ein Gaszufuhrsystem aufweist, das ein sauerstoffhaltiges Gas und ein fluorhaltiges Gas liefert, um den Musterbildungsfilm **20a** und den Siliziumoxidfilm **30c** zu beseitigen. Als Ergebnis wird in der n-Typ-Halbleiterschicht **13** eine feine konkav-konvexe Struktur AS gebildet, die konkave Abschnitte H1 und konvexe Abschnitte umfasst, welche im Wesentlichen mit den gleichen Abständen gebildet sind.

**[0043]** Nachdem die feine konkav-konvexe Struktur AS in der n-Typ-Halbleiterschicht **13** gebildet wurde, werden die MQW-Schicht **14** und die p-Typ-Halbleiterschicht **15** epitaktisch auf der n-Typ-Halbleiterschicht **13** gezüchtet, zum Beispiel durch ein MOCVD-Verfahren, wodurch ein geschichteter Körper **10** gebildet wird.

**[0044]** Nun wird ein Beispiel für die Leuchtvorrichtung, die den geschichteten Körper umfasst, beschrieben werden. Wie in **Fig. 4** veranschaulicht umfasst eine Leuchtvorrichtung **50** den oben beschriebenen geschichteten Körper **10**, eine transparente Elektrodenschicht **16**, eine Anschlusselektrode **17** vom p-Typ, eine Anschlusselektrode **18** vom n-Typ und eine Isolierschicht **19**, die auf die Lichtausstrahlungsseite geschichtet ist. Diese Schichten werden zum Beispiel durch das MOCVD-Verfahren gebildet.

**[0045]** Die Anschlusselektrode **18** vom n-Typ ist auf einer oberen Fläche der n-Typ-Halbleiterschicht **13**, die durch Entfernen der MQW-Schicht **14**, der p-Typ-Halbleiterschicht **15** und der durchsichtigen Elektrodenschicht **16** freigelegt wurde, gebildet. Die Anschlusselektrode **17** vom p-Typ ist auf einer oberen Fläche der durchsichtigen Elektrodenschicht **16** gebildet. Die Isolierschicht **19** ist aus Siliziumoxid oder dergleichen gebildet und ist auf einem Teil der durchsichtigen Elektrodenschicht **16** und einem Teil der n-Typ-Halbleiterschicht **13** gebildet.

**[0046]** Die erste Ausführungsform weist die nachstehend beschriebenen Vorteile auf.

(1) Bei der ersten Ausführungsform ist die feine konkav-konvexe Struktur AS durch Schichten des siliziumhaltigen Resistfilms **30** auf den organischen Resistfilm **20**, Mustern des siliziumhaltigen Resistfilms **30** durch den Nano-Prägeprozess und Bilden des zweischichtigen Resistfilms **40** durch Trockenätzen des organischen Resistfilms **20** in der n-Typ-Halbleiterschicht **13** gebildet. Wenn unter Verwendung des Nano-Prägeprozesses ein einschichtiges Resist gebildet wird, ist die Filmdicke des Resistfilms beschränkt, um die Formtrennung der Mutterform sicherzustellen. Doch durch Bilden des zweischichtigen Resists **40** unter Verwendung eines Trockenätzens kann die Filmdicke des Resists erhöht werden. Daher können die konkaven Abschnitte H1 mit einem hohen Aspektverhältnis über das zweischichtige Resist **40** in der n-Typ-Halbleiterschicht **13** gebildet werden. Ferner ist ein Resistfilm (**30c**), der aus Siliziumoxid gebildet ist, als die obere Schicht des zweischichtigen Resists **40** ausgeführt. Dies verbessert die Selektivität der n-Typ-Halbleiterschicht **13** in Bezug auf den Resistfilm.

(2) Bei der ersten Ausführungsform wird die durch den Nano-Prägeprozess gebildete verbliebene Schicht **30d** unter Verwendung eines Plasmas, das Sauerstoff und Fluor enthält, entfernt, be-

vor der organische Resistfilm **20** trocken geätzt wird. Wenn ein einschichtiges Resist auf die n-Typ-Halbleiterschicht **13** geschichtet ist, ist die n-Typ-Halbleiterschicht **13** dem Plasma nach der Entfernung der verbliebenen Schicht **30d** ausgesetzt. Doch bei dem obigen Verfahren wird die n-Typ-Halbleiterschicht **13** dem Plasma nicht ausgesetzt, da die n-Typ-Halbleiterschicht **13** durch den organischen Resistfilm **20** geschützt wird. Daher werden Veränderungen der Eigenschaften aufgrund einer Einwirkung des Plasmas auf die n-Typ-Halbleiterschicht **13** unterdrückt.

(3) Bei der ersten Ausführungsform wird die n-Typ-Halbleiterschicht **13**, die durch eine Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterschicht gebildet ist, mit einem chlorhaltigen Plasma geätzt. Dies verbessert die Selektivität in Bezug auf das zweischichtige Resist **40** weiter.

**[0047]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 5** und **Fig. 6** wird nun ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschreiben werden, das auf das Verfahren zur Herstellung einer Leuchtvorrichtung angewendet wird. Bei der zweiten Ausführungsform unterscheiden sich das Element, in dem die feine konkav-konvexe Struktur AS gebildet wird, und das Herstellungsverfahren von jenen bei der ersten Ausführungsform. Auf ausführliche Beschreibungen im Hinblick auf gleiche Elemente wird verzichtet.

**[0048]** Bei der zweiten Ausführungsform wird eine feine konkav-konvexe Struktur AS in einem Substrat **11** gebildet, das aus Saphir gebildet ist. Im Besonderen entspricht das Substrat **11** einer Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen-Struktur bei der zweiten Ausführungsform. Zuerst wird wie in **Fig. 5A** veranschaulicht das zweischichtige Resist **40** auf einer Fläche des Substrats **11** gebildet. Die Schritte zur Bildung des zweischichtigen Substrats **40** sind jenen bei der ersten Ausführungsform ähnlich und umfassen die Schritte des Bildens des organischen Resistfilms **20** auf dem Substrat **11**, des Bildens des siliziumhaltigen Resistfilms **30**, des Durchführens des Nano-Prägeprozesses, des Entferns der verbliebenen Schicht, des Oxidierens des siliziumhaltigen Resistfilms **30** und des Trockenätzens des organischen Resistfilms.

**[0049]** Nachdem das zweischichtige Resist **40** auf dem Substrat **11** gebildet wurde, wird das Substrat **11** in eine Trockenätzvorrichtung befördert, die ein Gaszufuhrsystem umfasst, das ein chlorhaltiges Gas liefert, und werden wie in **Fig. 5B** veranschaulicht durch Trockenätzen des Substrats **11** konkave Abschnitte H2 gebildet. Daher kann durch Verwenden des zweischichtigen Resists **40**, das eine große Filmdicke aufweist, selbst bei Verwendung von Saphir, der zu einer geringeren Selektivität in Bezug auf den Resistfilm als jener von Gruppe-III-V-Halbleiterverbindungen neigt,

das Aspektverhältnis der konkaven Abschnitte H2 erhöht werden.

**[0050]** Nachdem das Substrat **11** gemustert wurde, wird das Vorprodukt wie in **Fig. 5C** veranschaulicht in eine Ätzvorrichtung befördert, die ein Gaszufuhrsystem umfasst, das ein sauerstoffhaltiges Gas und ein fluorhaltiges Gas liefert, um den Musterbildungsfilm **20a** und den Siliziumoxidfilm **30c** zu entfernen. Als Ergebnis wird in dem Substrat **11** die feine konkav-konvexe Struktur AS gebildet, die konkave Abschnitte H2 und konvexe Abschnitte umfasst, welche im Wesentlichen mit den gleichen Abständen gebildet sind.

**[0051]** Nachdem die feine konkav-konvexe Struktur AS in dem Substrat **11** gebildet wurde, werden die Pufferschicht **12**, die n-Typ-Halbleiterschicht **13**, die MQW-Schicht **14** und die p-Typ-Halbleiterschicht **15** auf dem Substrat **11** gebildet, zum Beispiel durch das MOCVD-Verfahren, wodurch ein geschichteter Körper **10** gebildet wird.

**[0052]** Nun wird ein Beispiel für die Leuchtvorrichtung, die den geschichteten Körper umfasst, beschrieben werden. Während der Aufbau der Leuchtvorrichtung **50** jenem bei der ersten Ausführungsform ähnlich ist, ist die feine konkav-konvexe Struktur AS wie in **Fig. 6** veranschaulicht in dem aus Saphir gebildeten Substrat **11** gebildet. Daher wird eine Lichtausbreitung in der Hauptfläche des Substrats **11** unterdrückt, so dass die Lichtausstrahlungsrichtung senkrecht zu der Hauptfläche des Substrats **11** verläuft. Dies verbessert die Lichtauskopplungseffizienz.

**[0053]** Zusätzlich zu den Vorteilen der ersten Ausführungsform weist die zweite Ausführungsform die nachstehend beschriebenen Vorteile auf.

(4) Bei der zweiten Ausführungsform wird das aus Saphir gebildete Substrat **11** über das zweischichtige Resist **40** mit einem chlorhaltigen Plasma geätzt. Daher kann der konkave Abschnitt H2 mit einem hohen Aspektverhältnis selbst dann gebildet werden, wenn Saphir verwendet wird, der eine geringere Selektivität als jene von Gruppe-III-V-Nitrid-Halbleitern aufweist. Ferner kann durch Verwenden des chlorhaltigen Gases die Selektivität in Bezug auf den Resistfilm verbessert werden.

**[0054]** Die oben beschriebenen Ausführungsformen können auf die folgende Weise abgewandelt werden: Bei den obigen Ausführungsformen ist die feine konkav-konvexe Struktur AS in der n-Typ-Halbleiterschicht **13** oder dem Substrat **11** gebildet. Doch die feine konkav-konvexe Struktur AS kann wie in **Fig. 7** veranschaulicht auch in der transparenten Elektrodenschicht **16** gebildet werden. In diesem Fall wird das zweischichtige Resist **40** auf die gleiche Weise wie bei der ersten Ausführungsform auf der transparenten Elektrodenschicht **16** gebildet und wird die transparente Elektrodenschicht **16** über das zwei-

schichtige Resist **40** trocken geätzt. Bei der in **Fig. 7** veranschaulichten Ausführungsform entspricht die transparente Elektrodenschicht **16** einer Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur.

**[0055]** Bei den obigen Ausführungsformen ist die feine konkav-konvexe Struktur AS in der n-Typ-Halbleiterschicht **13** oder dem Substrat **11** gebildet. Doch die feine konkav-konvexe Struktur AS kann auch in einer anderen Schicht gebildet werden. Zum Beispiel kann die feine konkav-konvexe Struktur AS in der MQW-Schicht **14** gebildet werden. In diesem Fall wird die MQW-Schicht **14** zuerst unter Verwendung einer Filmbildungsvorrichtung gebildet und dann aus der Vorrichtung entnommen und danach die feine konkav-konvexe Struktur AS durch das oben beschriebene Verfahren in der MQW-Schicht **14** gebildet. Alternativ kann die feine konkav-konvexe Struktur AS in der p-Typ-Halbleiterschicht **15** gebildet werden. In diesem Fall wird die p-Typ-Halbleiterschicht **15** zuerst unter Verwendung einer Filmbildungsvorrichtung gebildet und dann aus der Vorrichtung entnommen und danach die feine konkav-konvexe Struktur AS durch das oben beschriebene Verfahren in der p-Typ-Halbleiterschicht **15** gebildet. Ferner kann die feine konkav-konvexe Struktur AS nicht nur in einer einzelnen Schicht, sondern auch in mehreren Schichten gebildet werden. Zum Beispiel kann die feine konkav-konvexe Struktur AS in einer Tiefe von der p-Typ-Halbleiterschicht **15** durch die MQW-Schicht **14** zu der n-Typ-Halbleiterschicht **13** ausgeführt werden. In diesem Fall werden die n-Typ-Halbleiterschicht **13**, die MQW-Schicht **14** und die p-Typ-Halbleiterschicht **15** zuerst unter Verwendung einer Filmbildungsvorrichtung gebildet, und werden dann die konkaven Abschnitte der feinen konkav-konvexen Struktur AS durch das oben beschriebene Verfahren tief in der n-Typ-Halbleiterschicht **13**, der MQW-Schicht **14** und der p-Typ-Halbleiterschicht **15** gebildet. Bei diesem Aufbau ist die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur durch mehrere Schichten (**13**, **14** und **15**) gebildet.

**[0056]** Obwohl bei den obigen Ausführungsformen unter Verwendung des Herstellungsverfahrens der vorliegenden Erfindung konkave Abschnitte H1 und H2 mit einem hohen Aspektverhältnis gebildet werden, können unter Verwendung des Herstellungsverfahrens der vorliegenden Erfindung konkave Abschnitte H1 und H2 mit einem verhältnismäßig kleinen Aspektverhältnis gebildet werden. Im Besonderen wird unter Verringerung der Dicke des siliziumhaltigen Resistfilms **30** bis zu einem solchen Ausmaß, dass eine gute konkav-konvexe Form des übertragenen Musters bereitgestellt wird, der organische Resistfilm **20** vermehrt, damit die Dicke des zweischichtigen Resists **40** gewährleistet wird. Auch in diesem Fall wird die Vertikalität der konkaven Abschnitte der feinen konkav-konvexen Struktur AS verbessert und

wird eine konkav-konvexe Struktur mit einem hohen Aspektverhältnis gebildet.

**[0057]** Bei den obigen Ausführungsformen ist eine Leuchtvorrichtung, die ein Beispiel für eine Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung ist, als transmissive Leuchtvorrichtung ausgeführt. Doch die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung kann auch als reflektive Leuchtvorrichtung ausgeführt sein. Zum Beispiel kann auch ein Aufbau eingesetzt werden, bei dem an der Rückseite des Substrats **11**, bei der es sich um eine Seite handelt, die zu der Fläche, an der die Pufferschicht **12** gebildet ist, entgegengesetzt ist, eine aus Silber oder dergleichen gebildete Reflexionsschicht und eine Isolierschicht bereitgestellt sind, wobei das Licht, das von der MQW-Schicht **14** ausgestrahlt wird, durch die Reflexionsschicht zu der Seite der Isolierschicht, die eine Lichtauskopplungsfläche ist, reflektiert wird.

**[0058]** Bei den obigen Ausführungsformen wird das Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung als Verfahren zur Herstellung einer Leuchtvorrichtung ausgeführt. Doch das Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung ist nicht darauf beschränkt und kann auf ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung wie etwa einer Siliziumvorrichtung, die mit einer Silizium-Durchgangselektrode versehen ist, angewendet werden, und kann insbesondere auf den Schritt der Bildung der Silizium-Durchgangselektrode angewendet werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung mit einer konkav-konvexen Struktur, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Bilden eines organischen Resistfilms auf einer Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur, in der eine konkav-konvexe Struktur gebildet werden soll;
- Bilden eines siliziumhaltigen Resistfilms auf dem organischen Resistfilm;
- Mustern des siliziumhaltigen Resistfilms durch Nanoprägen;
- Oxidieren des siliziumhaltigen Resistfilms mit einem sauerstoffhaltigen Plasma, um einen Siliziumoxidfilm zu bilden;
- Trockenätzen des organischen Resistfilms unter Verwendung des Siliziumoxidfilms als Ätzmaske,
- Trockenätzen der Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur unter Verwendung des Siliziumoxidfilms und des organischen Resistfilms als Ätzmasken; und
- Entfernen des Siliziumoxidfilms und des organischen Resistfilms.

2. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner aufweisend einen Schritt

des Entferns der verbliebenen Schicht, die in einem durch das Nanoprägen gebildeten konkaven Abschnitt zurückgeblieben ist, mit Plasma, das Sauerstoff und Fluor enthält, vor dem Schritt des Trockenätzens des organischen Resistfilms.

3. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei

- die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter gebildet ist, und
- die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur mit einem chlorhaltigen Plasma geätzt wird.

4. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei

- die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur aus Saphir gebildet ist, und
- die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur mit einem chlorhaltigen Plasma geätzt wird.

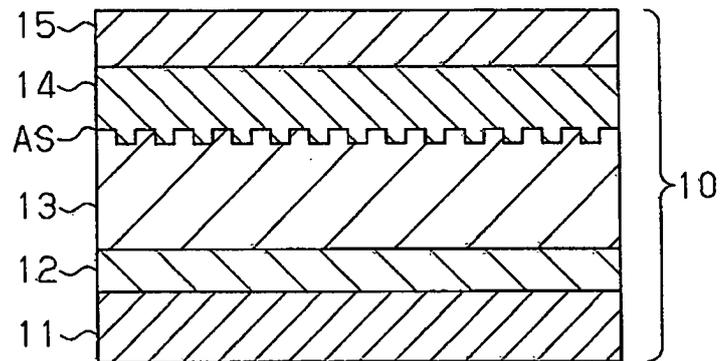
5. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei

- die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur durch mehrere Schichten gebildet ist, und
- die Schicht zur Bildung einer konkav-konvexen Struktur mit einem chlorhaltigen Plasma geätzt wird.

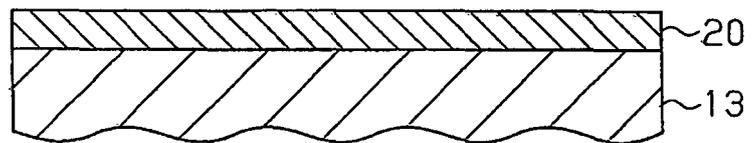
Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

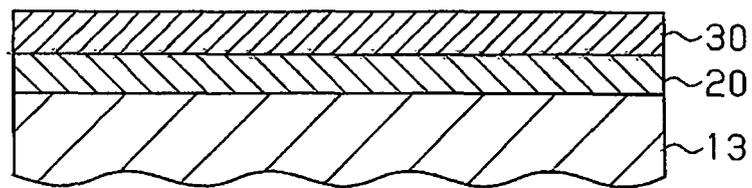
**Fig. 1**



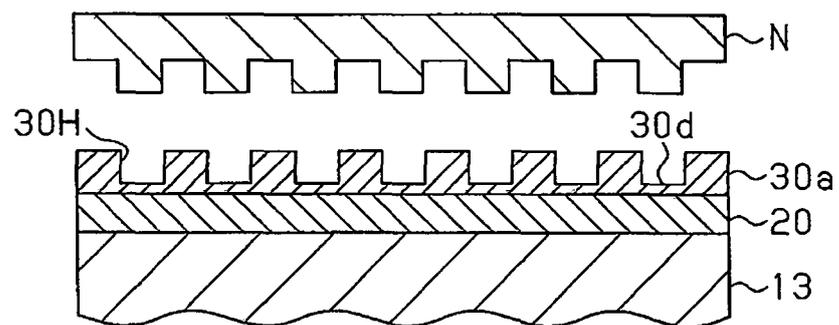
**Fig.2A**



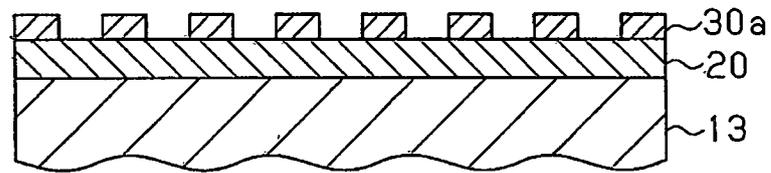
**Fig.2B**



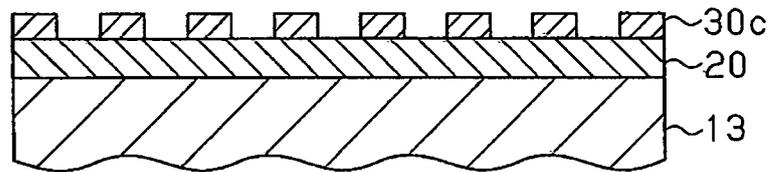
**Fig.2C**



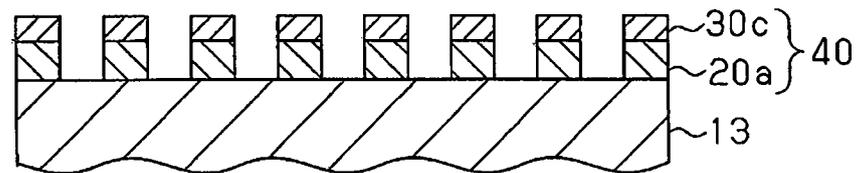
**Fig.3A**



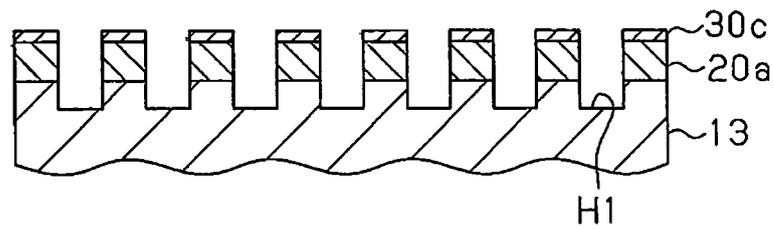
**Fig.3B**



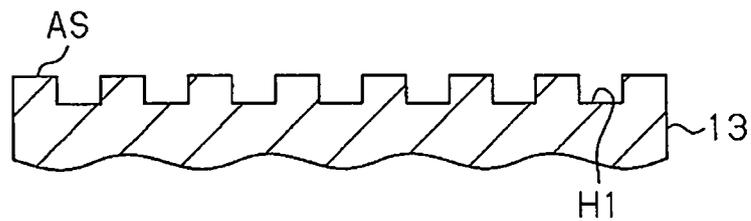
**Fig.3C**



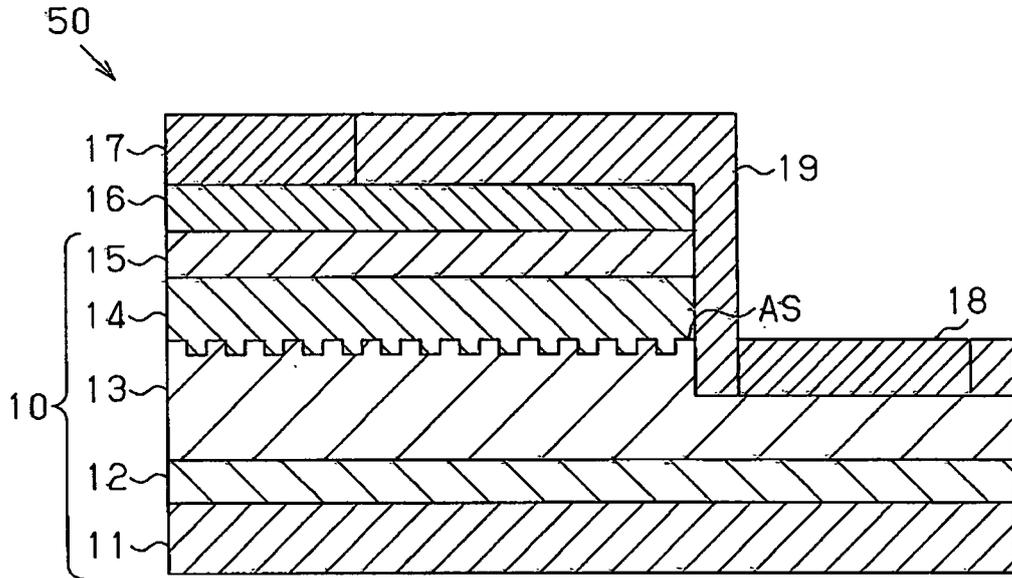
**Fig.3D**



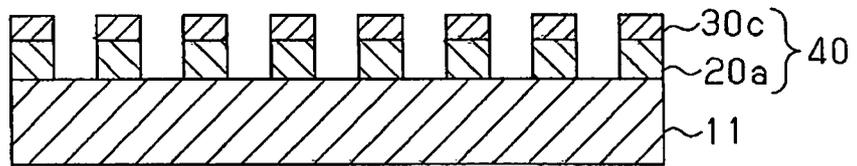
**Fig.3E**



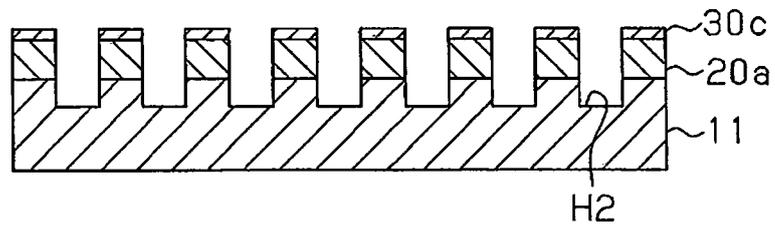
**Fig.4**



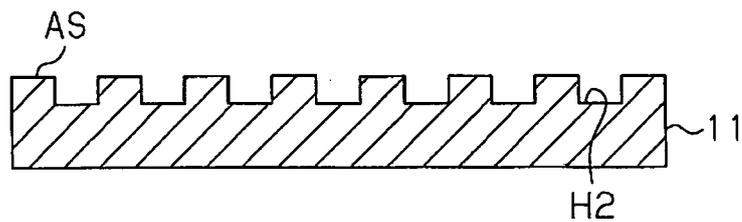
**Fig.5A**



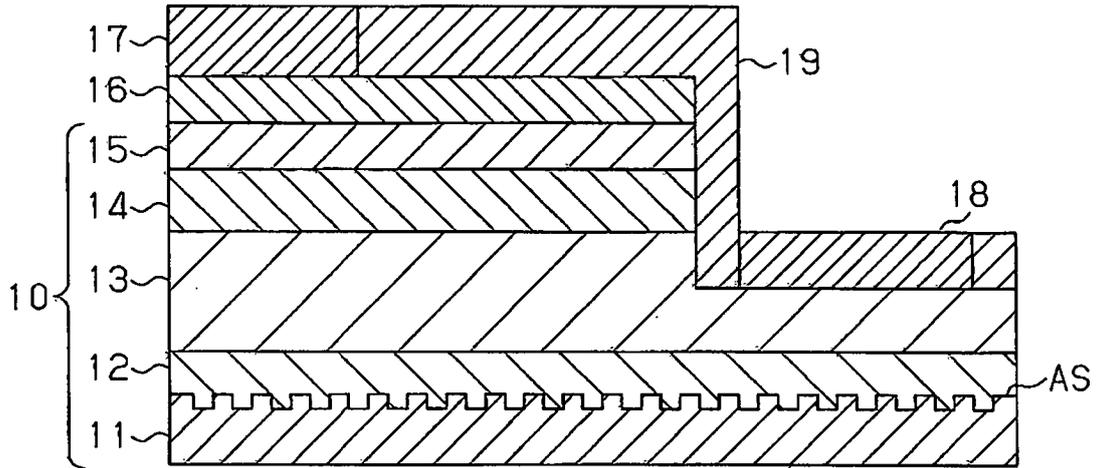
**Fig.5B**



**Fig.5C**



**Fig.6**



**Fig.7**

