



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 15 898 B4** 2008.04.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 15 898.3**
(22) Anmeldetag: **08.04.1999**
(43) Offenlegungstag: **17.02.2000**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.04.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G02F 1/025** (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
10-224241 07.08.1998 JP

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP

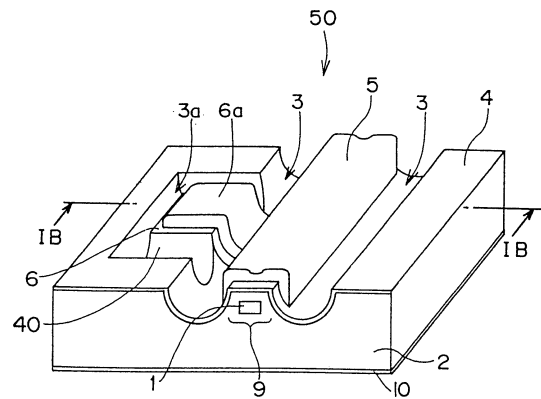
(74) Vertreter:
**WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising**

(72) Erfinder:
**Tada, Hitoshi, Tokio/Tokyo, JP; Kadowaki,
Tomoko, Tokio/Tokyo, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
EP 06 62 627 A1
**J. Lightwave Techn. Vol. LT-4, No.10, (1986), pp.
1445-0453;**

(54) Bezeichnung: **Lichtmodulator und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Hauptanspruch: Lichtmodulator mit:
einem Halbleitersubstrat (2) mit einer Rückseitenoberfläche, die mit einer Rückseitenoberflächenelektrode (10) versehen ist;
einem Mesaabschnitt (9) einer vorbestimmten Breite, welcher auf dem Halbleitersubstrat (2) gebildet ist, wobei der Mesaabschnitt (9) eine laminierte Schichtstruktur mit einer Lichtabsorptionsschicht (1) enthält;
einem Bondinselbildungsabschnitt (6), der auf dem Halbleitersubstrat (2) an einem Ort benachbart dem Mesaabschnitt (9) gebildet ist;
einer Isolierungsschicht (40, 4), welche auf dem Halbleitersubstrat (2) gebildet ist, um den Mesaabschnitt (9) und den Bondinselbildungsabschnitt (6) kontinuierlich zu bedecken, wobei ein Teil der Isolierungsschicht (40, 4) unmittelbar über dem Mesaabschnitt (9) eine darin definierte Öffnung besitzt; und
einer Elektrode (6a), die über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) gebildet ist und mit dem Mesaabschnitt (9) über die Öffnung elektrisch verbunden ist, wobei ein Teil (40) der Isolierungsschicht (40, 4) unmittelbar über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) eine Schichtdicke aufweist, die größer als diejenige des verbleibenden Teils (4) der Isolierungsschicht...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf einen Lichtmodulator zur Modulierung eines Laserstrahls und im besonderen auf einen Hochgeschwindigkeitslichtmodulator einer Art, welche in einem optischen Hochgeschwindigkeitsfaserkommunikationssystem verwendet wird. Die vorliegende Erfindung bezieht sich ebenfalls auf ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Lichtmodulators.

[0002] In dem optischen Hochgeschwindigkeitsfaserkommunikationssystem wird ein erheblicher Betrag von Daten unter Verwendung von Halbleiterlaserstrahlen und optischen Fasern übertragen. Es werden daher Laserstrahlen benötigt, welche mit einer hohen Geschwindigkeit moduliert werden können. Mit einem herkömmlichen direkten Modulationssystem, bei welchem der in einen Einmodenhalbleiterlaser injizierte elektrische Strom moduliert wird, um den modulierten Ausgangslaserstrahl bereitzustellen, ist eine Änderung der Wellenlänge, die sich aus einer Änderung der Dichte der injizierten Ladungsträger ergibt (d.h. Wellenlängen chirpen), derart grundlegend, dass das herkömmliche direkte Modulationssystem nicht bei einer Hochgeschwindigkeitsmodulation von 10Gbps oder mehr verwendet werden kann.

[0003] Im Hinblick auf die obigen Ausführungen ist als Alternative zu dem direkten Modulationssystem ein externes Modulationssystem für Betroffene zum Anziehungspunkt geworden, wobei ein Lichtmodulator, welcher ein geringes Chirpen aufweist und außerhalb von einem Halbleiterlaser angeordnet ist, zur Modulierung des Laserstrahls verwendet wird, während der dem Halbleiterlaser injizierte Strom festgelegt ist. Die kombinierte Modulator- und Laseranordnung ist in [Fig. 7](#) mit dem Bezugszeichen **60** dargestellt, wobei ein Lichtmodulator, ein Einmodenhalbleiterlaser und ein Isolator, welcher den Lichtmodulator und den Halbleiterlaser voneinander trennt, integriert zusammen auf einem Halbleiterchip gebildet sind. Da keine Schaltung zwischen dem Modulator und dem Laser benötigt wird, besitzt die darin dargestellte kombinierte Modulator- und Laseranordnung **60** eine hohe praktische Verwendbarkeit und ist äußerst wichtig als Schlüsselvorrichtung für eine optische Faserkommunikation eines großen Betrags von Daten.

[0004] Der Lichtmodulator wird im folgenden beschrieben. Wie in [Fig. 8A](#) dargestellt enthält der Lichtmodulator **70** ein InP-Halbleitersubstrat **52**, auf welchem eine Halbleitermesaschicht **56** einer vorbestimmten Breite, welche eine Lichtabsorptionsschicht **51** enthält, und eine Halbleiterbondinselschicht **55** gebildet sind. Der dem Lichtmodulator **70** eingegebene Laserstrahl wird durch die Lichtabsorptionsschicht **51** moduliert. Insbesondere wird durch Anlegen einer

Spannung an die Bondinselektrode **55a** ein elektrisches Feld von einer Elektrode **54**, welche die Halbleitermesaschicht **56** bedeckt, der Lichtabsorptionsschicht **51** aufgebracht, und es wird durch Verschieben der Absorptionswellenlänge der Lichtabsorptionsschicht **51** der eingegebene Laserstrahl moduliert.

[0005] Wie in [Fig. 8B](#) dargestellt ist ein Graben **57** zwischen der Halbleitermesaschicht **56** und der Halbleiterbondinselschicht **55** zur Trennung der Halbleiterschichten **55** und **56** von anderen Halbleiterschichten gebildet. Die Oberflächen der Halbleitermesaschicht **56**, der Halbleiterbondinselschicht **55** und der Graben **57** sind mit einer zusammenhängenden Isolierungsschicht **53** bedeckt. Die Bondinselektrode **55a** und die Elektrode **54** sind durch eine metallische Schicht gebildet, welche die Isolierungsschicht **53** kontinuierlich bedeckt, während die Elektrode **54** in einem ohmschen Kontakt mit der Halbleitermesaschicht **56** durch eine in der Isolierungsschicht **53** definierte Öffnung gehalten wird.

[0006] Das herkömmliche Verfahren zur Herstellung des herkömmlichen Lichtmodulators ist in [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9C](#) dargestellt. Entsprechend [Fig. 9A](#) lässt man eine vorbestimmte kristalline Schicht auf dem InP-Substrat **52** epitaxial aufwachsen, um die Halbleitermesaschicht **56** der vorbestimmten Breite einschließlich der Lichtabsorptionsschicht **51**, des Grabens **57** und der Halbleiterbondinselschicht **55** zu bilden. Danach wird wie in [Fig. 9B](#) dargestellt die Isolierungsschicht **53** aus SiO₂ mit einer Schichtdicke von etwa 400 nm (4000 Å) derart gebildet, dass die gesamte Oberfläche des InP-Substrats **52** bedeckt wird. Nachdem ein Fenster für den ohmschen Kontakt in einer oberen Oberfläche der Halbleitermesaschicht **54** einschließlich der Lichtabsorptionsschicht **51** gebildet worden ist, wird die metallische Schicht an einem vorbestimmten Ort wie in [Fig. 9C](#) dargestellt gebildet, um die Bondinselektrode **55a** und die Elektrode **54** fertigzustellen.

[0007] Bezüglich des Lichtmodulators, welcher für eine Hochgeschwindigkeitsmodulation verwendet wird, ist es nötig, die statische Kapazität (hiernach als "parasitäre statische Kapazität" bezeichnet) zu verringern, welche zwischen den Oberflächenelektroden (der Bondinselektrode **55a** und der Elektrode **54**) und einer Rückseienelektrode gebildet wird. Die parasitäre statische Kapazität des Lichtmodulators wird durch die Summe der parasitären statischen Kapazität der Messschicht **56** zuzüglich der parasitären statischen Kapazität der Bondinselschicht **55** ausgedrückt. Zur Reduzierung der parasitären statischen Kapazität des Lichtmodulators sind in jüngster Vergangenheit Versuche durchgeführt worden, den Oberflächenbereich der Messschicht **54** und der Bondinselschicht **55** durch Bilden des Grabens **57** dazwischen zu minimieren.

[0008] Es wurde jedoch herausgefunden, dass bezüglich des Chirpens von Licht, welches sich durch die Lichtabsorptionsschicht **51** fortpflanzt, die Breite der Messschicht **56** lediglich auf eine bestimmte beschränkte Dimension verringert werden kann. Was den Bondoberflächenbereich der Bondverdrahtung anbelangt, wird die Größe der Bondinselschicht **55** auf etwa $50 \times 50 \mu\text{m}$ begrenzt. Somit ist die Annäherung zur Verringerung des Oberflächenbereichs der Messschicht **56** und der Bondinselschicht **55** in einem Versuch zur Verringerung der parasitären statischen Kapazität beschränkt, und daher ist es schwierig, eine hinreichende Hochgeschwindigkeitsmodulationscharakteristik zu erzielen.

[0009] Die EP 0 662 627 A1 offenbart einen Lichtmodulator mit einem Halbleitersubstrat, einem Messabschnitt, einem Bondinselbildungsabschnitt und einer Isolierungsschicht nach dem Anspruch 1 der vorliegenden Erfindung. Der Lichtmodulator weist ferner eine Elektrode auf, die über dem Bondinselbildungsabschnitt gebildet ist und über eine Öffnung elektrisch mit dem Messabschnitt verbunden ist. Bei dem hierin offenbarten Lichtmodulator kann durch eine spezielle Anordnung unterschiedlicher Schichten um eine Lichtabsorptionsschicht u.a. das Extinktionsverhältnis ER des Modulators verbessert werden. In der Druckschrift wird ebenso eine Methode zur Verringerung der Kapazität des Lichtmodulators offenbart. Hierbei wird die Kapazität von Abschnitten, die Teil einer Einbettungsschicht um den Messabschnitt des Modulators herum sind, gesenkt. Die parasitäre statische Kapazität zwischen der Bondinselelektrode und der Rückseitelektrode, die einem Summand der gesamten parasitären statischen Kapazität des Modulators entspricht, wird bei diesem Modulator jedoch nicht verringert.

[0010] Ein Lichtmodulator, der einen Lichtstrahl durch wechselnde Absorption moduliert, wird von Y. Noda, M. Suzuki, Y. Kushiro, S. Akiba in ihrer Veröffentlichung "High-speed electroabsorption modulator with striploaded GaInAsP planar waveguide", J. Lightwave Techn. Vol. LT-4, Nr. 10, Seiten 1445–1453, 1986, offenbart.

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die oben beschriebenen Schwierigkeiten zu beseitigen und insbesondere einen verbesserten Lichtmodulator zu schaffen, welcher zur Erzielung einer Hochgeschwindigkeitslichtmodulation geeignet ist, wobei die parasitäre statische Kapazität reduziert ist, und ebenfalls ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines derartigen Lichtmodulators zu schaffen.

[0012] Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der nebengeordneten unabhängigen Ansprüche.

[0013] Der Lichtmodulator der vorliegenden Erfindung ist derart gestaltet, dass die parasitäre statische Kapazität des Bondinselabschnitts verringert worden ist, um die oben erörterten Schwierigkeiten grundlegend aufzuheben, und es wird daher eine Hochgeschwindigkeitsmodulation erzielt. Insbesondere enthält der Lichtmodulator der vorliegenden Erfindung ein Halbleitersubstrat, welches erste und zweite einander gegenüberliegende Oberflächen aufweist, wobei eine Rückseitenoberflächelektrode auf der zweiten Oberfläche davon gebildet ist. Ein Mesaabschnitt mit einer vorbestimmten Breite, welcher auf eine Halbleiterschicht einschließlich einer Lichtabsorptionsschicht geschichtet ist, und ein Bondinselbildungsabschnitt benachbart dem Mesaabschnitt sind auf dem Halbleitersubstrat gebildet. Eine Isolierungsschicht ist kontinuierlich von dem Mesaabschnitt bis zu dem Bondinselabschnitt mit einer Öffnung gebildet, welche in einem Teil der Isolierungsschicht über dem Mesaabschnitt definiert ist, und eine Elektrode, welche eine obere Oberfläche des Messabschnitts durch die Öffnung kontaktiert und sich zu dem Bondinselbildungsabschnitt erstreckt, ist über der Isolierungsschicht gebildet. Entsprechend der vorliegenden Erfindung ist der Lichtmodulator derart beschaffen, dass ein Teil der Isolierungsschicht des Bondinselbildungsabschnitts eine Dicke besitzt, die größer als der verbleibende Teil der Isolierungsschicht ist, um die parasitäre statische Kapazität des Bondinselabschnitts zu verringern.

[0014] Der Teil der Isolierungsschicht unmittelbar über dem Bondinselbildungsabschnitt enthält eine Vielschichtstruktur, welche wenigstens Isolierungsschichten enthält, die übereinander geschichtet sind. Der verbleibende Teil der Isolierungsschicht enthält eine Einfach- oder eine Vielfachschichtstruktur, welche Isolierungsschichten enthält, wobei die Zahl der Isolierungsschichten kleiner als diejenige des Bondinselbildungsabschnitts ist.

[0015] Die Isolierungsschichten sind zwei Isolierungsschichten, wobei eine der zwei Isolierungsschichten aus SiO_2 und die andere aus SiN gebildet ist.

[0016] Die obere Schicht der Isolierungsschicht des verbleibenden Teils der Isolierungsschicht ist dieselbe wie die zweite obere Schicht der Isolierungsschicht des Bondinselbildungsabschnitts.

[0017] Das erste Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der vorliegenden Erfindung ist derart geschaffen, dass die parasitäre statische Kapazität des Bondinselabschnitts verringert wird, um die oben erörterten Schwierigkeiten im Wesentlichen aufzuheben. Insbesondere wird dieses Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators verwendet, welcher ein Halbleitersubstrat, das erste und zweite gegenüberliegende Oberflächen mit einer auf der zweiten Ober-

fläche davon gebildeten Rückseitenoberflächenelektrode aufweist, wobei das Substrat mit einem Messabschnitt einer vorbestimmten Breite gebildet und mit einer Halbleiterschicht einschließlich einer Lichtabsorptionsschicht und einem Bondkontaktstellenbildungsabschnitt benachbart dem Messabschnitt beschichtet ist, eine Isolierungsschicht, welche kontinuierlich von dem Messabschnitt zu dem Bondinselabschnitt verläuft und mit einer Öffnung gebildet ist, die in einem Teil der Isolierungsschicht über dem Messabschnitt definiert ist, und eine einteilige Elektrode enthält, die über der Isolierungsschicht gebildet ist und eine obere Oberfläche des Messabschnitts durch die Öffnung kontaktiert, wobei die einteilige Elektrode eine Bondinselektrode bildet. Dieses erste Verfahren enthält die Schritte: Bilden einer primären Isolierungsschicht, welche kontinuierlich von dem Messabschnitt zu dem Bondinselbildungsabschnitt verläuft, Bilden einer Maske, um einen Teil der über dem Bondinselbildungsabschnitt gebildeten primären Isolierungsschicht zu bedecken, Ätzen der primären Isolierungsschicht zur Entfernung eines anderen Teils der primären Isolierungsschicht außer dem Teil der primären Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt, Entfernen der Maske, welche eine sekundäre Isolierungsschicht bildet, die von dem Teil der primären Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt und dem Messabschnitt verläuft, und Fertigstellen der Isolierung, wodurch der Teil der Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt eine größere Dicke besitzt als der verbleibende Teil der Isolierungsschicht zur Verringerung der parasitären statischen Kapazität des Bondinselabschnitts.

[0018] Das zweite Verfahren zur Herstellung des Modulators der vorliegenden Erfindung ist derart beschaffen, dass die parasitäre statische Kapazität des Bondinselabschnitts verringert worden ist, um die oben erörterten Schwierigkeiten im wesentlichen aufzuheben. Insbesondere wird das zweite Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators verwendet, welcher ein Halbleitersubstrat mit ersten und zweiten gegenüberliegenden Oberflächen und einer auf der zweiten Oberfläche davon gebildeten Rückseitenoberflächenelektrode, wobei das Substrat mit einem Messabschnitt in einer vorbestimmten Breite gebildet mit einer Halbleiterschicht einschließlich einer Lichtabsorptionsschicht und einem Bondinselbildungsabschnitt benachbart zu dem Messabschnitt gebildet ist, eine Isolierungsschicht, welche kontinuierlich von dem Messabschnitt zu dem Bondinselabschnitt verläuft und mit einer Öffnung gebildet ist, welche in einem Teil der Isolierungsschicht über dem Messabschnitt definiert ist, und eine einteilige Elektrode enthält, welche über der Isolierungsschicht gebildet ist und eine obere Oberfläche des Messabschnitts durch die Öffnung kontaktiert, wobei die einteilige Elektrode eine Bondinselektrode bildet. Dieses zweite Verfahren enthält die Schritte: Bilden einer pri-

mären Isolierungsschicht kontinuierlich von dem Messabschnitt zu dem Bondinselbildungsabschnitt, Bilden einer Maske zur Bedeckung eines Teils der primären Isolierungsschicht außer einem Teil der primären Isolierungsschicht, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt gebildet ist, Bilden einer sekundären Isolierungsschicht über der Maske und dem Teil der primären Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt, Entfernen der Maske zum Ermöglichen, dass der Teil der sekundären Isolierungsschicht über dem Bondinselabschnitt kontinuierlich zu dem Teil der primären Isolierungsschicht über dem Messabschnitt verläuft, wodurch die Isolierungsschicht fertiggestellt wird, so dass der Teil der Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt eine größere Dicke als diejenige des verbleibenden Teils der Isolierungsschicht aufweist, zur Reduzierung der parasitären statischen Kapazität des Bondinselabschnitts.

[0019] Das dritte Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der vorliegenden Erfindung ist derart beschaffen, dass die parasitäre statische Kapazität des Bondinselabschnitts reduziert wird, um die oben erörterten Schwierigkeiten im Wesentlichen aufzuheben. Insbesondere wird dieses dritte Verfahren zur Herstellung des Halbleitermodulators verwendet, welcher ein Halbleitersubstrat, welches gegenüberliegende erste und zweite Oberflächen mit einer auf der zweiten Oberfläche davon gebildeten Rückseitenoberflächenelektrode aufweist, wobei das Substrat mit einem Messabschnitt einer vorbestimmten Breite gebildet ist und mit einer Halbleiterschicht einschließlich einer Lichtabsorptionsschicht und einem Bondinselbildungsabschnitt benachbart zu dem Messabschnitt beschichtet ist, eine Isolierungsschicht, welche kontinuierlich von dem Messabschnitt zu dem Bondinselabschnitt und mit einer Öffnung gebildet ist, welche in einem Teil der Isolierungsschicht über dem Messabschnitt gebildet ist, und eine einteilige Elektrode enthält, die über der Isolierungsschicht gebildet ist und eine obere Oberfläche des Messabschnitts durch die Öffnung kontaktiert, wobei die einteilige Elektrode eine Bondinselektrode bildet. Das dritte Verfahren enthält die Schritte: Bilden einer primären Isolierungsschicht kontinuierlich von dem Messabschnitt zu dem Bondinselbildungsabschnitt, Bilden einer Maske zur Bedeckung eines Teils der primären Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt, Ätzen eines anderen Teils der primären Isolierungsschicht außer dem Teil der primären Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt auf eine vorbestimmte Dicke, Entfernen der Maske, so dass die Isolierungsschicht zurückbleibt, welche einen Dickschichtteil über dem Bondinselbildungsabschnitt und einen Dünnschichtteil über dem Messabschnitt aufweist, wobei der Dünnschicht- und Dickschichtteil zusammen kontinuierlich ausgebildet werden, und Fertigstellen der Isolierungsschicht, wodurch der Teil der Isolierungsschicht über dem Bondinselbil-

dungsabschnitt eine größere Dicke als der verbleibende Teil der Isolierungsschicht aufweist, wodurch die parasitäre statische Kapazität des Bondinselabschnitts verringert wird.

[0020] Der Schritt des Bildens der primären Isolierungsschicht des oben erörterten dritten Verfahrens der vorliegenden Erfindung kann die Schritte enthalten: Bilden einer Unterschicht-Isolierungsschicht kontinuierlich von dem Messabschnitt zu dem Bondinselbildungsabschnitt, Bilden einer Zwischenschicht-Isolierungsschicht über der Unterschicht-Isolierungsschicht aus einem Material, welches sich von demjenigen der Unterschicht-Isolierungsschicht unterscheidet, und Bilden einer Überschicht-Isolierungsschicht über der Zwischenschicht-Isolierungsschicht aus demselben Material wie demjenigen der Unterschicht-Isolierungsschicht. In einem derartigen Fall kann der Schritt des Ätzens durchgeführt werden zum selektiven Ätzen lediglich eines Teils der Oberschicht außer dem über dem Bondinselabschnitt gebildeten Teil und zum Fertigstellen der Isolierungsschicht.

[0021] Vorzugsweise wird in einem des ersten bis dritten Verfahrens die Isolierungsschicht aus SiO_2 oder SiN gebildet.

[0022] Bei der praktischen Anwendung des dritten Verfahrens wird eine der primären und sekundären Isolierungsschicht vorzugsweise aus SiO_2 gebildet, während die andere Schicht davon vorzugsweise aus SiN gebildet wird.

[0023] Ebenfalls wird bei der praktischen Verwendung eines der ersten bis dritten Verfahren der vorliegenden Erfindung die Isolierungsschicht vorzugsweise durch die Verwendung einer CVD-Technik, einer Zerstäubungstechnik oder einer Vakuumaufdampftechnik gebildet.

[0024] Die vorliegende Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert.

[0025] [Fig. 1A](#) zeigt eine bruchstückartige perspektivische Ansicht eines Lichtmodulators einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0026] [Fig. 1B](#) zeigt eine Querschnittsansicht entlang der Linie IB-IB von [Fig. 1A](#);

[0027] [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2D](#) zeigen jeweils Ansichten ähnlich denen von [Fig. 1B](#) und stellen ein Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar;

[0028] [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3D](#) zeigen jeweils Ansichten ähnlich derjenigen von [Fig. 1B](#) und stellen das modi-

fizierte Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar;

[0029] [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4D](#) zeigen jeweils Ansichten ähnlich derjenigen von [Fig. 1B](#) und stellen das weitere modifizierte Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar;

[0030] [Fig. 5A](#) zeigt eine bruchstückartige perspektivische Ansicht eines Lichtmodulators einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0031] [Fig. 5B](#) zeigt eine Querschnittsansicht entlang der Linie VB-VB von [Fig. 5A](#);

[0032] [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6D](#) zeigen jeweils Ansichten ähnlich derjenigen von [Fig. 5B](#) und stellen das Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar;

[0033] [Fig. 7](#) zeigt eine perspektivische Ansicht der kombinierten Modulator- und Laseranordnung nach dem Stand der Technik;

[0034] [Fig. 8A](#) zeigt eine perspektivische Ansicht des Modulators nach dem Stand der Technik;

[0035] [Fig. 8B](#) zeigt eine Querschnittsansicht entlang der Linie VIIIB-VIIIB von [Fig. 8A](#); und

[0036] [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9C](#) zeigen Ansichten ähnlich derjenigen von [Fig. 8B](#) und stellen ein Verfahren nach dem Stand der Technik zur Herstellung des Lichtmodulators nach dem Stand der Technik dar.

Erste Ausführungsform

[0037] Ein Lichtmodulator einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist mit Bezugszeichen **50** in [Fig. 1A](#) bis [Fig. 4D](#) dargestellt. Entsprechend den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) enthält der Lichtmodulator **50** einen Mesaabschnitt **9** und einen Bondinselbildungsabschnitt **6**, welche jeweils von einem InP-Halbleitersubstrat **1** nach außen herausragen. Insbesondere wird der Mesaabschnitt **9** durch und zwischen einem Paar von parallelen Gräben **3** begrenzt, welche an einer vorbestimmten Position in dem Halbleitersubstrat **2** gebildet sind. Der Bondinselbildungsabschnitt **6** ist auf einer Seite eines der Gräben **3** gegenüberliegend dem Mesaabschnitt **9** positioniert und durch einen der Gräben **3** und einem im allgemeinen U-förmigen Graben **3a** begrenzt, welcher in dem Halbleitersubstrat **2** definiert ist. Der Mesaabschnitt **9** enthält eine Elektrode **5**, welche darauf über einer SiO_2 -Isolierungsschicht **4** gebildet ist, und enthält eine darin eingebettete Lichtabsorptionsschicht **1**, wobei die Schicht **1** zum Empfangen und

Senden eines Laserstrahls dadurch dient. Demgegenüber enthält der Bondinselbildungsabschnitt **6** eine Bondinselektrode **6a**, welche darauf über einer SiO_2 -Isolierungsdickschicht **40** gebildet ist, welche zwischen dem Substrat und der Bondinselektrode **6a** angeordnet ist. Die Bondinselektrode und die Elektrode **5** bilden und dienen jeweils als unterschiedliche Teile einer metallischen Schicht. Es wird festgestellt, dass der Lichtmodulator **50** eine Rückseitenoberfläche aufweist, welche mit einer Rückseitenoberflächelektrode **10** versehen ist.

[0038] Bei dem veranschaulichten Lichtmodulator **50** sind die Isolierungsschicht **4** und die Isolierungsdickschicht **40** integrierte Teile einer einzigen Isolierungsschicht, welche über dem Messabschnitt **9** bzw. über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** gebildet sind. Jedoch besitzt wie am besten in [Fig. 1B](#) dargestellt ein Teil der Isolierungsschicht, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt, d.h. die Isolierungsdickschicht **40**, eine Dicke, die größer als diejenige des verbleibenden Teils der Isolierungsschicht ist, beispielsweise der Isolierungsschicht **4**, welche über dem Messabschnitt **9** liegt. Darüber hinaus sind wie oben erörtert die Isolierungsschicht **4** und die Isolierungsdickschicht **40** von der metallischen Schicht bedeckt, und ein Teil der metallischen Schicht unmittelbar über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** dient als Inselektrode **6a**, während der andere Teil der metallischen Schicht unmittelbar über dem Messabschnitt **9** als die Elektrode **5** dient. Die Elektrode **5** wird in Kontakt mit einer oberen Oberfläche des Messabschnitts **9** durch eine in der Isolierungsschicht **4** definierten Öffnung gehalten.

[0039] Da die Isolierungsdickschicht **40** lediglich unmittelbar unter der Bondinselektrode **6a** gebildet ist, kann die parasitäre statische Kapazität zwischen der Bondinselektrode **6a** und der Rückseitenoberfläche **10** verringert werden. Detailliert dargestellt, durch Erhöhen der Dicke der Dickschicht **40** um den Bondinselbildungsabschnitt **6** herum von 400 nm (4000 Å) auf 800 nm (8000 Å) beträgt die parasitäre statische Kapazität um den Bondinselbildungsabschnitt **6** herum die Hälfte der parasitären statischen Kapazität um den Messabschnitt **9** herum, da die Kapazität umgekehrt proportional zu der Dicke der Isolierungsschicht ist. Da die Isolierungsdickschicht **40** auf einem relativ schmalen Teil des Bondinselbildungsabschnitts **6** gebildet wird, gibt es keine Möglichkeit, dass das Substrat **2** sich verziehen kann. Da der Teil der Isolierungsschicht, welcher über dem Messabschnitt **9** liegt, eine relativ kleine Dicke wie in dem Fall bei dem herkömmlichen Lichtmodulator besitzt, besteht darüber hinaus keine Schwierigkeit bei der Bildung der Öffnung in der Isolierungsschicht.

[0040] Das Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators **50** der oben erörterten Struktur wird im folgenden unter Bezugnahme auf die [Fig. 2A](#) bis

[Fig. 2D](#) beschrieben. Am Anfang wird wie in [Fig. 2A](#) dargestellt nach dem epitaxialen Aufwachsen einer vorbestimmten kristallinen Schicht auf dem InP-Halbleitersubstrat **2** ein Paar von Gräben an einem vorbestimmten Ort in dem Halbleitersubstrat **2** derart gebildet, dass der Messabschnitt **9** einer vorbestimmten Breite mit der Lichtabsorptionsschicht **1** gegebenenfalls zwischen diesen Gräben **3** gebildet werden kann. Der generell U-förmige Graben **3a**, welcher kontinuierlich zu einem der Gräben **3** verläuft, wird ebenfalls zur Definition des Bondinselbildungsabschnitts **6** gebildet. Danach wird wie in [Fig. 2B](#) dargestellt eine SiO_2 -Isolierungsschicht **41** mit einer Dicke von etwa 400 nm (4000 Å) auf dem Halbleitersubstrat **2** derart gebildet, dass der Messabschnitt **9** und der Bondinselbildungsabschnitt **6** kontinuierlich überdeckt werden. Danach wird wie in [Fig. 2C](#) dargestellt lediglich ein Teil der Isolierungsschicht **41**, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt, von einem Fotoresist **7**, welches als Maske verwendet, bedeckt, worauf ein Entfernen des verbleibenden Teils der Isolierungsschicht **41** außer demjenigen Teil der Isolierungsschicht **41** folgt, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt. Nach der darauffolgenden Entfernung des Fotoresist **7** wird wiederum wie in [Fig. 2D](#) dargestellt eine andere SiO_2 -Isolierungsschicht **42** mit einer Dicke von etwa 400 nm (4000 Å) auf dem Halbleitersubstrat **2** derart gebildet, dass sie über dem Messabschnitt **9** und dem Bondinselbildungsabschnitt **6** kontinuierlich liegt. Auf diese Weise wird der Bondinselbildungsabschnitt **6** von der Isolierungsdickschicht **40** einer Dicke von etwa 800 nm (8000 Å) bedeckt, d.h. der Teil der Isolierungsschicht **41**, welcher von der Isolierungsschicht **42** überlappt wird, während ein Teil außer demjenigen des Bondinselbildungsabschnitts, beispielsweise der Messabschnitt **9** lediglich von der Isolierungsschicht **42** einer Dicke von etwa 400 nm (4000 Å) bedeckt wird.

[0041] Somit werden die Bondinselektrode **6a** und die Elektrode **2** unmittelbar über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** bzw. dem Messabschnitt **2** gebildet. Insbesondere wird die Öffnung in dem Teil der Isolierungsschicht gebildet, welcher über einer oberen Oberfläche des Messabschnitts und der metallischen Schicht liegt, die teilweise mit der oberen Oberfläche des Messabschnitts über die Öffnung verbunden ist und teilweise über dem Bondinselbildungsabschnitt liegt. Die Rückseitenoberflächelektrode **10** wird auf eine bekannte Weise wie in [Fig. 1A](#) dargestellt gebildet, wodurch der Lichtmodulator **50** der vorliegenden Erfindung fertiggestellt wird.

[0042] Da wie oben erörtert die Isolierungsdickschicht **40** lediglich unmittelbar unter der Bondinselektrode **6a** gebildet wird, kann die parasitäre statische Kapazität zwischen der Bondinselektrode **6a** und der Rückseitenoberflächelektrode **10** reduziert werden. Da die Isolierungsschicht **40** auf dem relativ

engen Teil des Bondinselbildungsabschnitts **6** gebildet wird, gibt es ebenfalls keine Möglichkeit, dass sich das Substrat **2** verziehen kann. Da der Teil der Isolierungsschicht, welcher über dem Messabschnitt **9** liegt, eine relativ kleine Dicke wie in dem Fall bei dem herkömmlichen Lichtmodulator aufweist, gibt es des weiteren keine Schwierigkeiten bei der Bildung der Öffnung der Isolierungsschicht.

[0043] Der Lichtmodulator **50** der vorliegenden Erfindung kann ebenfalls durch ein alternatives Verfahren hergestellt werden, welches im folgenden unter Bezugnahme auf die [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3B](#) beschrieben wird. Entsprechend [Fig. 3A](#) wird nach dem epitaxiales Aufwachsen einer vorbestimmten kristallinen Schicht auf dem InP-Halbleitersubstrat **2** ein Paar von Gräben **3** an einem vorbestimmten Ort in dem Halbleitersubstrat **2** derart gebildet, dass der Mesaabschnitt **9** einer vorbestimmten Breite mit der Lichtabsorptionsschicht **1** gegebenenfalls zwischen diesen Gräben **3** gebildet werden kann. Der generell U-förmige Graben **3a**, welcher kontinuierlich zu einem der Gräben **3** verläuft, wird ebenfalls gebildet, um den Bondinselbildungsabschnitt **6** zu bilden. Danach wird wie in [Fig. 3b](#) dargestellt eine SiO₂-Isolierungsschicht **40a** mit einer Dicke von etwa 800 nm (8000 Å) auf dem Halbleitersubstrat **2** derart gebildet, dass sie über dem Mesaabschnitt **9** und dem Bondinselbildungsabschnitt **6** kontinuierlich liegt. Danach wird wie in [Fig. 3C](#) dargestellt lediglich ein Teil der Isolierungsschicht **41**, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt, von einem Fotoresist **7**, welches als Maske verwendet wird, bedeckt, worauf ein Ätzen des verbleibenden Teils der Isolierungsschicht **40a** außer dem Teil der Isolierungsschicht **40a** folgt, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt, so dass der verbleibende Teil der Isolierungsschicht **40a** eine Schichtdicke von etwa 400 nm (4000 Å) besitzt. Nach dem darauffolgenden Entfernen des Fotoresists **7** kann wie in [Fig. 3D](#) dargestellt die Isolierungsschicht, welche kontinuierlich die Halbleiteroberfläche einschließlich den Bondinselbildungsabschnitt **6** und den Mesaabschnitt **9** bedeckt, erzielt werden. Ein Teil der Isolierungsschicht, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** und dessen Umgebung liegt, besitzt eine Schichtdicke von etwa 800 nm (8000 Å) der Isolierungsdickschicht **40**), während der andere Teil der Isolierungsschicht, beispielsweise ein Teil der Isolierungsschicht, welcher über dem Mesaabschnitt liegt, eine Dicke von etwa 400 nm (4000 Å) (die Isolierungsschicht **4**) besitzt.

[0044] Somit werden die Bondinselelektrode **6a** und die Elektrode **2** unmittelbar über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** bzw. dem Mesaabschnitt **2** gebildet. Insbesondere wird die Öffnung in dem Teil der Isolierungsschicht gebildet, welcher über einer oberen Oberfläche des Messabschnitts und der metallischen Schicht liegt, welche teilweise mit der oberen Oberfläche des Messabschnitts durch die Öffnung

verbunden ist und teilweise über dem Bondinselbildungsabschnitt liegt. Die Rückseitenoberflächenelektrode **10** wird auf bekannte Weise wie in [Fig. 1A](#) dargestellt gebildet, wodurch der Lichtmodulator **50** der vorliegenden Erfindung fertiggestellt wird.

[0045] Da wie oben beschrieben die Isolierungsdickschicht **40** lediglich unter der Bondinselelektrode **6a** gebildet wird, kann die parasitäre statische Kapazität zwischen der Bondinselelektrode **6a** und der Rückseitenoberflächenelektrode **10** verringert werden. Da die Isolierungsdickschicht auf dem relativ schmalen Teil des Bondinselbildungsabschnitts **6** gebildet wird, gibt es ebenfalls keine Möglichkeit, dass sich das Substrat **2** verziehen kann. Da der Teil der Isolierungsschicht, welcher über dem Messabschnitt **9** liegt, eine relativ kleine Dicke wie in dem Fall des herkömmlichen Lichtmodulators besitzt, gibt es des weiteren keine Schwierigkeiten bei der Bildung der Öffnung in der Isolierungsschicht.

[0046] Ein weiteres modifiziertes Verfahren der Herstellung des Lichtmodulators **50** der vorliegenden Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4D](#) beschrieben. Am Anfang wird wie in [Fig. 4A](#) dargestellt nach dem epitaxialen Aufwachsen einer vorbestimmten kristallinen Schicht auf dem InP-Halbleitersubstrat **2** ein Paar von Gräben an einem vorbestimmten Ort in dem Halbleitersubstrat **2** derart gebildet, dass der Messabschnitt **9** einer vorbestimmten Breite mit der Lichtabsorptionsschicht **1** gegebenenfalls zwischen diesen Gräben **3** gebildet werden kann. Der generell U-förmige Graben **3a**, welcher kontinuierlich zu einem der Gräben **3** verläuft, wird ebenfalls zur Definition des Bondinselbildungsabschnitts **6** gebildet. Danach wird wie in [Fig. 4D](#) dargestellt eine SiO₂-Isolierungsschicht **41** mit einer Dicke von etwa 400 nm (4000 Å) auf dem Halbleitersubstrat **2** derart gebildet, dass sie kontinuierlich über dem Messabschnitt **9** und dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt. Danach wird wie in [Fig. 6C](#) dargestellt lediglich ein Teil der Isolierungsschicht **41** außer demjenigen, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt, beispielsweise lediglich ein Teil der Isolierungsschicht **41**, welche über dem Messabschnitt **9** liegt, von einem Fotoresist **7**, welches als Maske verwendet wird, bedeckt, worauf eine Auftragung einer SiO₂-Isolierungsschicht **42** einer Dicke von etwa 400 nm (4000 Å) derart folgt, dass der Messabschnitt **9** und der Bondinselbildungsabschnitt **6** kontinuierlich bedeckt werden. Dementsprechend wird die Isolierungsschicht **32** teilweise über der Maske **7** gebildet und der Bondinselbildungsabschnitt **6** nicht nur von der Isolierungsschicht **41** sondern ebenfalls von der Isolierungsschicht **42** bedeckt, welche über der Isolierungsschicht **41** liegt. Darauffolgend wird das Fotoresist **7** durch Entfernen des Teils der Isolierungsschicht **42** entfernt, welcher über dem Fotoresist liegt, wodurch ermöglicht wird, dass der Teil der Isolierungsschicht

41, welcher über dem Messabschnitt **9** liegt, nach außen bloßliegt. Folglich kann wie in [Fig. 4D](#) dargestellt die Isolierungsschicht erzielt werden, welche kontinuierlich über dem Messabschnitt **9** und dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt. Da der Teil der Isolierungsschicht **41**, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt, mit einem entsprechenden Teil der Isolierungsschicht **42** beschichtet wird, besitzt der Teil der Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** eine Dicke von etwa 800 nm (8000 Å) (die Isolierungsdickschicht **40**), jedoch besitzt der verbleibende Teil der Isolierungsschicht außer dem Teil, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt, welcher beispielsweise über dem Messabschnitt liegt, eine Dicke von etwa 400 nm (4000 Å) (die Isolierungsschicht **41**).

[0047] Somit werden die Bondinselektrode **6a** und die Elektrode **2** unmittelbar über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** bzw. dem Messabschnitt **2** gebildet. Insbesondere wird die Öffnung in dem Teil der Isolierungsschicht gebildet, welcher über einer oberen Oberfläche des Mesaabschnitts liegt, und die metallische Schicht ist teilweise mit der oberen Oberfläche des Mesaabschnitts durch die Öffnung verbunden und liegt teilweise über dem Bondinselbildungsabschnitt. Die Rückseitenoberflächenelektrode **10** wird auf eine bekannte Weise wie in [Fig. 1A](#) dargestellt gebildet, wodurch der Lichtmodulator **50** der vorliegenden Erfindung fertiggestellt wird.

[0048] Da wie oben erörtert die Isolierungsdickschicht **40** lediglich unmittelbar unter der Bondinselektrode **6a** gebildet wird, kann die parasitäre statische Kapazität zwischen der Bondinselektrode **6a** und der Rückseitenoberflächenelektrode **10** verringert werden. Da die Isolierungsdickschicht **40** auf dem relativ schmalen Teil des Bondinselbildungsabschnitts **6** gebildet wird, gibt es ebenfalls keine Möglichkeit, dass sich das Substrat **2** verziehen kann. Da der Teil der Isolierungsschicht **42**, welcher über dem Mesaabschnitt **9** liegt, eine relativ kleine Dicke wie in dem Fall des herkömmlichen Lichtmodulators besitzt, gibt es des weiteren keine Schwierigkeiten bei der Bildung der Öffnung in der Isolierungsschicht.

[0049] Es wird festgestellt, dass bei einem der oben erläuterten Verfahren die Isolierungsschicht **40** aus SiO_2 gebildet wird, bei der vorliegenden Erfindung kann jedoch gleichfalls SiN oder eine andere Isolierungsschicht dafür verwendet werden.

[0050] Ebenfalls kann eine Bildung der Isolierungsschicht durch ein bekanntes Verfahren wie durch Verwendung der CVD-, Zerstäubungs- oder Vakuumbedampfungstechnik durchgeführt werden.

Zweite Ausführungsform

[0051] Der Lichtmodulator **50a** einer zweiten Aus-

führungsform der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) dargestellt. Bei dieser Ausführungsform enthält der Lichtmodulator **50a** wie in [Fig. 5a](#) dargestellt einen Messabschnitt **9** und einen Bondinselbildungsabschnitt **6**, welche jeweils von einem INP-Halbleitersubstrat nach außen herausragen. Insbesondere wird der Messabschnitt **9** von und zwischen einem Paar paralleler Gräben **3** begrenzt, die an einer vorbestimmten Position in dem Halbleitersubstrat **2** gebildet sind. Der Bondinselbildungsabschnitt **6** ist auf einer Seite eines der Gräben **3** gegenüberliegend dem Messabschnitt **9** positioniert und wird durch einen der Gräben **3** und einen generell U-förmigen Graben **3a** begrenzt, welcher in dem Halbleitersubstrat **2** definiert ist. Der Messabschnitt **9** enthält eine Elektrode **5**, welche darauf über einer SiO_2 -Isolierungsschicht **44** gebildet ist, und besitzt eine darin eingebettete Lichtabsorptionsschicht **1**, wobei die Schicht **1** zum Empfangen und Senden eines Laserstrahls dadurch geeignet ist. Demgegenüber enthält der Bondinselbildungsabschnitt **6** eine Bondinselektrode **6a**, welche darauf über einer SiO_2 -Isolierungsschicht **45** gebildet ist, die zwischen dem Substrat und der Bondinselektrode **6a** angeordnet ist. Die Bondinselektrode **6a** und die Elektrode **5** bilden und dienen jeweils als unterschiedliche Teile einer metallischen Schicht. Es wird festgestellt, dass der Lichtmodulator **50** eine Rückseitenoberfläche besitzt, welche mit einer Rückseitenoberflächenelektrode **10** versehen ist.

[0052] Bei dem veranschaulichten Lichtmodulator **50a** wie in [Fig. 5B](#) dargestellt ist eine Doppelschichtstruktur einschließlich einer SiO_2 -Isolierungsschicht **43** und einer SiN -Isolierungsschicht **44** auf dem Halbleitersubstrat **2** gebildet, um den Messabschnitt **9**, den Bondinselbildungsabschnitt **6** und den generell U-förmigen Graben **3a** kontinuierlich zu bedecken. Die oben beschriebene SiO_2 -Isolierungsschicht **45** ist über einem Teil der SiN -Isolierungsschicht **44** gebildet, welche über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** liegt. Mit anderen Worten, der Bondinselbildungsabschnitt **6** ist von einer Isolierungsdickschicht einer Dreischichtstruktur einschließlich jeweiligen Teilen der Isolierungsschichten **43**, **44** und **45** bedeckt. Eine metallische Schicht ist über der Isolierungsschicht **4** und der Isolierungsdickschicht gebildet, so dass ein Teil der metallischen Schicht, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt liegt, und ein anderer Teil der metallischen Schicht, welcher über dem Messabschnitt **9** liegt, die Bondelektrode **6a** bzw. die Elektrode **5** bilden. Die Elektrode **5** wird in Kontakt mit dem Messabschnitt **4** über einer Öffnung gehalten, welche über einer oberen Oberfläche des Messabschnitts **4** gebildet ist.

[0053] Da die Isolierungsdickschicht lediglich unmittelbar unter der Bondinselektrode **6a** gebildet wird, kann die parasitäre statische Kapazität zwischen der Bondinselektrode **6a** und der Rückseitenoberflä-

chenelektrode **10** verringert werden. Detailliert dargestellt beträgt durch Erhöhen der Dicke der Dickschicht **40** um den Bondinselbildungsabschnitt **6** herum von 400 nm (4000 Å) auf 800 nm (8000 Å) die parasitäre statische Kapazität um den Bondinselbildungsabschnitt **6** herum die Hälfte der parasitären statischen Kapazität um den Messabschnitt **9** herum. Die Kapazität ist umgekehrt proportional zu der Dicke der Isolierungsschicht. Da die Isolierungsdickschicht **40** auf einem relativ schmalen Teil des Bondinselbildungsabschnitts **6** gebildet wird, gibt es ebenfalls keine Möglichkeit, dass sich das Substrat **2** verziehen kann. Da der Teil der Isolierungsschicht, welcher über dem Messabschnitt **9** liegt, eine relativ kleine Dicke wie in dem Fall des herkömmlichen Lichtmodulators besitzt, gibt es des weiteren keine Schwierigkeiten bei der Bildung der Öffnung in der Isolierungsschicht.

[0054] Der Lichtmodulator **50a** der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann durch das folgende Verfahren hergestellt werden, welches unter Bezugnahme auf [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6D](#) beschrieben wird. Am Anfang wird wie in [Fig. 6A](#) dargestellt nach einem epitaxialen Aufwachsen einer vorbestimmten kristallinen Schicht auf dem INP-Halbleitersubstrat **2** ein Paar von Gräben **3** an einem vorbestimmten Ort in dem Halbleitersubstrat **2** derart gebildet, dass der Messabschnitt **9** einer vorbestimmten Breite mit der Lichtabsorptionsschicht **1** gegebenenfalls zwischen diesen Gräben **3** gebildet wird. Der generell U-förmige Graben **3a**, welcher kontinuierlich zu einem der Gräben **3** verläuft, wird ebenfalls zur Definition des Bondinselbildungsabschnitts **6** gebildet. Danach werden wie in [Fig. 6B](#) dargestellt eine SiO₂-Isolierungsschicht **43** einer Dicke von 200 nm (2000 Å), eine SiN-Isolierungsschicht **44** einer Dicke von 200 nm (2000 Å) und eine SiO₂-Isolierungsschicht **45** einer Dicke von 400 nm (4000 Å) aufeinanderfolgend auf dem Halbleitersubstrat gebildet, um den Messabschnitt **9** und den Kontaktstellenbildungsabschnitt **6** kontinuierlich zu bedecken. Danach wird wie in [Fig. 6C](#) dargestellt lediglich der Bondinselbildungsabschnitt **6** durch ein Fotoresist **7**, welches als Maske verwendet wird, bedeckt, worauf ein Entfernen durch Ätzen eines Teils der äußersten Isolierungsschicht **45** folgt, welcher über dem Substrat **2** liegt, beispielsweise des Messabschnitts **9** und der Gräben **3** außer dem Bondinselbildungsabschnitt.

[0055] Da die derart entfernte Isolierungsschicht **45** aus SiO₂ gebildet wird und die Isolierungsschicht **44** unter der Isolierungsschicht **45** aus SiN gebildet wird, ist die Verwendung einer Ätzlösung, die zum selektiven Ätzen lediglich von SiO₂ geeignet ist, während die Isolierungsschicht **44** in Form der SiN-Schicht als Ätzstoppschicht dient, wirksam zur steuerbaren Entfernung lediglich der äußersten SiO₂-Schicht. Beispielsweise ist die Ätzlösung eine Fluorwasserstoffsäure, da die Ätzrate für SiO₂ 3 bis 5 × so groß wie für SiN ist. Nach der darauffolgenden Entfernung des

Fotoresists **7** wie in [Fig. 6D](#) dargestellt werden die Isolierungsdickschicht einer Dicke von etwa 800 nm (8000 Å) der Dreischichtstruktur einschließlich der Isolierungsschichten **43**, **44** und **45** lediglich über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** gebildet, während die anderen Bereiche, beispielsweise der Messabschnitt **9** und die Gräben **3** von einer Isolierungsschicht einer Dicke von etwa 400 nm (4000 Å) der Doppelschichtstruktur einschließlich der Isolierungsschichten **34** und **44** bedeckt werden.

[0056] Somit werden die Bondinselektrode **6a** und die Elektrode **2** unmittelbar über dem Bondinselbildungsabschnitt **6** bzw. dem Messabschnitt **2** gebildet. Insbesondere wird die Öffnung in dem Teil der Isolierungsschicht gebildet, welcher über einer oberen Oberfläche des Messabschnitts liegt, und es wird die metallische Schicht teilweise mit der oberen Oberfläche des Messabschnitts durch die Öffnung verbunden und liegt teilweise über dem Bondinselbildungsabschnitt. Die Rückseitenoberflächenelektrode **10** wird auf bekannte Weise wie in [Fig. 5A](#) dargestellt gebildet, wodurch der Lichtmodulator **50** der vorliegenden Erfindung fertiggestellt wird.

[0057] Es wird festgestellt, dass bei einer der oben beschriebenen Verfahren die Isolierungsschichten **43** und **44** wie beschrieben aus SiO₂ und die Isolierungsschicht **44** wie oben beschrieben aus SiN gebildet wird, wobei die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt ist, und die Isolierungsschichten **43** und **45** können aus SiN und die Isolierungsschicht **44** kann aus SiO₂ gebildet werden. In diesem Fall ist das Ätzverfahren ein Plasmaätzen mit CF₄-Gas, da die Ätzrate für SiN über 5 × so groß wie diejenige für SiO₂ ist.

[0058] In der praktischen Anwendung des Verfahrens zur Herstellung des Lichtmodulators **50a** werden die Isolierungsschichten vorzugsweise unter Verwendung irgendeiner bekannten Technik wie beispielsweise unter Verwendung der CVD-, Zerstäubungs- oder Vakuumbedampfungstechnik gebildet.

[0059] Da wie oben erörtert die Isolierungsdickschicht **45** lediglich unmittelbar unter der Bondinselektrode **6a** gebildet wird, kann die parasitäre statische Kapazität zwischen der Bondinselektrode **6a** und der Rückseitenoberflächenelektrode **10** verringert werden. Da die Isolierungsdickschicht **40** auf dem relativ schmalen Teil des Bondinselbildungsabschnitts **6** gebildet wird, besteht ebenfalls keine Möglichkeit, dass sich das Substrat **2** verziehen kann. Da der Teil der Isolierungsschicht, welcher über dem Messabschnitt **9** liegt, eine relativ kleine Dicke wie in dem Fall des herkömmlichen Lichtmodulators besitzt, gibt es des weiteren keine Schwierigkeiten bei der Bildung der Öffnung in der Isolierungsschicht.

[0060] Somit besitzt bei dem Lichtmodulator der

vorliegenden Erfindung der Teil der Isolierungsschicht unmittelbar unter der Bondinselektrode eine Dicke, die größer als diejenige des verbleibenden Teils davon ist, um die parasitäre statische Kapazität der Bondinselektrode zu verringern. Dementsprechend kann der auf diese Weise hergestellte Lichtmodulator für eine Hochgeschwindigkeitsmodulation verwendet werden.

[0061] Die parasitäre statische Kapazität der Bondinselektrode kann als Ergebnis, dass das Teil der Isolierungsschicht unmittelbar unter der Bondinselektrode aus SiO_2 oder SiN gebildet ist, wirksam verringert werden. Dementsprechend kann der derart hergestellte Lichtmodulator für eine Hochgeschwindigkeitsmodulation verwendet werden.

[0062] Da der Lichtmodulator der vorliegenden Erfindung derart gebildet wird, dass die Schichtstruktur von zwei oder mehreren Isolierungsschichten unmittelbar unter der Bondinselektrode gebildet wird, ist das selektive Ätzverfahren zur Bildung der Isolierungsschicht unmittelbar unter der Bondinselektrode wirksam zur steuerbaren Bildung der Isolierungsschicht auf eine gewünschte Dicke.

[0063] Bei dem Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der vorliegenden Erfindung wird nach der Bildung der primären Isolierungsschicht, welche kontinuierlich den Messabschnitt bedeckt, und des Bondinselbildungsabschnitts ein Teil der primären Isolierungsschicht außer demjenigen, welcher den Bondinselbildungsabschnitt bedeckt, entfernt, worauf die Bildung einer sekundären Isolierungsschicht folgt, welche kontinuierlich den Messabschnitt und den Bondinselbildungsabschnitt bedeckt. Auf diese Weise kann die Isolierungsschicht mit einer großen Dicke unmittelbar unter der Bondinselektrode gebildet werden.

[0064] Ebenfalls wird bei dem Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der vorliegenden Erfindung nach der Bildung der primären Isolierungsschicht, welche kontinuierlich den Messabschnitt und den Bondinselbildungsabschnitt bedeckt, eine Maske auf einem Teil außer dem Bondinselbildungsabschnitt gebildet, worauf die Bildung einer sekundären Isolierungsschicht vor der Entfernung der Maske folgt. Auf diese Weise wird die Isolierungsschicht in zwei Stufen lediglich über dem Bondinselabschnitt gebildet. Auf diese Weise kann die Isolierungsschicht mit einer großen Dicke unmittelbar unter der Bondinselektrode gebildet werden.

[0065] Des weiteren wird bei dem Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der vorliegenden Erfindung nach der Bildung der primären Isolierungsschicht, welche kontinuierlich den Messabschnitt und den Bondinselbildungsabschnitt bedeckt, eine Maske auf dem Bondinselbildungsabschnitt gebildet, worauf

ein Ätzen eines Teils der Isolierungsschicht außer dem Bondinselbildungsabschnitt auf eine vorbestimmte Schichtdicke folgt. Auf diese Weise wird die Isolierungsschicht in zwei Stufen lediglich über dem Bondinselabschnitt gebildet. Auf diese Weise kann die Isolierungsschicht mit einer großen Dicke unmittelbar unter der Bondinselektrode in einem Schritt und nicht in zwei Schritten gebildet werden.

[0066] Des weiteren wird bei dem Verfahren zur Herstellung des Lichtmodulators der vorliegenden Erfindung die selektive Ätztechnik verwendet, um die primäre Isolierungsschicht zu ätzen, welche den Messabschnitt und den Bondinselbildungsabschnitt kontinuierlich bedeckt. Aus diesem Grunde kann die Schichtdicke der Isolierungsschicht genau gesteuert werden.

[0067] Bei der praktischen Anwendung des Verfahrens zur Herstellung des Lichtmodulators der vorliegenden Erfindung werden die Isolierungsschicht oder die Isolierungsschichten aus SiO_2 oder SiN gebildet, und dementsprechend kann die parasitäre statische Kapazität des Lichtmodulators wirksam verringert werden.

[0068] Ebenfalls werden bei der praktischen Verwendung des Verfahrens zur Herstellung des Lichtmodulators der vorliegenden Erfindung die Isolierungsschicht oder die Isolierungsschichten aus SiO_2 und SiN gebildet, und dementsprechend kann die parasitäre statische Kapazität des Lichtmodulators wirksam verringert werden.

[0069] Die Verwendung der CVD-Zerstäubungs- oder Vakuumbedampfungstechnik zur Bildung der Isolierungsschicht oder Isolierungsschichten ist effektiv, um die Bildung der Isolierungsschicht oder Isolierungsschichten zu erleichtern.

[0070] Vorstehend wurde ein Lichtmodulator und ein Verfahren zu dessen Herstellung offenbart. Ein Lichtmodulator mit einer verringerten parasitären statischen Kapazität enthält ein Halbleitersubstrat mit einem darauf gebildeten Messabschnitt und einem Bondinselbildungsabschnitt. Eine primäre Isolierungsschicht ist auf dem Substrat gebildet, um den Mesaabschnitt und den Bondinselbildungsabschnitt kontinuierlich zu bedecken. Nachdem eine Maske auf einem Teil der primären Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt gebildet worden ist, wird der verbleibende Teil der primären Isolierungsschicht weggeätzt, worauf das Entfernen der Maske folgt. Nach dem Entfernen der Maske wird eine sekundäre Isolierungsschicht gebildet, um den Teil der primären Isolierungsschicht über dem Bondinselbildungsabschnitt und dem Mesaabschnitt kontinuierlich zu bedecken, so dass eine relativ dicke Isolierungsschicht lediglich über dem Bondinselbildungsabschnitt gebildet werden kann.

Patentansprüche

1. Lichtmodulator mit:

einem Halbleitersubstrat (2) mit einer Rückseitenoberfläche, die mit einer Rückseitenoberflächenelektrode (10) versehen ist;
 einem Mesaabschnitt (9) einer vorbestimmten Breite, welcher auf dem Halbleitersubstrat (2) gebildet ist, wobei der Mesaabschnitt (9) eine laminierte Schichtstruktur mit einer Lichtabsorptionsschicht (1) enthält;
 einem Bondinselbildungsabschnitt (6), der auf dem Halbleitersubstrat (2) an einem Ort benachbart dem Mesaabschnitt (9) gebildet ist;
 einer Isolierungsschicht (40, 4), welche auf dem Halbleitersubstrat (2) gebildet ist, um den Mesaabschnitt (9) und den Bondinselbildungsabschnitt (6) kontinuierlich zu bedecken, wobei ein Teil der Isolierungsschicht (40, 4) unmittelbar über dem Messabschnitt (9) eine darin definierte Öffnung besitzt; und
 einer Elektrode (6a), die über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) gebildet ist und mit dem Mesaabschnitt (9) über die Öffnung elektrisch verbunden ist, wobei ein Teil (40) der Isolierungsschicht (40, 4) unmittelbar über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) eine Schichtdicke aufweist, die größer als diejenige des verbleibenden Teils (4) der Isolierungsschicht (40, 4) ist, wodurch die parasitäre statische Kapazität zwischen der Elektrode (6a) und der Rückseitenoberflächenelektrode (10) verringert wird.

2. Lichtmodulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Teil (40) der Isolierungsschicht (40, 4) unmittelbar über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) eine Vielschichtstruktur aufweist, welche wenigstens Isolierungsschichten (41, 42; 43, 44, 45) enthält, die übereinander geschichtet sind, wobei der verbleibende Teil (4) der Isolierungsschicht (40, 4) eine Einfach- oder Vielschichtstruktur aufweist, welche Isolierungsschichten (41; 42; 43, 44) enthält, wobei die Anzahl der Isolierungsschichten (41; 42; 43, 44) kleiner als diejenige des Bondinselbildungsabschnitts (6) ist.

3. Lichtmodulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierungsschichten zwei Isolierungsschichten sind, wobei eine der zwei Isolierungsschichten aus SiO₂ und die andere aus SiN gebildet ist.

4. Lichtmodulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberschicht-Isolierungsschicht (41) des verbleibenden Teils (4) der Isolierungsschicht (40, 4) dieselbe wie die zweite Oberschicht-Isolierungsschicht (41) des Bondinselbildungsabschnitts (6) ist.

5. Verfahren zur Herstellung eines Lichtmodulators mit den Schritten:
 Bilden eines Mesaabschnitts (9) einer vorbestimmten

Breite, welcher eine laminierte Schichtstruktur mit einer Lichtabsorptionsschicht (1) auf einem Halbleitersubstrat (2) enthält, welches eine Rückseitenoberfläche besitzt, die mit einer Rückseitenoberflächenelektrode (10) versehen wird;

Bilden eines Bondinselbildungsabschnitts (6) auf dem Halbleitersubstrat (2) an einem Ort benachbart dem Mesaabschnitt (9);

Bilden einer primären Isolierungsschicht (41) zur kontinuierlichen Bedeckung des Mesaabschnitts (9) und des Bondinselbildungsabschnitts (6);

Bilden einer sekundären Isolierungsschicht (42) über einem Teil der primären Isolierungsschicht (41) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6), so dass der Mesaabschnitt (9) eine Anzahl von Isolierungsabschnitten aufweist, die kleiner als diejenige des Bondinselbildungsabschnitts (6) ist, wobei die primäre Isolierungsschicht (41) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) zusammen mit der sekundären Isolierungsschicht (42) eine Dicke besitzt, die größer als die Dicke der Isolierungsschicht (41) über Mesaabschnitt (9) ist;

Bilden einer Öffnung in einem Teil der primären Isolierungsschicht (41) unmittelbar über dem Messabschnitt (9); und

Bilden einer Elektrode (6a) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6), welche mit dem Messabschnitt (9) über die Öffnung elektrisch verbunden ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Bildens der sekundären Isolierungsschicht (42) die Schritte aufweist:

Bilden einer Maske (7) über der primären Isolierungsschicht (41) außer der primären Isolierungsschicht (41) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6);

Bilden der sekundären Isolierungsschicht (42) über der Maske (7) und der primären Isolierungsschicht (41) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6); und

Entfernen der Maske (7) derart, dass ein Teil (40) der primären Isolierungsschicht (41) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) kontinuierlich zu einem Teil der primären Isolierungsschicht (41) über dem Messabschnitt (9) verläuft, wodurch die Isolierungsschicht fertiggestellt wird, in welcher eine Doppelschichtstruktur von Isolierungsschichten (41, 42) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) und eine Einzelschichtstruktur einer Isolierungsschicht (41) über dem Mesaabschnitt (9) gebildet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Bildens der sekundären Isolierungsschicht (42) die Schritte aufweist:

Bilden einer Maske (7) über einem Teil (40) der primären Isolierungsschicht (41) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6);

Entfernen der Isolierungsschicht (41) außer einem Teil (40) der Isolierungsschicht (41) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) durch Ätzen; und

Bilden einer sekundären Isolierungsschicht (42) über einem Teil (40) der Isolierungsschicht (41) über dem

Bondinselbildungsabschnitt (6) und über dem Mesaabschnitt (9), wodurch eine Doppelschichtstruktur, welche die primäre und sekundäre Isolierungsschicht (41, 42) enthält, über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) gebildet wird und eine Einzelschichtstruktur der sekundären Isolierungsschicht (42) über dem Mesaabschnitt (9) gebildet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierungsschicht aus einem Material hergestellt wird, welches aus der Gruppe bestehend aus SiO_2 und SiN gewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierungsschicht unter Verwendung einer CVD-Technik, einer Zerstäubungstechnik oder einer Vakuumbedampfungstechnik gebildet wird.

10. Verfahren zur Herstellung eines Lichtmodulators mit den Schritten:

Bilden eines Mesaabschnitts (9) einer vorbestimmten Breite einschließlich einer aufgeschichteten Schichtstruktur mit einer Lichtabsorptionsschicht (1) auf einem Halbleitersubstrat (2), welches eine Rückseitenoberfläche besitzt, die mit einer Rückseitenoberflächenelektrode (10) versehen wird;

Bilden eines Bondinselbildungsabschnitts (6) auf dem Halbleitersubstrat (2) an einer Stelle benachbart dem Mesaabschnitt (9);

Bilden einer primären Isolierungsschicht (40a) zur kontinuierlichen Bedeckung des Mesaabschnitts (9) und des Bondinselbildungsabschnitts (6);

Bilden einer Maske (7) zur Bedeckung eines Teils (40) der primären Isolierungsschicht (40a), welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) gebildet ist, Ätzen eines anderen Teils der primären Isolierungsschicht (40a) außer dem Teil davon über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) auf eine vorbestimmte Tiefe; und

Entfernen der Maske (7), wodurch die Isolierungsschicht zurückbleibt, welche einen ersten Teil (40), der über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) liegt, und einen zweiten Teil (4) aufweist, der über dem Mesaabschnitt (9) liegt, wobei der erste Teil (40) der Isolierungsschicht eine Dicke besitzt, die größer als diejenige des zweiten Teils (4) der Isolierungsschicht ist; Bilden einer Öffnung der primären Isolierungsschicht (4) unmittelbar über dem Mesaabschnitt (9); und Bilden einer Elektrode (6a) über dem Bondinselbildungsabschnitt (6), welche mit dem Mesaabschnitt (9) über die Öffnung elektrisch verbunden ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierungsschicht (40a) aus einem Material gebildet wird, welches aus der Gruppe bestehend aus SiO_2 und SiN gewählt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Bildens der primä-

ren Isolierungsschicht (40a) die Schritte aufweist:

Bilden einer Unterschicht-Isolierungsschicht (43), welche kontinuierlich von dem Mesaabschnitt (9) zu dem Bondinselbildungsabschnitt (6) verläuft, Bilden über der Unterschicht-Isolierungsschicht (43) einer Zwischenschicht-Isolierungsschicht (44) aus einem Material, welches sich von demjenigen der Unterschicht-Isolierungsschicht (43) unterscheidet, und Bilden über der Zwischenschicht-Isolierungsschicht (44) einer Oberschicht-Isolierungsschicht (45) aus demselben Material wie demjenigen der Unterschicht-Isolierungsschicht (43), und wobei der Schritt des Ätzens den Schritt des selektiven Ätzens lediglich eines Teils der Oberschicht (45) außer demjenigen Teil (40) aufweist, welcher über dem Bondinselbildungsabschnitt (6) gebildet ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine der primären und sekundären Isolierungsschichten aus SiO_2 gebildet wird und die andere Schicht aus SiN gebildet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierungsschicht unter Verwendung einer CVD-Technik, einer Zerstäubungstechnik oder einer Vakuumbedampfungstechnik gebildet wird.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Fig. 1A

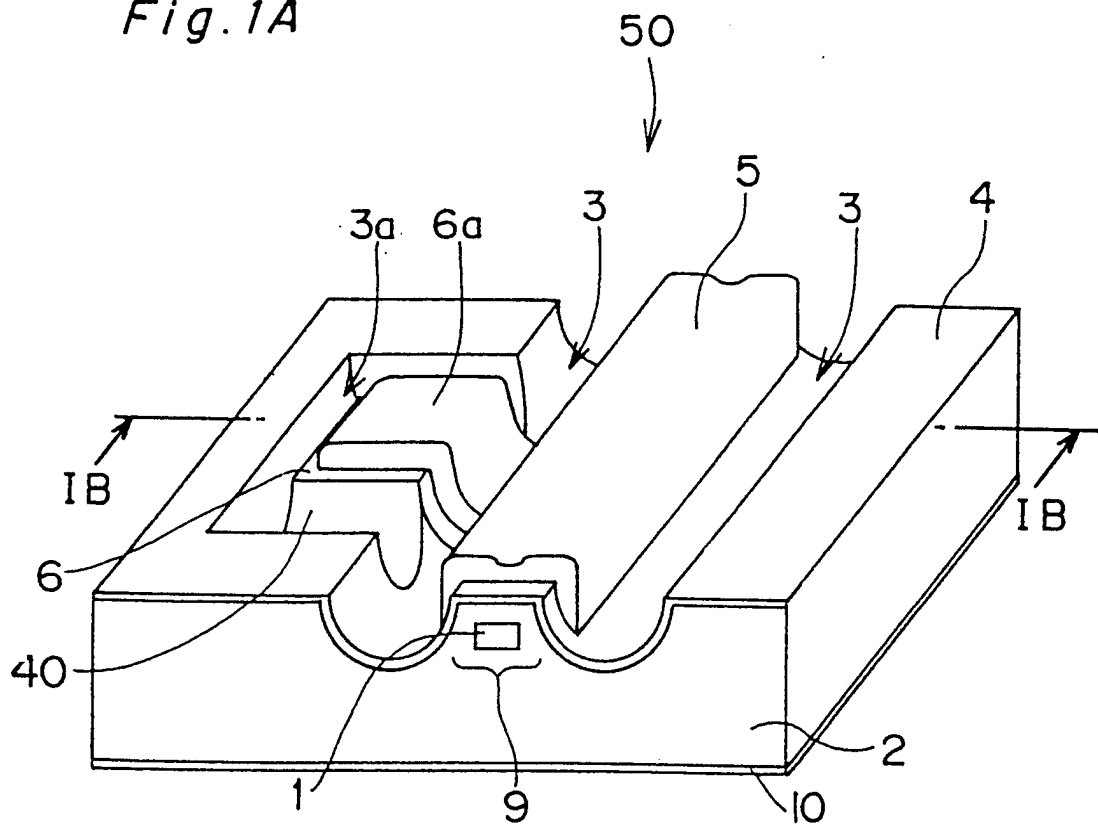


Fig. 1B

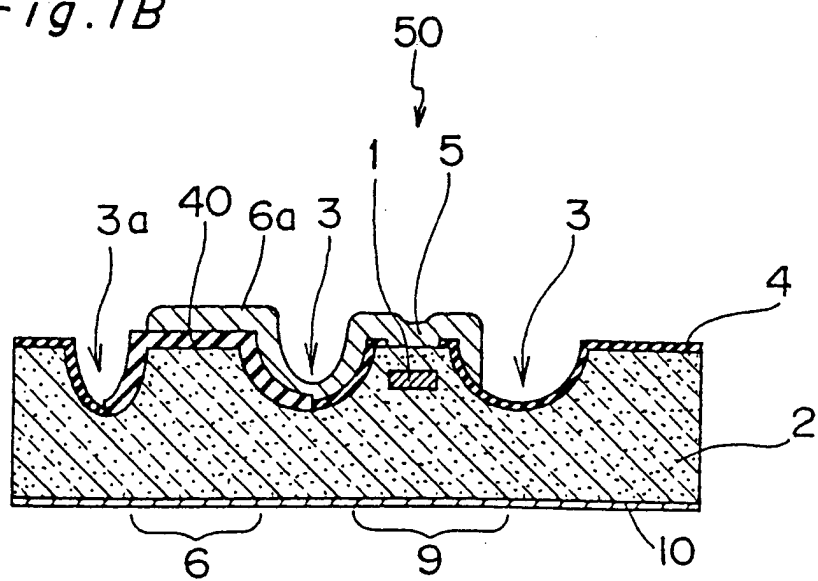


Fig. 2A

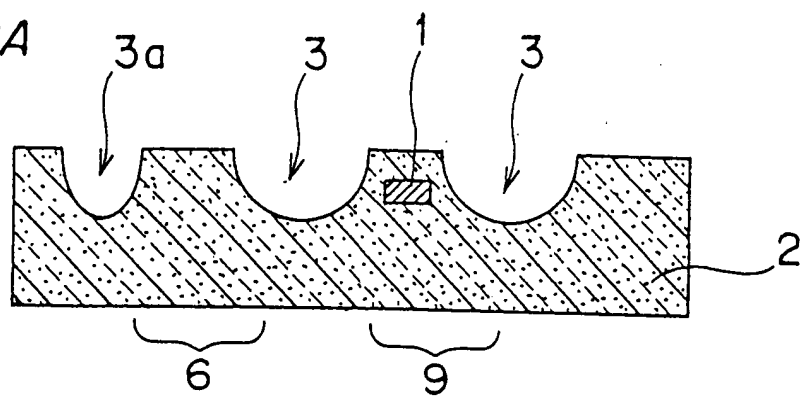


Fig. 2B

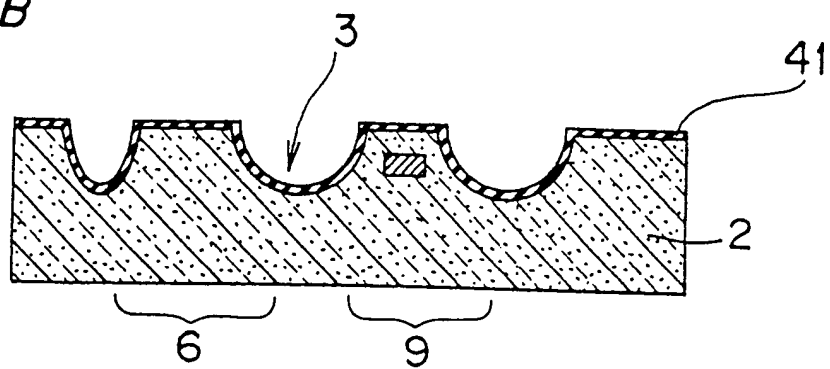


Fig. 2C

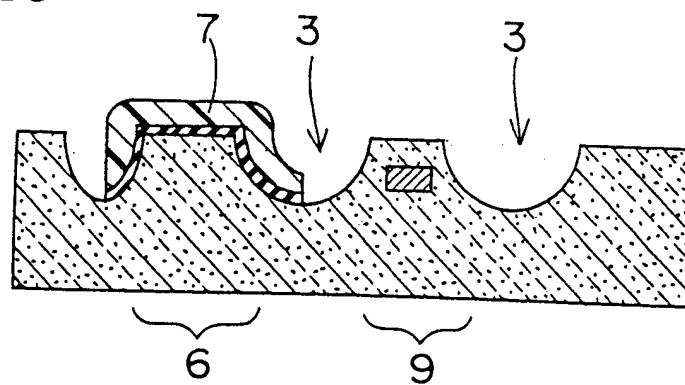


Fig. 2D

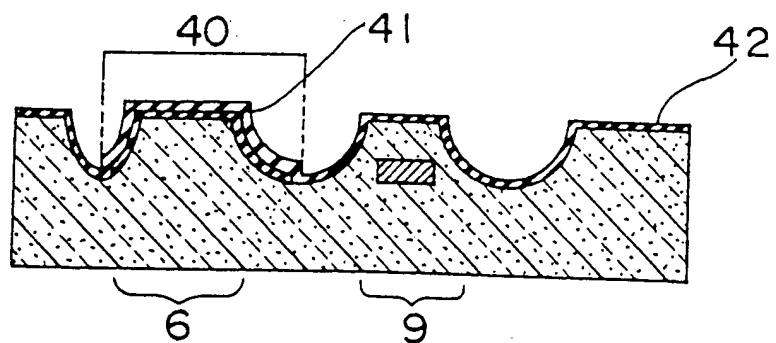


Fig. 3A

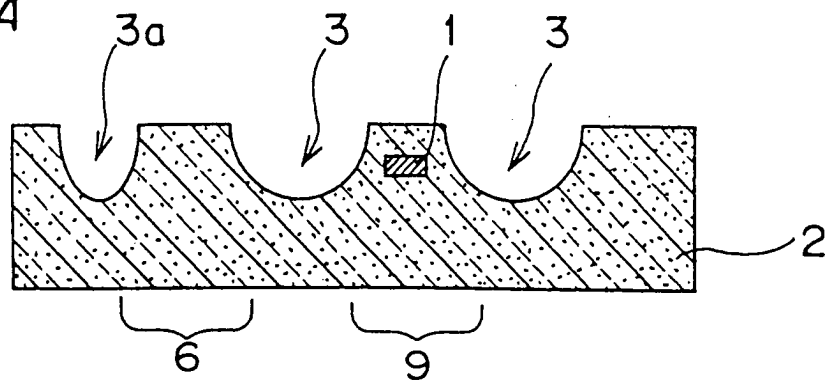


Fig. 3B

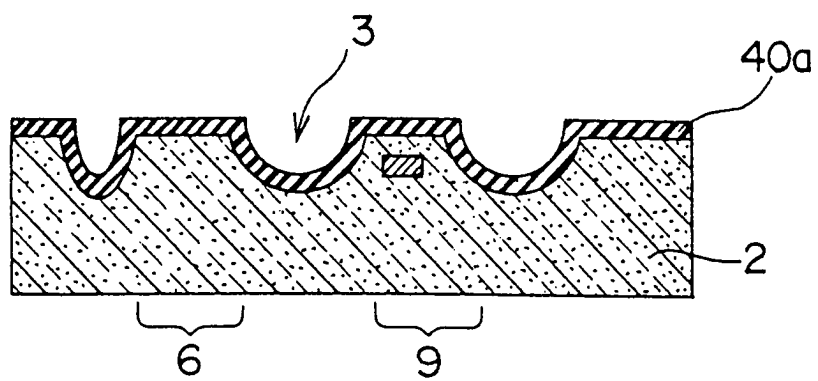


Fig. 3C

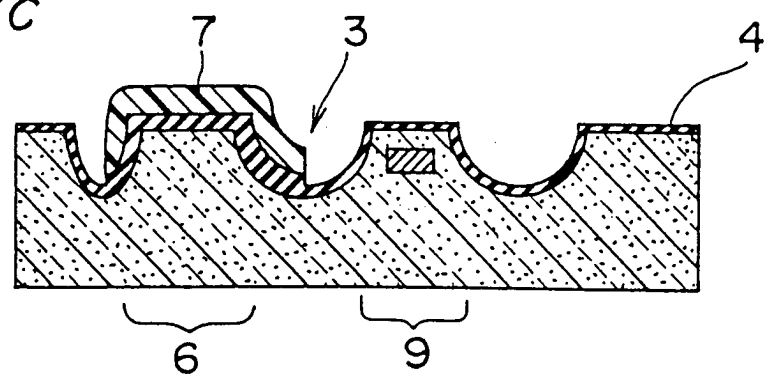


Fig. 3D

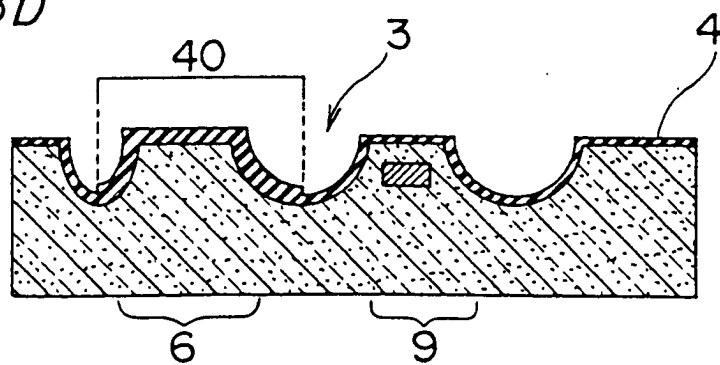


Fig.4A

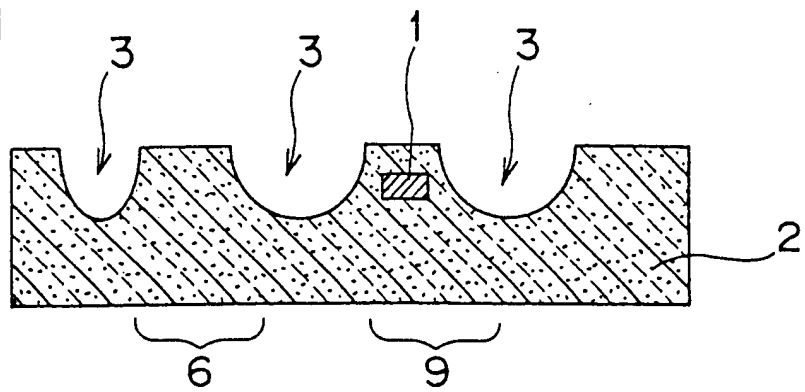


Fig.4B

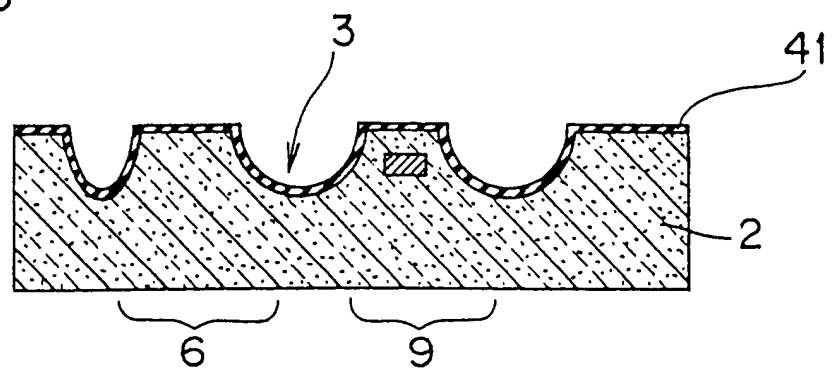


Fig.4C

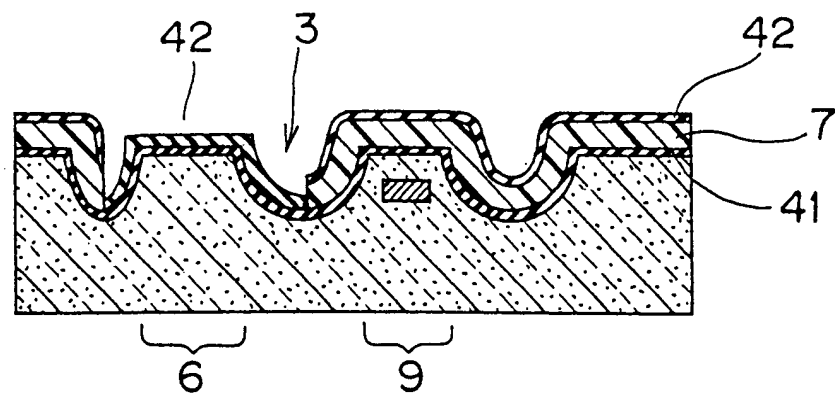
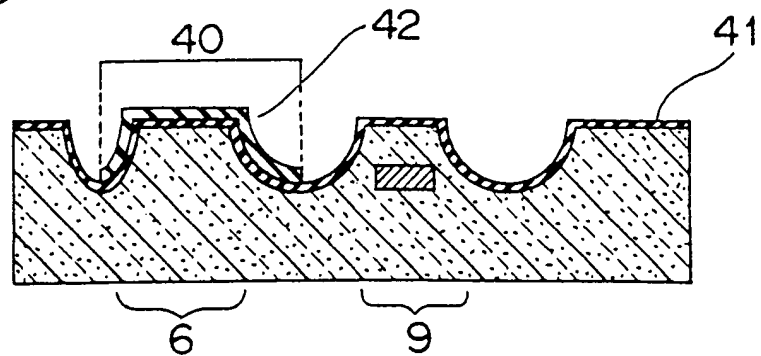


Fig.4D



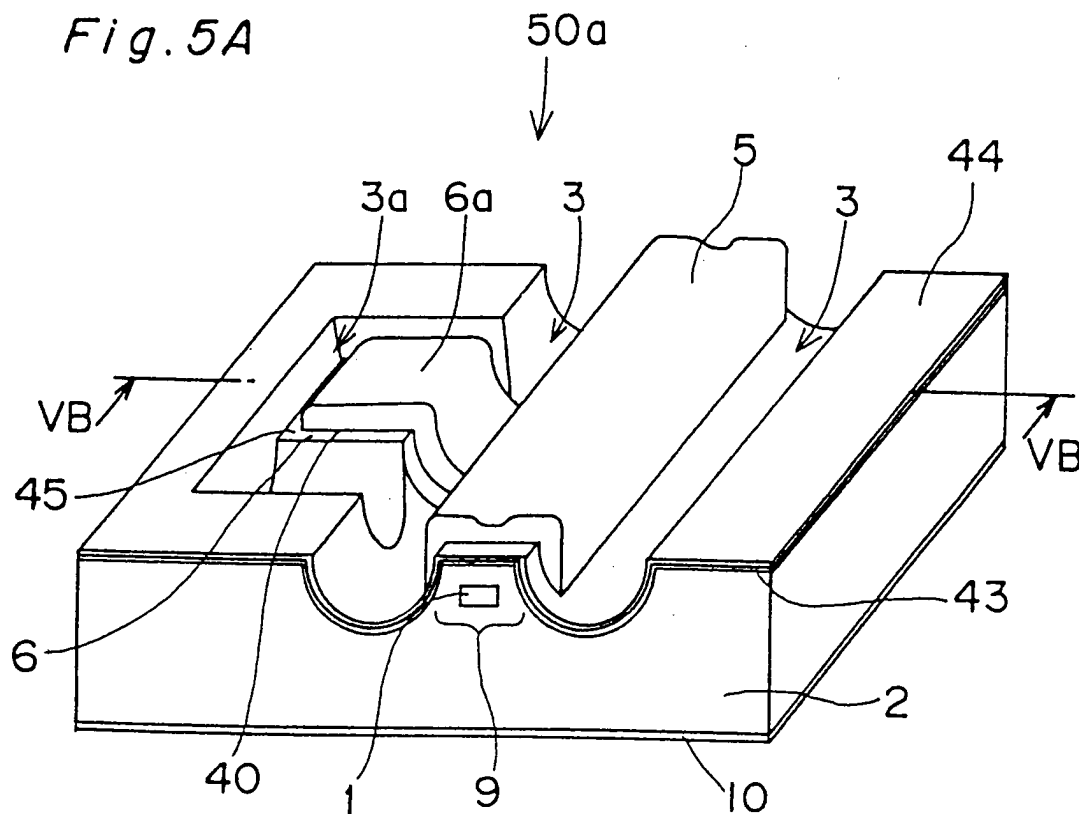


Fig. 5B

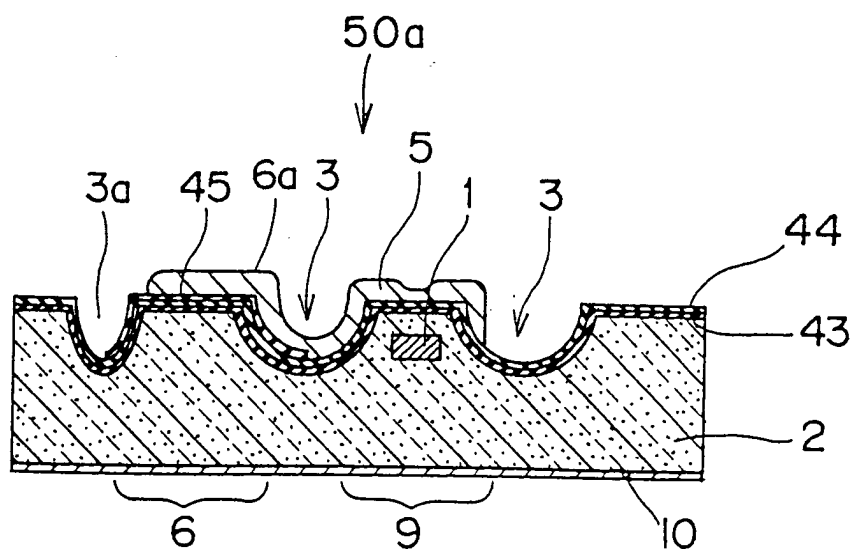


Fig. 6A

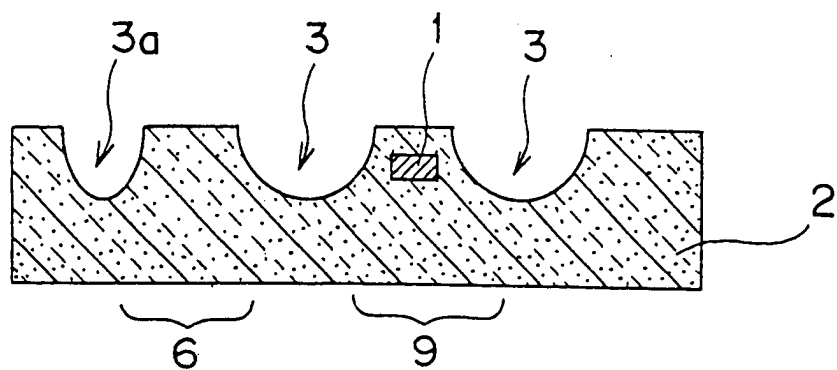


Fig. 6B

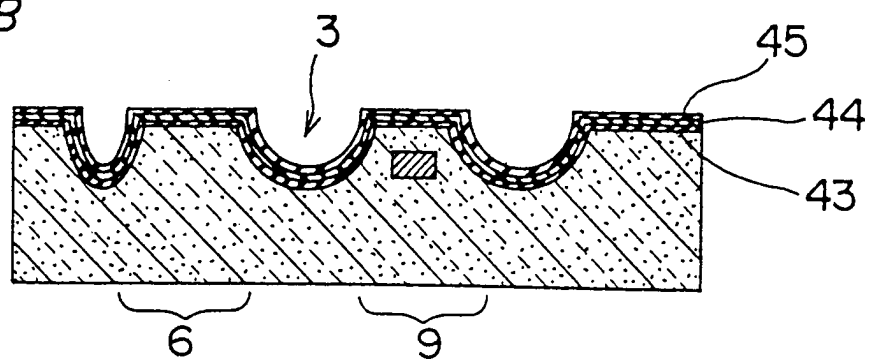


Fig. 6C

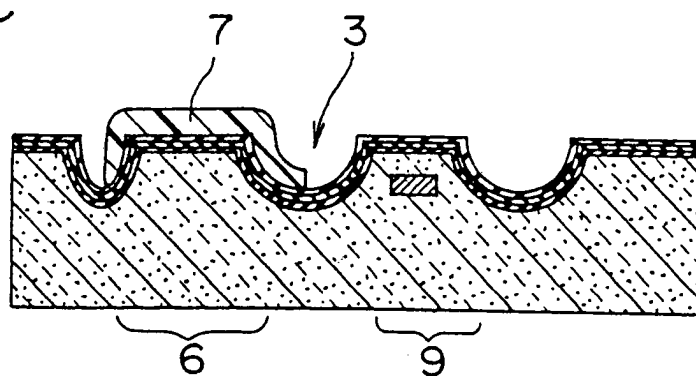


Fig. 6D

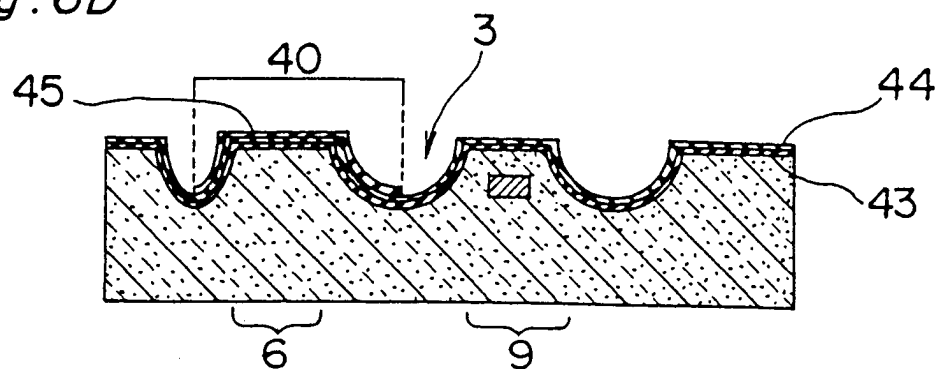


Fig. 7

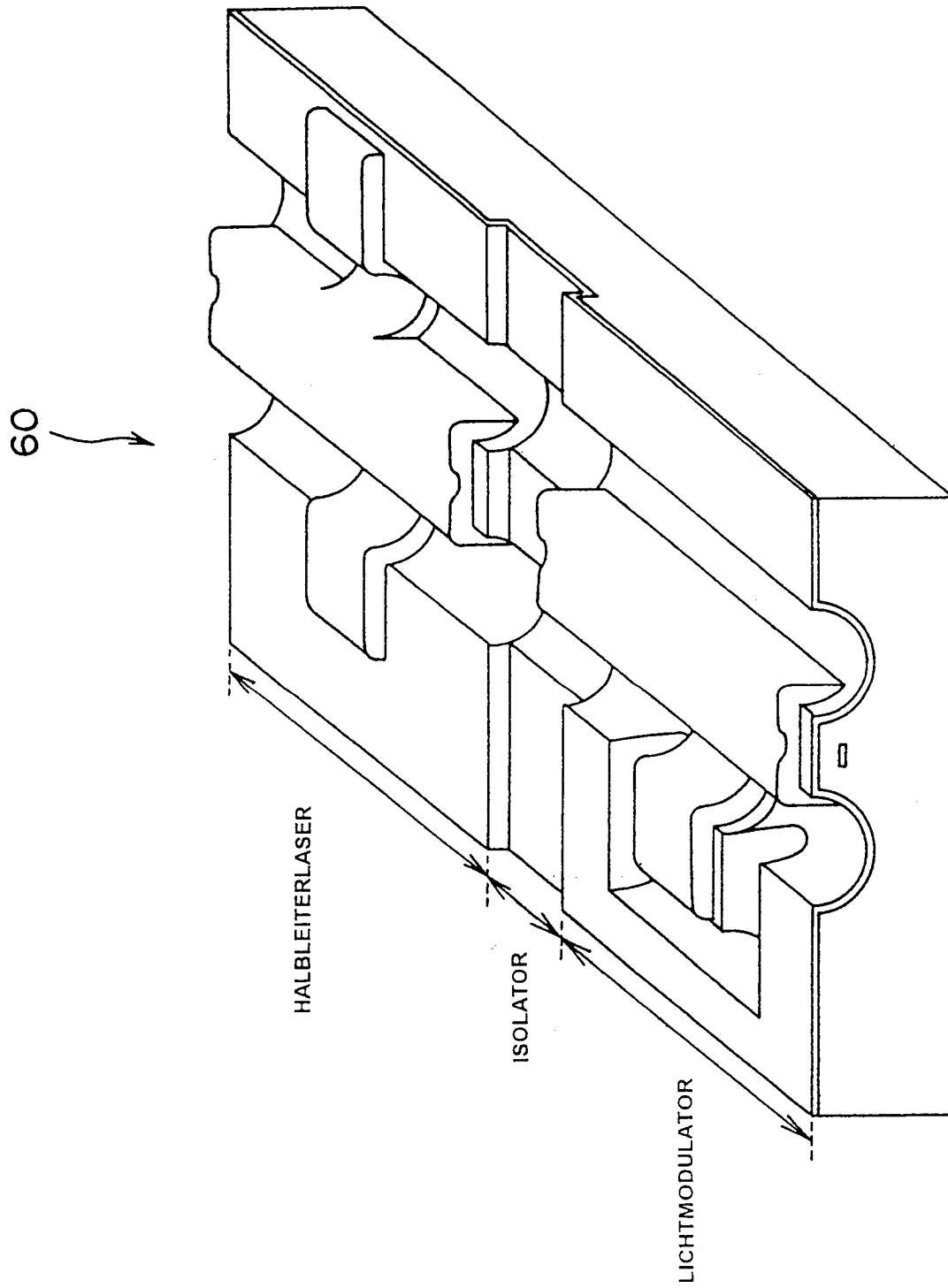


Fig. 8A

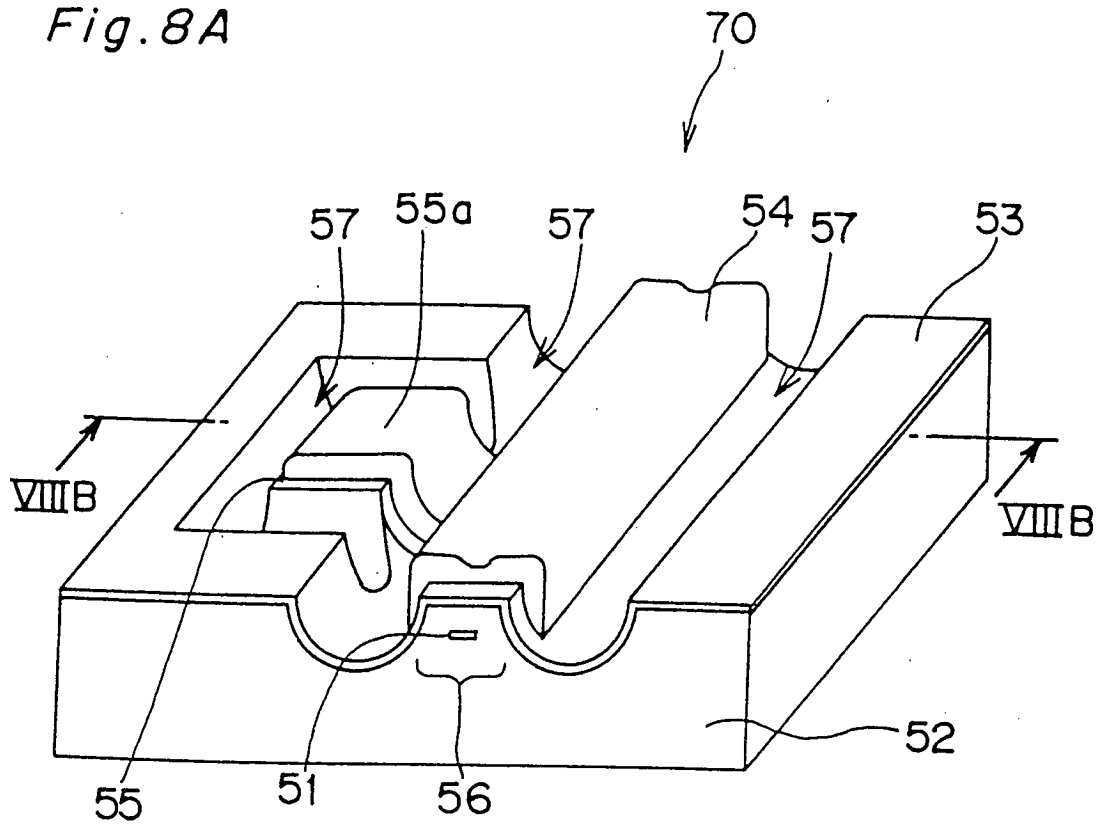


Fig. 8B

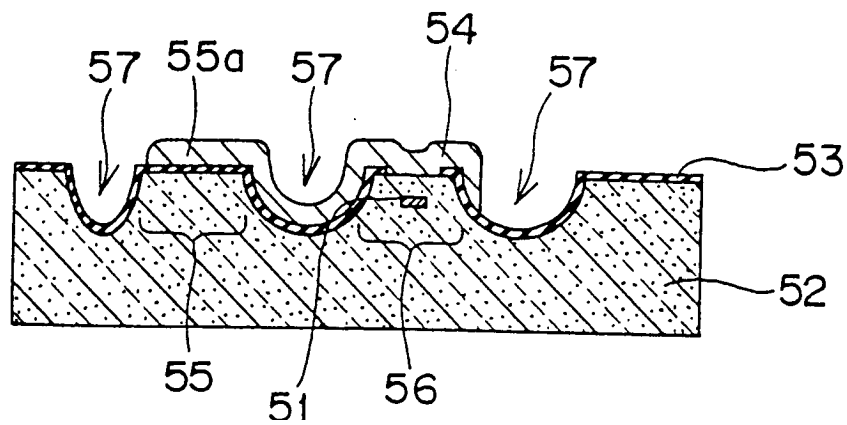


Fig. 9A

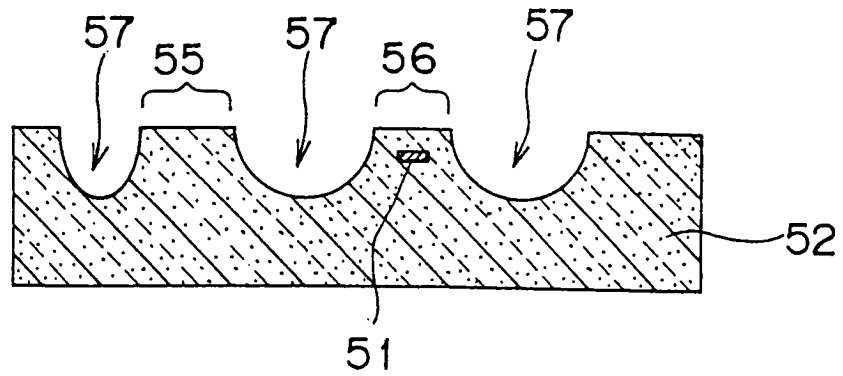


Fig. 9B

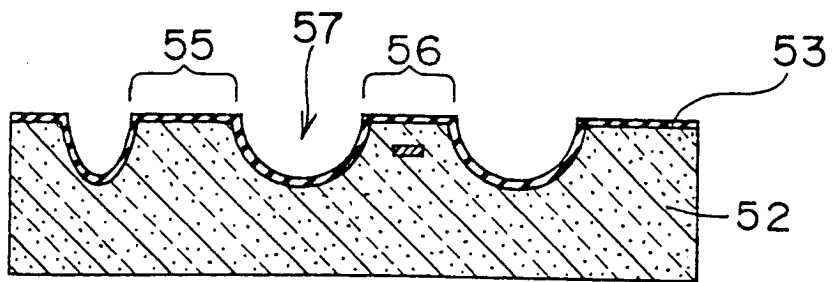


Fig. 9C

