



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 26 328 T2 2007.11.08**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 344 246 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/20** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 26 328.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR01/03714**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 997 835.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/043112**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.11.2001**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **30.05.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.09.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **24.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.11.2007**

(30) Unionspriorität:
0015279 27.11.2000 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:
**S.O.I.Tec Silicon on Insulator Technologies,
Bernin, FR**

(72) Erfinder:
**LETERTRE, Fabrice, F-38000 GRENOBLE, FR;
GHYSELEN, Bruno, F-38170 Seyssinet, FR**

(74) Vertreter:
Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES SUBSTRATS INSBESONDERE FÜR DIE OPTIK, ELEKTRONIK ODER OPTOELEKTRONIK UND RESULTIERENDES SUBSTRAT**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Erfindung betrifft das Gebiet der Herstellungsverfahren von Substraten, insbesondere für die Optik, die Elektronik oder die Optoelektronik, wie auch jenes der Substrate, die durch solche Verfahren erhalten werden. Es kann sich insbesondere um Substrate handeln, die für die Herstellung von Leucht- und Laserdioden eingesetzt werden können.

[0002] Es wird oftmals gewünscht, für eine Verwendung in der Optik, Elektronik oder Optoelektronik Substrate zu erhalten, welche eine dünne Nutzschrift umfassen. In diesem Falle sind zwei große Familien von Verfahren bekannt, um solche Substrate herzustellen. Dies sind die Verfahren, in welchen man eine dünne Schicht, die von einem Ursprungssubstrat abgenommen wird, transferiert, um sie auf ein Trägersubstrat zu übertragen, und die Verfahren, in welchen man die dünne Schicht auf einem Trägersubstrat abscheidet durch eine Abscheidungstechnik, wie die Molekularstrahlepitaxie (die dem Fachmann auf diesem Gebiet auch unter dem Akronym MBE für den englischsprachigen Ausdruck „Molecular Beam Epitaxy“ bekannt ist), das chemische Aufdampfen („chemical vapour deposition) von metallorganischen Verbindungen (die dem Fachmann auf diesem Gebiet auch unter dem Akronym MOCVD für den englischsprachigen Ausdruck „Metal Organic Chemical Vapor Deposition“ bekannt ist) u.s.w. Indessen gibt es Materialien, über welche man nicht oder nur sehr schwierig in Form eines Ursprungssubstrats verfügt, ausgehend von welchem man eine dünne Schicht abnehmen kann, und/oder bezüglich jenen das Aufwachsen durch Abscheidung auf ein Trägersubstrat noch nicht zufrieden stellend ist. Dies ist insbesondere der Fall von monokristallinem Galliumnitrid, das nicht in massiver monokristalliner Form in einer zufrieden stellenden Qualität und/oder in zufrieden stellenden Abmessungen und/oder zu einem vernünftigen Preis existiert und das man folglich durch eine Heteroepitaxietechnik aufwachsen lassen möchte.

[0003] Außerdem strebt man bei allen bekannten Techniken des Aufwachsenlassens einer Nutzschrift auf einer Keimschicht, die selbst von einem Träger getragen wird, oftmals danach, den fraglichen Träger zu entfernen, um das Endprodukt zu erhalten.

[0004] Es sind verschiedene Techniken bekannt, um dies zu tun. So beschreibt das Dokument FR 2 787 919 A die Entfernung eines solchen Substrats durch eine mechanisch-chemische Verdünnungstechnik. Aber alle Techniken zur Entfernung des Trägers durch einen Angriff oder eine äquivalente Technik sind nicht erstrebenswert, denn sie führen zu signifikanten Verlusten eines Materials, das sich manchmal als kostspielig erweist.

[0005] Das Dokument US 6 114 188 A beschreibt seinerseits eine Technik zur Abtrennung eines durch Abscheidung hergestellten komplexen Übergangsmetalloxidfilms (CTMO), indem an dem nativen Substrat, ausgehend von welchem das Aufwachsen des Films ausgeführt werden soll, eine spezielle Behandlung ausgeführt wird und indem man dann eine Ablösung zwischen dem abgeschiedenen Film und diesem nativen Substrat vornimmt. Diese Technik ist gleichwohl nicht erstrebenswert, denn bei ihr besteht das Risiko, den guten Start des AufwachSENS des Films zu gefährden und entweder Ausbeuteverluste oder eine schlechtere Qualität der abgeschiedenen Schicht zu verursachen.

[0006] Die Erfindung zielt darauf ab, diese Nachteile zu lindern.

[0007] Sie hat gleichfalls zum Ziel, ein Verfahren bereitzustellen, welches erlaubt, dünne Nutzschriften von besserer Qualität zu erhalten, als sie durch die Verfahren des Standes der Technik erhalten werden, insbesondere für die Materialien, über welche man nicht oder nur sehr schwierig in Form eines Ursprungssubstrats verfügt, ausgehend von welchem man eine dünne Schicht abnehmen kann, oder bezüglich jenen das Aufwachsen durch Abscheidung auf ein Trägersubstrat noch nicht zufrieden stellend ist. Die Qualität der fraglichen dünnen Nutzschriften bemisst sich insbesondere und an erster Stelle in Hinblick auf Risse und an zweiter Stelle in Hinblick auf die Konzentration von Dislokationen.

[0008] Die Erfindung betrifft zu diesem Zweck ein Verfahren zur Herstellung eines Substrats, welches wenigstens eine Nutzschrift umfasst, welches dazu bestimmt ist, in dem Gebiet der Optik, der Elektronik oder der Optoelektronik eingesetzt zu werden, wobei dieses Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Übertragen einer Keimschicht auf einen Träger durch molekulare Haftung in Höhe einer Verklebungszwischenfläche und
- Epitaxie einer Nutzschrift auf der Keimschicht.

[0009] Gemäß der Erfindung besteht der Träger aus einem Material, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient das 0,7- bis 3-fache von jenem der Nutzschrift beträgt, und ist die Keimschicht in der Lage, sich an die Wär-

meausdehnungen des Trägers und der Nutzschrift anzupassen, und wendet man Beanspruchungen an, um zu der Ablösung der aus der Keimschrift und der Nutzschrift gebildeten Gesamtheit von dem Träger in Höhe der Verklebungszwischenfläche zu gelangen.

[0010] Die Werte der Wärmeausdehnungskoeffizienten, mit denen man sich in diesem Dokument befasst, betreffen bevorzugt jene einer parallelen Ebene zu jener der Nutzschrift.

[0011] Dank dieser Besonderheit weist das für die Herstellung des Trägers ausgewählte Material derartige Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, dass die bedeutenden Zug- oder Druckbeanspruchungen, die im Verlauf der bei dem Aufwachsen der Nutzschrift inhärenten Temperaturschwankungen oder im Verlauf der Rückkehr des so gebildeten Substrats auf Umgebungstemperatur vorkommen, verringert, ja sogar eliminiert werden.

[0012] Es ist insbesondere in Bezug auf die Rissbildungsprobleme anzumerken, dass die Toleranz gegenüber Unterschieden zwischen den Wärmeausdehnungskoeffizienten der jeweiligen Materialien der Nutzschrift und des Trägers größer ist, wenn dieser Unterschied eine Kompression der Nutzschrift verursacht, als wenn dieser eine Streckung dieser Letzteren verursacht. So kann bei einer Kompression der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials des Trägers um ein Mehrfaches größer sein als jener der Nutzschrift. Wohingegen bei einer Streckung der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials des Trägers bevorzugt wenigstens gleich dem 0,7-fachen von jenem der Nutzschrift sein wird.

[0013] Es ist anzumerken, dass die Keimschrift in der Lage ist, sich an die Wärmedehnungen, die ihr durch den Träger und/oder die Nutzschrift auferlegt werden, anzupassen. Dafür weist die Keimschrift eine ausreichend geringe Dicke auf, um deformierbar zu sein und den Abmessungsschwankungen aufgrund der Wärmedehnung des Trägers und/oder der Nutzschrift zu folgen. Diese Dicke hängt von dem Material, welches die Keimschrift bildet, und von jenen des Trägers bzw. der Nutzschrift ab. Typischerweise weist bei einem Siliciumcarbid-Träger von 300 µm Dicke und einer Galliumnitrid-Nutzschrift von mehreren Mikrometern Dicke eine Keimschrift aus monokristallinem Siliciumcarbid eine Dicke unter 0,5 µm und vorzugsweise unter 100 nm (1000 Å) auf.

[0014] Die Beanspruchungen, die angewendet werden, um die Ablösung zu bewirken, werden in vorteilhafter Weise in der Gruppe, welche die mechanischen Beanspruchungen, die thermischen Beanspruchungen, die elektrostatischen Beanspruchungen und die Beanspruchungen durch Laserbestrahlung umfasst, ausgewählt.

[0015] Außerdem und um auf das Galliumnitrid zurückzukommen, ist bekannt, dass für dieses Material Saphir und Siliciumcarbid gute Keimsubstrate für eine Heteroepitaxie bilden können. Saphir ist aber ein elektrischer Isolator, was für bestimmte Anwendungen einen Nachteil darstellt, und monokristallines Siliciumcarbid weist die Nachteile auf, dass es teuer und in großen Durchmessern wenig verfügbar ist. Bei Galliumnitrid wäre ein ideales Substrat für eine Heteroepitaxie das Silicium {111}. Es wird angenommen, dass dieses ein ideales Substrat ist, denn seine Verwendung ist sehr weit verbreitet (folglich wird sie nicht zahlreiche Behandlungsketten von Substraten, in denen dieses Material bereits verwendet wird, stören), es ist wenig kostspielig und es ist in großen Durchmessern verfügbar. Aber die Versuche, die unternommen wurden, um Galliumnitrid auf Silicium {111} unter Verwendung der Standardabscheidungstechnik durch MOCVD bei etwa 1000°C–1100°C abzuscheiden, werden mit dem Problem einer Bildung von Dislokationen, deren Konzentration in der dünnen Galliumnitridschicht über 10⁸/cm² beträgt, ja sogar einer Rissbildung dieser dünnen Schicht konfrontiert.

[0016] Das die Keimschrift bildende Material weist vorteilhafterweise gleichfalls derartige Kristallparameter auf, dass eine Epitaxie der Nutzschrift auf der Keimschrift mit einer Konzentration von Dislokationen in der Nutzschrift unter 10⁷/cm² realisiert wird. Es ist dem Fachmann auf diesem Gebiet bekannt, wie eine solche Epitaxie realisiert werden muss, indem die jeweiligen Parameter und Orientierungen der Keim- und Nutzschriften gewählt werden.

[0017] Beispielhaft stellt die nachfolgende Tabelle 1 die Kristallparameter und die Wärmeausdehnungskoeffizienten von mehreren Materialien, die für das Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens, als Material für die Nutzschrift oder als Material für die Keimschrift oder den Substratträger eingesetzt werden können, zusammen.

Tabelle 1 (1 Å = 0,1 nm)

	GaN (W)	AlN (W)	Al ₂ O ₃ (H)	Si (C)	6H-SiC (W)
Kristallparameter (Å)	a = 3,189 c = 5,185	a = 3,112 c = 4,982	a = 4,758 c = 12,99	c = 5,430	a = 3,08 c = 15,12
Wärmeausdehnungs- koeffizienten gemäß a oder c ($\times 10^{-6}K^{-1}$)	5,59 3,17	4,15 5,27	7,5 8,5	2,6	4,20 4,68
Wärmeleitfähigkeit (W/cm.K)	1,3	2,5	0,5	1,5	4,9
Gegenwärtig verfü- barer maximaler Durchmesser (Zoll)			4	8	2
Qualität der verfü- baren Substrate			Hervorragend	Hervorragend	Variabel
Preis (für 2 Zoll) (willkürliche Einheit)			10	1	125

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders vorteilhaft, wenn man wünscht, eine Nuttschicht aus Galliumnitrid herzustellen. Tatsächlich schlug, um dies zu tun, der Stand der Technik mehrere Techniken vor, die Nachteile aufweisen, von denen die Erfindung sich befreien möchte.

[0019] So setzte man gemäß Techniken des Standes der Technik ein monokristallines Siliciumcarbid- oder Saphir-Substrat ein, um zugleich als Träger und Wachstumskeim für die Nuttschicht zu dienen. Wenn man aber die Nuttschicht einsetzt, um Leuchtdioden herzustellen, erlaubt die Verwendung eines massiven Siliciumcarbid- oder Saphir-Trägers es nicht, die Lokalisierung der elektrischen Kontakte, die Extraktion des von der Diode ausgesandten Lichts, die Verwendung einer reflektierenden Oberfläche u.s.w. auf zufrieden stellende Weise zu beherrschen. Hier kann man einen ersten Träger, der für den Vorgang der Abscheidung angepasst und überdies wieder verwendbar ist, dann einen zweiten Träger, der nach der Entfernung des ersten eingesetzt wird, welcher erlaubt, diese Aspekte besser zu beherrschen, wählen. Außerdem sind die Substrate aus monokristallinem Siliciumcarbid, und, in einem geringeren Maße, solche aus Saphir teuer und hinsichtlich des Durchmessers begrenzt, wohingegen man hier eine Keimschicht einsetzt, die dünn sein kann und von einem gegebenenfalls wieder verwertbaren Substrat oder von einem Block abgenommen werden kann, was es erlaubt, ein Material, das kostspielig sein kann, preiswerter oder wirtschaftlicher zu machen. Außerdem kann man dank der Erfindung eine Keimschicht einsetzen, die aus einem Material gebildet wird, das man einfacher in großen Durchmessern als beispielsweise das monokristalline Siliciumcarbid erhält.

[0020] Außerdem ist der Saphir ein elektrischer Isolator, was es erforderlich macht (wenn man ihn in Form eines massiven Trägers beibehält), Elektroden einzig auf der Nuttschicht herzustellen, wenn diese für die für die Nuttschicht ins Auge gefasste Anwendung erforderlich sind, was folglich Größenprobleme aufwerfen kann (beispielsweise, wenn man zwei elektrische Kontakte an der Vorderseite, d.h. auf der freien Oberfläche der Nuttschicht, herstellen muss).

[0021] Die Erfindung erlaubt, die Eigenschaften, die gewünscht werden, um einen Wachstumskeim für die Nuttschicht zu bilden, von jenen, die für den Träger gewünscht werden, zu entkorrelieren, umso mehr wenn er mit der Möglichkeit einer Wiederverwertung entfernt wird, und so die oben erwähnten Nachteile zu beseitigen.

[0022] Gemäß noch anderen Techniken des Standes der Technik wurde versucht, Galliumnitrid direkt auf massivem Galliumnitrid oder ferner Neodymgallat oder Indiumgallat abzuscheiden. Massives Galliumnitrid ist aber teuer und diese Techniken funktionieren nicht gut.

[0023] Gemäß noch anderen Techniken des Standes der Technik, die bereits weiter oben erwähnt worden sind, scheidet man eine Nutzschiicht aus Galliumnitrid auf Silicium {111} ab. Wenn man aber Silicium {111} als Träger verwendet, d.h. in dicker Form, beobachtet man Risse in der Nutzschiicht aufgrund einer schlechten Anpassung in Hinblick auf die Wärmedehnung. Indem die Erfindung eine Entkorrelierung der Wahlmöglichkeiten erlaubt, erlaubt sie, eine für die Keimbildung geeignete Keimschiicht, welche ausreichend dünn ist, damit sie unter der Einwirkung von thermischen Beanspruchungen deformiert wird, und einen dicken Träger, welcher für seine Anpassung in Hinblick auf Wärmedehnung in Bezug auf die Nutzschiicht, die man auf der Keimschiicht wachsen lässt, ausgewählt wird, zu wählen.

[0024] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst in vorteilhafter Weise die folgenden Merkmale, die separat oder in Kombination anwendbar sind:

- man fügt wenigstens eine Verbindungsschiicht zwischen der Keimschiicht und dem Träger ein, wobei die Verklebungszwischenfläche durch die Verbindungsschiichten) bereitgestellt wird;
- die Nutzschiicht wird aus einem Material gebildet, welches in der Galliumnitrid, Aluminiumnitrid und Gallium-Aluminiumnitrid (und allgemein die halbleitenden Nitride mit großem Spalt (gap)) umfassenden Liste enthalten ist;
- die Keimschiicht umfasst ein Material, welches in der Liste, welche Saphir, Siliciumcarbid, Zinkoxid, Silicium {111}, Galliumnitrid, Neodymgallat und Lithiumgallat umfasst, enthalten ist;
- die Keimschiicht wird so ausgewählt, dass eine präzise kristalline Struktur und Orientierung erhalten wird, beispielsweise um hexagonales oder kubisches Galliumnitrid zu erhalten, oder wenn man eine Si-Außenseite oder eine C-Außenseite wählt, um die Nutzschiicht auf einer Keimschiicht von Siliciumcarbid abzuscheiden;
- die Keimschiicht besteht aus Galliumnitrid von sehr guter Qualität, d.h. mit weniger als 10^6 Dislokationen/cm², beispielsweise aus Galliumnitrid, welches durch eine Technik erhalten wird, die dem Fachmann auf diesem Gebiet unter dem englischsprachigen Ausdruck „Epitaxial Lateral Over Growth“ (deren Akronym ELOG ist) bekannt ist;
- der Träger umfasst ein Material, welches in der Liste, welche die amorphen Materialien, die polykristallinen Materialien und die gesinterten Materialien umfasst, enthalten ist;
- der Träger umfasst ein Material, welches in der Liste, welche polykristallines Siliciumcarbid, monokristallines Siliciumcarbid, polykristallines Aluminiumnitrid, Saphir, polykristallines Galliumnitrid und monokristallines Galliumnitrid, aber mit einer hohen Konzentration an Dislokationen (über 10^7 /cm²), umfasst, enthalten ist;
- die Keimschiicht weist die gleiche chemische Zusammensetzung wie der Träger auf;
- die Keimschiicht wird von einem Ursprungssubstrat abgenommen, indem die Keimschiicht von dem Ursprungssubstrat in Höhe einer vorab fragil gemachten Zone abdissoziiert wird;
- die Keimschiicht wird von einem Ursprungssubstrat abgenommen, welches auf dem Träger zusammengefügt, dann an seiner freien Fläche erodiert worden ist, bis eine Keimschiicht mit der gewünschten Dicke erhalten wird (man wird zu diesem Zweck eine Technik einsetzen, die übertragen worden ist von jener, welche erlaubt, Substrate des Typs, der dem Fachmann auf diesem Gebiet unter dem Akronym BESOI des englischsprachigen Ausdrucks „Bond and Etch Back Silicon on insulator“ bekannt ist, zu erhalten);
- die vorab fragil gemachte Zone wird realisiert, indem Atomspezies in das Ursprungssubstrat in einer Tiefe, welche der Dicke der Keimschiicht (während der Schritte einer nahen Fertigbearbeitung) entspricht, implantiert werden;
- die Dissoziation der Keimschiicht und des Ursprungssubstrats wird wenigstens zum Teil durch einen Vorgang, welcher in der Liste, welche eine Wärmebehandlung, eine Anwendung von mechanischen Beanspruchungen und einen chemischen Angriff umfasst, enthalten ist, oder eine Kombination von wenigstens zwei dieser Vorgänge bewirkt;
- die Nutzschiicht wird in einer Dicke unter 10 µm und vorzugsweise unter 5 µm abgeschieden; und
- vor dem Vorgang, welcher zum Ziel hat, die Gesamtheiten aus Nutzschiicht auf Keimschiicht von dem Träger abzulösen, wird ein verstärkendes Substrat auf die Nutzschiicht geklebt.

[0025] Oben und in der Folge dieses Dokuments versteht man unter Atomimplantation ein jegliches Bombardement mit atomaren oder ionischen Spezies, welches in der Lage ist, diese Spezies in ein Material einzuführen mit einer maximalen Konzentration dieser Spezies in diesem Material, wobei dieses Maximum sich in einer Tiefe, die in Bezug auf die bombardierte Oberfläche bestimmt wird, befindet. Die atomaren oder ionischen Spezies werden in das Material mit einer Energie, die um ein Maximum herum verteilt ist, eingeführt. Die Implantation der atomaren Spezies in das Material kann realisiert werden dank eines Ionenstrahl-Implantationsgeräts, eines Plasmaimmersions-Implantationsgeräts u.s.w. Unter atomaren oder ionischen Spezies versteht man ein Atom in seiner ionischen, neutralen oder molekularen Form oder Moleküle in einer ionischen oder neutralen Form oder ferner eine Kombination von verschiedenen Atomen oder Molekülen in einer ionischen oder neu-

tralen Form.

[0026] Andere Aspekte, Ziele und Vorteile der Erfindung werden beim Lesen der folgenden detaillierten Beschreibung ersichtlich; die Erfindung wird gleichfalls besser verstanden werden mit Hilfe der beigefügten Zeichnungen, in welchen:

[0027] die [Fig. 1](#) schematisch Schritte eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt;

[0028] die [Fig. 2](#) schematisch Schritte eines anderen Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt;

[0029] die [Fig. 3](#) schematisch Schritte eines noch anderen Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt; und

[0030] die [Fig. 4](#) schematisch perspektivisch einen intermediären Träger mit vier Keimschichten, wie er gemäß einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens eingesetzt werden kann, darstellt.

[0031] Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend detailliert mit Hilfe von vier besonderen, aber nicht einschränkenden Ausführungsweisen beschrieben.

[0032] Gemäß der ersten Ausführungsweise, die durch die [Fig. 1](#) veranschaulicht wird, stellt man ein endgültiges Substrat **14**, welches eine Nutzschiicht **16** auf einer Keimschicht **2** umfasst, her, indem die folgenden Schritte ausgeführt werden:

- Bildung einer Schicht von amorphem Material, um eine Verbindungsschicht **10** herzustellen auf einer Oberfläche eines Ursprungssubstrats **6**, welches dazu bestimmt ist, eine Implantation von atomaren Spezies zu durchlaufen, Bildung einer Schicht von amorphem Material auf einer Oberfläche eines Trägers **12**, um eine andere Verbindungsschicht **11** herzustellen, Implantation von atomaren Spezies in Höhe einer bestimmten Tiefe des Ursprungssubstrats **6**, um eine fragil gemachte Zone **8** zu bilden,
- Inkontaktbringen **100** der Verbindungsschichten **10** und **11**,
- Ablösung **200** einer Keimschicht **2** ausgehend von dem Ursprungssubstrat **6** auf der Höhe der fragil gemachten Zone **8** und
- Abscheidung **300** einer Nutzschiicht **16** auf der Oberfläche der Keimschicht **2**, welche der fragil gemachten Zone **8** entspricht.

[0033] Die Schritte der Bildung der Verbindungsschicht **10** und der Implantation von atomaren Spezies können in der oben angegebenen Reihenfolge oder in einer anderen ausgeführt werden.

[0034] Beispiele für Schritte einer Implantation von atomaren Spezies und einer Ablösung **200** der Keimschicht **2** werden beispielsweise in dem Patent FR 2 681 472 beschrieben.

[0035] Die Schritte einer Bildung der Verbindungsschichten **10** und **11** entsprechen beispielsweise der Bildung einer Schicht von amorphem Material gemäß einer der Methoden, die den Fachleuten auf diesem Gebiet bekannt sind.

[0036] Zwischen den Schritten **200** und **300** umfasst das erfindungsgemäße Verfahren gegebenenfalls Vorgänge einer Vorbereitung der Oberfläche der Keimschicht **2**, die dazu bestimmt ist, die Nutzschiicht **16** aufzunehmen. Die Vorgänge einer Vorbereitung umfassen beispielsweise Vorgänge eines Polierens, eines Glühens, eines glättenden Glühens (beispielsweise unter Wasserstoff), eines Glühens, das dazu bestimmt ist, die Verklebungszwischenfläche zwischen den Verbindungsschichten **10** und **11** zu verstärken, einer Opferoxidation (Oxidation, dann Entfernung von oxidiertem Material), eines Ätzens u.s.w.

[0037] Diese erste Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens wird detailliert mit Hilfe von fünf besonderen, aber nicht einschränkenden Beispielen beschrieben, die nachfolgend nacheinander beschrieben werden, wobei die Ablösung auf der Höhe der Verklebungszwischenfläche, die in diesen Beispielen vorgesehen ist, in der Folge des Beispiels 5 beschrieben wird.

[0038] Die nachfolgende Tabelle 2 stellt Beispiele von Materialien zusammen, die für das Ausführen der oben beschriebenen ersten Ausführungsweise eingesetzt werden können.

Tabelle 2

Nutzschicht 16	Keimschicht 2 (typischerweise 100 nm (1000 Å) dick)	Verbindungs- schichten 10,11 (typischerweise 1 µm dick)	Träger 12 (typischerweise 300 µm dick)
GaN oder AlN oder AlGa ₃ N oder GaInN oder SiC oder andere	SiC mono	SiO ₂ oder Si ₃ N ₄	SiC poly oder SiC mono oder Saphir oder AlN poly oder GaN poly
GaN oder AlN oder AlGa ₃ N oder GaInN oder SiC oder andere	Si {111}	SiO ₂ oder Si ₃ N ₄	SiC poly oder SiC mono oder Saphir oder AlN poly oder GaN poly
GaN oder AlN oder AlGa ₃ N oder GaInN oder SiC oder andere	Saphir	SiO ₂ oder Si ₃ N ₄	SiC poly oder SiC mono oder Saphir oder AlN poly oder GaN poly
GaN oder AlN oder AlGa ₃ N oder GaInN oder SiC oder andere	GaN mono	SiO ₂ oder Si ₃ N ₄	SiC poly oder SiC mono oder Saphir oder AlN poly oder GaN poly
GaN oder AlN oder AlGa ₃ N oder GaInN oder SiC oder andere	NdGaO ₂ oder Li-GaO ₃	SiO ₂ oder Si ₃ N ₄	SiC poly oder SiC mono oder Saphir oder AlN poly oder GaN poly

[0039] In der obigen Tabelle wird wie im Folgenden der Begriff „mono“ für „monokristallin“ verwendet und der Begriff „poly“ wird für „polykristallin“ verwendet.

BEISPIEL 1:

[0040] Gemäß dem Beispiel, welches der ersten Zeile der Tabelle 2 entspricht, stellt man eine Nutzschicht **16** aus Galliumnitrid auf einer Keimschicht **2**, die aus monokristallinem Siliciumcarbid besteht, die sich ihrerseits auf einem Träger **12** aus polykristallinem Siliciumcarbid befindetet, her, wobei Verbindungszwischenschichten **10** und **11** aus Siliciumoxid zwischen den Träger **12** und die Keimschicht **2** eingefügt sind.

[0041] Die Keimschicht **2** weist beispielsweise 100 nm (1000 Å) Dicke auf. Der Träger **12** weist beispielsweise 300 µm Dicke auf.

[0042] Die durch die Stapelung der Keimschicht **2** aus monokristallinem Siliciumcarbid, der beiden Verbindungsschichten **10** und **11** aus Siliciumoxid und des Trägers **12** aus polykristallinem Siliciumcarbid gebildete Struktur wird durch ein Schichtentransferverfahren, das den Fachleuten auf diesem Gebiet bekannt ist (beispielsweise siehe eine Anwendung eines Smart-Cut[®]-Verfahrens in dem Patent FR 2 681 472), hergestellt.

[0043] Die Nutzschicht **16** kann durch chemisches Aufdampfen (den Fachleuten auf diesem Gebiet auch unter dem Akronym CVD für den englischsprachigen Begriff „Chemical Vapor Deposition“ bekannt), durch che-

misches Aufdampfen bei hoher Temperatur (den Fachleuten auf diesem Gebiet auch unter dem Akronym HTCVD für den englischsprachigen Begriff „High Temperature Chemical Vapor Deposition“ bekannt), durch MOCVD, durch MBE, ja sogar durch Hydrid-Dampfphasenepitaxie (den Fachleuten auf diesem Gebiet auch unter dem Akronym HPVE für den englischsprachigen Begriff „Hydride Vapor Phase Epitaxy“ bekannt), siehe beispielsweise das Dokument „GaN bulk substrates for GaN based LEDs and LDs“, O. Oda et al., Phys. Stat. Sol. (a), Nr. 180, S. 51 (2000)), oder andere äquivalente Techniken hergestellt werden.

[0044] Die Verwendung von Siliciumoxid für die Verbindungsschicht **10** vereinfacht die Realisierung der Abnahme der Keimschicht **2** von dem Ursprungssubstrat **6**. Tatsächlich erlaubt die planar erfolgende Abscheidung des Siliciumoxids, die Unregelmäßigkeiten der Oberfläche auszugleichen und Schritte eines Polierens, einer Einebnung, einer Reinigung, einer chemischen Vorbehandlung und eines Klebens dieses Siliciumoxids auf das Siliciumoxid der Verbindungsschicht **11**, die auf dem Träger **12** gebildet worden ist, durch bekannte und leicht auszuführende Techniken auszuführen. Die Gesamtheit der Verbindungsschichten **10** und **11** weist beispielsweise eine Dicke von 1 µm auf.

BEISPIEL 2:

[0045] Gemäß diesem Beispiel (zweite Zeile der obigen Tabelle) stellt man eine äquivalente Struktur zu jener des Beispiels 1 her, in welcher man die Keimschicht **2** aus Siliciumcarbid durch eine Keimschicht **2** aus Silicium {**111**} ersetzt.

[0046] Die Dicke des Siliciums {**111**} wird vorzugsweise auf eine Dicke unter 300 nm (3000 Å) begrenzt, damit diese sich ohne Rissbildung an die Wärmedehnung, die während verschiedener oben erwähnter Verfahrensschritte oder Vorgänge auftreten kann, anpassen kann.

BEISPIEL 3:

[0047] Gemäß diesem Beispiel (dritte Zeile der obigen Tabelle) stellt man eine äquivalente Struktur zu jener der Beispiele 1 und 2 her, in welcher die Keimschicht **2** aus Saphir besteht. Der Saphir ist auch ein Material, welches dafür bekannt ist, eine gute Epitaxie von Galliumnitrid zu erlauben.

BEISPIEL 4:

[0048] Gemäß diesem Beispiel (vierte Zeile der obigen Tabelle) stellt man eine äquivalente Struktur zu jener der Beispiele 1 bis 3 her, in welcher die Keimschicht **2** aus monokristallinem Galliumnitrid besteht.

BEISPIEL 5:

[0049] Gemäß diesem Beispiel (fünfte Zeile der obigen Tabelle) stellt man eine äquivalente Struktur zu jener der Beispiele 1 bis 4 her, in welcher die Keimschicht **2** aus Neodymgallat oder Lithiumgallat besteht.

[0050] Es können zahlreiche Varianten der vorangegangenen Beispiele ins Auge gefasst werden.

[0051] So kann das Siliciumoxid von einer der Verbindungsschichten **10** und **11** oder das Siliciumoxid der beiden Verbindungsschichten **10** und **11** durch ein anderes Material, beispielsweise Siliciumnitrid (Si_3N_4), ersetzt werden. Dieses Letztere erlaubt, höhere Temperaturen als Siliciumoxid auszuhalten. Dieser Vorteil ist besonders interessant im Rahmen der Optimierung der Abscheidung der Nutzschiicht **16** in Hinblick auf die Bildung einer monokristallinen Schicht von guter Qualität oder ferner, wenn gewünscht wird, die Abscheidungs geschwindigkeit zu erhöhen. Das Siliciumnitrid weist gleichfalls den Vorteil auf, die Diffusion des Galliums in dem Träger **12** zu begrenzen, ja sogar zu vermeiden.

[0052] Gemäß noch einer anderen Variante dieser ersten Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Nutzschiicht **16** aus Galliumnitrid durch eine Nutzschiicht **16** aus Aluminiumnitrid, Siliciumcarbid, einer Legierung von Aluminium und Gallium, einer Legierung von Gallium und Indium oder anderen Verbindungen ersetzt. Die Nutzschiicht **16** aus Galliumnitrid kann gleichfalls durch eine mehrschichtige Struktur ersetzt werden, welche aus einer Stapelung von Schichten vom Typ Galliumnitrid, Aluminiumnitrid, Gallium-Indiumnitrid u.s.w., gegebenenfalls mit Dotierungen unterschiedlicher Natur u.s.w., besteht, ersetzt werden.

[0053] Gemäß noch anderen Varianten wird der Träger **12** aus polykristallinem Siliciumcarbid ersetzt durch monokristallines Siliciumcarbid (insbesondere in dem Falle, wo der Träger **12** wiederverwendet werden kann,

wie nachfolgend angegeben), Saphir, polykristallines Aluminiumnitrid oder polykristallines Galliumnitrid.

[0054] Man entfernt nach dem Aufwachsen der Nutzschrift **16** den Träger **12**, nachdem man gegebenenfalls, wenn dies aus Steifheitsgründen erforderlich ist, das Ganze durch einen anderen Träger entweder durch direktes Aufkleben oder durch Bildung von diesem anderen Träger durch Abscheidung auf der Nutzschrift u.s.w. verstärkt hat.

[0055] Der Träger **12** muss dann nicht nur die Wachstumsbedingungen der Nutzschrift **16** aushalten können, sondern es ist vorteilhaft, ihn entfernen zu können. Der Weg, der gewählt wird, um den intermediären Träger **12** zu entfernen, kann die Wahl des Materials, aus welchem dieser besteht, bedingen. Tatsächlich müssen, wenn gewünscht wird, diesen durch Ätzen oder durch mechanische oder chemische Entfernung zu opfern, die Ätz- und Entfernungsschritte wie auch der intermediäre Träger **12** selbst so wenig kostspielig wie möglich sein. Gemäß diesem Kriterium wird man einen Träger **12** aus polykristallinem Aluminiumnitrid auswählen.

Ablösung

[0056] Gemäß der Erfindung setzt man Beanspruchungen, wie mechanische, thermische, elektrostatische Beanspruchungen, eine Bestrahlung durch Laser u.s.w., ein, um eine Ablösung von zwei Teilen, die sich auf den beiden Seiten der Verklebungswischenfläche befinden, zu bewirken.

[0057] In diesem Falle kann man einen Träger **12** aus monokristallinem Siliciumcarbid wählen, denn dieser wird nicht verbraucht und er kann erneut verwendet werden.

[0058] Gemäß einer anderen Variante stellt man die Gesamtheit oder einen Teil der Komponenten auf der Nutzschrift **16** vor oder nach Entfernung des Trägers **12** her.

[0059] Gemäß der zweiten Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens, die durch die [Fig. 2](#) veranschaulicht wird, stellt man entsprechend dem ersten Beispiel der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, das oben beschrieben worden ist, eine Struktur her, umfassend eine Nutzschrift **16** auf einer Keimschicht **2**, welche sich ihrerseits auf einem Träger **12** befindet, wobei die Verbindungsschichten **10** und **11** zwischen die Keimschicht **2** und den Träger **12** eingefügt sind. Dann scheidet man gemäß der vorliegenden Ausführungsweise eine dicke Schicht **4** auf der freien Oberfläche der Nutzschrift **16** ab und man entfernt den Träger **12** und gegebenenfalls die Keimschicht **2**. Die dicke Schicht **4** dient dann insbesondere dazu, einen Träger für die Nutzschrift **16** nach Entfernung des Trägers **12** zu bilden.

[0060] Die nachfolgende Tabelle 3 stellt Beispiele von Materialien, die im Rahmen dieser zweiten Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet werden können, zusammen.

Tabelle 3

Nutzschrift 16	Keimschicht 2	Verbindungsschichten 10,11	Träger 12	Dicke Schicht 4
GaN oder AlN oder AlGaIn oder SiC oder andere	Si {111} oder SiC mono oder GaN oder Saphir oder NdGaO ₂ oder LiGaO ₃	SiO ₂ oder Si ₃ N ₄	SiC poly oder AlN poly oder Saphir oder SiC mono oder GaN poly	Diamant oder SiC poly oder GaN oder AlN oder Bornitrid oder Metall (Kupfer)

BEISPIEL 6:

[0061] Gemäß diesem Beispiel stellt man eine Keimschicht aus monokristallinem Silicium {111} auf einem Träger **12** aus polykristallinem Siliciumcarbid mit Verbindungsschichten **10** und **11** aus Siliciumoxid zwischen den beiden her. Dann scheidet man eine Nutzschrift **16** aus monokristallinem Galliumnitrid durch MOCVD und eine dicke Schicht **4** aus Diamant auf der freien Fläche des monokristallinen Galliumnitrids der Nutzschrift **16** ab.

[0062] Die so erhaltene Struktur durchläuft dann eine Behandlung, die geeignet ist, eine Ablösung der aus der Nutzschrift **16** gebildeten Gesamtheit von der aus dem Träger **12** und der Keimschrift **2** gebildeten Gesamtheit zu bewirken. Diese Behandlung umfasst die Anwendung von mechanischen, thermischen, elektrostatistischen u.s.w. Beanspruchungen, um eine Ablösung von zwei Teilen, die sich auf beiden Seiten der Verklebungswischenfläche befinden, hervorzurufen.

[0063] Dieses Beispiel weist den Vorteil auf, dass man einen Träger **12** verwenden kann, dessen Oberfläche, die dazu bestimmt ist, die Keimschrift **2** aufzunehmen, schlecht vollendet ist, dass man aber, nachdem man die Nutzschrift **16** aus GaN dank der Keimschrift **2** aus Silicium {**111**} gebildet hat, einen endgültigen Träger (die dicke Schicht **4**) herstellen kann für die Nutzschrift **16** mit Eigenschaften, die für die Verwendung dieser Nutzschrift **16** angepasst sind (hier, mit Diamant, guten Wärmeleitungseigenschaften und guten elektrischen Isolationseigenschaften für beispielsweise Ultrahochfrequenz-Anwendungen) wie auch einer guten Grenzflächenqualität zwischen der dicken Schicht **4** und der Nutzschrift **16** für beispielsweise eine verstärkte Wärmeleitung.

[0064] Dieses Beispiel kann zahlreiche Varianten umfassen.

[0065] So kann man die Keimschrift **2** aus Silicium {**111**} durch monokristallines Siliciumcarbid, Saphir, Neodymgallat oder Lithiumgallat ersetzen; die Verbindungsschichten **10** und **11** aus Siliciumoxid können durch Siliciumnitrid ersetzt werden; der Träger **12** aus polykristallinem Siliciumcarbid kann durch monokristallines Siliciumcarbid oder Saphir ersetzt werden; und die dicke Schicht **4** aus Diamant kann durch polykristallines Siliciumcarbid, polykristallines Galliumnitrid (abgeschieden durch beispielsweise HVPE), Bornitrid oder ein Metall (abgeschieden in einer dicken Schicht durch beispielsweise Elektrolyse), wie Kupfer, u.s.w. ersetzt werden.

[0066] Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften hinsichtlich der Dicke der dicken Schicht **4** wichtig sein können, beispielsweise wenn gewünscht wird, einen elektrischen Kontakt an der Hinterseite des endgültigen Substrats **14** abzugreifen oder wenn das Abziehen der durch die auf der Nutzschrift **16** hergestellten Komponenten erzeugten Wärme ausschlaggebend ist oder ferner wenn gewünscht wird, das durch eine Diode oder einen Laser, die bzw. der auf der Nutzschrift **16** hergestellt ist, ausgestrahlte Licht besser zu extrahieren und zu beherrschen. Es versteht sich dann, dass die Wahl der Eigenschaften der dicken Schicht **4** einen Freiheitsgrad bei den Herstellungsverfahren von besonders interessanten Substraten für die Herstellung von Substraten für die Optik, die Elektronik, die Optoelektronik u.s.w. bietet. Man kann bei den Herstellungsverfahren von Substraten noch einen Freiheitsgrad hinzufügen, indem Herstellungs- oder Vorbereitungsschritte (die dem Fachmann auf diesem Gebiet an sich bekannt sind) vorgesehen werden, wie dass die dicke Schicht **4** von der Nutzschrift **16** im weiteren Verlauf abgenommen werden kann.

[0067] Ebenso sind diese Varianten übertragbar auf die Fälle, wo man eine Nutzschrift **16** aus Aluminiumnitrid, Siliciumcarbid, einer Legierung von Aluminium und Gallium oder von anderen Verbindungen anstelle der Nutzschrift **16** aus Galliumnitrid bildet, wie dies oben beschrieben worden ist. Die Nutzschrift **16** aus Galliumnitrid kann gleichfalls eine mehrschichtige Struktur sein, welche aus einer Stapelung von Schichten vom Typ Galliumnitrid, Aluminiumnitrid u.s.w., gegebenenfalls mit Dotierungen von unterschiedlicher Natur, besteht.

[0068] Gemäß dem dritten Beispiel einer Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens, das durch die [Fig. 3](#) veranschaulicht wird, stellt man eine Struktur her, in welcher die dicke Schicht **4** im Gegensatz dazu, was in Bezug auf die zweite Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben worden ist, nach der Trennung der Nutzschrift **16** und des Trägers **2** abgeschieden wird. Die dicke Schicht **4** wird dann entweder auf der Seite der Keimschrift **2**, auf dieser Keimschrift **2** oder auf der entsprechenden Seite der Nutzschrift **16**, wenn die Keimschrift **2** zum gleichen Zeitpunkt wie der Träger **12** oder nach diesem Letzteren entfernt worden ist, oder auf der Seite der freien Fläche der Nutzschrift **16** abgeschieden.

[0069] Die dritte Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nachfolgend mit Hilfe von drei Beispielen beschrieben.

[0070] Die Materialien, die im Rahmen dieser drei Beispiele verwendet werden, sind in der Tabelle 4 zusammengestellt und entsprechen jenen der Tabelle 3.

Tabelle 4

Nutzschicht 16	Keimschicht 2	Verbindungsschichten 10,11	Träger 12	Dicke Schicht 4
GaN oder AlN oder AlGaIn oder GaN oder SiC	SiC mono oder Si {111} oder Saphir oder GaN oder NdGaO ₂ oder LiGaO ₃	SiO ₂ oder Si ₃ N ₄	SiC mono oder SiC poly oder AlN poly oder Saphir oder GaN poly	AlN oder GaN oder SiC poly oder Diamant oder Bornitrid oder Metall
GaN oder AlN oder AlGaIn oder GaN oder SiC	SiC mono oder Si {111} oder Saphir + Ätzen GaN oder NdGaO ₂ oder LiGaO ₃	SiO ₂ oder Si ₃ N ₄	SiC mono oder SiC poly oder AlN poly oder Saphir oder GaN poly	AlN oder GaN oder SiC poly oder Diamant oder Bornitrid oder Metall
+ Ätzen eines Teils des GaN oder des AlN oder des AlGaIn oder des GaInN oder des SiC	SiC mono oder Si {111} oder Saphir + Ätzen GaN oder NdGaO ₂ oder LiGaO ₃	SiO ₂ oder Si ₃ N ₄	SiC mono oder SiC poly oder AlN poly oder Saphir oder GaN poly	AlN oder GaN oder SiC poly oder Diamant oder Bornitrid oder Metall

BEISPIEL 7:

[0071] Gemäß diesem Beispiel (erste Zeile der Tabelle 4) stellt man eine Struktur, umfassend eine Keimschicht **2** aus monokristallinem Siliciumcarbid auf einem Träger **12** von monokristallinem Siliciumcarbid mit Verbindungsschichten **10** und **11** aus Siliciumoxid zwischen den beiden, auf die oben für das Beispiel 1 beschriebene Weise her. Man stellt dann auf der freien Oberfläche der Keimschicht **2** aus Siliciumcarbid eine Nutzschicht **16** aus monokristallinem Galliumnitrid durch MOCVD her. Die so erhaltene Struktur durchläuft dann eine Behandlung, die geeignet ist, die aus der Keimschicht **2** und der Nutzschicht **16** gebildete Struktur von dem Träger **12** zu trennen. Man erhält so einerseits eine Struktur, die aus einer Nutzschicht **16** aus Galliumnitrid bedeckt von einer Keimschicht **2** aus monokristallinem Siliciumcarbid gebildet wird, und andererseits den Träger **12**, der bereit ist, wiederverwertet zu werden. Eine dicke Schicht **4** aus polykristallinem Siliciumcarbid wird dann durch chemisches Aufdampfen auf die Schicht der Keimschicht **2** abgeschieden.

[0072] Der Träger **12** aus monokristallinem Siliciumcarbid ist relativ teuer, aber er wird in dem vorliegenden Beispiel während des Ausführens von späteren Wiederholungen des erfindungsgemäßen Verfahrens wieder verwendet.

BEISPIEL 8:

[0073] Gemäß einem anderen Beispiel (zweite Zeile der Tabelle 4) dieser dritten Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens stellt man die Struktur des Beispiels 8 her, aber die Keimschicht **2** aus monokristallinem Siliciumcarbid wird beispielsweise durch ein Ätzen in einem Plasma vor der Bildung der dicken Schicht **4** aus polykristallinem Siliciumcarbid entfernt.

BEISPIEL 9:

[0074] Gemäß noch einem anderen Beispiel dieser dritten Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Ver-

fahrens (dritte Zeile der Tabelle 4) stellt man eine Struktur wie jene des Beispiels 9 her mit dem Unterschied, dass man nicht nur die Keimschicht **2** aus monokristallinem Siliciumcarbid, sondern zusätzlich einen Teil der Nutzschrift **16** aus Galliumnitrid entfernt, um eine Nutzschrift **16** zu bewahren, die so wenig Fehler wie möglich aufweist.

[0075] Man kann festhalten, dass die Keimschicht **2** aus monokristallinem Siliciumcarbid oder die Nutzschrift **16** aus monokristallinem Galliumnitrid einige ergänzende technologische Schritte durchlaufen kann, bevor sie der Abscheidung der dicken Schicht **4** unterworfen wird, wobei diese Schritte darauf abzielen, elektronische Komponenten in ihrer Gesamtheit oder zu einem Teil herzustellen, oder den Gegenstand von gleichförmigen Abscheidungen von zusätzlichen Filmen von epitaxialer Natur oder nicht bilden.

[0076] Es muss gleichfalls angemerkt werden, dass die Polarität der Keimschicht **2** aus monokristallinem Siliciumcarbid (Seite Si oder Seite C) und jene der Nutzschrift **16** aus Galliumnitrid durch die Wahl der Polarität des anfänglichen Ursprungssubstrats **6** bestimmt werden kann. Gegebenenfalls umfasst das erfindungsgemäße Verfahren wenigstens einen doppelten Transfer, welcher erlaubt, die Polarität zwei Mal zu wechseln.

[0077] Ebenso können diese Beispiele übertragen werden auf die Fälle, wo man gemäß der Erfindung eine Nutzschrift **16** aus Aluminiumnitrid, Siliciumcarbid, einer Legierung von Aluminium und Gallium, einer Legierung von Indium und von Gallium oder aus anderen Verbindungen anstelle der Nutzschrift **16** aus Galliumnitrid bildet, wie dies oben beschrieben worden ist. Die Nutzschrift **16** aus Galliumnitrid kann gleichfalls eine mehrschichtige Struktur sein, welche aus einer Stapelung von Schichten vom Typ Galliumnitrid, Aluminiumnitrid u.s.w., gegebenenfalls mit Dotierungen von unterschiedlicher Natur u.s.w., besteht.

[0078] Die Keimschicht **2** kann aus Silicium {111} oder aus Saphir oder aus Neodymgallat oder Indiumgallat u.s.w anstelle von monokristallinem Siliciumcarbid gebildet werden.

[0079] Dieser Träger **12** kann aus polykristallinem Siliciumcarbid oder polykristallinem Siliciumnitrid oder polykristallinem Aluminiumnitrid oder Saphir oder polykristallinem Galliumnitrid anstelle von monokristallinem Siliciumcarbid gebildet werden. Die dicke Schicht **4** kann aus polykristallinem Aluminiumnitrid oder aus Diamant oder aus Bornitrid anstelle von polykristallinem Siliciumcarbid gebildet werden.

[0080] Gemäß der vierten Ausführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens stellt man eine Struktur her wie jene der obigen Beispiele, aber in welcher man keine Zwischenschichten **10** und **11** herstellt. Als Beispiel entfernt man eine Keimschicht **2** von einem Ursprungssubstrat **6** aus Silicium {111}, die man mit einem Träger **12** aus polykristallinem Siliciumcarbid durch direktes Verkleben (beispielsweise wie in den vorangegangenen Ausführungsweisen angegeben) zusammenfügt. Dann scheidet man durch eine der bereits erwähnten Techniken eine Nutzschrift **16** aus Galliumnitrid auf der Keimschicht **2** ab.

[0081] Es können noch zahlreiche andere Varianten hinsichtlich der oben beschriebenen Ausführungsweisen ins Auge gefasst werden, ohne von dem Umfang der Erfindung abzuweichen.

[0082] Man könnte beispielsweise Verfahrensschritte, die in verschiedenen Beispielen von Ausführungsweisen des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben worden sind, miteinander kombinieren.

[0083] Wie in [Fig. 4](#) dargestellt, besteht eine Variante darin, die Keimschichten **2**, die vor Abscheidung der Nutzschrift **16** erhalten werden, chargenweise zu behandeln. In diesem Fall sind diese Keimschichten **2** auf einem einzelnen Träger **12** mit großen Abmessungen fixiert.

[0084] Die Form dieses einzelnen Trägers **12** kann eine beliebige sein (kreisförmig, rechteckig u.s.w.).

[0085] In diesem Falle können die Keimschichten **2** identisch oder verschieden sein. Jede dieser Keimschichten **2** kann den Gegenstand eines separaten Verfahrensschritts einer Ablösung der Keimschicht von dem Träger **12** bilden. Der einzelne Träger **12** ist beispielsweise eine Platte aus polykristallinem Siliciumcarbid, die mit einem Siliciumoxid bedeckt ist.

[0086] Vorteilhafterweise wird ein verstärkendes Substrat auf die Nutzschrift **16** der verschiedenen Gesamtheiten geklebt vor dem Verfahrensschritt, der zum Ziel hat, die Gesamtheiten aus Nutzschrift **16** auf Keimschicht **2** von dem Träger **12** abzulösen.

[0087] Jeder einzelne Träger **12** wird wieder verwendet.

[0088] Gemäß einer anderen Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens optimiert man die Parameter der Abscheidung der dicken Schicht **4**, um eine monokristalline dicke Schicht **4** herzustellen.

[0089] Sogar wenn die Qualität einer solchen monokristallinen dicken Schicht **4** nicht optimal ist, kann sie sich für zahlreiche Anwendungen, bei welchen eine sehr gute Kristallqualität lediglich für die Nutzschrift **16** erforderlich ist, als ausreichend erweisen.

[0090] Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders interessant, wenn es kein Aufwachsen von Blöcken gibt (Fall von Galliumnitrid) oder wenn es kostspielig ist (Fall von Siliciumcarbid).

[0091] Gemäß anderen Varianten wird das, was oben erläutert worden ist, auf das Aufwachsen einer Nutzschrift aus anderen halbleitenden Materialien, wie Indiumphosphid, Galliumarsenid, Germanium, Silicium-Germanium u.s.w. oder ferner anderen Materialien, wie Lithiumniobat, übertragen.

[0092] Gemäß noch anderen Varianten wird man keine Verbindungsschichten **10** oder **11** verwenden oder man wird lediglich eine (auf dem Träger **12** oder auf der Keimschrift **2**) verwenden.

[0093] Gemäß noch anderen Varianten stellt man eine beispielsweise isolierende Zwischenschicht zwischen der Nutzschrift **16** und/oder der Keimschrift **2** (wenn diese beibehalten wird) und dem Träger **12** oder der dicken Schicht **4** her, um ein Halbleiter-Substrat auf einem Isolator zu bilden. Diese Zwischenschicht besteht beispielsweise aus Diamant, aus feinem Oxid (50 nm (500 Å)) u.s.w.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Substrats, welches wenigstens eine Nutzschrift (**16**) umfasst, welches dazu bestimmt ist, in dem Gebiet der Optik, der Elektronik oder der Optoelektronik eingesetzt zu werden, wobei dieses Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

– Übertragen einer Keimschrift (**2**) auf einen Träger (**12**) durch molekulare Haftung in Höhe einer Verklebungszwischenfläche und

– Epitaxie einer Nutzschrift (**16**) auf der Keimschrift,

dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (**12**) aus einem Material besteht, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient das 0,7- bis 3-fache von jenem der Nutzschrift (**16**) beträgt, dass die Keimschrift (**2**) in der Lage ist, sich an die Wärmeausdehnungen des Trägers (**12**) und der Nutzschrift (**16**) anzupassen, und dass man Beanspruchungen anwendet, um zu der Ablösung der aus der Keimschrift (**2**) und der Nutzschrift (**16**) gebildeten Gesamtheit von dem Träger (**12**) in Höhe der Verklebungszwischenfläche zu gelangen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beanspruchungen, die angewendet werden, um die Ablösung zu bewirken, in der Gruppe, welche die mechanischen Beanspruchungen, die thermischen Beanspruchungen, die elektrostatischen Beanspruchungen und die Beanspruchungen durch Laserbestrahlung umfasst, ausgewählt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Keimschrift (**2**) derartige Kristallparameter aufweist, dass eine Epitaxie der Nutzschrift (**16**) auf der Keimschrift (**2**) mit einer Konzentration von Dislokationen in der Nutzschrift (**16**) unter $10^7/\text{cm}^2$ realisiert wird.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man wenigstens eine Verbindungsschicht (**10**, **11**) zwischen der Keimschrift (**2**) und dem Träger (**12**) einfügt, wobei die Verklebungszwischenfläche durch die Verbindungsschichten bereitgestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzschrift (**16**) aus Galliumnitrid besteht.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Keimschrift (**2**) ein Material umfasst, welches in der Liste, welche Saphir, Siliciumcarbid, Zinkoxid, Silicium {**111**}, Galliumnitrid, Neodymgallat und Lithiumgallat umfasst, enthalten ist.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (**12**) ein Material umfasst, welches in der Liste, welche die amorphen Materialien, die polykristallinen Materialien und die gesinterten Materialien umfasst, enthalten ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger **(12)** ein Material, welches in der Liste, welche polykristallines Siliciumcarbid, monokristallines Siliciumcarbid, polykristallines Aluminiumnitrid, Saphir, polykristallines Galliumnitrid und monokristallines Galliumnitrid umfasst, enthalten ist, und mit einer Konzentration an Dislokationen über $10^7/\text{cm}^2$ umfasst.

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Keimschicht **(2)** die gleiche chemische Zusammensetzung wie der Träger **(12)** aufweist.

10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Keimschicht **(2)** von einem Ursprungssubstrat **(6)** abgenommen wird, indem die Keimschicht **(2)** von dem Ursprungssubstrat **(6)** in Höhe einer vorab fragil gemachten Zone **(8)** abdissoziiert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die vorab fragil gemachte Zone **(8)** realisiert wird, indem Atomspezies in das Ursprungssubstrat **(6)** in einer Tiefe, welche der Dicke der Keimschicht **(2)** während der Schritte einer nahen Fertigbearbeitung entspricht, implantiert werden.

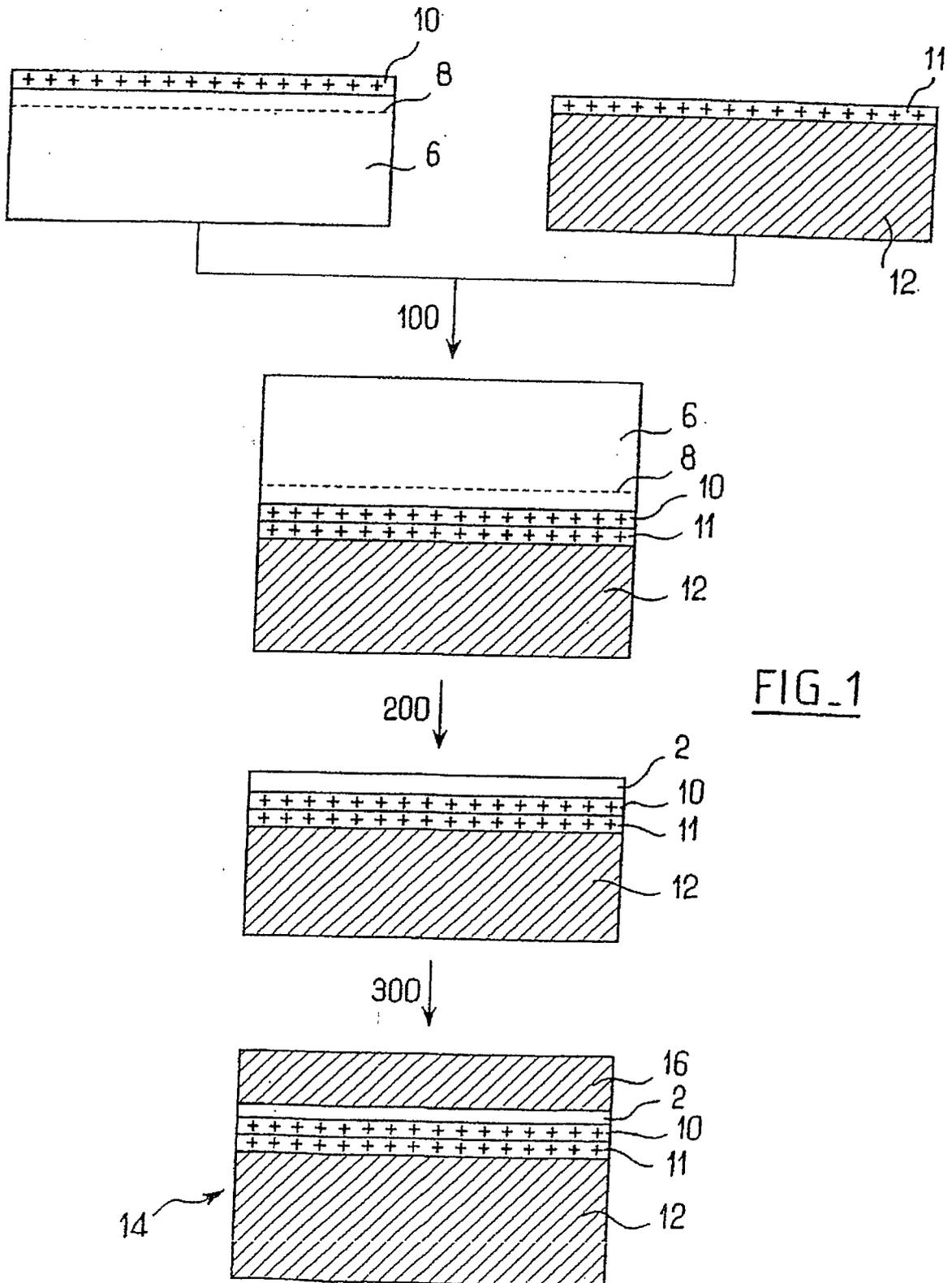
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Dissoziation der Keimschicht **(2)** und des Ursprungssubstrats **(6)** wenigstens zum Teil durch einen Vorgang, welcher in der Liste, welche eine Wärmebehandlung, eine Anwendung von mechanischen Beanspruchungen und einen chemischen Angriff umfasst, enthalten ist, oder eine Kombination von wenigstens zwei dieser Vorgänge bewirkt wird.

13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nutzschiicht **(16)** in einer Dicke unter $10\ \mu\text{m}$ und vorzugsweise unter $5\ \mu\text{m}$ abgeschieden wird.

14. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Vorgang, welcher zum Ziel hat, die Gesamtheiten aus Nutzschiicht **(16)** auf der Keimschicht **(2)** von dem Träger **(12)** abzulösen, ein verstärkendes Substrat auf die Nutzschiicht **(16)** geklebt wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



FIG_1

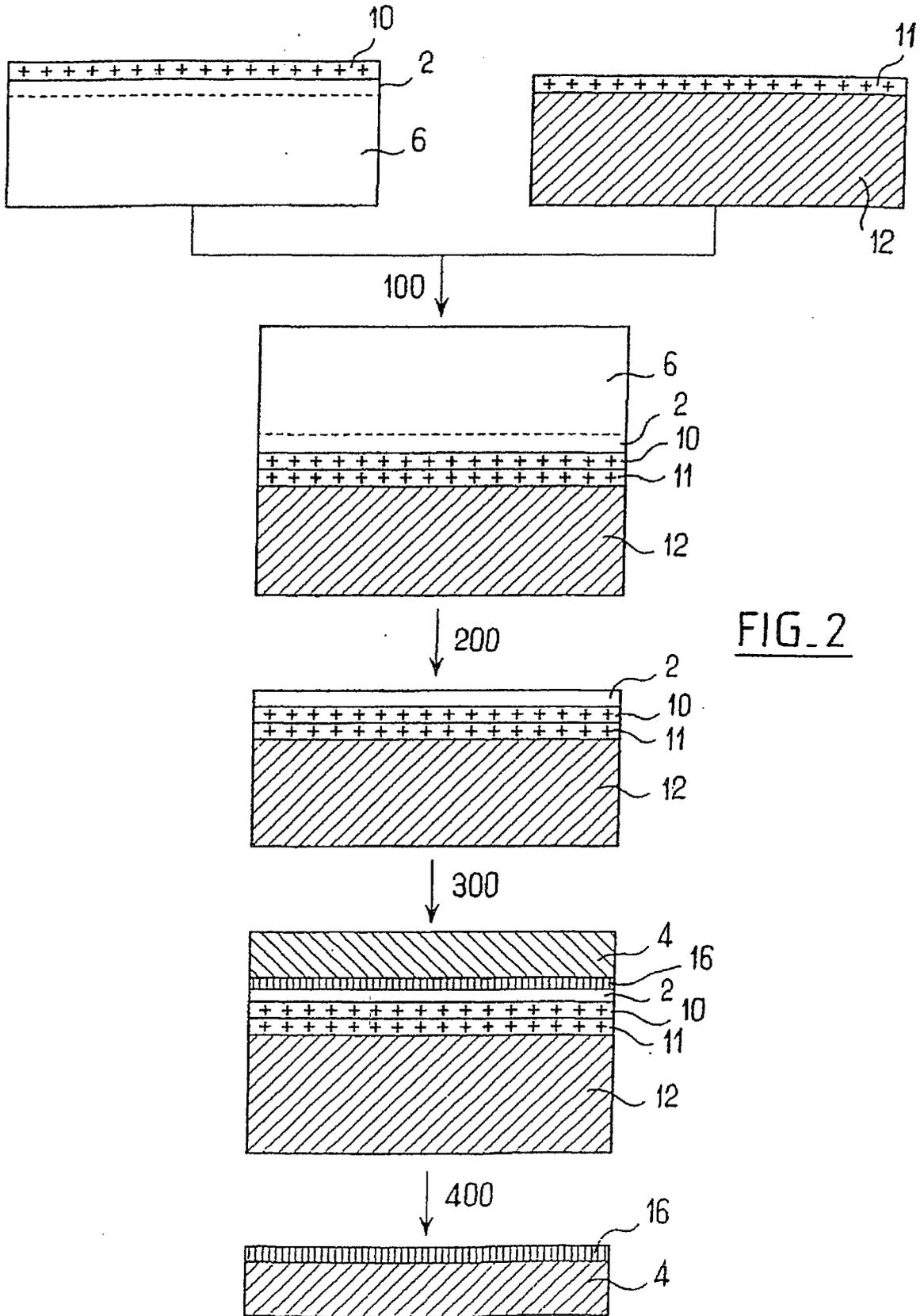
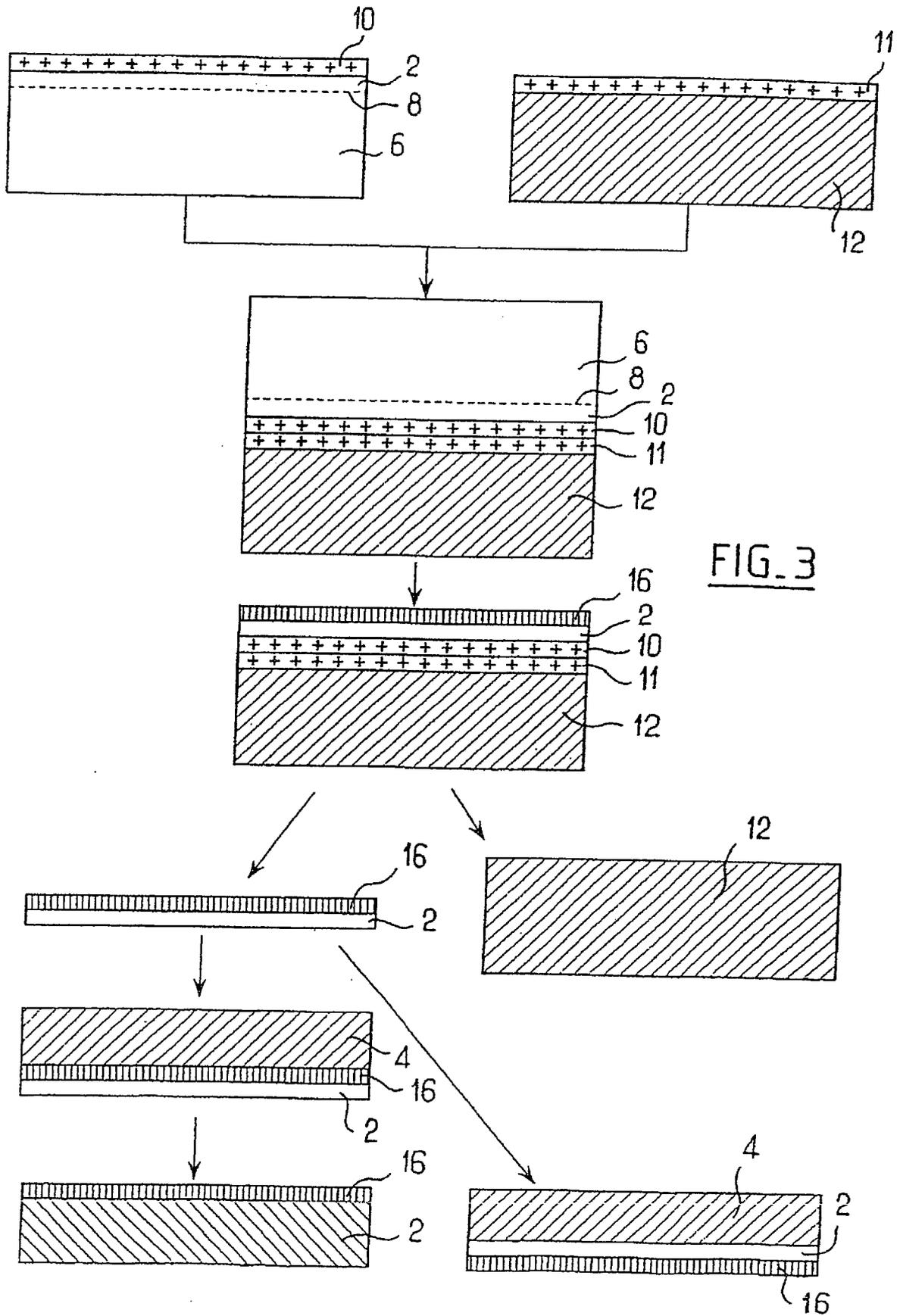


FIG. 2



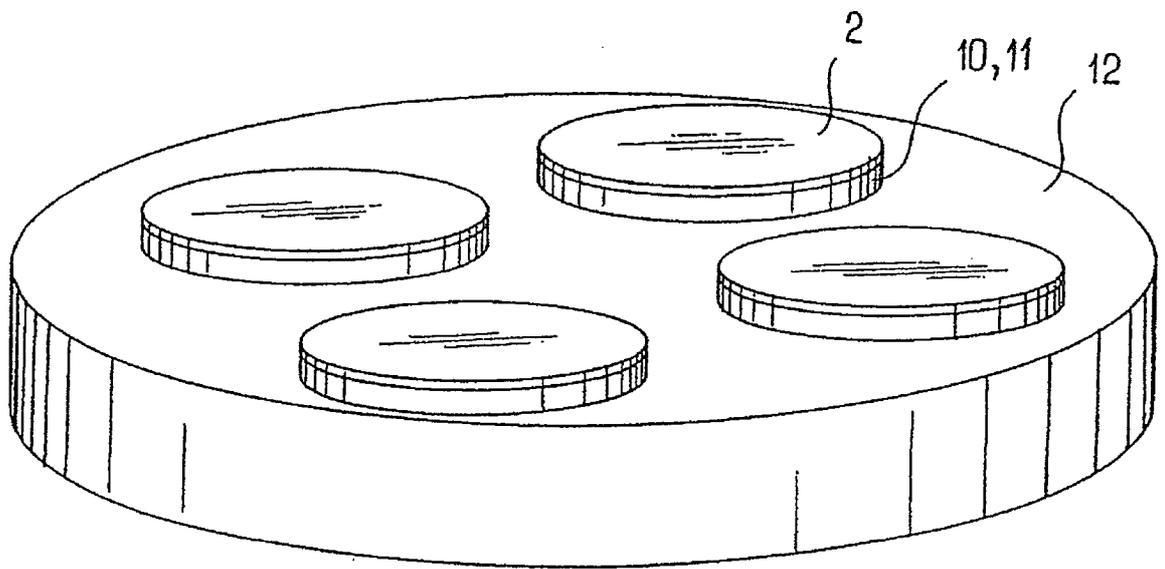


FIG. 4