



(10) **DE 11 2014 003 019 B4** 2025.06.05

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 003 019.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR2014/051487**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/207346**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.06.2014**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **31.12.2014**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **17.03.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.06.2025**

(51) Int Cl.: **H10D 86/01 (2025.01)**
H01L 21/265 (2006.01)

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

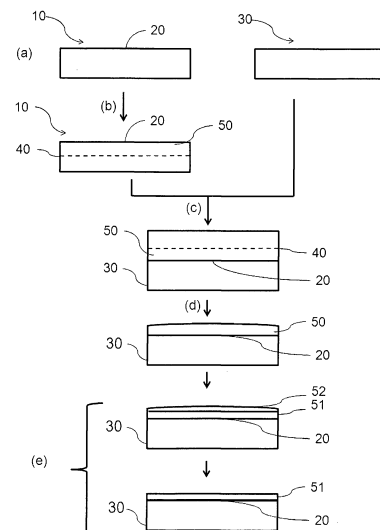
<div>(30) Unionspriorität: 130152828.06.2013FR</div> <div>(73) Patentinhaber: SOITEC, Bernin, FR</div> <div>(74) Vertreter: Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE</div>	<div>(72) Erfinder: Ben Mohamed, Nadia, Echirolles, FR; Maze, Eric, Grenoble, FR</div> <div>(56) Ermittelter Stand der Technik: <div>US2005 / 0 148 163A1</div><div>EP1 705 704A1</div><div>JP2010- 161 134A</div></div>
--	--

(54) Bezeichnung: **Prozess für die Herstellung einer Verbundstruktur**

(57) Hauptanspruch: Prozess zur Herstellung einer Verbundstruktur mit den folgenden Phasen:

a) Bereitstellen eines Geber-Substrats (10) und eines Trägersubstrats (30), wobei das Geber-Substrat eine erste Oberfläche (20) aufweist;
b) Bilden einer Schwächungszone (40) in dem Geber-Substrat (10), wobei die Schwächungszone (40) mit der ersten Oberfläche (20) des Geber-Substrats (10) eine Arbeitsschicht (50) abgegrenzt;
c) Zusammenfügen des Trägersubstrats (30) und des Geber-Substrats (10);
d) Brechen des Geber-Substrats entlang der Schwächungszone derart, dass die Arbeitsschicht (50) auf das Trägersubstrat (30) übertragen wird;
e) Dünnen der Arbeitsschicht (50) derart, dass eine gedünnte Arbeitsschicht (51) gebildet wird, wobei das Dünnen eine ungleichförmige Dicke der Arbeitsschicht (50) konsumiert; wobei der Herstellungsprozess dadurch gekennzeichnet ist, dass Phase b) einen Implantationsschritt mit einer ungleichförmigen Dosis über die Erstreckung der Schwächungszone umfasst, so dass die auf das Trägersubstrat (30) übertragene Arbeitsschicht (50) ein Dickenprofil nach Abschluss der Phase d) zeigt, wobei das Dickenprofil geeignet ist, zumindest teilweise die Ungleichförmigkeit beim Konsumieren der Arbeitsschicht (50) während der Phase e) zu kompensieren, und wobei die gedünnte Arbeitsschicht (51) nach Abschluss

aller Phasen im Wesentlichen eine gleichförmige Dicke aufweist.



Beschreibung**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Prozess zur Herstellung einer Verbundstruktur.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Ein Prozess zur Herstellung einer Verbundstruktur, der aus dem Stand der Technik bekannt und in **Fig. 1** dargestellt ist, umfasst die folgenden Phasen:

- a) Bereitstellen eines Geber-Substrats 1 mit einer ersten Oberfläche 2 und eines Trägersubstrats 3;
- b) Bilden einer Schwächungszone 4 in dem Geber-Substrat 1, wobei die Schwächungszone 4 mit der ersten Oberfläche 2 des Geber-Substrats 1 eine Arbeitsschicht 5 abgrenzt;
- c) Zusammenfügen des Trägersubstrats 3 und des Geber-Substrats 1;
- d) Brechen des Geber-Substrats entlang der Schwächungszone derart, dass die Arbeitsschicht 5 auf das Trägersubstrat 3 übertragen wird;
- e) Dünnen der Arbeitsschicht 5 so, dass eine gedünnte Arbeitsschicht 6 erhalten wird.

[0003] Der wesentliche Nachteil, der mit diesem Herstellungsvorgang des Stands der Technik einhergeht, besteht darin, dass die gedünnte Arbeitsschicht 6 eine Ungleichförmigkeit der Dicke aufweist.

[0004] Dies liegt daran, dass die Dünnungsphase e) generell eine Phase einer Teiloxidation der Arbeitsschicht 5 umfasst, woran sich eine Entfernung des oxidierten Teils der Arbeitsschicht 5 anschließt.

[0005] Die Oxidation oxidiert teilweise die Arbeitsschicht 5 auf einer ungleichmäßigen Dicke. Dies spiegelt sich durch eine Schwankung der Dicke der gedünnten Arbeitsschicht 6 nach dem Entfernen des oxidierten Teils der Arbeitsschicht 5 wider. Die Schwankung der Dicke der gedünnten Arbeitsschicht 6 kann nach Abschluss aller Phasen 1 nm übersteigen, wobei 1 nm gleich 10 Å ist.

[0006] Dies ist insbesondere nachteilig für die Herstellung von Strukturen des Typs Silizium-auf-Isolator, für die die Steuerung der Schwankung der Dicke der Siliziumschicht auf +/-5 Å erforderlich ist.

[0007] Die Steuerung der Dicke der gedünnten Arbeitsschicht 6 nach Abschluss aller Phasen des Fertigungsprozesses bleibt somit sehr schwierig.

[0008] Es ist somit ein Ziel der Erfindung, einen Prozess für die Herstellung von Strukturen bereitzustellen, in welchem eine bessere Steuerung der Schwankung der Dicke der gedünnten Arbeitsschicht 6 möglich ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0009] Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, die zu vorgenannten Nachteile zu beheben und betrifft einen Prozess für die Herstellung einer Verbundstruktur mit den folgenden Phasen:

- a) Bereitstellen eines Geber-Substrats und eines Trägersubstrats, wobei das Geber-Substrat eine erste Oberfläche aufweist;
- b) Bilden einer Schwächungszone in dem Geber-Substrat, wobei die Schwächungszone mit der ersten Oberfläche des Geber-Substrats eine Arbeitsschicht abgrenzt;
- c) Zusammenfügen des Trägersubstrats und des Geber-Substrats;
- d) Brechen des Geber-Substrats entlang der Schwächungszone derart, dass die Arbeitsschicht auf das Trägersubstrat übertragen wird;
- e) Dünnen der Arbeitsschicht derart, dass eine gedünnte Arbeitsschicht gebildet wird, wobei das Dünnen eine ungleichmäßige Dicke der Arbeitsschicht konsumiert bzw.

aufbraucht;

wobei bei dem genannten Fertigungsprozess zu beachten ist, dass Phase b) so ausgeführt wird, dass die auf das Trägersubstrat übertragene Arbeitsschicht ein Dickenprofil am Ende der Phase d) aufweist, wobei das Dickenprofil geeignet ist, um zumindest teilweise die Ungleichmäßigkeit im Verbrauch der Arbeitsschicht während der Phase e) zu kompensieren, wobei die gedünnte Arbeitsschicht im Wesentlichen eine gleichförmige Dicke bei Abschluss aller Phasen hat.

[0010] Somit macht es die Gleichförmigkeit des Dickenprofils der Arbeitsschicht bei Abschluss der Phase d) möglich, die Ungleichmäßigkeit der Dünnungsphase zu kompensieren. Insbesondere ist die Gleichförmigkeit der gedünnten Arbeitsschicht bei Abschluss der Phase e) verbessert.

[0011] Gemäß einer Ausführungsform umfasst die Dünnungsphase e) eine Phase des Oxidierens der Arbeitsschicht derart, dass eine Schicht aus Oxid gebildet wird, wobei die Dicke der Schicht aus Oxid ungleichförmig ist, woran sich eine Phase des Entfernens der genannten Schicht aus Oxid anschließt.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform wird die Phase b) durch Implantation mindestens einer der beiden Sorten H oder He ausgeführt.

[0013] Somit ermöglicht die Implantation mindestens einer der beiden Sorten Wasserstoff oder Helium, eine Schwächungszone zu bilden.

[0014] Gemäß einer Ausführungsform ist die gesamte Dosis der implantierten Sorte über die Ausdehnung der Schwächungszone hinweg ungleichförmig, wobei die Ungleichförmigkeit der Dosis der implantierten Sorte geeignet ist, das Dickenprofil der Arbeitsschicht bei Ende der Phase des Brechens d) zu erzeugen.

[0015] Somit machen es die Implantationsbedingungen möglich, eine Schwächungszone zu bilden und insbesondere das Dickenprofil der Arbeitsschicht bei Ende der Phase d) aufzubereiten bzw. zu konditionieren.

[0016] Dies gilt, weil die anmeldende Firma unerwarteter Weise herausgefunden hat, dass die Implantation einer Gesamtdosis von Sorten, die über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone hinweg ungleichförmig ist, es ermöglicht, die Schwankungen der Dicke der Arbeitsschicht bei Abschluss der Phase d) einzustellen. Eine überschüssige Dicke eines Teils der Arbeitsschicht nach der Phase d) wird beobachtet, wenn der besagte Teil bei Abschluss der Phase b) in einem Gebiet der Schwächungszone enthalten ist, der eine Dosis an implantierten Sorten aufweist, die größer ist als in dem Rest der Schwächungszone.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform ist die Dosis an implantierten Wasserstoffionen gleichmäßig über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone und die Dosis an implantierten Heliumionen ist ungleichmäßig über die Ausdehnung der Schwächungszone hinweg.

[0018] Somit wird das Dickenprofil der Arbeitsschicht bei Abschluss der Phase d) durch die Dosis an implantierten Heliumionen aufbereitet bzw. konditioniert.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform zeigt die Schicht aus Oxid, die während der Phase e) gebildet wird, eine größere Dicke in ihrem mittleren Teil und eine geringere Dicke in Richtung zu dem ringförmigen Randbereich der Schicht aus Oxid, und die Dosis an implantierten Sorten ist in dem mittleren Teil der Schwächungszone größer und wird in Richtung zu dem ringförmigen Rand der Schwächungszone geringer.

[0020] Daher macht es die überschüssige Dosis an implantierten Sorten in dem mittleren Teil der Schwächungszone möglich, ein verrundetes Dickenprofil der Arbeitsschicht bei Ende der Phase d) zu erhalten. Daher ist das Dickenprofil der gedünnten Arbeitsschicht im Wesentlichen über die gesamte

Ausdehnung der gedünnten Schicht konstant bzw. gleich bleibend.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform zeigt die Schicht aus Oxid, die während der Phase e) gebildet wird, in Ihrem mittleren Teil eine geringere Dicke und in Richtung zu dem ringförmigen Rand der Schicht aus Oxid eine größere Dicke, und die Dosis an Sorten, die während der Phase b) implantiert wird, ist in dem mittleren Teil der Schwächungszone geringer und wird in Richtung zu dem ringförmigen Rand der Schwächungszone hin größer.

[0022] Daher ermöglicht es die überschüssige Dosis an implantierten Sorten des ringförmigen Randbereichs der Schwächungszone, ein wannenförmiges Dickenprofil der Arbeitsschicht bei Ende der Phase d) zu erhalten. Daher ist das Dickenprofil der gedünnten Arbeitsschicht über die gesamte Ausdehnung der gedünnten Schicht hinweg im Wesentlichen konstant bzw. gleich bleibend.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform wird die Phase b) in zwei Phasen ausgeführt:

- Eine erste Implantation von Sorten entsprechend einer ersten Implantationsenergie, wobei die Dosis der ersten Implantation von Sorten ungleichförmig über die Ausdehnung der Schwächungszone hinweg ist.
- Eine zweite Implantation von Sorten entsprechend einer zweiten Implantationsenergie, die geringer als die erste Implantation Energie ist, wobei die Dosis der zweiten Implantation von Sorten ungleichförmig über die Ausdehnung der Schwächungszone hinweg ist.

[0024] Die zweite Implantationsenergie ist größer als 90 % der ersten Implantationsenergie und die Dosis der ersten Implantation von Sorten und die Dosis der zweiten Implantation von Sorten sind komplementär über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone hinweg, wobei die Ungleichförmigkeit der Dosis der ersten Implantation von Sorten und die Ungleichförmigkeit der Dosis der zweiten Implantation von Sorten geeignet sind, um das Dickenprofil der Arbeitsschicht bei Ende der Phase des Brechens d) zu erzeugen.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform enthalten die Sorten, die während der ersten Implantation und der zweiten Implantation implantiert werden, Wasserstoffionen.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform wird eine dielektrische Schicht auf der ersten Oberfläche des Geber-Substrats vor der Phase b) gebildet.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform weist die dielektrische Schicht mindestens eines der folgenden Materialien auf: Siliziumoxid oder Siliziumnitrid.

[0028] Gemäß einer Ausführungsform weist das Geber-Substrat mindestens eines der folgenden Materialien auf: Silizium, Germanium oder eine Silizium/Germanium-Legierung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0029] Andere Eigenschaften und Vorteile ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsformen eines Prozesses zur Herstellung einer Verbundstruktur gemäß der Erfindung, die als nicht beschränkendes Beispiel mit Bezug zu den begleitenden Zeichnungen angegeben sind, in denen:

- **Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Prozesses für die Herstellung einer Verbundstruktur gemäß den bekannten Techniken des Stands der Technik ist;
- **Fig. 2 und 3** schematische Darstellungen eines Prozesses zur Herstellung einer Verbundstruktur gemäß der Erfindung sind;
- **Fig. 4a und 4b** schematische Darstellungen einer Implantationsphase und einer Phase des Brechens gemäß der Erfindung sind;
- **Fig. 5** ein Dickenprofil einer Arbeitsschicht entlang eines Durchmessers darstellt, wobei die Schicht nach der Phase des Brechens gemäß der Erfindung erhalten wird;
- **Fig. 6** ein Dickenprofil einer Arbeitsschicht entlang eines Durchmessers darstellt, wobei die Schicht nach der Phase des Brechens gemäß der Erfindung erhalten wird.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0030] Es werden in den unterschiedlichen Ausführungsformen die gleichen Bezugszeichen für identische Elemente oder Elemente, die die gleiche Rolle spielen, verwendet, um die Beschreibung zu vereinfachen.

[0031] **Fig. 2 und 3** zeigen schematisch einen Prozess für die Herstellung einer Verbundstruktur.

[0032] Um die Darstellung zu vereinfachen, sind die jeweiligen Dicken der unterschiedlichen Schichten nicht maßstabsgetreu dargestellt.

[0033] Phase a) des Prozesses für die Herstellung der Verbundstruktur umfasst die Bereitstellung eines Geber-Substrats 10 mit einer ersten Oberfläche 20, und eines Trägersubstrats 30.

[0034] Das Geber-Substrat 10, das in der Phase a) bereitgestellt wird, kann eines der Materialien aufweisen, die ausgewählt sind aus: Silizium, Germanium oder Silizium/Germanium-Legierung.

[0035] Das Trägersubstrat 30, das in der Phase a) bereitgestellt wird, kann aus den Materialien aufgebaut sein, die üblicherweise in der Mikroelektronik, in der optischen, opto-elektronischen oder Fotovoltaik-Industrie verwendet werden.

[0036] Insbesondere weist das Trägersubstrat 30 mindestens eines der folgenden Materialien auf, die aus der folgenden Gruppe ausgewählt sind: Silizium, Siliziumkarbid, Silizium/Germanium, Glas, Keramik und eine Metalllegierung.

[0037] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform, wie sie in **Fig. 3** dargestellt ist, kann eine dielektrische Schicht 53 auf der ersten Oberfläche 20 des Geber-Substrats 10 zwischen der Phase a) und der Phase b) gebildet werden.

[0038] Die dielektrische Schicht 53 kann mindestens eines der folgenden Materialien aufweisen: Siliziumoxid oder Siliziumnitrid.

[0039] Beispielsweise kann die dielektrische Schicht 53 durch thermische Oxidation eines Geber-Substrats 10 gebildet werden, wobei das Geber-Substrat 10 Silizium aufweist. Die thermische Oxidation kann bei einer Temperatur zwischen 800 °C - 1100 °C in einer oxidierenden Atmosphäre ausgeführt werden. Beispielsweise macht es die thermische Oxidation eines Geber-Substrats 10, das Silizium aufweist, bei einer Temperatur von 800 °C in einer Sauerstoffatmosphäre möglich, eine Schicht aus Siliziumoxid zu bilden. Eine Technik der chemischen Dampfabcheidung bei geringem Druck und eine Technik der plasmaunterstützten chemischen Dampfabcheidung sind ebenfalls Techniken der Wahl, um die dielektrische Schicht 53, die Siliziumoxid oder Siliziumnitrid aufweist, zu bilden.

[0040] Die Phase b) des Prozesses der Herstellung der Verbundstruktur umfasst die Bildung einer Schwächungszone 40 in dem Geber-Substrat 10. Die Schwächungszone 40 grenzt mit der ersten Oberfläche 20 des Geber-Substrats 10 eine Arbeitsschicht 50 ab. Die Arbeitsschicht 50 soll auf das Trägersubstrat 30 übertragen werden. Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform wird die Schwächungszone 40 durch die Implantation mindestens einer der Sorten gebildet, die ausgewählt sind aus: Wasserstoffionen oder Heliumionen. Die Bildung der Schwächungszone 40 ist nachfolgend detailliert in der Beschreibung der unterschiedlichen Ausführungsformen angegeben.

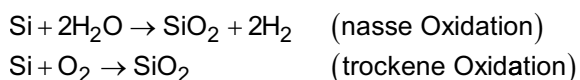
[0041] An die Phase b) schließt sich eine Phase c) an, die das Zusammenfügen des Trägersubstrats 30 und des Geber-Substrats 10 umfasst. Das Zusammenfügen kann beispielsweise ausgeführt werden durch molekulares Bonding bzw. molekulare Bindungen. Gemäß einer ersten Ausführungsform, die in **Fig. 2** dargestellt ist, kann die Phase des Zusammenfügens ausgeführt werden, indem die erste Oberfläche 20 des Geber-Substrats mit dem Trägersubstrat 30 in Kontakt gebracht wird. Wenn, wie in **Fig. 3** dargestellt ist, die dielektrische Schicht 53 auf der ersten Oberfläche 20 des Geber-Substrats 10 gebildet ist, kann alternativ die Phase des Zusammenfügens ausgeführt werden, indem die dielektrische Schicht 53 und das Trägersubstrat 30 in Kontakt gebracht werden.

[0042] An die Phase c) schließt sich eine Phase d) des Brechens des Geber-Substrats 30 entlang der Schwächungszone an. Bei Ende der Phase des Brechens ist die Arbeitsschicht 50 auf das Trägersubstrat 30 übertragen. Vorteilhafterweise wurde die dielektrische Schicht 53 auf der ersten Oberfläche 20 des Geber-Substrats 10 gebildet, und bei Ende der Phase des Brechens d) werden die Arbeitsschicht 50 und die dielektrische Schicht 53 auf das Trägersubstrat 30 übertragen. Die Phase des Brechens d) kann ausgeführt werden mittels einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300-500 °C für eine Zeitdauer von 30 Minuten bis 24 Stunden.

[0043] An die Phase d) schließt sich eine Phase e) des Dünnens der Arbeitsschicht 50 an. Die Dünnung der Arbeitsschicht 50 führt zu einer gedünnten Arbeitsschicht 51. Das Dünnen konsumiert bzw. verbraucht eine ungleichförmige Dicke der Arbeitsschicht 50.

[0044] Das Dünnen der Arbeitsschicht 50 wird vorteilhafterweise durch eine Phase einer Opferoxidation ausgeführt. Dies ist eine Oberflächenbehandlung, die darauf abzielt, eine Schicht aus Oxid 52 auf der Oberfläche und in dem oberen Teil der Arbeitsschicht 50 zu erzeugen. Die Oxidation einer Arbeitsschicht, die Silizium aufweist, wird daher allgemein ausgeführt zwischen 800-1000 °C.

[0045] In diesem Prozess kann besondere Wasserdampf (der Begriff „nasse Oxidation“ wird in diesem Falle verwendet) oder auch molekularer Sauerstoff (es wird dann der Begriff „trockene Oxidation“ verwendet) verwendet werden. Die entsprechenden Reaktionen sind:



[0046] Die nasse Oxidation ist schneller und ermöglicht es, ein Oxid mit geringerer Qualität zu erhalten

als jenes, das durch die trockene Oxidation erhalten wird.

[0047] Das oxidierende Gas kann ferner einige Prozent an Salzsäure (HCl) enthalten, um die Metallionen zu neutralisieren, die dabei auftreten können.

[0048] Die Schicht aus Oxid 52 wird sowohl durch den Verbrauch der Arbeitsschicht 50 als auch durch den Sauerstoff, der von dem Umgebungsgas beige-steuert wird, gebildet.

[0049] Entsprechend der Dicke, die für die Schicht aus Oxid 52 gewünscht ist, und abhängig von der Oxidationstemperatur liegt die Dauer für Oxidation generell zwischen einigen Minuten und einigen Stunden.

[0050] Die gesamte Dicke der gebildeten Schicht aus Oxid 52 liegt generell zwischen 50 und 500 nm, typischerweise zwischen 100 und 400 nm.

[0051] Die thermische Oxidation des Siliziums wird häufig ausgeführt unter Verwendung von Öfen, die eine oder mehrere Röhren enthalten, in die die zu behandelnden Verbundstrukturen geladen werden. Für Verbundstrukturen des Silizium-auf-Isolator-Typs mit großem Durchmesser ist die Oxidation gleichförmiger, wenn sie in Öfen mit vertikalen Röhren ausgeführt wird, in denen die Verbundstrukturen horizontal, eine unter der anderen, angeordnet werden.

[0052] Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Dicke der Schicht aus Oxid 52 nicht über die gesamte Ausdehnung hinweg gleichförmig ist.

[0053] Beispielsweise hat somit im Fall einer Arbeitsschicht 50, die Silizium aufweist, eine Schicht aus Oxid 52, deren Dicke in ihrem mittleren Teil in der Größenordnung von 1500 Å liegt, an ihrem ringförmigen Randteil eine Dicke in der Größenordnung von 1485 Å, und eine derartige Schicht, deren Dicke in ihrem mittleren Teil in der Größenordnung von 500 Å liegt, hat an ihrem ringförmigen Randteil eine Dicke in der Größenordnung von 485 Å.

[0054] Derartige Schwankungen der Dicke können beispielsweise unter Anwendung eines Ellipsometers beobachtet werden.

[0055] Die Entfernung der Schicht aus Oxid 52 oder „De-Oxidation in Form eines Opfervorgangs“ ist eine Ätzung, die generell entsprechend einer nassen Prozessabfolge ausgeführt wird.

[0056] Im Falle der Entfernung einer Schicht aus Siliziumoxid basiert das Mittel, das die thermische Ätzung bereitstellt, auf Flusssäure (HF). Nach der Entfernung der Schicht aus Siliziumoxid 52 wird

eine gedünnte Arbeitsschicht 51 erhalten, die aus Silizium hergestellt ist.

[0057] Es sollte beachtet werden, dass unter bestimmten Bedingungen es auch möglich ist, das Gegenteil zu erhalten, d.h., eine Schicht aus Oxid 52, die an ihrem Randbereich dicker ist als in ihrer Mitte (d.h., sie ist konkav). Jedoch ist dieser Fall wesentlich weniger häufig als der vorhergehende Fall.

[0058] Die Parameter, die in der Lage sind, eine dickere Oxidation in der Mitte hervorzurufen, oder umgekehrt am Rand, umfassen beispielsweise den Partialdruck und die Durchflussrate der unterschiedlichen Gase, die während der Oxidation eingeführt werden, die optionale Temperaturrampe während der Oxidation (der Grund eines optionalen Temperaturgradienten zwischen dem Rand und der Mitte der Scheiben) oder die Position im Ofen.

[0059] Es wird nun eine Beschreibung der unterschiedlichen Ausführungsformen der Phase b) der Erzeugung der Schwächungszone 40 angegeben. Die Phase b) wird so ausgeführt, dass die auf das Trägersubstrat 20 übertragene Arbeitsschicht 50 ein Dickenprofil bei Abschluss der Phase d) aufweist, wobei das besagte Dickenprofil geeignet ist, um zumindest teilweise die Ungleichförmigkeit im Verbrauch der Arbeitsschicht 50 während der Phase d) zu kompensieren, wobei die gedünnte Arbeitsschicht 51 bei Abschluss aller Phasen im Wesentlichen eine gleichförmige Dicke aufweist.

[0060] Insbesondere das Dickenprofil der Arbeitsschicht 50 bei Ende der Phase des Brechens d) ist geeignet, um die Ungleichförmigkeit einer Phase der Opfer-Oxidation, die in der Phase e) ausgeführt wird, zu kompensieren.

[0061] Der Begriff „kompensieren der Ungleichförmigkeit“ ist so zu verstehen, dass er eine Erzeugung eines Dickenprofils der Arbeitsschicht 50 derart meint, dass bei Anschluss der Dünnungsphase die gedünnte Arbeitsschicht 51 eine im Wesentlichen konstante Dicke über ihre Ausdehnung hinweg zeigt.

Erste Ausführungsform der Phase b)

[0062] Gemäß einer ersten Ausführungsform wird die Herstellung der Schwächungszone 40 durch Implantation mindestens einer der Sorten ausgeführt, die ausgewählt sind aus: Wasserstoffionen oder Heliumionen. Die gesamte Dosis der implantierten Sorte ist über die Ausdehnung der Schwächungszone 40 hinweg ungleichförmig und die Unterschiedlichkeit der Dosis der implantierten Sorte ist geeignet, um das ungleichförmige Dickenprofil der Arbeitsschicht 50 bei Anschluss der Phase des Brechens d) zu erzeugen.

[0063] Der Begriff „Dosis der implantierten Sorte“ ist so zu verstehen, dass die Menge einer implantierten Sorte pro Einheit der Oberfläche der Schwächungszone 40 gemeint ist. Die Dosis einer implantierten Sorte wird in Atomen pro cm^2 gemessen.

[0064] Die Implantationsphase wird vorteilhafterweise durch eine Einzel-Scheiben-Implantationseinrichtung ausgeführt. Im Gegensatz zu Scheiben-Stapel-Implantationsanlagen macht es eine Einzel-Scheiben-Implantationseinrichtung möglich, eine ungleichförmige Dosis einer Sorte über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone 40 hinweg zu implantieren.

[0065] Die Anmeldefirma hat herausgefunden, dass das Dickenprofil der Arbeitsschicht 50 bei Abschluss der Phase des Brechens von der Gleichförmigkeit der Dosis einer implantierten Sorte über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone 40 hinweg abhängt.

[0066] Es wird eine überschüssige Dicke eines Teils der Arbeitsschicht 50 nach der Phase d) beobachtet, wenn dieser Teil bei Abschluss der Phase b) in einem Gebiet der Schwächungszone 40 enthalten ist, das eine Dosis der implantierten Sorte mit Überschuss in Bezug auf den Rest der Schwächungszone 40 aufweist. Daher macht es eine übermäßige Dosis an implantierter Sorte in einem Gebiet der Schwächungszone 40 möglich, eine übermäßige Dicke der Arbeitsschicht 50 bei Abschluss der Phase d) in dem besagten Gebiet der Schwächungszone 40 zu erzeugen.

[0067] Wie somit in Figur Ziffer 4a und 4b dargestellt ist, weist ein Gebiet A der Schwächungszone 40 eine Überschussdosis an implantierter Sorte im Vergleich zum Rest der Schwächungszone 40 auf. Der Teil 54 der Arbeitsschicht 50, der in dem besagten Gebiet A in der Phase b) enthalten ist, wird bei Abschluss der Phase d) eine größere Dicke als der Rest der Arbeitsschicht 50 aufweisen.

[0068] Beispielsweise zeigt **Fig. 5** das Dickenprofil einer Siliziumschicht, die auf ein Trägersubstrat übertragen wurde. In diesem speziellen Falle sind die Implantationsbedingungen wie folgt:

- Implantation von Wasserstoffionen bei einer Energie von ungefähr 20 keV und einer Dosis von ungefähr 1×10^{16} Atomen/ cm^2 , die über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone hinweg konstant ist.

- Implantation von Heliumionen bei einer Energie von ungefähr 30 keV mit einer Überdosis von 3 % über dem zentralen Teil über einen Durchmesser der Größenordnung von 100 mm.

[0069] Es zeigt sich dann, dass nach der Phase des Brechens d) die aus Silizium hergestellte Arbeitsschicht 50 in der Mitte eine größere Dicke als an ihrer ringförmigen Randzone aufweist. Das Dickenprofil der Arbeitsschicht wird dann als verrundetes Profil beschrieben.

[0070] Wenn beispielsweise der Schicht aus Oxid 52, die während der Dünnungsphase e) gebildet wird, ein verrundetes Dickenprofil aufweist, ist es vorteilhaft, eine größere Dosis einer Sorte in den mittleren Teil der Schwächungszone (40) zu implantieren und eine geringere Dosis einer Sorte in Richtung zu dem ringförmigen Randbereich der Schwächungszone (40). Die Dosis der implantierten Sorte in dem mittleren Teil der Schwächungszone 40 kann zwischen 2 und 9 %, vorzugsweise zwischen 3 und 6 % größer sein als die Dosis der implantierten Sorte in dem ringförmigen Randbereich der Schwächungszone. Somit wird die gedünnte Arbeitsschicht 51 eine verbesserte Gleichförmigkeit der Dicke im Vergleich zum Stand der Technik aufweisen. Der Begriff „verbesserte Gleichförmigkeit in der Dicke“ ist so zu verstehen, dass damit kleinere Schwankungen der Dicke gemeint sind.

[0071] Wenn andererseits die Schicht aus Oxid 52, die während der Dünnungsphase e) gebildet wurde, ein wannenförmiges Dickenprofil zeigt, ist es vorteilhaft, eine größere Dosis einer Sorte in den ringförmigen Randbereich der Schwächungszone 40 und eine geringere Dosis der Sorte in den mittleren Teil der Schwächungszone 40 zu implantieren. Die Dosis an implantierter Sorte in dem ringförmigen Randbereich der Schwächungszone 40 kann zwischen 2 und 9 %, vorzugsweise zwischen 3 und 6 % größer sein als die Dosis an implantierter Sorte in dem mittleren Teil der Schwächungszone 40. Daher wird die gedünnte Arbeitsschicht 51 eine verbesserte Gleichförmigkeit der Dicke im Vergleich zum Stand der Technik aufweisen. Der Begriff „verbesserte Gleichförmigkeit der Dicke“ ist so zu verstehen, dass kleinere Schwankungen der Dicke gemeint sind.

[0072] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Dosis an Wasserstoffionen, die in die Schwächungszone 40 implantiert werden, über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone 40 hinweg konstant bzw. gleich bleibend ist und die Dosis an implantierten Heliumionen über die Ausdehnung der Schwächungszone 40 hinweg ungleichförmig ist. Somit wird das Dickenprofil der Arbeitsschicht durch die Ungleichförmigkeit der Dosis der implantierten Heliumionen aufbereitet bzw. konditioniert.

Zweite Ausführungsform der Phase b)

[0073] Gemäß einer zweiten Ausführungsform wird die Phase b) in zwei Phasen ausgeführt:

- Erste Implantation einer Sorte entsprechend einer ersten Implantationsenergie, wobei die Dosis der ersten Implantation der Sorte ungleichförmig über die Ausdehnung der Schwächungszone 40 hinweg ist.

- Zweite Implantation einer Sorte sprechend einer zweiten Implantationsenergie, die geringer als die erste Implantationsenergie ist, wobei die Dosis der zweiten Implantation einer Sorte ungleichförmig über die Ausdehnung der Schwächungszone 40 hinweg ist.

[0074] Die zweite Implantationsenergie ist größer als 90 % der ersten Implantationsenergie. Die Dosis der ersten Implantation einer Sorte und die Dosis der zweiten Implantation einer Sorte sind komplementär über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone 40 hinweg. Die Ungleichförmigkeit der Dosis der ersten Implantation einer Sorte und die Ungleichförmigkeit der Dosis der zweiten Implantation einer Sorte sind geeignet, um das Dickenprofil der Arbeitsschicht 50 nach Abschluss der Phase des Brechens d) zu erzeugen.

[0075] Die Dosis der implantierten Sorte wird in Atomen pro cm^2 gemessen.

[0076] Die Implantationsphase wird vorteilhafterweise mittels einer Einzel-Scheiben-Implantations-einrichtung anlagen ausgeführt. Im Gegensatz zu Scheiben-Stapel-Implantations-einrichtungen macht es eine Einzel-Scheiben-Implantations-einrichtung möglich, eine ungleichförmige Dosis einer Sorte über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone 40 hinweg zu implantieren.

[0077] Beispielsweise ist die erste Implantation eine Implantation von Wasserstoffionen mit einer Implantationsenergie gleich 24,07 keV. Die Dosis an Wasserstoffionen, die während der ersten Implantation implantiert wird, ist gleich ungefähr 1×10^{16} Atome/ cm^2 in einem mittleren Teil der Schwächungszone 40 mit einem Durchmesser von 200 mm, und beträgt ungefähr $0,5 \times 10^{16}$ bis $0,6 \times 10^{16}$ Atome/ cm^2 in dem Rest der Schwächungszone 40. Die zweite Implantation ist eine Implantation mit Wasserstoffionen bei einer Implantationsenergie gleich 23,08 keV. Die Dosis an Wasserstoffionen während der zweiten Implantation gleich $0,5 \times 10^{16}$ bis $0,6 \times 10^{16}$ Atome/ cm^2 in einem mittleren Teil der Schwächungszone 40 mit einem Durchmesser von 200 mm und beträgt ungefähr 1×10^{16} Atome/ cm^2 in dem Rest der Schwächungszone 40. Es zeigt sich dann, dass nach der Phase des Brechens d), wie dies in **Fig. 6** dargestellt ist, die aus Silizium hergestellte Arbeitsschicht 52 eine geringere Dicke in der Mitte im Vergleich zu ihrem ringförmigen Randbereich aufweist. Das Dickenprofil der Arbeitsschicht wird dann als ein wannenförmige Profil beschrieben.

[0078] In besonders vorteilhafter Weise kann die Ungleichförmigkeit der Dünnungsphase e) vor der Implementierung des Prozesses gemäß der Erfindung ermittelt werden. Für eine Dünnungsphase e), die durch eine Opfer-Oxidation ausgeführt wird, kann dies aus einem thermischen Oxidieren eines Geber-Substrats 10 oder einer Arbeitsschicht 50 und aus der Messung des Dickenprofils, das damit erzeugt wird, in einer Einrichtung zur Messung der Dicke von Schichten, beispielsweise einem Ellipsometer, bestehen. Die Kenntnis des Dickenprofils der Schicht aus Oxid, die während der Dünnungsphase erzeugt wird, ermöglicht es dann, die Phase der Bildung der Schwächungszone für die Massenproduktion der Verbundstrukturen einzustellen.

[0079] Genauer gesagt, Öfen für die thermische Oxidation zeigen heutzutage eine relativ hohe thermische Stabilität. Folglich wird eine Phase einer thermischen Oxidation, die zu verschiedenen Gelegenheiten wiederholt wird, Schichten aus Oxid erzeugen, die stets im Wesentlichen das gleiche Dickenprofil zeigen. Der Prozess gemäß der vorliegenden Erfindung wird dann vorteilhafterweise für die Herstellung von Verbundstrukturen in der Art eines Silizium-auf-Isolator eingesetzt.

[0080] Ferner macht es der Prozess gemäß der Erfindung möglich, Verbundstrukturen und insbesondere Silizium-auf-Isolator-Strukturen herzustellen, für die die gedünnte Arbeitsschicht 51 kleinere Schwankungen der Dicke im Vergleich zum Stand der Technik aufweist.

Patentansprüche

1. Prozess zur Herstellung einer Verbundstruktur mit den folgenden Phasen:

- Bereitstellen eines Geber-Substrats (10) und eines Trägersubstrats (30), wobei das Geber-Substrat eine erste Oberfläche (20) aufweist;
- Bilden einer Schwächungszone (40) in dem Geber-Substrat (10), wobei die Schwächungszone (40) mit der ersten Oberfläche (20) des Geber-Substrats (10) eine Arbeitsschicht (50) abgegrenzt;
- Zusammenfügen des Trägersubstrats (30) und des Geber-Substrats (10);
- Brechen des Geber-Substrats entlang der Schwächungszone derart, dass die Arbeitsschicht (50) auf das Trägersubstrat (30) übertragen wird;
- Dünnen der Arbeitsschicht (50) derart, dass eine gedünnte Arbeitsschicht (51) gebildet wird, wobei das Dünnen eine ungleichförmige Dicke der Arbeitsschicht (50) konsumiert; wobei der Herstellungsprozess **dadurch gekennzeichnet** ist, dass Phase b) einen Implantationsschritt mit einer ungleichförmigen Dosis über die Erstreckung der Schwächungszone umfasst, so dass die auf das Trägersubstrat (30) übertragene Arbeitsschicht (50) ein Dickenprofil nach Abschluss der Phase d) zeigt, wobei das

Dickenprofil geeignet ist, zumindest teilweise die Ungleichförmigkeit beim Konsumieren der Arbeitsschicht (50) während der Phase e) zu kompensieren, und wobei die gedünnte Arbeitsschicht (51) nach Abschluss aller Phasen im Wesentlichen eine gleichförmige Dicke aufweist.

2. Herstellungsprozess nach Anspruch 1, in welchem das Dünnen eine Phase der Oxidation der Arbeitsschicht (50) aufweist derart, dass eine Schicht aus Oxid (52) gebildet wird, wobei die Dicke der Schicht aus Oxid (52) ungleichförmig ist, woran sich eine Phase des Entfernens der Schicht aus Oxid (52) anschließt.

3. Herstellungsprozess nach Anspruch 2, in welchem Phase b) durch Implantation mindestens einer der beiden Sorten H oder He ausgeführt wird.

4. Herstellungsprozess nach Anspruch 3, in welchem die gesamte Dosis der implantierten Sorte über die Ausdehnung der Schwächungszone (40) hinweg ungleichförmig ist, und wobei die Ungleichförmigkeit der Dosis der implantierten Sorte geeignet ist, das Dickenprofil der Arbeitsschicht (50) nach Abschluss der Phase des Brechens d) zu erzeugen.

5. Herstellungsprozess nach Anspruch 4, in welchem die Stufe b) durch Implantation von Wasserstoffionen und Heliumionen durchgeführt wird, und in welchem die Dosis an implantierten Wasserstoffionen gleichförmig über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone (40) hinweg ist und die Dosis an implantierten Heliumionen über die Ausdehnung der Schwächungszone (40) hinweg ungleichförmig ist.

6. Herstellungsprozess nach Anspruch 4 oder 5, in welchem die Schicht aus Oxid (52), die während der Phase e) gebildet wird, in ihrem mittleren Teil eine größere Dicke und in Richtung zu dem ringförmigen Randbereich der Schicht aus Oxid (52) eine kleinere Dicke aufweist, und wobei die Dosis an implantierter Sorte in dem mittleren Teil der Schwächungszone größer ist und in Richtung zu dem ringförmigen Randbereich der Schwächungszone geringer wird.

7. Herstellungsprozess nach Anspruch 4 oder 5, in welchem die Schicht aus Oxid (52), die während der Phase e) gebildet wird, in ihrem mittleren Teil eine geringere Dicke und in Richtung zu dem ringförmigen Randbereich der Schicht aus Oxid (52) eine größere Dicke aufweist, und wobei die Dosis einer während der Phase b) implantierten Sorte in dem mittleren Teil der Schwächungszone geringer und in Richtung zu dem ringförmigen Randbereich der Schwächungszone größer ist.

8. Herstellungsprozess nach Anspruch 3, in welchem Phase b) in zwei Phasen ausgeführt wird:

- eine erste Implantation einer der Sorten entsprechend einer ersten Implantationsenergie, wobei die Dosis der ersten Implantation einer der Sorten ungleichförmig über die Ausdehnung der Schwächungszone (40) hinweg ist,
- eine zweite Implantation einer der Sorten entsprechend einer zweiten Implantationsenergie, die kleiner ist als die erste Implantationsenergie, wobei die Dosis der zweiten Implantation einer der Sorten über die Ausdehnung der Schwächungszone (40) hinweg ungleichförmig ist, wobei die zweite Implantationsenergie größer als 90 % der ersten Implantationsenergie ist, wobei die Dosis der ersten Implantation einer der Sorten und die Dosis der zweiten Implantation einer der Sorten komplementär über die gesamte Ausdehnung der Schwächungszone (40) hinweg sind und wobei die Ungleichförmigkeit der Dosis der ersten Implantation einer der Sorten und die Ungleichförmigkeit der Dosis der zweiten Implantation einer der Sorten geeignet sind, das Dickenprofil der Arbeitsschicht (50) nach Abschluss der Phase des Brechens d) zu erzeugen.

9. Herstellungsprozess nach Anspruch 8, in welchem die während der ersten Implantation und der zweiten Implantation implantierte Sorte Wasserstoffionen umfasst.

10. Herstellungsprozess nach einem der Ansprüche 1 bis 9, in welchem eine dielektrische Schicht (53) auf der ersten Oberfläche des Geber-Substrats vor der Phase b) gebildet wird.

11. Herstellungsprozess nach Anspruch 9, in welchem die dielektrische Schicht (53) mindestens eines der folgenden Materialien aufweist: Siliziumoxid oder Siliziumnitrid.

12. Herstellungsprozess nach einem der Ansprüche 1 bis 11, in welchem das Geber-Substrat (10) mindestens eines der folgenden Materialien aufweist: Silizium, Germanium oder eine Silizium/-Germanium-Legierung.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

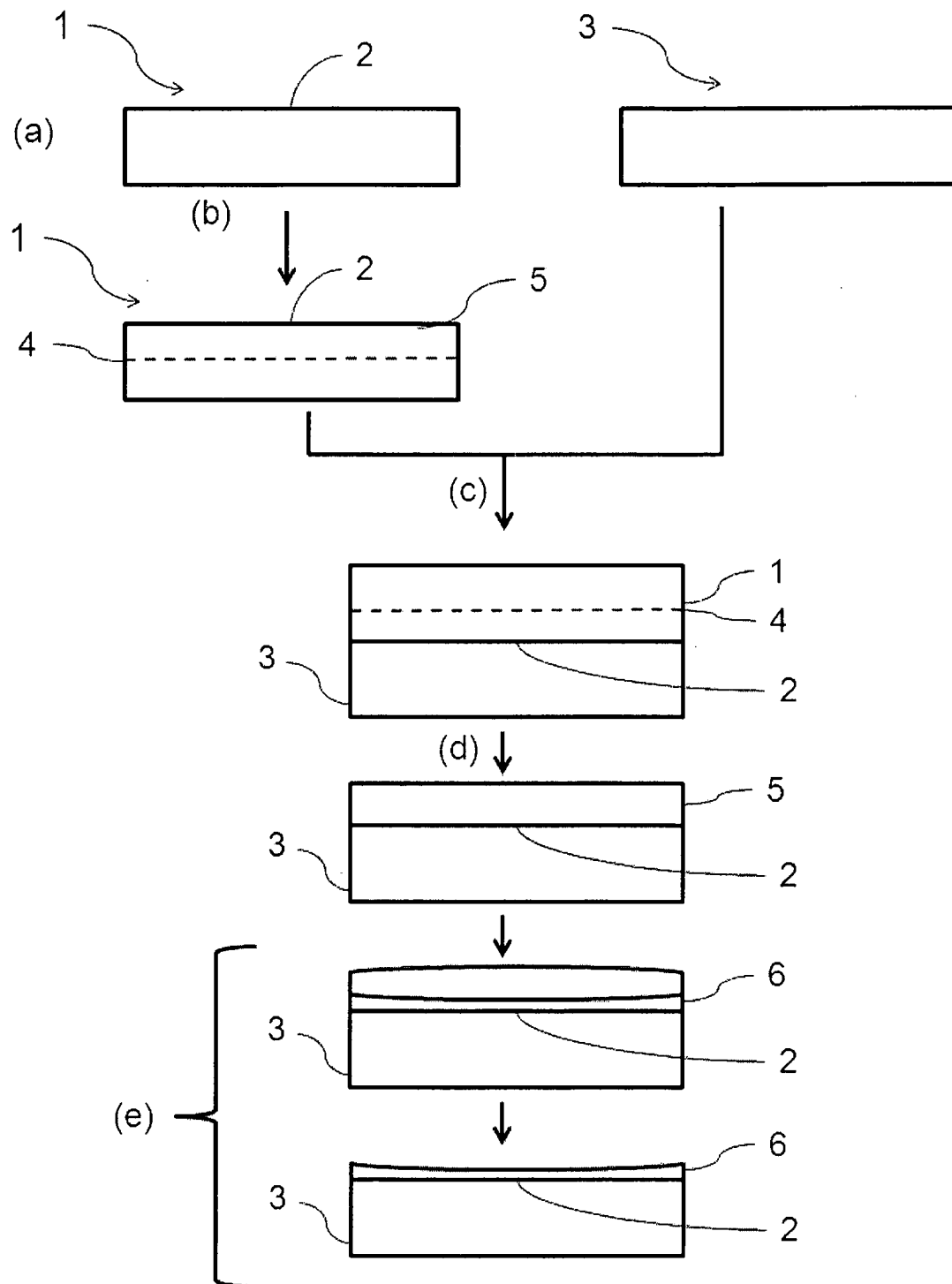


Fig 1 Stand der Technik

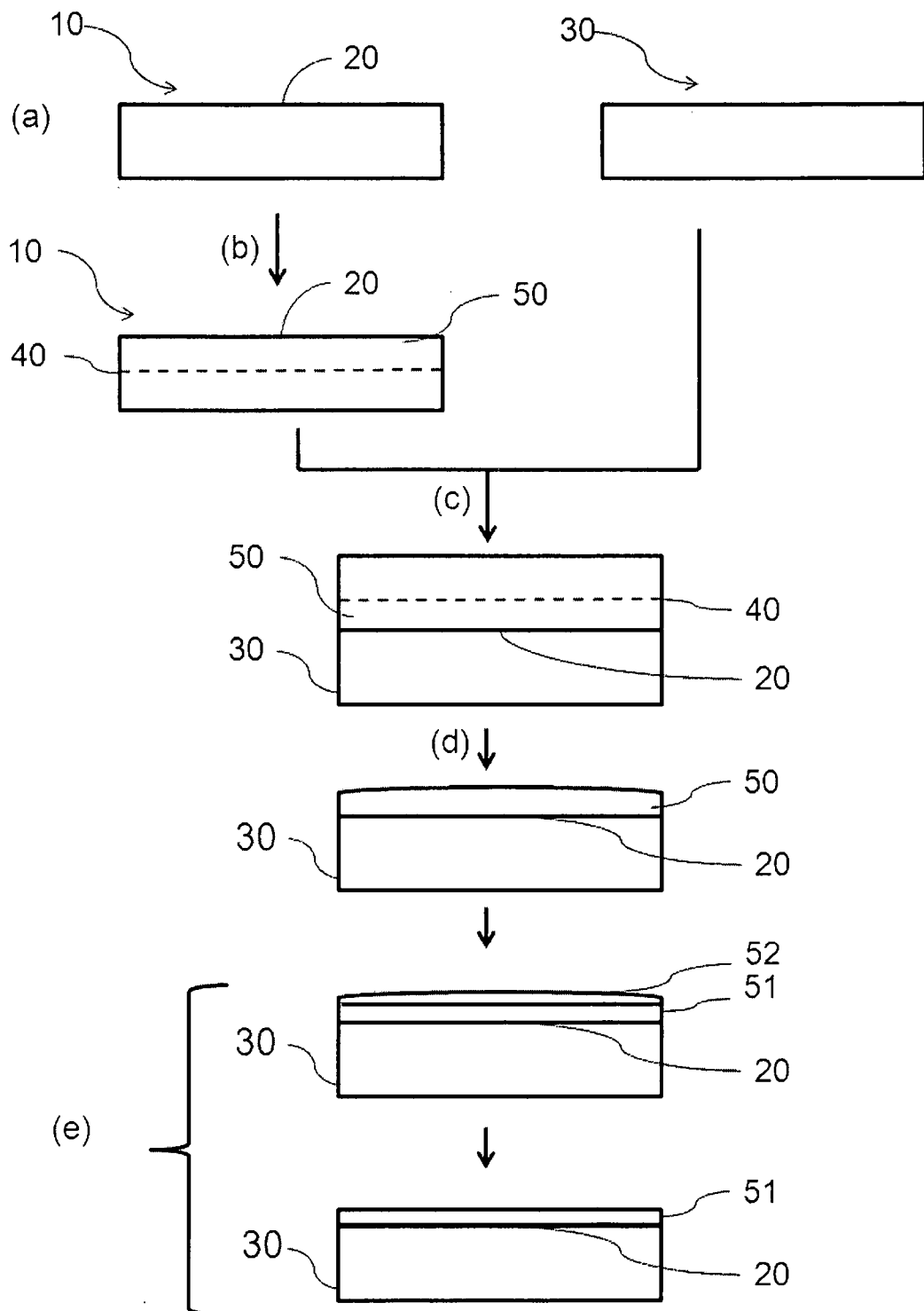


Fig 2

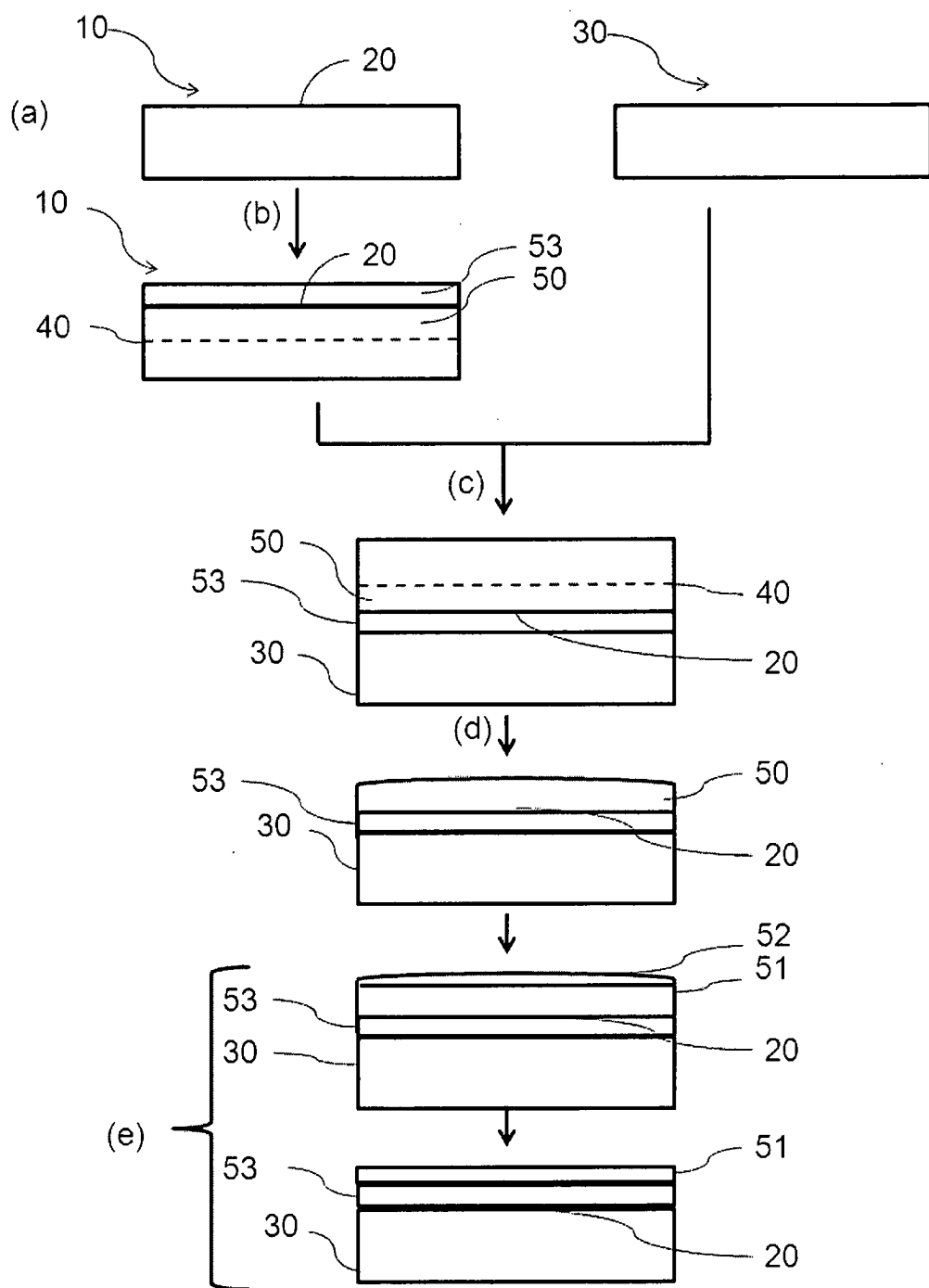


Fig 3

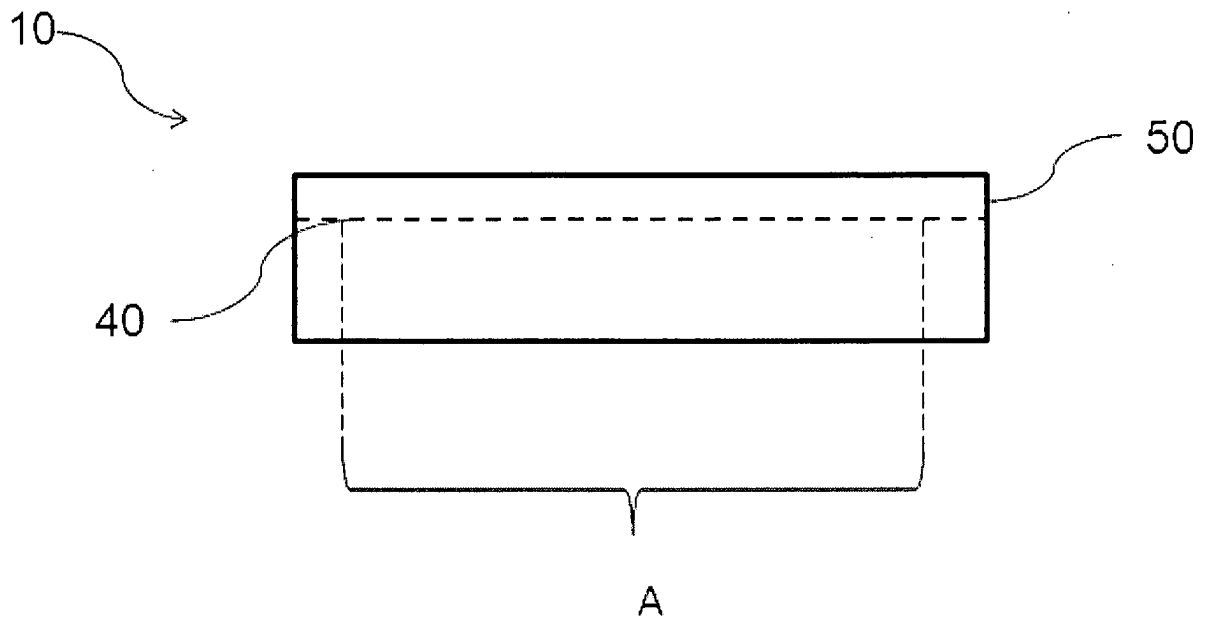


Fig 4A

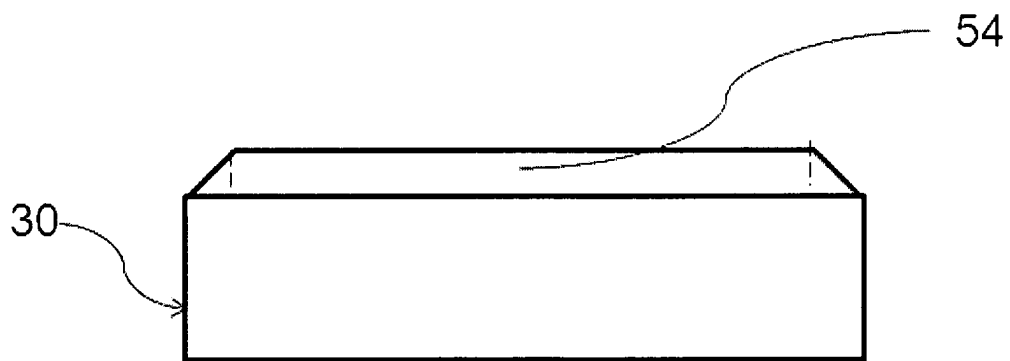


Fig 4B

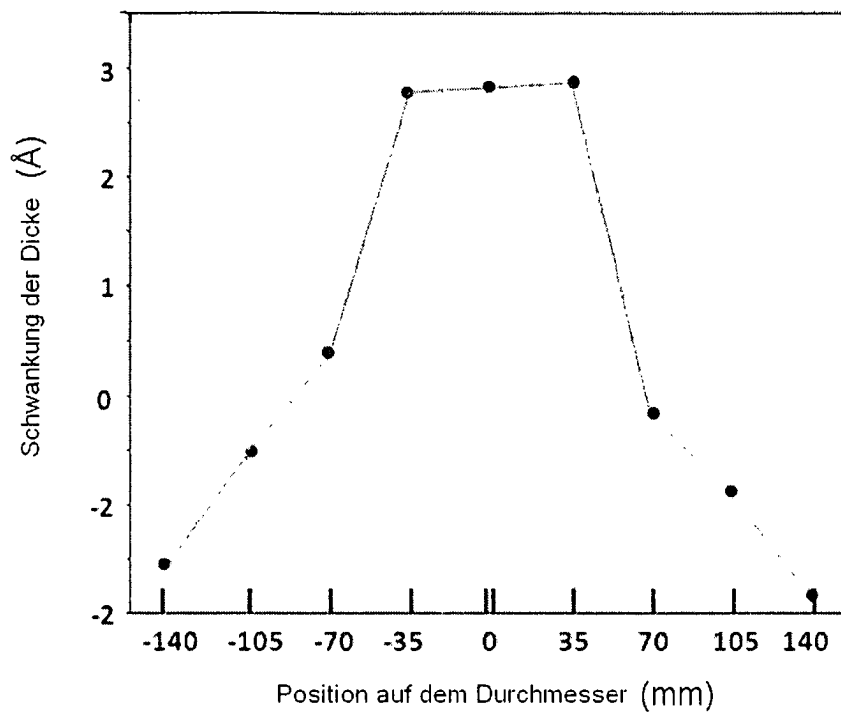


Fig 5

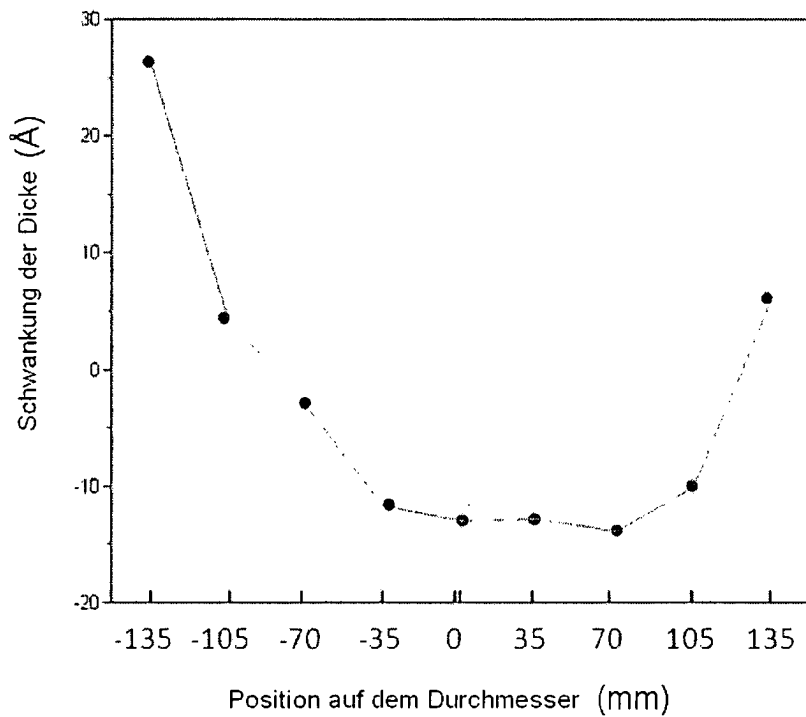


Fig 6