



(10) **DE 10 2012 007 115 A1** 2013.10.10

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 007 115.9**
(22) Anmeldetag: **04.04.2012**
(43) Offenlegungstag: **10.10.2013**

(51) Int Cl.: **H01L 31/18 (2012.01)**
H01L 21/283 (2012.01)
H01L 31/0224 (2012.01)

(71) Anmelder:
Universität Stuttgart, 70174, Stuttgart, DE

(74) Vertreter:
Witte, Weller & Partner, 70173, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Carstens, Kai, 70190, Stuttgart, DE; Miyajima,
Shinshue, Tokyo Megus, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2006 004 869 A1
DE 10 2009 025 977 A1
US 2010 / 0 275 965 A1
US 2011 / 0 000 531 A1

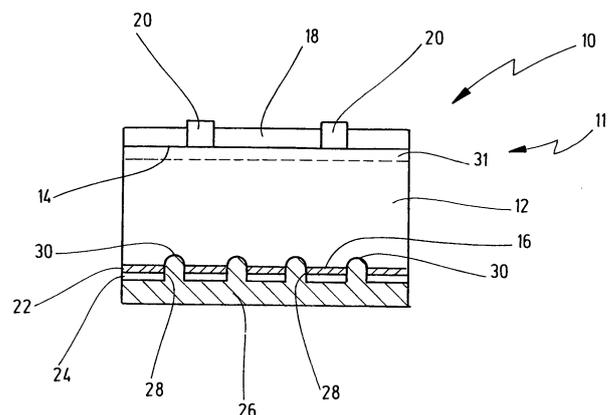
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen einer Solarzelle**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Dünnschicht-Solarzelle (10). Dabei wird ein Trägersubstrat (11) mit einer dotierten Basisschicht (12) bereitgestellt, die eine lichtempfangende Oberfläche (14) und eine rückseitige Oberfläche (16) aufweist. An der rückseitigen Oberfläche (16) wird eine Maskierungseinrichtung (44) angeordnet und die rückseitigen Oberfläche (16) mittels der Maskierungseinrichtung (44) zur Strukturierung einer auf der rückseitigen Oberfläche (16) abzuschheidenden Materialschicht (22, 24) partiell abgeschattet. Ferner wird eine Passivierungsschicht (22) auf der rückseitigen Oberfläche (16) abgeschieden, die einen spezifischen elektrischen Widerstand aufweist, der anschließend größer ist als ein spezifischer elektrischer Widerstand der Basisschicht (12), die Maskierungseinrichtung (44) von der rückseitigen Oberfläche (16) entfernt und eine leitfähige Schicht (26) auf dem Trägersubstrat (11) abgeschieden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Solarzelle, das die Schritte Bereitstellen eines Trägersubstrats mit einer dotierten Basisschicht, die eine lichtempfangene Oberfläche und eine rückseitige Oberfläche aufweist, Abscheiden einer Passivierungsschicht auf der rückseitigen Oberfläche, wobei die Passivierungsschicht einen spezifischen elektrischen Widerstand aufweist, der größer ist als ein spezifischer elektrischer Widerstand der Basisschicht, und Abscheiden einer leitfähigen Schicht auf dem Trägersubstrat aufweist.

[0002] In der Solarzellentechnik gehen kontinuierliche Bestrebungen dorthin, den Wirkungsgrad der Solarzellen zu erhöhen und gleichzeitig die Fertigungskosten der Solarzellen so gering wie möglich zu halten.

[0003] Üblicherweise werden elektrische Rückseitenkontakte in der industriellen Solarzellenfertigung als flächige leitfähige Schichten ausgebildet, die bspw. aus Aluminium gefertigt sein können. Nachteilig dabei ist es, dass die Minoritätsladungsträger-Rekombinationsrate an der Grenzschicht zwischen dem Halbleitersubstrat und dem flächigen Rückseitenkontakt sehr hoch ist und dadurch der Wirkungsgrad der Solarzelle begrenzt ist.

[0004] Alternative Rückseitenkontaktstrukturen sind als punktförmige elektrische Kontakte oder linienförmige Kontakte mit einer Passivierungsschicht ausgebildet, um die Rekombinationsrate an der Metall-/Halbleitergrenzschicht zu reduzieren. Nachteilig bei diesen Rückseitenkontakten ist es, dass der Strukturierungsprozess zum Erzeugen der elektrischen Kontaktstrukturen technisch aufwändig und mit hohen Fertigungskosten verbunden ist.

[0005] Aus der DE 10 2005 013 668 B1 ist eine Solarzelle bekannt mit einer rückseitigen Passivierungsschicht, die flächig auf dem Halbleitersubstrat abgeschieden ist. Nachteilig dabei ist es, dass ein Schichtsystem, das gleichzeitig gute Passivierung und gute elektrische Kontaktierung gewährleistet, schwierig zu fertigen ist.

[0006] Aus der DE 100 46 170 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen von Halbleiter-Metallkontakten durch eine dielektrische Schicht hindurch bekannt, bei dem mittels eines Laserstrahls eine Metallschicht lokal punkt- oder linienförmig erhitzt wird, so dass eine Schmelzmischung aus der Metallschicht, der dielektrischen Schicht und dem Halbleitermaterial entsteht und einen elektrischen Kontakt zwischen dem Halbleiter und der Metallschicht bildet. Nachteilig dabei ist es, dass das Verfahren technisch aufwändig und mit hohen Fertigungskosten verbunden ist.

[0007] Es ist ferner bekannt eine Rückseitenkontaktierung einer passivierten Solarzelle mittels einer Siebdruckschicht zu erzeugen. Dabei wird auf eine dünne amorphe Siliziumschicht eine transparente Zwischenschicht mittels Siebdruckverfahren aufgebracht und auf die so strukturierte transparente Zwischenschicht eine Aluminiummetallisierung abgeschieden. Die transparente Zwischenschicht dient dabei als Maske, wobei an den Flächen, an denen die Aluminiumschicht mit der amorphen Siliziumschicht kontaktiert ist, während einer nachfolgenden Wärmebehandlung ein elektrischer Kontakt zu dem Halbleitersubstrat gebildet wird. Nachteilig bei diesem Verfahren ist es, dass das Aufbringen und das Strukturieren der transparenten Zwischenschicht technisch aufwändig und mit hohen Fertigungskosten verbunden ist.

[0008] Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein vereinfachtes Verfahren zum Herstellen einer Solarzelle mit hohem Wirkungsgrad bereitzustellen.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Herstellen einer Solarzelle mit folgenden Schritten gelöst:

- Bereitstellen eines Trägersubstrats mit einer dotierten Basisschicht, die eine lichtempfangene Oberfläche und eine rückseitige Oberfläche aufweist,
- Anordnung einer Maskierungseinrichtung an der rückseitigen Oberfläche,
- partielles Abschatten der rückseitigen Oberfläche mittels der Maskierungseinrichtung zur Strukturierung einer auf der rückseitigen Oberfläche abzuschheidenden Materialschicht,
- Abscheiden einer Passivierungsschicht auf der rückseitigen Oberfläche, wobei die Passivierungsschicht einen spezifischen elektrischen Widerstand aufweist, der größer ist als ein spezifischer elektrischer Widerstand der Basisschicht,
- Entfernen der Maskierungseinrichtung von der rückseitigen Oberfläche, und
- Abscheiden einer leitfähigen Schicht auf dem Trägersubstrat.

[0010] Erfindungsgemäß wird durch die Maskierungseinrichtung mit geringem technischem Aufwand eine partielle Abschattung der zu beschichtenden rückseitigen Oberfläche erzielt und dadurch die Passivierungsschicht auf der rückseitigen Oberfläche strukturiert. Die nachträglich auf dem Trägersubstrat abgeschiedene leitfähige Schicht kann an den abgeschatteten Bereichen der rückseitigen Oberfläche einen elektrischen Kontakt mit der Basisschicht bilden, ohne dass eine aufwändige Justage oder die Verwendung von photolithografischen Verfahren notwendig ist. Durch den so erzeugten lokal begrenzten elektrischen Kontakt kann die Rekombinationsrate an der Grenzschicht der Basisschicht zu der leit-

fähigen Schicht reduziert werden, wodurch die Effizienz der Solarzelle erhöht ist. Durch die selbstjustierende Wirkung der abgeschatteten Bereiche, bzw. durch die nicht notwendige Strukturierung der leitfähigen Schicht, ist das erfindungsgemäße Verfahren technisch einfach und mit geringen Fertigungskosten realisierbar.

[0011] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

[0012] Im Sinne der vorliegenden Erfindung wird unter partiellem Abschatten verstanden, dass sowohl ein besonderer Abschnitt der rückseitigen Oberfläche abgeschattet wird als auch dass in dem abgeschatteten Abschnitt eine Abscheidungsrate des abzuscheidenden Materials reduziert ist, so dass lokal eine geringere Schichtdicke der Materialschicht erzeugt wird.

[0013] in einer bevorzugten Ausführungsform wird ein elektrischer Kontakt zwischen der leitfähigen Schicht und der Basisschicht in einem von der Maskierungseinrichtung abgeschatteten Bereich gebildet.

[0014] Dadurch können elektrische Kontakte zu der Basisschicht gezielt und präzise und gleichzeitig mit geringen Abmessungen erzeugt werden, wodurch die Solarzelle insgesamt einen höheren Wirkungsgrad erhält.

[0015] Es ist dabei bevorzugt, wenn das Trägersubstrat nach dem Abscheiden der leitfähigen Schicht auf eine vordefinierte Temperatur erhitzt wird.

[0016] Dadurch kann die leitfähige Schicht an den abgeschatteten Bereichen in die Basisschicht eindiffundieren und unter Umständen durch eine dünne Restpassivierungsschicht hindurchdiffundieren, wodurch mit einfachen Mitteln ein guter elektrischer Kontakt mit der Basisschicht gebildet wird.

[0017] Es ist allgemein bevorzugt, wenn vor dem Lösen der Maskierungseinrichtung auf der elektrisch isolierenden Passivierungsschicht eine Diffusionsbarriereschicht abgeschieden wird.

[0018] Dadurch kann ein Eindiffundieren der leitfähigen Schicht auf die abgeschatteten Bereiche der Basisschicht begrenzt werden und gleichzeitig ein Eindiffundieren der leitfähigen Schicht in den nicht abgeschatteten Bereich der Passivierungsschicht verhindert werden, wodurch die Bildung unbeabsichtigter Rekombinationszentren in der Grenzschicht der Passivierungsschicht und der Basisschicht verhindert werden kann.

[0019] Es ist weiterhin bevorzugt, wenn die Basisschicht aus kristallinem Halbleitermaterial gebildet ist.

[0020] Dadurch kann eine hohe Ladungsträgerdichte in der Solarzelle erzeugt werden, wodurch im Allgemeinen der Wirkungsgrad der Solarzelle erhöht wird.

[0021] Es ist weiterhin bevorzugt, wenn die Passivierungsschicht Silizium, Aluminiumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxid und/oder Siliziumcarbid mit amorphen und/oder kristallinen Anteilen aufweist.

[0022] Dadurch kann mit geringem technischen Aufwand eine stabile Passivierungsschicht auf der rückseitigen Oberfläche erzeugt werden.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform ist die Passivierungsschicht schwach leitend bzw. im Wesentlichen elektrisch isolierend ausgebildet.

[0024] Es ist weiterhin bevorzugt, wenn die Diffusionsbarriereschicht Siliziumcarbid, Siliziumnitrid, Siliziumoxid und/oder ein oder mehrere Metalloxide mit amorphen und/oder kristallinen Anteilen aufweist.

[0025] Dadurch kann mit einfachen Mitteln effektiv ein Eindiffundieren von Atomen der leitfähigen Schicht in die Passivierungsschicht verhindert werden.

[0026] Es ist weiterhin bevorzugt, wenn die leitfähige Schicht eine Metallschicht, eine dotierte Halbleiterschicht und/oder eine transparent leitfähige Schicht aufweist.

[0027] Dadurch kann mit geringem prozesstechnischem Aufwand eine elektrische Verbindung zu der Basisschicht hergestellt werden.

[0028] Dabei ist es besonders bevorzugt, wenn die Metallschicht Aluminium aufweist.

[0029] Durch das Aluminium kann eine Kristallisation der Passivierungsschicht an den abgeschatteten Bereichen erzeugt werden, wodurch ein elektrischer Kontakt durch eine dünne Restpassivierungsschicht hindurch erzeugt werden kann.

[0030] Es ist weiterhin bevorzugt, wenn die Maskierungseinrichtung wenigstens ein strangförmiges Maskierungsmittel aufweist, das in Längsrichtung vorgespannt ist.

[0031] Dadurch können mit einfachen Mitteln langgestreckte abgeschattete Bereiche auf der Rückseite der Basisschicht erzeugt werden, die eine effektive elektrische Rückseitenkontaktierung ermöglichen.

[0032] Es ist weiterhin bevorzugt, wenn das Trägersubstrat vor der Abscheidung der Passivierungsschicht gebogen wird, so dass die rückseitige Oberfläche eine äußere Oberfläche des gebogenen Trägersubstrats bildet.

[0033] Dadurch kann die Maskierungseinrichtung mit einfachen Mitteln und zuverlässig mit der rückseitigen Oberfläche in direkten Kontakt gebracht werden, so dass das Abschatten der rückseitigen Oberfläche besonders zuverlässig möglich wird.

[0034] Es ist weiterhin allgemein bevorzugt, wenn die Passivierungsschicht und die leitfähige Schicht flächig abgeschieden werden.

[0035] Dadurch kann auf zusätzliche Strukturierungsprozessschritte bzw. auf aufwändige lokale Abscheidungsverfahren verzichtet werden, wodurch das Herstellungsverfahren im Allgemeinen weniger aufwändig wird.

[0036] Es ist weiterhin allgemein bevorzugt, wenn die elektrisch leitfähige Schicht derart strukturiert wird, dass die elektrisch leitfähige Schicht zwischen den abgeschatteten Bereichen unterbrochen ist.

[0037] Dadurch kann Licht auch von der rückseitigen Fläche in die Basisschicht eindringen, wodurch der Wirkungsgrad der Solarzelle im Allgemeinen erhöht ist.

[0038] Es ist weiterhin bevorzugt, wenn die vordefinierte Temperatur wenigstens 100°C beträgt.

[0039] Dadurch kann ein Kristallisationsprozess bzw. ein Diffusionsprozess der leitfähigen Schicht in die Basisschicht zuverlässig ermöglicht werden, wodurch ein zuverlässiger Kontakt an den abgeschatteten Bereichen bereitgestellt werden kann, auch wenn eine dünne Restpassivierungsschicht in den abgeschatteten Bereichen vorliegt.

[0040] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0041] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0042] **Fig. 1a–c** schematische Schnittansichten von unterschiedlichen Ausführungsformen einer Solarzelle;

[0043] **Fig. 2a–f** schematische Schnittansichten der Solarzelle zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens;

[0044] **Fig. 3a–d** schematische Detailansicht eines elektrischen Rückseitenkontaktes der Solarzelle; und

[0045] **Fig. 4** eine schematische Darstellung einer Abscheidungsanordnung mit einer Abschattungseinrichtung.

[0046] In **Fig. 1a** ist eine Solarzelle schematisch dargestellt und allgemein mit **10** bezeichnet. Die Solarzelle **10** weist ein Trägersubstrat **11** mit einer Basisschicht **12** auf, die aus einem dotierten einkristallinen oder einem multikristallinen Halbleitermaterial, insbesondere Silizium, gebildet ist. Die Basisschicht **12** weist eine lichtempfangende Oberfläche **14** und eine rückseitige Oberfläche **16** auf, die sich gegenüberliegen. An der lichtempfangenden Oberfläche **14** ist eine lichtdurchlässige Passivierungsschicht **18** und elektrische Kontakte **20** zum Kontaktieren der Basisschicht **12** ausgebildet. An der rückseitigen Oberfläche **16** ist eine elektrisch isolierende Passivierungsschicht **22** angeordnet, die in direktem Kontakt mit der dotierten Basisschicht **12** steht. Auf der Passivierungsschicht **22** ist eine Diffusionsbarriere **24** ausgebildet. Auf der Diffusionsbarriere **24** ist flächig eine leitfähige Schicht **26** angeordnet, die in diesem Ausführungsbeispiel als Metallschicht, vorzugsweise als Aluminiumschicht ausgebildet ist. In der Passivierungsschicht **22** und der Diffusionsbarriere **24** sind Ausnehmungen **28** ausgebildet, die Durchkontaktierungen für die leitfähige Schicht **26** bilden. Die Ausnehmungen **28** sind mit Teilen der leitfähigen Schicht **26** gefüllt, so dass die leitfähige Schicht **26** mit der Basisschicht **12** in elektrischem Kontakt steht. Die so gebildeten elektrischen Kontakte der leitfähigen Schicht **26** mit der Basisschicht **12** sind in diesem Ausführungsbeispiel mit **30** bezeichnet. Die Basisschicht **12** ist als dotierte Halbleiterschicht ausgebildet mit einem ersten Leitfähigkeitstyp und weist an der lichtempfangenden Oberfläche **14** einen Bereich **31** auf, der einen dem ersten Leitfähigkeitstyp entgegengesetzten Leitfähigkeitstyp aufweist. Der Bereich **31** bildet somit einen Teil eines pn-Übergangs der Solarzelle **10**, z. B. einen Emitter der Solarzelle **10**.

[0047] Die Passivierungsschicht **22** ist aus einem Material gebildet, das einen spezifischen elektrischen Widerstand aufweist, der größer ist als ein spezifischer elektrischer Widerstand der Basisschicht **12** und in diesem Ausführungsbeispiel als amorphe Siliziumschicht (a-Si) ausgebildet. Die Passivierungsschicht **22** dient dazu einen flächigen elektrischen Kontakt der leitfähigen Schicht **26** zu Basisschicht **12** zu verhindern, da eine Rekombinationsrate der Ladungsträger der Solarzelle **10** an einer Metall-Halbleitergrenzschicht besonders hoch ist und die Effizienz der Solarzelle **10** reduziert. Die Diffusionsbarriere

24 ist flächig auf der Passivierungsschicht **22** aufgebracht und dient dazu ein Eindiffundieren der leitfähigen Schicht **26** in die Passivierungsschicht **22** zu verhindern. Dadurch wird verhindert, dass ein flächiger elektrisch leitender Kontakt mit der Basisschicht **12** entsteht und dadurch die Rekombinationsrate an der Grenzschicht zwischen der Basisschicht **12** und der Passivierungsschicht **22** erhöht ist. Die Diffusionsbarriere **24** ist in der vorliegenden Ausführungsform als amorphe Siliziumcarbidsschicht (a-SiC) ausgebildet.

[0048] Die Durchkontaktierungen bzw. Ausnehmungen **28**, die in der Diffusionsbarriere **24** und der Passivierungsschicht **22** gebildet sind, sind mit dem Material der leitfähigen Schicht **26**, in diesem Ausführungsbeispiel Aluminium gefüllt, so dass die elektrischen Kontakte **30** zwischen der Basisschicht **12** und der leitfähigen Schicht **26** gebildet sind. Die Ausnehmungen **28** und somit die elektrischen Kontakte **30** können sowohl als punktförmige Kontaktierungen als auch als langgestreckte linienförmige Kontaktierungsleitungen ausgebildet sein. Dadurch, dass durch die elektrischen Kontakte **30** die Metall-Halbleitergrenzfläche auf kleine Bereiche reduziert ist, ist die Rekombinationsrate an der rückseitigen Oberfläche **16** im Allgemeinen sehr stark reduziert, so dass die Effizienz der Solarzelle **10** im Allgemeinen erhöht ist.

[0049] Die Passivierungsschicht **22** und die Diffusionsbarriere **24** weisen jeweils eine Schichtdicke von vorzugsweise weniger als 100 nm auf. In einer besonderen Ausführungsform weist die Passivierungsschicht **22** eine Dicke von mehr als 40 nm auf, um ein flächiges Durchdiffundieren des Materials der leitfähigen Schicht **26** zu vermeiden. Die Durchkontaktierungen **28** weisen in dieser Ausführungsform einen Durchmesser von 10 bis 500 µm auf. In einer besonderen Ausführungsform kann die Solarzelle **10** ohne Diffusionsbarriere **24** ausgebildet sein, so dass die leitfähige Schicht **26** direkt auf der Passivierungsschicht **22** abgeschieden ist. In diesem Fall muss die Passivierungsschicht **22** aus einem diffusionsdichten Material gebildet sein, oder eine Schichtdicke aufweisen, die ein vollständiges Hindurchdiffundieren des Materials der leitfähigen Schicht **26** in die Basisschicht **12** verhindert.

[0050] In alternativen Ausführungsformen kann die Passivierungsschicht aus Aluminiumoxid (AlO_x), Siliziumnitrid (SiN_x), Siliziumoxid (SiO_x) und/oder Siliziumcarbid (SiC_x) mit amorphen und/oder kristallinen Anteilen ausgebildet sein. Die Passivierungsschicht ist demnach vorzugsweise schwach leitend bzw. im Wesentlichen isolierend ausgebildet. Weiterhin kann die Diffusionsbarriere in besonderen Ausführungsformen aus Siliziumnitrid (Si_3N_4) oder Siliziumdioxid (SiO_2) oder Metalloxiden (TiO_x , AlO_x , ZnO_x) mit amorphen und/oder kristallinen Anteilen ausgebildet sein. In besonderen Ausführungsformen kann die leitfähige Schicht **26** als Metallschicht im Allgemeinen, als

dotierte Halbleiterschicht oder als leitfähige transparente Kontaktschicht ausgebildet sein.

[0051] **Fig. 1b** zeigt eine alternative Ausführungsform der Solarzelle, die allgemein mit **10'** bezeichnet ist. Die Solarzelle **10'** ist im Wesentlichen identisch mit der Solarzelle **10** aus **Fig. 1a**. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet, wobei hier lediglich die Besonderheiten erläutert sind.

[0052] Die leitfähige Schicht **26'** ist in dieser Ausführungsform nicht flächig ausgebildet sondern strukturiert ausgebildet. Die leitfähige Schicht **26'** ist abschnittsweise auf der Passivierungsschicht **22** des Trägersubstrats **11** ausgebildet und zwar in den Bereichen der Ausnehmungen **28**, so dass die Ausnehmungen **28** mit dem Material der leitfähigen Schicht **26'** gefüllt sind und dadurch die elektrischen Kontakte **30** gebildet werden. Dadurch bleiben größere Bereiche der Rückseite des Trägersubstrates **11** frei, so dass von der Rückseite des Trägersubstrats **11'** Licht in die Basisschicht **12** eindringen kann und dadurch die Effizienz der Solarzelle **10'** erhöht ist. Die leitfähige Schicht **26'** wird vorzugsweise im Siebdruckverfahren strukturiert.

[0053] In einer besonderen Ausführungsform kann die Rückseite der Solarzelle **10'** mit einer transparenten Passivierungsschicht bedeckt sein.

[0054] In **Fig. 1c** ist eine weitere Ausführungsform einer Solarzelle schematisch dargestellt und allgemein mit **10''** bezeichnet. Die Solarzelle **10''** ist im Wesentlichen aufgebaut wie die Solarzelle **10**. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet, wobei hier lediglich die Besonderheiten erläutert sind.

[0055] Die lichtdurchlässige Passivierungsschicht **18** der Solarzelle **10''** ist durchgehend ausgebildet, sodass die lichtempfangende Oberfläche **14** keine elektrischen Kontakte aufweist.

[0056] Die leitfähige Schicht **26''** ist an der Rückseite des Trägersubstrats **11** strukturiert ausgebildet und zwar derart, dass die Ausnehmungen **28** jeweils mit dem Material der leitfähigen Schicht **26''** gefüllt sind. Dadurch werden die elektrischen Kontakte **30''** zu der Basisschicht **12** gebildet. In der Passivierungsschicht **22** und in der Diffusionsbarriere **24** ist ferner eine Ausnehmung **28b** gebildet, die sich vorzugsweise in ihrer Form und ihrer Größe bzw. Breite von den Ausnehmungen **28** unterscheidet. An der Rückseite des Trägersubstrats **11** im Bereich der Ausnehmung **28b** ist eine leitfähige Schicht **26b** ausgebildet und zwar derart, dass die Ausnehmung **28b** mit dem Material der leitfähigen Schicht **26b** gefüllt ist. Die Ausnehmung **28b** bildet somit eine Durchkontaktierung **28b**. Das Material der leitfähigen Schicht **26b** unterscheidet sich vorzugsweise von dem Material

der leitfähigen Schicht **26''** und ist aus Metall oder einem dotierten Halbleitermaterial gebildet. Der Dotierungsbereich **31''**, der einen Teil des pn-Übergangs der Solarzelle **10''** bildet (z. B. den Emitter), ist um die Ausnehmung **28b** bzw. um die Durchkontaktierungen **28b** gebildet. Dadurch bildet die Durchkontaktierungen **28b** an der rückseitigen Oberfläche **16** den elektrischen Kontakt **20''** mit dem Dotierungsbereich **31''**. Mit anderen Worten ist der elektrische Kontakte **20''** und sind die elektrischen Kontakte **30''** jeweils an der rückseitigen Oberfläche **16** der Basisschicht **12** ausgebildet. Dadurch kann auf die Kontakte **20** an der lichtempfangenden Oberfläche **14** verzichtet werden, wodurch mehr Licht in die Basisschicht **12** von der lichtempfangenden Oberfläche **14** eindringt. Es versteht sich, dass die elektrischen Kontakte **20''**, **30''** durch die Strukturierung die leitfähigen Schichten **26''**, **26b** voneinander elektrisch isoliert sind und an unterschiedlichen Polen der Solarzelle **10''** angeschlossen sind. Wie in Bezug auf die Ausführungsform aus [Fig. 1b](#) erläutert, werden die leitfähigen Schichten **26''**, **26b** vorzugsweise im Siebdruckverfahren abgeschieden bzw. strukturiert.

[0057] In [Fig. 2a](#) bis f ist jeweils eine schematische Schnittansicht in der Solarzelle **10** dargestellt, um die verschiedenen fertigen Schritte der Solarzelle **10** zu erläutern. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet, wobei hier lediglich die Besonderheiten erläutert sind.

[0058] In [Fig. 2a](#) ist das Trägersubstrat **11** mit der Basisschicht **12** dargestellt, die an der lichtempfangenden Oberfläche **14** die Passivierungsschicht **18** und die elektrischen Kontakte **20** aufweist. An der rückseitigen Oberfläche **16** der Basisschicht bzw. einer Rückseite des Trägersubstrats **11** ist in diesem Zustand noch keine Schicht ausgebildet.

[0059] Zunächst werden an der rückseitigen Oberfläche **16** parallele Drähte **32** angeordnet, die Maskierungsmittel **32** bilden und Teil einer Maskierungseinrichtung sind. Die Drähte **32** sind in der Schnittansicht aus [Fig. 2a](#) in einem Querschnitt dargestellt, parallel zueinander ausgerichtet und mit der rückseitigen Oberfläche **16** in Kontakt gebracht.

[0060] Die Drähte **32** dienen dazu Bereiche **34** die rückseitige Oberfläche **16** wenigstens teilweise abzuschatten und ein Abscheiden der nachfolgend abgeschiedenen Passivierungsschicht **22** wenigstens teilweise zu verhindern.

[0061] In [Fig. 2b](#) ist die Passivierungsschicht **22** auf der rückseitigen Oberfläche **16** abgeschieden, und zwar direkt auf die Basisschicht **12**, wobei die Drähte **32** ein Abscheiden in den Bereichen **34** teilweise verhindert haben. In den Bereichen **34** ist die Passivierungsschicht **22** dünner ausgebildet als in dem übrigen Bereich bzw. an den Kontaktpunkten der Dräh-

te **32** mit der rückseitigen Oberfläche **16** ist die Passivierungsschicht **22** unterbrochen, so dass die Basisschicht **12** an diesen Punkten freiliegt. Die Passivierungsschicht **22** ist in dieser Ausführungsform als amorphe Siliziumschicht (a-Si) ausgebildet und mittels eines plasmaunterstützten CVD-Abscheidungsverfahrens (PECVD) abgeschieden. Die Passivierungsschicht **22** bildet somit einen Teil des Trägersubstrats **11**.

[0062] Auf dieselbe Weise wird die Diffusionsbarriere **24** auf der Passivierungsschicht **22** abgeschieden, wie es in [Fig. 2c](#) dargestellt ist. Die Diffusionsbarriere **24** bildet somit einen Teil des Trägersubstrats **11**. Die Drähte **32** bleiben beim Abscheiden der Diffusionsbarriere **24** in derselben Position wie beim Abscheiden der Passivierungsschicht **22**, so dass in den Bereichen **34** die Basisschicht **12** weiterhin freiliegt bzw. die abgeschiedene Schicht sehr dünn ausgebildet ist.

[0063] Nachdem die Passivierungsschicht **22** und die Diffusionsbarriere **24** abgeschieden worden sind, werden die Drähte **32** entfernt, wie es in [Fig. 2d](#) dargestellt ist. Durch die Drähte **32** sind in der Passivierungsschicht **22** und der Diffusionsbarriere **24** jeweils die Ausnehmungen **28** ausgebildet. Die Ausnehmungen **28** sind im Querschnitt als Vertiefungen ausgebildet, wobei die Passivierungsschicht **22** in den Bereichen **34** besonders dünn ausgebildet bzw. oder unterbrochen ist.

[0064] Auf die Diffusionsbarriere **24** und in die Ausnehmungen **28** bzw. die abgeschatteten Bereiche wird im folgenden Schritt die leitfähige Schicht **26** abgeschieden, wie es in [Fig. 2e](#) schematisch dargestellt ist. Die leitfähige Schicht **26** ist in dieser Ausführungsform als Aluminiumschicht ausgebildet und ist an der rückseitigen Oberfläche **16** flächig abgeschieden und füllt gleichzeitig die Ausnehmungen **28** vollständig aus. Sofern keine Diffusionsbarriere **24** verwendet wird, wird die leitfähige Schicht **26** direkt auf die isolierende Passivierungsschicht **22** abgeschieden. Im Allgemeinen wird somit die leitfähige Schicht **26** auf der Rückseite des Trägersubstrats **11** abgeschieden.

[0065] Um die Ausführungsformen der Solarzelle **10'**, **10''** aus [Fig. 1b](#) und [Fig. 1c](#) zu fertigen, wird die leitfähige Schicht **26'** und ggf. die leitfähigen Schichten **26b** strukturiert und vorzugsweise mittels Siebdruckverfahren abgeschieden. Sofern der rückseitige Kontakt **20''** hergestellt werden soll, wird eine Ausnehmung **28b** in der Passivierungsschicht und der Diffusionsbarrierschicht **24** gebildet, die eine von den Ausnehmungen **28** abweichende Geometrie und/oder Größe aufweist. Ferner wird ein leitfähiges Material im Bereich der Ausnehmung **28b** und in die Ausnehmung **28b** abgeschieden, das sich vorzugsweise von dem Material der leitfähigen Schicht **26''**

unterscheidet. Dadurch kann der rückseitige Kontakt **20''** z. B. als Emitterkontakt gebildet werden.

[0066] Um die elektrischen Kontakte **20''**, **30** zuverlässig herstellen zu können, wird die leitfähige Schicht **26** bzw. das Trägersubstrat **11** mit der leitfähigen Schicht **26**, **26''** oder den leitfähigen Schichten **26''**, **26b** vorzugsweise einer Wärmebehandlung unterzogen werden, wodurch das Material der leitfähigen Schicht **26**, **26b** teilweise in die Basisschicht **12** und die Passivierungsschicht **22** hineindiffundiert und dadurch die elektrischen Kontakte **20''**, **30** bildet. Die so in den Bereichen **34** gebildeten elektrischen Kontakte **30** sind in [Fig. 2f](#) schematisch dargestellt. In dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Solarzelle **10** einer Wärmebehandlung von 350°C unterzogen, wodurch das Aluminium der leitfähigen Schicht **26** in die Basisschicht **12** hineindiffundiert und gleichzeitig eine Kristallisation der amorphen Siliziumschicht **22** in dem Bereich der Ausnehmungen **28** bzw. in dem Bereich der elektrischen Kontakte **30** bewirkt. Dadurch können die elektrischen Kontakte **30** zuverlässig in den Bereichen **34** gebildet werden, auch wenn eine dünne Passivierungsschicht in den Bereichen **34** bei der Abscheidung der Passivierungsschicht **22** entstanden ist.

[0067] In den [Fig. 3a](#) bis d sind schematische Detailansichten der [Fig. 2e](#) und f dargestellt zur Erläuterung der Diffusionsvorgänge während der Wärmebehandlung. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet, wobei hier lediglich Besonderheiten erläutert sind. Es versteht sich, dass die Erläuterungen zu [Fig. 3a–d](#) für alle Ausführungsformen gelten und auf die leitfähigen Schichten **26**, **26'**, **26''** und **26b** anwendbar sind.

[0068] In [Fig. 3a](#) ist der Bereich **34** im Detail dargestellt, wobei in diesem Fall die Maskierungseinrichtung bzw. der hier nicht gesondert dargestellte Draht **32** die Basisschicht **12** vollständig abgedeckt hat, so dass in dem Bereich **34** kein Material der Passivierungsschicht **22** abgeschieden wurde. Mit anderen Worten ist die leitfähige Schicht **26** in diesem Fall bei der Abscheidung direkt mit der Basisschicht **12** in Kontakt gebracht worden.

[0069] In [Fig. 3b](#) ist eine alternative Möglichkeit dargestellt. In dem Bereich **34** ist eine dünne Schicht des Materials der Passivierungsschicht **22** abgeschieden worden und deckt somit die Basisschicht **12** in dem Bereich **34** vollständig ab. In [Fig. 3b](#) ist die Ausnehmung **28** direkt nach der Abscheidung der metallischen Schicht **26** dargestellt, wobei die metallische Schicht **26** in diesem Zustand von der Basisschicht **12** isoliert ist und noch kein elektrischer Kontakt **30** vorliegt.

[0070] In [Fig. 3c](#) ist die Ausnehmung **28** im Detail schematisch dargestellt, nachdem die Solarzelle **10**

der Wärmebehandlung unterzogen wurde. Durch die Wärmebehandlung diffundiert das leitfähige Material der leitfähigen Schicht **26**, in dem hier dargestellten Fall, Aluminium, in die Basisschicht **12** hinein, wie es in [Fig. 3c](#) schematisch durch Pfeile **36** angedeutet ist. Dadurch entsteht zuverlässig der elektrische Kontakt **30** zwischen der leitfähigen Schicht **26** und der Basisschicht **12**.

[0071] Durch die Wärmebehandlung diffundiert das leitfähige Material der leitfähigen Schicht **26** in die Basisschicht **12** hinein und bewirkt ferner eine Kristallisation der Passivierungsschicht **22**, die in dieser Ausführungsform als amorphe Siliziumschicht (a-Si) ausgebildet ist. Dadurch kann zuverlässig der elektrische Kontakt **30** hergestellt werden, unabhängig davon, ob eine dünne Passivierungsschicht **22** in dem Bereich **34** während der Abscheidung abgeschieden wurde.

[0072] In [Fig. 3d](#) ist die Ausnehmung **28** im Detail schematisch dargestellt, nachdem die Solarzelle **10** der Wärmebehandlung unterzogen wurde. Durch die Wärmebehandlung diffundiert das Material der leitfähigen Schicht **26**, in dem hier dargestellten Fall, Aluminium, sowohl in die Basisschicht **12** hinein, als auch in die Passivierungsschicht **22** wie es durch Pfeile **36**, **38** angedeutet ist und bewirkt eine Kristallisation der Passivierungsschicht **22**, die in dieser Ausführungsform als amorphe Siliziumschicht (a-Si) ausgebildet ist. Dadurch entsteht ein zuverlässiger elektrischer Kontakt **30** zwischen der leitfähigen Schicht **26** und der Basisschicht **12**, der gleichzeitig eine größere Breite aufweist als die Varianten aus [Fig. 3a](#) bis c.

[0073] In [Fig. 4](#) ist eine Vorrichtung zum Herstellen der Passivierungsschicht **22** und der Diffusionsbarriere **24** mit den Ausnehmungen **28** schematisch dargestellt und allgemein mit **40** bezeichnet. Die Vorrichtung **40** weist eine Abscheidungsvorrichtung **42**, eine Aufnahme **44** zur Halterung des Trägersubstrats **11** und eine Maskierungsvorrichtung **46** auf.

[0074] Das Trägersubstrat **11** ist an der Aufnahme **44** gekrümmt angeordnet, so dass die rückseitige Oberfläche **16** eine äußere gekrümmte Fläche des Trägersubstrats **11** bildet. Die Maskierungsvorrichtung **46** weist die Drähte **32** auf, von denen hier lediglich einer der Drähte **32** dargestellt ist. Der Draht **32** ist über die rückseitige Oberfläche **16**, die in dieser Situation eine äußere gekrümmte Fläche bildet, gespannt. Durch die Krümmung der Solarzelle **10** und die Spannung des Drahts **32** steht der Draht **32** über die gesamte rückseitige Oberfläche **16** mit der Solarzelle **10** in Kontakt. Dadurch kann der Draht **32** die rückseitige Oberfläche **16** zuverlässig abschatten und während der Abscheidung der Passivierungsschicht **22** und der Diffusionsbarriere **24** die Ausnehmungen **28** bilden.

[0075] Der Abstand der parallel angeordneten Drähte **32** kann 0,5 bis 15 mm betragen und beträgt in einer besonderen Ausführungsform 2 bis 5 mm. Die maximale Temperatur der Wärmebehandlung kann je nach verwendetem Material zwischen 100 und 1000°C betragen. Die Drähte **32** können unterschiedliche Durchmesser aufweisen, um die Ausnehmungen **28**, **28b** mit unterschiedlichen Breiten im selben Fertigungsschritt herzustellen.

[0076] Die Maskierungseinrichtung **44** kann alternativ zu den parallel verlaufenden Drähten **32** auch ein Netz oder eine Folie als Abschattungsmittel bzw. Maskierungsmittel im Allgemeinen aufweisen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102005013668 B1 [[0005](#)]
- DE 10046170 A1 [[0006](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Solarzelle (**10**; **10'**; **10''**) mit den Schritten:

- Bereitstellen eines Trägersubstrats (**11**) mit einer dotierten Basisschicht (**12**), die eine lichtempfangende Oberfläche (**14**) und eine rückseitige Oberfläche (**16**) aufweist,
- Anordnung einer Maskierungseinrichtung (**44**) an der rückseitigen Oberfläche (**16**),
- partielles Abschatten der rückseitigen Oberfläche (**16**) mittels der Maskierungseinrichtung (**44**) zur Strukturierung einer auf der rückseitigen Oberfläche (**16**) abzuschheidenden Materialschicht (**22**, **24**),
- Abscheiden einer Passivierungsschicht (**22**) auf der rückseitigen Oberfläche (**16**), wobei die Passivierungsschicht (**22**) einen spezifischen elektrischen Widerstand aufweist, der größer ist als ein spezifischer elektrischer Widerstand der Basisschicht (**12**),
- Entfernen der Maskierungseinrichtung (**44**) von der rückseitigen Oberfläche (**16**), und
- Abscheiden einer leitfähigen Schicht (**26**; **26'**; **26''**, **26b**) auf dem Trägersubstrat (**11**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein elektrischer Kontakt (**20''**; **30**; **30''**) zwischen der leitfähigen Schicht (**26**; **26'**; **26''**, **26b**) und der Basisschicht (**12**) in einem von der Maskierungseinrichtung (**44**) abgeschatteten Bereich (**34**) gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Trägersubstrat (**11**) nach dem Abscheiden der leitfähigen Schicht (**26**; **26'**; **26''**, **26b**) auf eine vordefinierte Temperatur erhitzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei vor dem Lösen der Maskierungseinrichtung (**44**) auf der elektrisch isolierenden Passivierungsschicht (**22**) eine Diffusionsbarriereschicht (**24**) abgeschieden wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Basisschicht (**12**) aus Halbleitermaterial gebildet ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Passivierungsschicht (**22**) Silizium (a-Si), Aluminiumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxid und/oder Siliziumcarbid mit amorphen und/oder kristallinen Anteilen aufweist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Diffusionsbarriereschicht (**24**) Siliziumcarbid, Siliziumnitrid, Siliziumoxid und/oder ein oder mehrere Metalloxide mit amorphen und/oder kristallinen Anteilen aufweist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die leitfähige Schicht (**26**; **26'**; **26''**, **26b**) eine Metallschicht (**26**; **26'**; **26''**, **26b**), eine dotierte

Halbleiterschicht und/oder eine transparente leitfähige Kontaktschicht aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Metallschicht (**26**; **26'**; **26''**, **26b**) Aluminium aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Maskierungseinrichtung (**44**) wenigstens ein strangförmiges Maskierungsmittel (**32**) aufweist, das in Längsrichtung vorgespannt ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Trägersubstrat (**11**) vor der Abscheidung der Passivierungsschicht (**22**) gebogen wird, so dass die rückseitige Oberfläche (**16**) eine äußere Oberfläche des gebogenen Trägersubstrats (**11**) bildet.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die elektrisch isolierende Passivierungsschicht (**22**) und die leitfähige Schicht (**26**) flächig abgeschieden werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, wobei die elektrisch leitfähige Schicht (**26'**; **26''**, **26b**) derart strukturiert wird, dass die elektrisch leitfähige Schicht (**26'**; **26''**, **26b**) zwischen den abgeschatteten Bereichen unterbrochen ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 13, wobei die vordefinierte Temperatur wenigstens 100°C beträgt.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

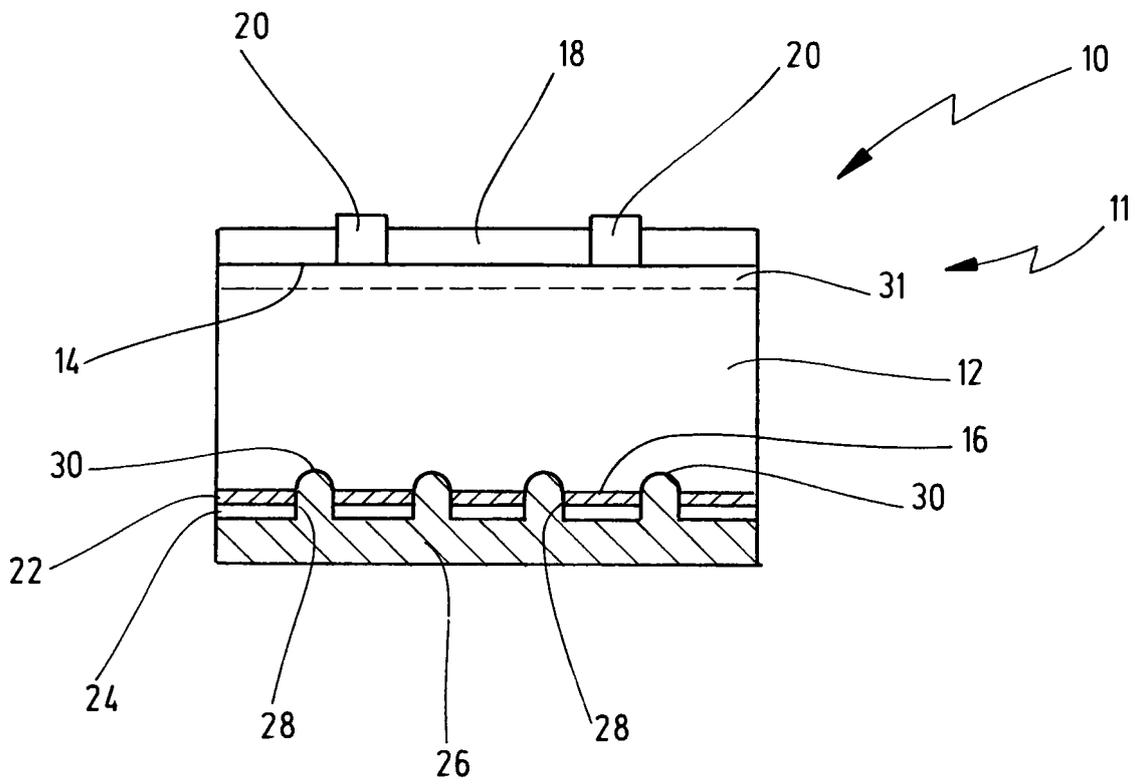


Fig.1a

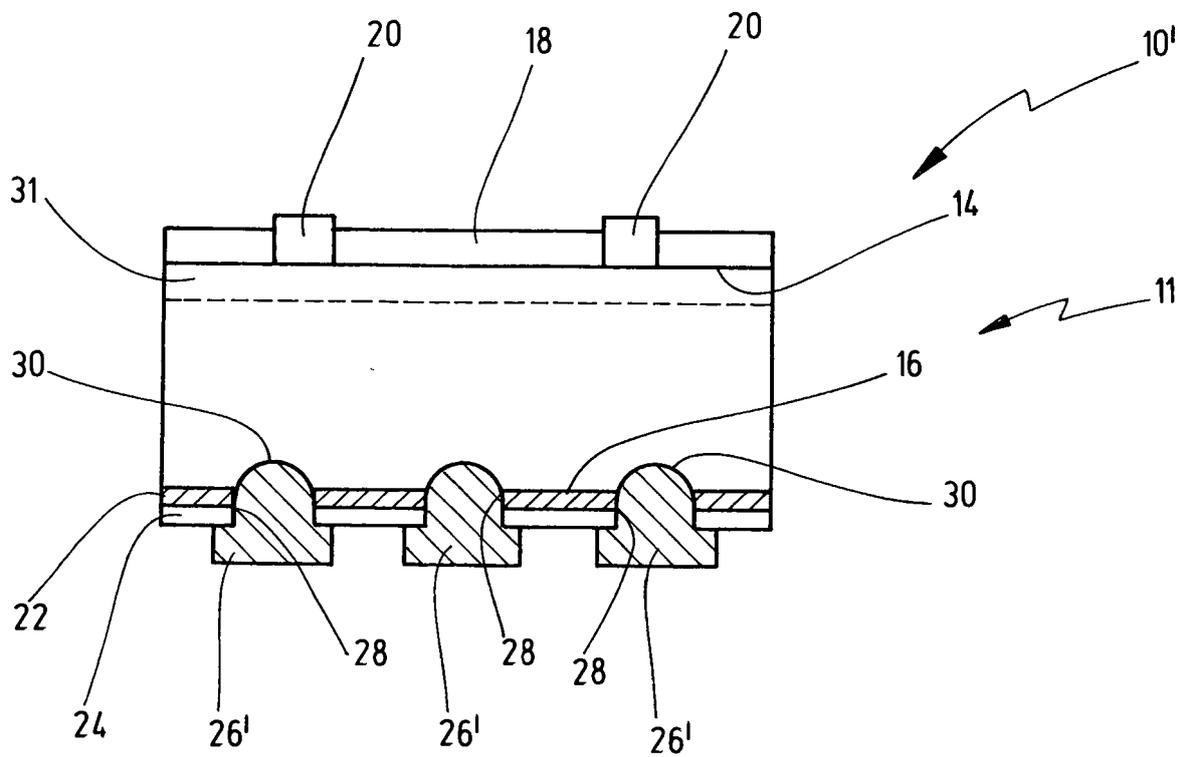


Fig.1b

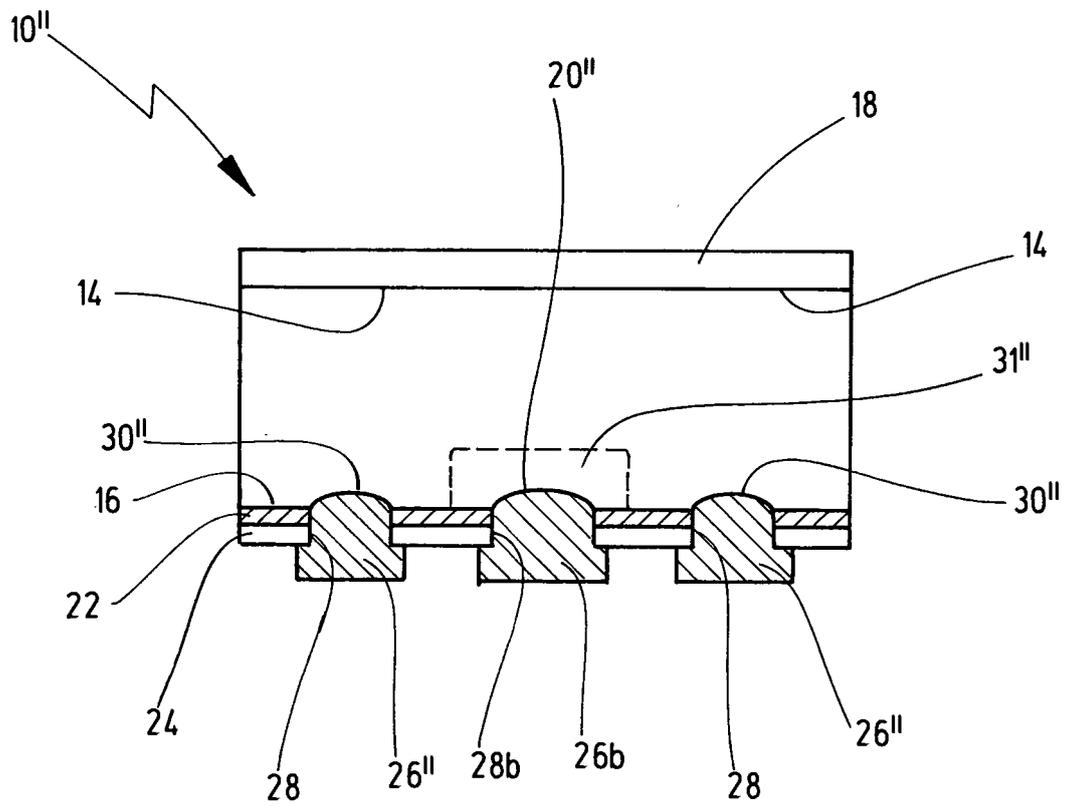
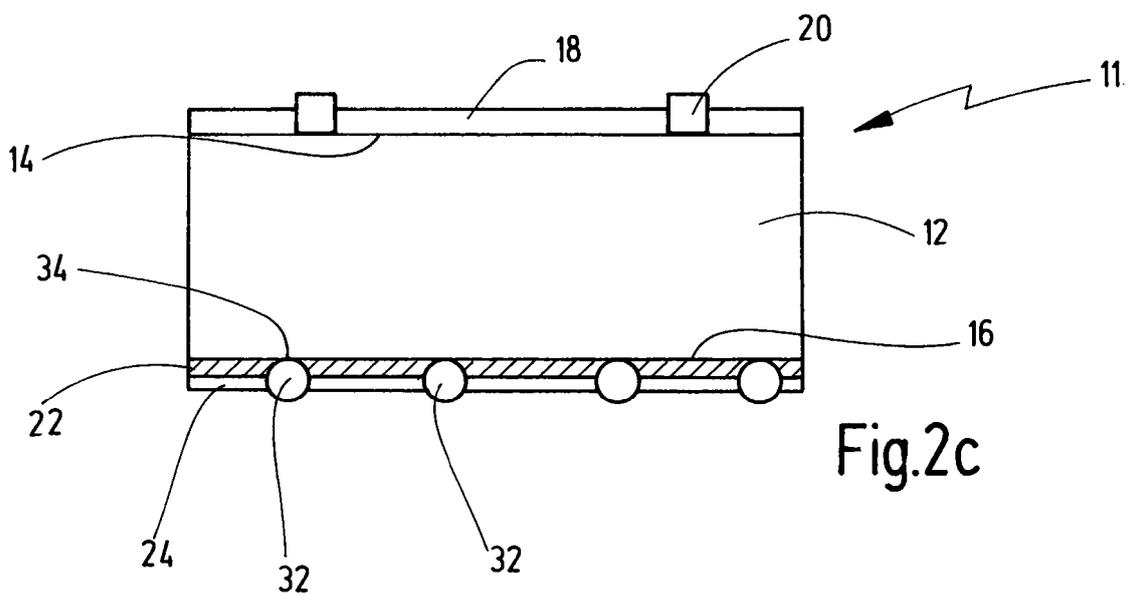
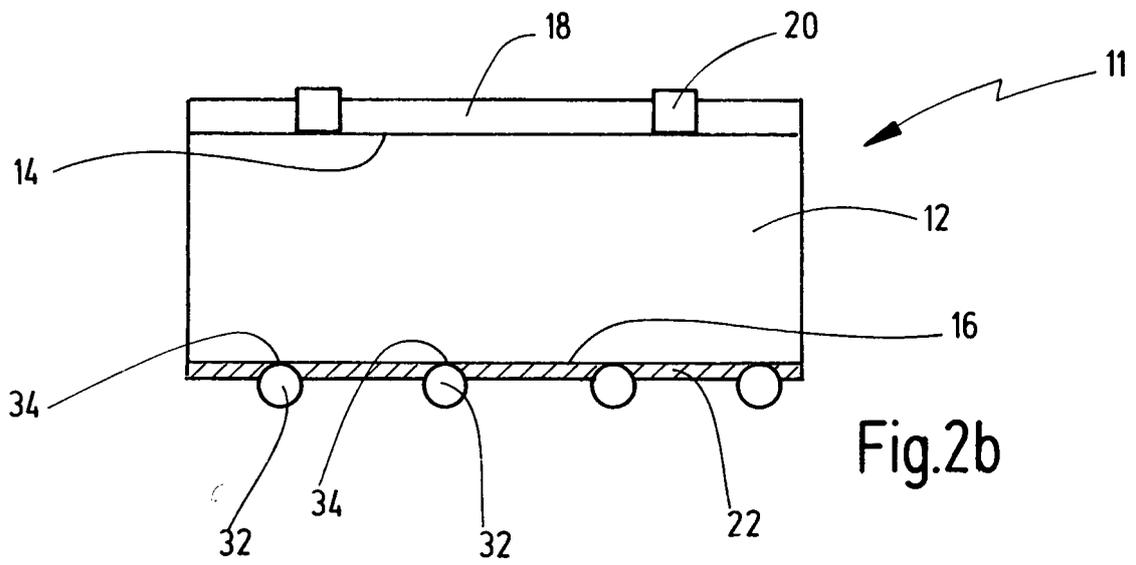
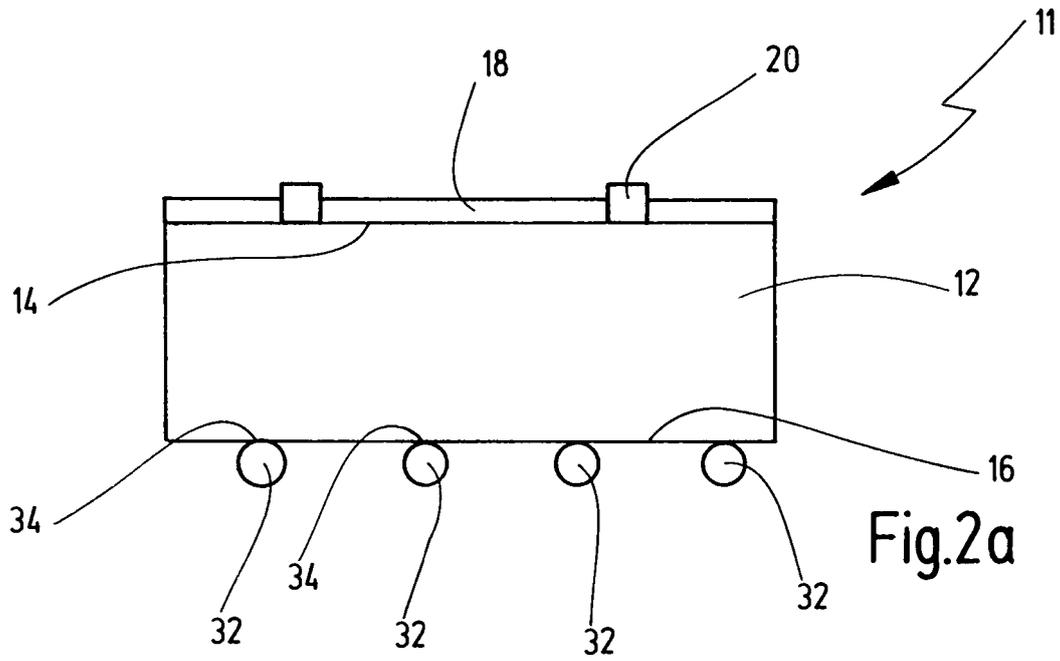
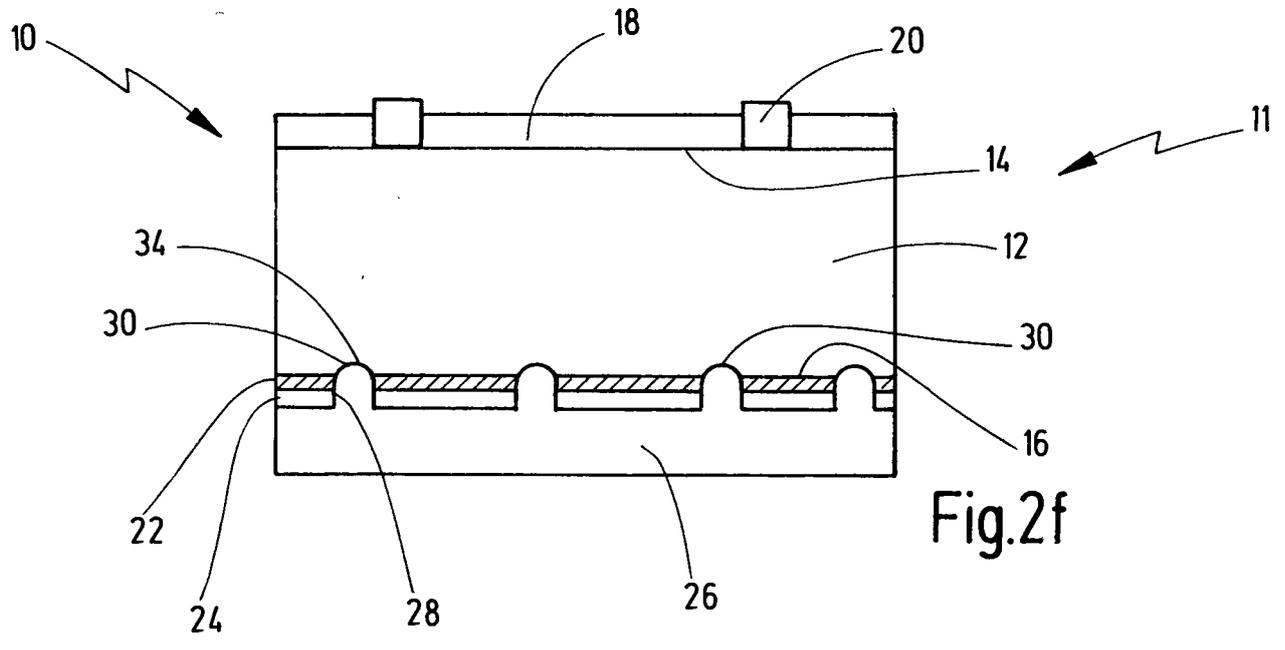
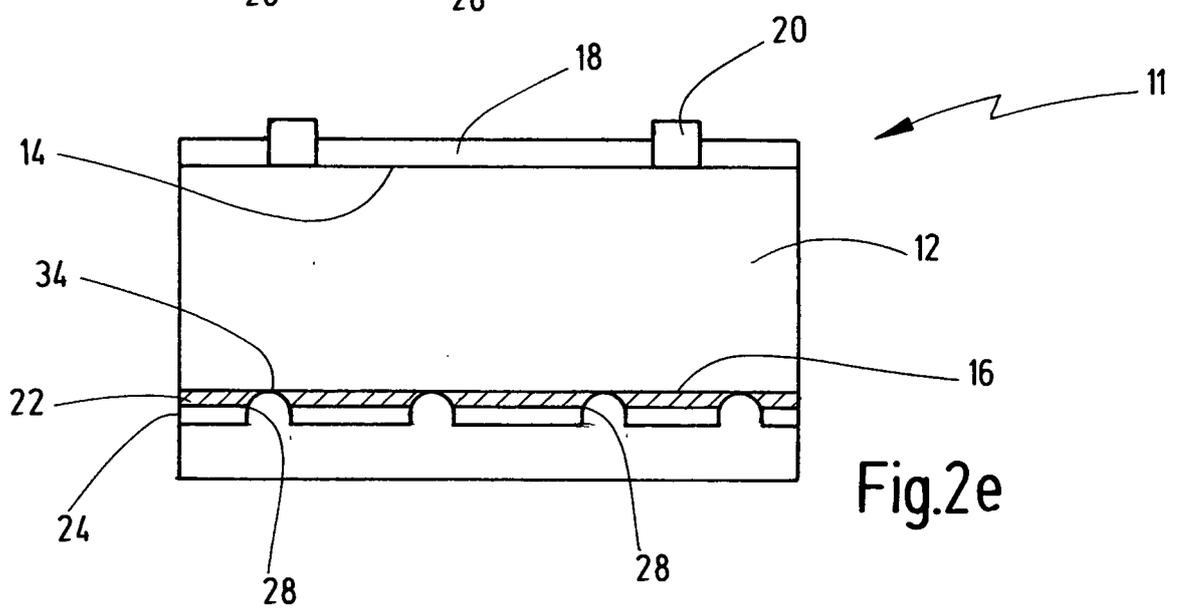
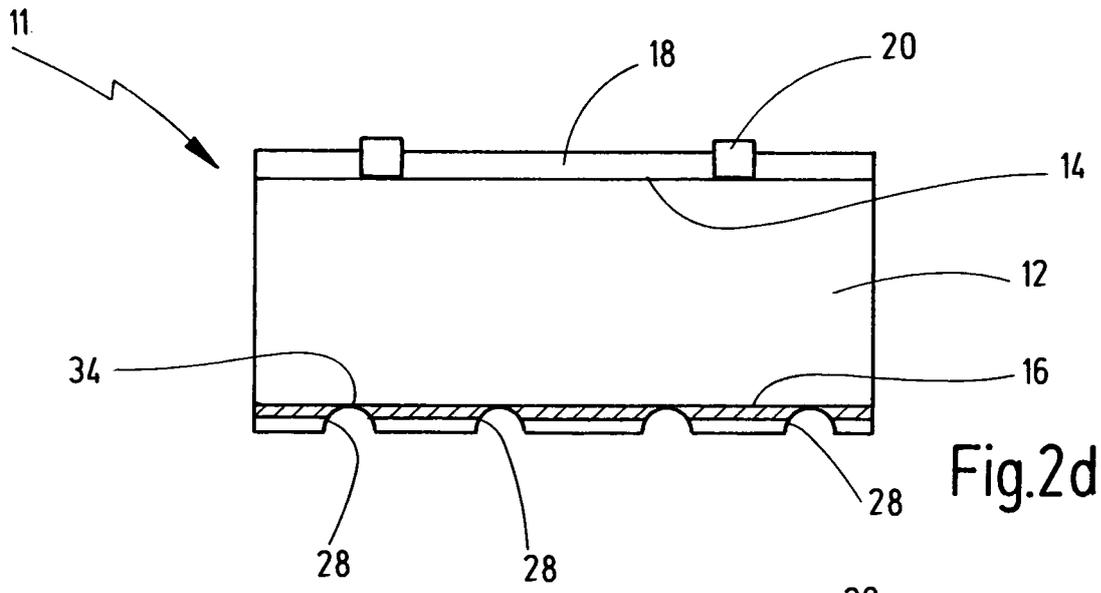


Fig.1c





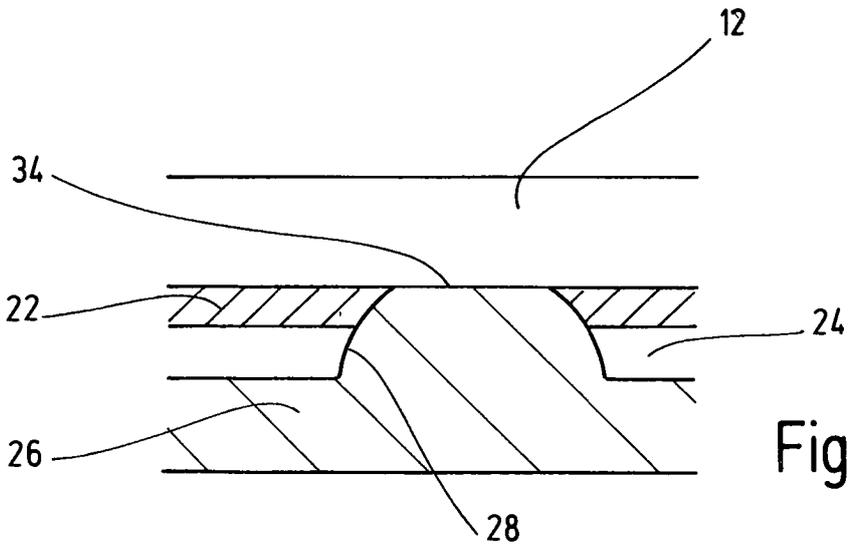


Fig.3a

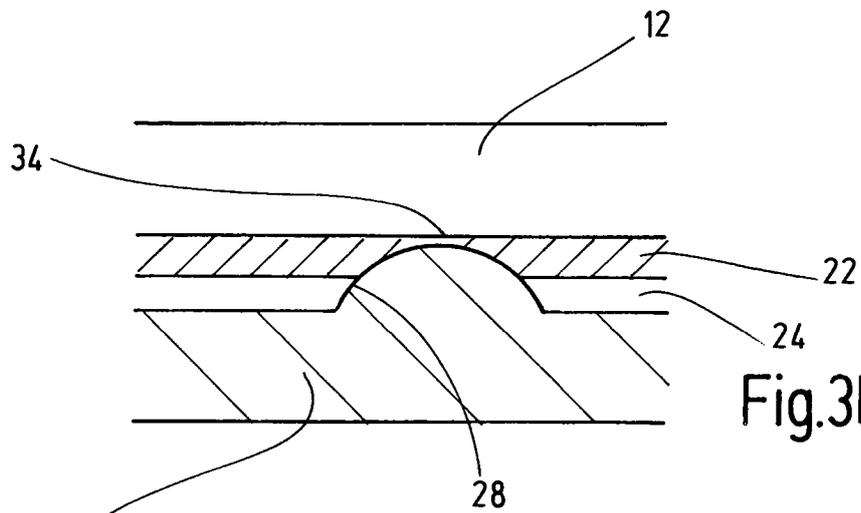


Fig.3b

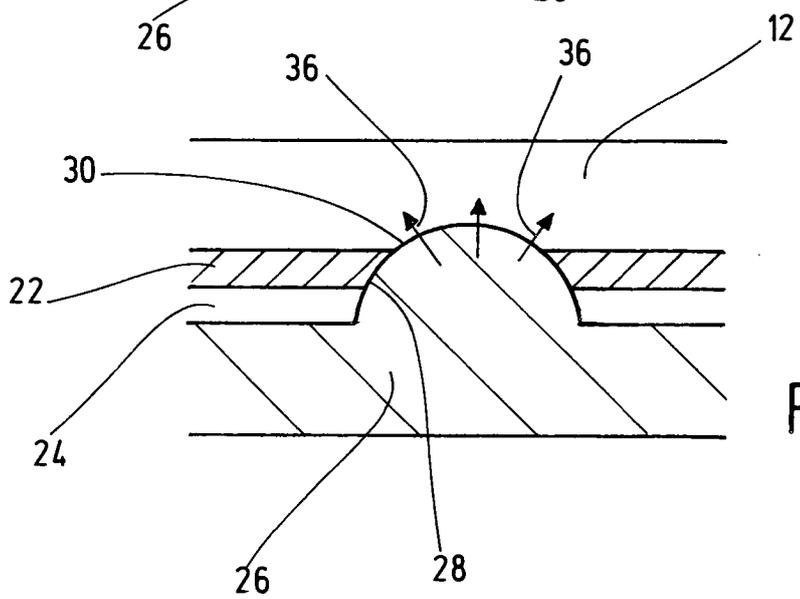


Fig.3c

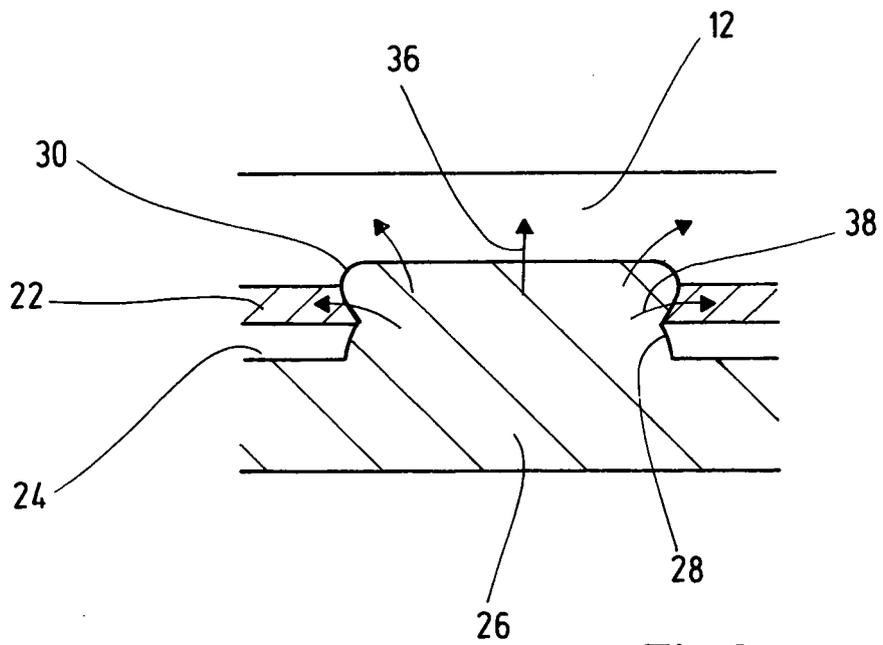


Fig.3d

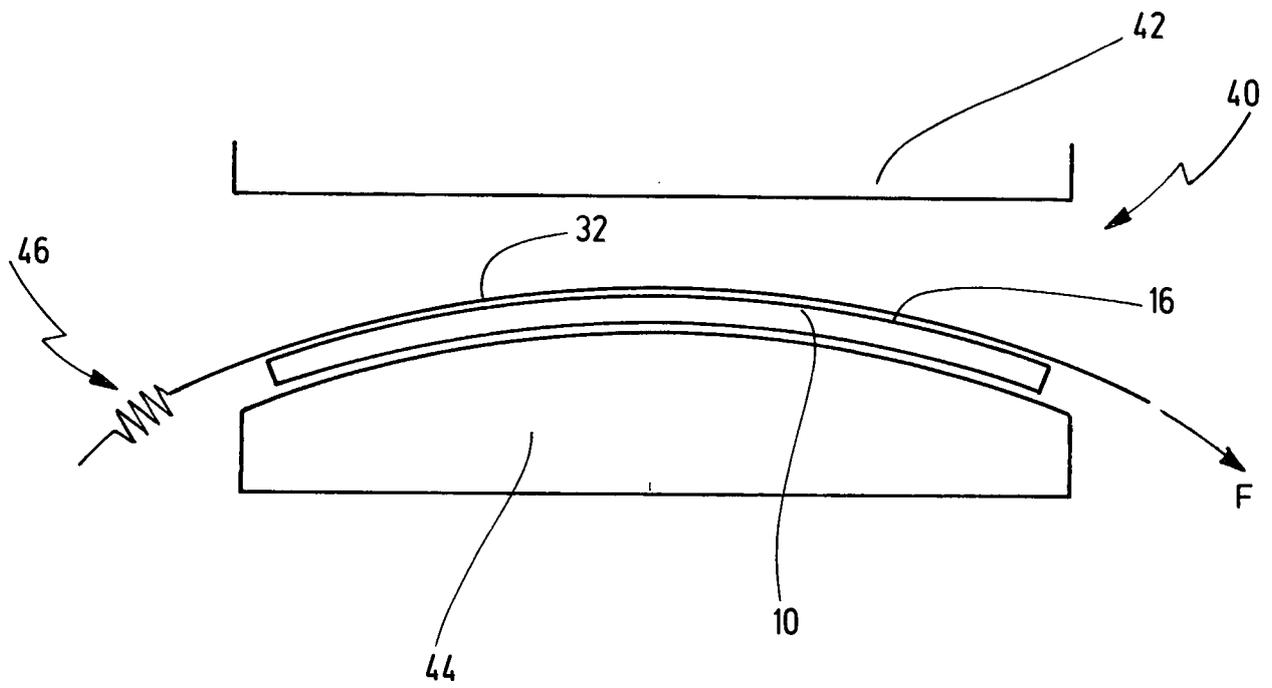


Fig.4