



(10) **DE 10 2009 009 499 B4** 2015.10.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 009 499.7**

(22) Anmeldetag: **18.02.2009**

(43) Offenlegungstag: **26.08.2010**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.10.2015**

(51) Int Cl.: **H01L 23/544** (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 31/042 (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).

(73) Patentinhaber:

**SolarWorld Industries Sachsen GmbH, 09599
Freiberg, DE**

(74) Vertreter:

**RAU, SCHNECK & HÜBNER Patentanwälte
Rechtsanwälte PartGmbH, 90402 Nürnberg, DE**

(72) Erfinder:

**Stapelmann, Chris, Hillsboro, Oreg., US; Bitnar,
Bernd, Dr., 09599 Freiberg, DE; Sonntag, Detlef,
Dr., 09599 Freiberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2007 058 649 A1

US 2007 / 0 163 634 A1

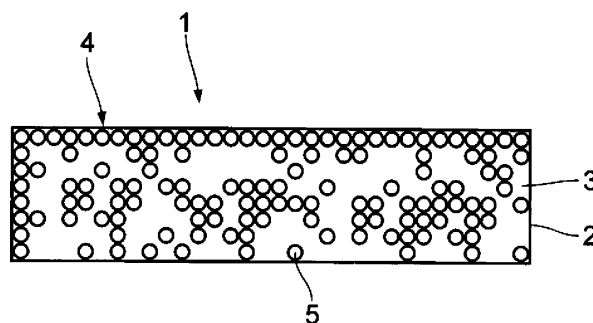
US 2008 / 0 128 013 A1

WO 2007/ 099 138 A1

(54) Bezeichnung: **Markierungsverfahren, Halbleiterbauelement sowie Solar-Modul**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Markieren eines Halbleiter-Bauelements umfassend die folgenden Schritte:

- Bereitstellen eines flächigen, unprozessierten Halbleiter-Substrats (2) mit
- einer Vorderseite,
- einer dieser gegenüberliegenden Rückseite (3) und
- einer senkrecht auf diesen stehenden Flächennormalen,
- Versehen zumindest der Rückseite (3) des unprozessierten Halbleiter-Substrats (2) mit einer Kodierung (4) zur Herstellung eines kodierten Halbleiter-Substrats (2),
- Prozessieren des kodierten Halbleiter-Substrats (2) zur Herstellung einer Leiter-Struktur zumindest auf der Rückseite (3) des kodierten Halbleiter-Substrats (2),
- Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Leiter-Struktur und dem Halbleiter-Substrat (2) über eine Vielzahl punktförmiger Kontakte (5),
- wobei die Kontakte (5) entsprechend der Kodierung (4) angeordnet sind und ein direktes Abbild derselben bilden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Markieren eines Halbleiter-Bauelements. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Halbleiter-Bauelement sowie ein Solar-Modul.

[0002] Bei der Herstellung von Solarzellen ist es wünschenswert, die Wafer bereits vor der Durchführung der Prozess-Schritte zur Herstellung der Solarzelle eindeutig und permanent zu markieren, um sie in der Produktion und später beim Kunden eindeutig identifizieren zu können. Beim Aufbringen einer Kodierung auf die Vorderseite der Solarzelle ist die Kodierung auch nach dem Einbau der Solarzelle in ein Solar-Modul noch sichtbar. Ein Nachteil hierbei ist jedoch, dass die Kodierung zu einer Beeinträchtigung sowohl der Optik als auch des Wirkungsgrades der Solarzelle führt. Eine Kodierung der Rückseite der Solarzelle führt andererseits zu dem Nachteil, dass diese nach Einbau der Solarzelle in ein Solar-Modul nicht mehr direkt sichtbar ist. Außerdem ist die Kodierung nach einer standardmäßigen Metallisierung der Rückseite nicht mehr lesbar.

[0003] Aus der DE 10 2007 058 649 A1 ist ein Verfahren zum Auslesen von Informationen auf Halbleiter-Substraten bekannt. Aus der US 2007/0 163 634 A1 ist eine Solarzelle mit einer Identifizierungs- Markierung bekannt. Aus der US 2008/0128013 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Metallschicht auf einer flexiblen Solarzelle bekannt.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Markierung von Solarzellen zu verbessern. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, ein Halbleiter-Bauelement und ein Solar-Modul mit einer verbesserten Kodierung zu schaffen.

[0005] Diese Aufgaben werden durch die Ansprüche 1, 9 und 13 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, die Metallisierung, welche erst nach der auf der Rückseite eines Halbleiter-Substrats angebrachten Kodierung auf diese aufgebracht wird, derart auszubilden, dass die Kodierung auch durch die Metallisierung hindurch weiterhin auslesbar ist. Hierdurch wird der Produktionsprozess für das Halbleiter-Bauelement verbessert.

[0006] Eine Kodierung mittels eines Laser-Verfahrens ermöglicht die Einbringung eines präzisen, optisch auslesbaren Codes.

[0007] Die Ausbildung der Rückseiten-Metallisierung als dünne, homogene Metallschicht führt einerseits zu einer ausreichenden Querleitfähigkeit, ermöglicht außerdem ein Auslesen der Kodierung durch die Metallisierung hindurch. Derartig dünne

und gleichzeitig homogene Metallisierungen lassen sich vorteilhafterweise mittels eines Gasfasenabscheidungs-Verfahrens (PVD oder CVD) oder einer galvanischen Abscheidung erreichen.

[0008] Vorteilhafterweise ist die Metallisierung über Punktkontakte, insbesondere Laser-gefeuerte Kontakte (LFC) mit dem Halbleiter-Substrat elektrisch leitend verbunden.

[0009] Eine Anordnung der Punktkontakte in Abhängigkeit der darunterliegenden Kodierung vereinfacht das Auslesen der Kodierung am fertigen Halbleiter-Bauelement. Hierbei können die Punktkontakte selbst als Kodierung dienen.

[0010] Besonders vorteilhaft können die Kodierungen mehrerer Halbleiter-Bauelemente vor deren Einbau in einem Solar-Modul ausgelesen und als Modul-Kodierung von außen sichtbar am Modul angebracht werden.

[0011] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Merkmale und Einzelheiten ergeben sich aus der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen. Es zeigen:

[0012] Fig. 1 eine Teilansicht der Oberfläche eines Halbleiter-Bauelements mit einer Markierung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

[0013] Fig. 2 eine Ansicht gemäß Fig. 1 eines weiteren Ausführungsbeispiels, und

[0014] Fig. 3 eine Ansicht eines dritten Ausführungsbeispiels.

[0015] Zum Markieren eines Halbleiter-Bauelements **1**, insbesondere einer Solarzelle, wird ein flächig ausgebildetes Halbleiter-Substrat **2** mit einer Vorderseite, einer dieser gegenüberliegenden Rückseite **3** und einer senkrecht auf diesem stehenden Flächennormalen nach einem Reinigungs-Schritt, welcher sich an einen Säge-Prozess anschließt, auf der Rückseite **3** mit einer Kodierung **4** vorgesehen. Hierzu ist vorteilhafterweise ein Laser-Verfahren vorgesehen. Das Halbleiter-Substrat **2** befindet sich zum Zeitpunkt der Kodierung **4** in einem unprozessierten Zustand, das heißt es ist noch nicht mit einer Metallisierung, insbesondere nicht mit Leiter-Strukturen versehen.

[0016] Zur Kodierung **4** kann der Fachmann auf ein ihm bekanntes Verfahren, beispielsweise das aus der WO 2007/099 138 A1 bekannte, zurückgreifen. Hierbei werden mittels eines Laser-Verfahrens punktförmige Vertiefungen in die Oberfläche des Halbleiter-Substrats **2** eingebracht. Dies kann sehr präzise erfolgen. Andere Verfahren sind jedoch ebenfalls möglich. Der Durchmesser der punktförmigen Vertiefungen der Kodierung **4** senkrecht zur Flächennormalen

liegt im Bereich zwischen 15 µm und 100 µm. Die Tiefe der punktförmigen Vertiefungen der Kodierung **4** in Richtung der Flächennormalen liegt im Bereich zwischen 15 µm und 50 µm.

[0017] Die Kodierung **4** ist dergestalt ausgebildet, dass sie optisch auslesbar ist. Hierdurch wird es ermöglicht, dass ein bestimmtes Halbleiter-Substrat **2** während der anschließenden Prozessierung identifiziert und verfolgt werden kann, indem die Kodierung **4** bei den verschiedenen Prozess-Schritten ausgelesen wird. Eine wichtige Eigenschaft der Kodierung **4** ist daher, dass sie bei Durchlaufen der verschiedenen Prozessierungs-Schritte nicht unlesbar gemacht wird.

[0018] In darauf folgenden Prozess-Schritten wird das kodierte Halbleiter-Substrat **2** zur Herstellung einer Leiter-Struktur auf der Rückseite **3** des Halbleiter-Substrats **2** prozessiert. Die Prozessierung umfasst die Abscheidung einer Metallschicht, insbesondere einer Aluminiumschicht auf der Rückseite **3** des Halbleiter-Substrats **2**. Hierfür ist erfindungsgemäß ein Gasfasenabscheidungs-Verfahren (PVD oder CVD) vorgesehen. In einer alternativen Ausführungsform wird die Metallschicht mittels einer galvanischen Abscheidung auf die Rückseite **3** des Halbleiter-Substrats **2** aufgebracht. Alternative Verfahren sind ebenso möglich. Die Leiter-Struktur überdeckt somit die Kodierung **4**.

[0019] Die Metallschicht weist eine homogene Dicke in Richtung der Flächennormalen auf, wobei die Dicke Toleranzen von höchstens 10%, insbesondere höchstens 5%, insbesondere höchstens 1%, aufweist. Diese Homogenität der Dicke der Metallschicht trägt dazu bei, dass die Barunterliegende Kodierung **4** des Halbleiter-Substrats **2** auch nach Aufbringen der Metallschicht noch auslesbar ist. Die Leiter-Struktur ist insbesondere derart ausgebildet, dass die Kodierung weiterhin auslesbar ist.

[0020] Es ist möglich, dass die Leiter-Struktur auf der Rückseite **3** des Halbleiter-Substrats **2** mehrere Schichten umfasst. Insbesondere kann vorgesehen sein, die Rückseite **3** des Halbleiter-Substrats **2** durch eine dielektrische Schicht aus Siliziumdioxid und/oder Siliziumnitrit zu passivieren. Das Aufbringen einer Diffusions-Sperrschicht und/oder einer gut lötbaren zusätzlichen Leiterschicht ist ebenso denkbar.

[0021] Die Dicke der kompletten Leiter-Struktur, insbesondere die Dicke der Metallschicht, beträgt in Richtung der Flächennormalen nur wenige Mikrometer, insbesondere höchstens 10 µm, insbesondere höchstens 5 µm, insbesondere höchstens 3 µm.

[0022] Zur Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Metallschicht und dem

Halbleiter-Substrat **2** ist vorzugsweise ein Laser-Verfahren vorgesehen. Das Halbleiter-Bauelement **1** wird auf der Rückseite **3** insbesondere mit Laser-gefeuerten Kontakten (LFC) versehen. Die Leiter-Struktur ist somit vorzugsweise über eine Vielzahl punktförmiger Kontakte **5** mit dem Halbleiter-Substrat **2** elektrisch leitend verbunden.

[0023] Die Rückseite **3** bildet beim Betrieb des Halbleiter-Bauelements **1** die sonnenabgewandte Seite.

[0024] Die Kontakte **5** sind zwischen der Leiter-Struktur und dem Halbleiter-Substrat **2** entsprechend der Kodierung **4** angeordnet. Die Kontakte **5** sind insbesondere in Richtung der Flächennormalen fluchtend mit der Kodierung **4** angeordnet. Sie bilden somit ein direktes Abbild der Kodierung **4**, welche dadurch auf besonders einfache Weise am fertigen Halbleiter-Bauelement **1** auslesbar ist. Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, vor dem LFC-Prozess die Kodierung **4** auszulesen und durch Anordnung der Kontakte **5** nachzubilden. Hierbei sollten die punktförmigen Vertiefungen der Kodierung **4** senkrecht zur Flächennormalen einen größeren Durchmesser aufweisen als die Kontakte **5**.

[0025] Die Kontakte **5** werden somit in die Vertiefungen der Kodierung **4** hineingelasert.

[0026] Die Kontakte **5**, welche die Kodierung **4** nachbilden, sind nach Art einer ein- oder zweidimensionalen Strich- oder Matrixkodierung oder als alphanumerische Kodierung angeordnet. Hierbei kann es vorteilhaft sein, die Kodierung **4** mehrmals, das heißt wiederholt auf dem Halbleiter-Substrat **2** anzuordnen. Es ist insbesondere eine sich periodisch, in regelmäßigen Abständen wiederholende Anordnung vorgesehen.

[0027] In einer alternativen Ausführungsform umfasst die rückseitig angeordnete Leiter-Schicht eine Laminatfolie, welche zumindest für Licht in einem bestimmten Wellenlängenbereich, insbesondere im Infrarot- und/oder Sub-Infrarotbereich, transparent ist. Die durch die Laminatfolie verdeckte Kodierung **4** des Halbleitersubstrats kann somit durch Beleuchtung mit einer geeigneten Wellenlänge und einer entsprechenden Auslesekamera durch die Laminatfolie hindurch ausgelesen werden. Selbstverständlich kann auch hierbei die Anordnung der Kodierung **4** und der Kontakte **5** durch geeignete Markierungen auf der dem Halbleiter-Substrat **2** abgewandten Seite der Laminatfolie wiedergegeben werden.

[0028] Selbstverständlich können auch noch weitere Prozessierungs-Schritte, insbesondere das Anbringen von weiteren Kontakt-Strukturen auf der Vorderseite des Halbleiter-Bauelements **1**, vorgesehen sein.

[0029] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, die Kodierung **4** des Halbleiter-Substrats **2** nach dem Prozessieren desselben auszulesen und in geeigneter Form auf einem externen Träger anzubringen. Als externer Träger kommt hierbei eine rückseitig angeordnete Schutzfolie und/oder geeignete, mechanische Schutz- und Halterungs-Mittel infrage.

[0030] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die endgültige Kodierung **4** des Halbleiter-Bauelements **1** erst durch das Einbringen, insbesondere das Laser, der Kontakte **5** hergestellt. Die Kontakte **5** werden hierbei so auf der Rückseite **3** des Halbleiter-Bauelements **1** angeordnet, dass sie die Kodierung **4** bilden.

[0031] Bei einem erfindungsgemäßen Solar-Modul werden mehrere Halbleiter-Bauelemente **1** gemäß einem der beschriebenen Ausführungsbeispiele in einem Rahmen angeordnet. Hierbei werden die Kodierungen **4** aller im Rahmen angeordneten Halbleiter-Bauelemente **1** vor deren Einbau ausgelesen und zu einer Modul-Kodierung zusammengefasst. Die Modul-Kodierung ist derart angeordnet, dass sie am fertigen Solar-Modul auslesbar ist, ohne die Lichteinfall-Seite des Solar-Moduls zu beeinträchtigen. Die Modul-Kodierung ist vorzugsweise auf dem Rahmen des Moduls oder der Rückseiten-Laminierung desselben angebracht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Markieren eines Halbleiter-Bauelements umfassend die folgenden Schritte:

- Bereitstellen eines flächigen, unprozessierten Halbleiter-Substrats (**2**) mit
- einer Vorderseite,
- einer dieser gegenüberliegenden Rückseite (**3**) und
- einer senkrecht auf diesen stehenden Flächennormalen,
- Versehen zumindest der Rückseite (**3**) des unprozessierten Halbleiter-Substrats (**2**) mit einer Kodierung (**4**) zur Herstellung eines kodierten Halbleiter-Substrats (**2**),
- Prozessieren des kodierten Halbleiter-Substrats (**2**) zur Herstellung einer Leiter-Struktur zumindest auf der Rückseite (**3**) des kodierten Halbleiter-Substrats (**2**),
- Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen der Leiter-Struktur und dem Halbleiter-Substrat (**2**) über eine Vielzahl punktförmiger Kontakte (**5**),
- wobei die Kontakte (**5**) entsprechend der Kodierung (**4**) angeordnet sind und ein direktes Abbild derselben bilden.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kodierung (**4**) mittels eines Laser-Verfahrens in die Rückseite (**3**) des Halbleiter-Substrats (**2**) eingebracht wird.

3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leiter-Struktur eine Metallschicht, insbesondere aus Aluminium umfasst.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht eine homogene Dicke in Richtung der Flächennormalen aufweist, wobei die Dicke Toleranzen von höchstens 10%, insbesondere höchstens 5%, insbesondere höchstens 1% aufweist.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht eine Dicke in Richtung der Flächennormalen aufweist, welche höchstens 10 µm, insbesondere höchstens 5 µm, insbesondere höchstens 3 µm beträgt.

6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Herstellung der Leiter-Struktur ein Gasphasenabscheidungs-Verfahren (PVD oder CVD) umfasst.

7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Herstellung der Leiter-Struktur eine galvanische Abscheidung umfasst.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kodierung (**4**) des Halbleiter-Substrats (**2**) nach dem Prozessieren desselben ausgelesen und in geeigneter Form auf einem externen Träger angebracht wird.

9. Halbleiter-Bauelement, insbesondere Solarzelle, umfassend

- a. ein flächiges Halbleiter-Substrat (**2**) mit
 - i. einer ersten Seite,
 - ii. einer dieser gegenüberliegenden zweiten Seite,
 - iii. einer senkrecht auf diesen stehenden Flächennormalen und
 - iv. einer Kodierung (**4**) zur Kennzeichnung des Halbleiter-Substrats (**2**) und
- b. mindestens eine Leiter-Struktur, welche
 - i. über eine Vielzahl von Kontakten (**5**) zumindest punktwise mit dem Halbleiter-Substrat (**2**) elektrisch leitend verbunden ist,
 - c. wobei die Kodierung (**4**) zumindest bereichsweise von der Leiter-Struktur überdeckt ist,
 - d. wobei die Kontakte (**5**) entsprechend der Kodierung (**4**) angeordnet sind und somit ein direktes Abbild der Kodierung (**4**) bilden.

10. Halbleiter-Bauelement gemäß dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leiter-Struktur derart ausgebildet ist, dass die Kodierung (**4**) durch die Leiter-Struktur hindurch optisch auslesbar ist.

11. Halbleiter-Bauelement gemäß einem der Ansprüche 9 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leiter-Struktur eine Dicke in Richtung der Flächennormalen aufweist, welche höchstens 10 μm , insbesondere höchstens 5 μm , insbesondere höchstens 3 μm beträgt.

12. Halbleiter-Bauelement gemäß einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kodierung (4) derart angeordnet ist, dass sie beim Betrieb des Halbleiter-Bauelements (1) auf der sonnenabgewandten Seite liegt.

13. Solar-Modul mit

- a. einer Lichteinfall-Seite,
- b. einem Rahmen zur Halterung eines Halbleiter-Bauelements (1) und
- c. mindestens einem, insbesondere mehreren im Rahmen angeordneten Halbleiter-Bauelementen (1) gemäß einem der Ansprüche 9 bis 12,
- d. wobei eine Modul-Kodierung (4) vorgesehen ist, welche
 - i. die Kodierungen (4) aller im Rahmen angeordneten Halbleiter-Bauelemente (1) wiedergibt und
 - ii. derart angeordnet ist, dass sie am fertigen Solar-Modul auslesbar ist und die Lichteinfall-Seite unbeeinträchtigt lässt.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

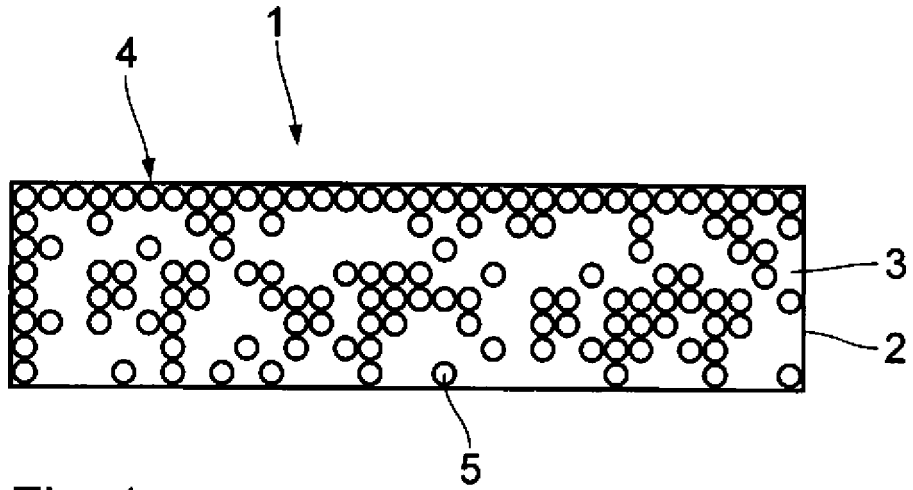


Fig. 1

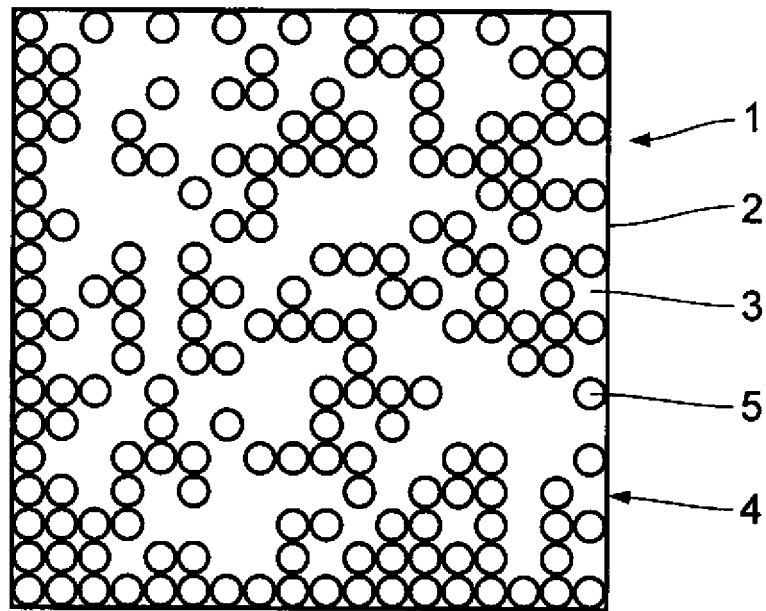


Fig. 2

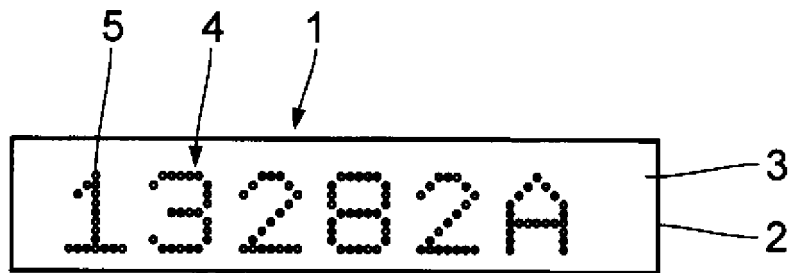


Fig. 3