



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 33 628 T2** 2009.05.28

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 250 711 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 21/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 33 628.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR01/03171**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 976 424.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/031862**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.10.2001**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **18.04.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.10.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **16.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.05.2009**

(30) Unionspriorität:  
**0013182 13.10.2000 FR**

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

(73) Patentinhaber:  
**Qualiflow-Therm, Montpellier, FR**

(72) Erfinder:  
**DUCRET, Rene Pierre, F-38360 Sassenage, FR;  
LAPORTE, Franck, F-38190 Bernin, FR; PIERRET,  
Benoit, F-38240 Meylan, FR; SEMMACHE, Bachir,  
BP 7 34935 Montpellier Cedex 9, FR**

(74) Vertreter:  
**Mitscherlich & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte, 80331 München**

(54) Bezeichnung: **VORRICHTUNG ZUR SCHNELLEN UND GLEICHMÄSSIGEN HEIZUNG EINES HALBLEITERSUBSTRATS DURCH INFRAROTSTRAHLUNG**

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

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

**Beschreibung**

nannten Lösungen.

## Technischer Bereich der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erwärmen eines Substrats, die Infrarotlampen umfasst, die dazu bestimmt sind, eine Schnellwärmehandlung des Substrats innerhalb einer geschlossenen Reaktionskammer sicherzustellen, die ein transparentes Fenster hat, durch das die Infrarotstrahlung strahlt.

## Stand der Technik

**[0002]** Schnelle thermische und CVD Verfahren (RTP-Verfahren und RTCVD-Verfahren) bedienen sich im Allgemeinen eines Ofens mit Infrarotstrahlung, die durch Halogenlampen erzeugt wird. Das Substrat, das bei den Verfahren zur Herstellung von Produkten der Mikroelektronik beispielsweise aus Silizium besteht, wird unter kontrollierter Atmosphäre in einem geschlossenen Behälter angeordnet, und die Infrarotstrahlung wird durch ein transparentes Fenster hindurch auf die Oberflächenseite des Substrats geleitet.

**[0003]** Die bei den Wärmebehandlungen erreichten Temperaturen können hoch sein, häufig über 1000°C, bei Temperatursteigerungsgeschwindigkeiten, die einige 100°C/Sekunde erreichen können. Einer der wesentlichen Parameter der Behandlung ist die homogene Temperatur auf der ganzen Oberfläche des behandelten Substrats, da die Existenz von Wärmegradienten von einigen Grad Celsius zwischen dem Zentralbereich und dem Randbereich des Substrats Unterschiede in der Qualität des Substrats und/oder Homogenitätsfehler hinsichtlich der physikalisch-chemischen Eigenschaften der an der Oberfläche des Substrats befindlichen Schichten bewirken kann. Die an den Rändern des Substrats verlorene Energie ist größer als in der Mitte, wodurch am Rand eine niedrigere Temperatur besteht als in der Mitte.

**[0004]** Um diesen Nachteilen der Schnellerwärmungsverfahren abzuwehren, wurde bereits vorgeschlagen, diese Temperaturunterschiede durch Einsatz folgender bekannter Lösungen auszugleichen:

- einen hinter den Lampen positionierten Metallreflektor;
- Erwärmung beider Seiten des Substrats mit zwei Reihen von Lampen, die entlang der entgegengesetzten Seiten des Reaktors angeordnet werden;
- Anbringen eines Schutzrings;
- Verwendung eines Suszeptors;
- In-Drehung-Versetzen des Substrats auf einer Drehscheibe;
- Kombination zweier oder mehrerer der vorge-

**[0005]** Die Anwendung dieser bekannten Lösungen hat bis heute keine zufriedenstellende Steuerung der Zufuhr von Strahlungsenergie auf die Oberfläche des Substrats abhängig von den unterschiedlichen Bedingungen der verwendeten Wärmebehandlungen (Glühen, Wachstum oder Aufdampfen von Dünnschichten) gebracht.

**[0006]** Das Dokument US 5 790 751 beschreibt ein Erwärmungssystem mit vertikal angeordneten Lampen in der Weise, dass das Strahlen jeder Lampe einem Spot entspricht. Die Lampen sind kreisförmig in einem einzigen Komplex angeordnet.

**[0007]** Das Dokument WO 00/34986 beschreibt eine Kammer aus Quarz, die die Lampen vom Substrat trennt.

**[0008]** Das Dokument US 6 108 491 bezieht sich auf Spots und nicht auf linearen Lampen. Die Spotlampen sind unter dem auf einem wärmenden Träger (Suszeptor) angeordneten Substrat kreisförmig angeordnet. Die zweite Lampengruppe ist darunter angeordnet, allerdings über einen kleineren Durchmesser, um den mittleren Bereich des wärmenden Substrats zu bedecken. Ein kreisförmiger Reflektor erstreckt sich zwischen den beiden Lampengruppen, wobei dieser kreisförmige Reflektor die Infrarotstrahlung reflektieren und lenken soll.

**[0009]** Das Dokument WO 00 30157 bezieht sich auf zwei UV-Lampengruppen, die auf den beiden Seiten des Reaktors und in einem Winkel von 90° angeordnet sind.

## Gegenstand der Erfindung

**[0010]** Der Gegenstand der Erfindung besteht in der Herstellung einer Erwärmungsvorrichtung mit kontrollierter und gerichteter Infrarotstrahlung, die vorgesehen ist, eine schnelle und homogene Wärmebehandlung von Substraten unterschiedlicher Geometrien und Abmessungen durchzuführen.

**[0011]** Nach der Erfindung

- sind die Infrarotlampen röhrenförmig und auf zwei übereinander angeordnete Ebenen verteilt und vorgesehen, sich auf ein und derselben Seite des Substrats zu erstrecken, wobei die Lampen der unteren Ebene lotrecht zu den Lampen der oberen Ebene angeordnet sind,
- umfasst die Vorrichtung Mittel zur Regulierung der Versorgungsleistung pro Lampengruppen, die besonders ausgestattet sind, um eine stärkere Erwärmung an den Rändern des Substrats als in dessen Mitte sicherzustellen,
- ist ein Reflektor in Form eines Verteilungsgitters vorgesehen und dazu bestimmt, zur Steuerung

der Leistungsverhältnisse zwischen den einzelnen Erwärmungszonen die Infrarotstrahlung zu reflektieren und zu kanalisieren.

**[0012]** Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird das Verteilungsgitter des Reflektors von überkreuz angeordneten Lamellen gebildet, die eine Mehrzahl von Fächern unterschiedlichen Querschnitts bilden, die den Erwärmungszonen zugewiesen sind. Die Leistungsverteilung nach Zonen der beiden Ebenen von Halogenlampen und die Existenz des dazwischen gesetzten Reflektors ermöglichen eine homogene Erwärmung des Substrats unabhängig von dessen Geometrie und Abmessungen.

**[0013]** Nach einem Merkmal der Erfindung kreuzen sich die Lamellen im rechten Winkel und bestehen aus einem Material, das einen optimalen Reflexionskoeffizienten für die Reflexion der Infrarotstrahlen aufweist. Das Material der Lamellen kann aus Metall (Stahl oder Aluminium) oder nicht aus Metall (Keramik, Zircon) sein.

**[0014]** Die Infrarotlampen sind Halogenlampen, und jede Ebene weist vorteilhafterweise die gleiche Anzahl röhrenförmiger Lampen auf, die in gleichmäßigen Abständen voneinander angeordnet sind und sich parallel zueinander erstrecken.

**[0015]** Der Reflektor kann zwischen der unteren Lampenebene und dem Fenster angeordnet sein oder direkt zwischen die Lampenzonen eingefügt sein, um die Höhe der beiden Lampenreihen abzudecken.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0016]** Weitere Vorteile und Merkmale gehen klarer aus der nachfolgenden Beschreibung einer Ausführungsform der Erfindung hervor, die beispielhaft und nicht erschöpfend gegeben und in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt ist, in denen:

**[0017]** [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht eines Reflektors ist, der mit der Vorrichtung der Erfindung versehen ist,

**[0018]** [Fig. 2](#) eine Draufsicht der [Fig. 1](#) darstellt;

**[0019]** [Fig. 3](#) die Leistungsverteilungstabelle nach Wärmezonen darstellt;

**[0020]** [Fig. 4](#) eine Perspektivansicht des Reflektors darstellt, der mit einer Erwärmungsvorrichtung mit zwölf Lampen pro Ebene verbunden ist;

**[0021]** [Fig. 5](#) eine mit [Fig. 4](#) identische Ansicht einer Ausführungsvariante ist.

Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform

**[0022]** In den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) wird eine Infrarot-Erwärmungsvorrichtung **10** für Schnellwärmeverfahren verwendet, die bei den Technologien zur Herstellung von Substraten der Mikroelektronik Anwendung finden. Weitere Anwendungen sind möglich zur Herstellung von Mikrosensoren und Solarpaneelen. Das Substrat **12**, das beispielsweise aus Silizium besteht, wird in der mittleren Zone einer Reaktionskammer **14** angeordnet, die von einem geschlossenen Gehäuse **16** gebildet wird, das aus rostfreiem Stahl oder Quarz gefertigt ist. Mit dem Gehäuse **16** sind Pumpmittel **18** verbunden, um das Arbeiten bei atmosphärischem Druck sicherzustellen oder den Innendruck der Reaktionskammer **14** bis auf Sekundärvakuum zu senken.

**[0023]** Eine Strömung aus Inertgas oder reaktivem Gas **20** kann mittels Einblasmitteln **22** in die Reaktionskammer **14** eingelassen werden, um Behandlungen unter inerter oder reaktiver Atmosphäre zu ermöglichen, insbesondere eine Glühbehandlung des Substrats **12**, ein Aufdampfen von Dünnschichten auf die ausgesetzte Seite des Substrats **12** (CVD-Verfahren) und eine Veränderung der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Oberfläche, etc.

**[0024]** Nach der Erfindung ermöglicht die Infrarot-Erwärmungsvorrichtung **10** eine schnelle und homogene Wärmebehandlung der ganzen ausgesetzten Oberfläche des Substrats **12**. Die Erwärmungsvorrichtung **10** besteht aus zwei Reihen röhrenförmiger Halogenlampen **24**, **26**, die auf zwei innerhalb eines Gehäuses **28** übereinander angeordnete Ebenen A und B verteilt sind. Die erste, untere Ebene A umfasst eine Mehrzahl Halogenlampen **24**, beispielsweise sechs in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#), die in gleichmäßigen Abständen voneinander angeordnet sind und sich auf ein und derselben Ebene parallel zueinander erstrecken. Die zweite, obere Ebene B ist mit der gleichen Anzahl Lampen **26** versehen, die bezüglich der Lampen **24** der ersten Ebene A quer und auf ein und derselben, zur ersten parallelen Ebene angeordnet sind.

**[0025]** Die Halogenlampen **24**, **26** werden gruppenweise mit Strom versorgt und sind an eine Verbindungsschaltung **30** angeschlossen, die an einer Stromversorgungsvorrichtung **32** mit veränderlicher Spannung zur Regelung der ausgestrahlten elektrischen Leistung in unterschiedlichen Erwärmungszonen angeschlossen ist. Mit Bezug zu [Fig. 2](#) werden die sechs Lampen **26** der Ebene B entsprechend drei Zonen 1, 2, 3 versorgt. Beispielsweise wird Zone 1 von den beiden äußeren Lampen **26**, Zone 2 von den beiden mittleren Lampen **26** und Zone 3 von den beiden inneren, nebeneinander angeordneten Lampen **26** gebildet. Mit Bezug zu [Fig. 4](#) werden ebenso die sechs Lampen **24** der Ebene A entsprechend drei anderen Bereichen **4**, **5**, **6** versorgt, die rechtwinklig zu

den Zonen 1, 2, 3 angeordnet sind. Zone 4 wird von den beiden äußeren Lampen **24**, Zone 5 von den beiden mittleren Lampen **24** und Zone 6 von den beiden inneren Lampen **24** gebildet.

**[0026]** Die Leistungsregelung in jeder der Zonen 1 bis 6 ermöglicht eine Kompensierung der Auswirkungen radialer Wärmegradienten, die mit den an den Rändern des Substrats **12** durch Konvektion hervorgerufenen Wärmeverlusten zusammenhängen. Das Leistungsprofil in den einzelnen Zonen bestimmt das Temperaturbild an der Oberfläche des Substrats **12**. Bei Anwendung einer höheren Leistung auf die Randzonen bezogen auf die mittleren Zonen erhält man ein homogenes Temperaturprofil auf dem gesamten Substrat **12** durch die Kompensierung der Wärmeverluste entlang der Ränder des Substrats **12**. Die in [Fig. 2](#) dargestellte Struktur ermöglicht den Erhalt einer Leistungsverteilung:

- Leistung Zone 1: 3
- Leistung Zone 2: 2
- Leistung Zone 3: 1
- Leistung Zone 4: 3
- Leistung Zone 5: 2
- Leistung Zone 6: 1

wie es in der Tabelle der [Fig. 3](#) symbolisch dargestellt ist. Wie man sieht, erlaubt die in dieser Tabelle dargestellte Leistungsverteilung so ein stärkeres Erwärmen an den Rändern als in der Mitte des Substrats **12**.

**[0027]** Der Behälter **16** der Reaktionskammer **14** ist mit einem transparenten Fenster **34** aus beispielsweise Quarz versehen, durch das die von den Halogenlampen **24**, **26** von außerhalb des Behälters **16** ausgestrahlte Infrarotstrahlung strahlen kann. In dem Zwischenraum zwischen der Erwärmungsvorrichtung **10** und dem Fenster **34** ist ein Reflektor **36** angeordnet, der die Infrarotstrahlung reflektieren soll, um die Leistungsverhältnisse zwischen den einzelnen Erwärmungszonen zu steuern, da die zur Kompensierung der Wärmedifferenzen zwischen der Mitte und den Rändern des Substrats **12** notwendige Leistung mit der Temperatur des Substrats **12** schwankt.

**[0028]** Mit Bezug zu [Fig. 4](#) umfasst jede Ebene A und B zwölf Lampen (zwei Lampen **24** links auf der Ebene A sind verdeckt). Der unter dem Gehäuse der Lampen **24**, **26** angeordnete Reflektor **36** ist in Form eines Verteilungsgitters **38** vorgesehen, das von einer Überkreuz-Anordnung von vier längs angeordneten Lamellen **40** und vier quer angeordneten Lamellen **42** gebildet wird, so dass unterschiedliche viereckige Fächer gebildet werden, die von der Seite des Fensters **34** und der Lampen **24**, **26** her offen sind. Die Fächer haben unterschiedliche, den einzelnen Erwärmungszonen zugewiesene Querschnitte und ermöglichen so eine Kanalisierung der von den einzelnen Lichtzonen der Lampen **24**, **26** ausgestrahlten

Strahlungsenergie in Richtung auf die entsprechenden Zonen des Substrats **12**.

**[0029]** Die gekreuzten Lamellen **40**, **42** des Reflektors **36** bestehen aus einem Material, das einen optimalen Reflexionskoeffizienten zur Reflexion der Infrarotstrahlen hat. Das Material kann ein nichtmetallisches, beispielsweise aus Keramik oder auf Zirkonbasis, sein. Ebenso kann ein Gitter aus Metall verwendet werden, beispielsweise aus Stahl, Aluminium, eventuell mit einer Oberflächenbeschichtung aus Gold oder Silber.

**[0030]** Wenn der Reflektor **36** aus Metall ist, kann er vorteilhafterweise mittels eines Kühlfluids gekühlt werden.

**[0031]** Auf diese Weise wird die Kompensierung je Erwärmungszone genau gesteuert, da die Bestrahlungszonen des Substrats **12** von dem Reflektor **36** fest eingegrenzt sind, um die Auswirkungen gegenseitiger Beeinflussungen zwischen den Zonen auf ein Minimum zu reduzieren.

**[0032]** Die Leistungsverteilung der beiden Ebenen von Halogenlampen **24**, **26** nach Zonen und die Existenz des Zwischenreflektors **36** ermöglichen eine homogene Erwärmung des Substrats **12** unabhängig von dessen Geometrie und Abmessungen.

**[0033]** Nach der Variante der [Fig. 5](#) sind die Lamellen **142**, **144**, die das Gitter **138** des Reflektors **136** bilden, verschachtelt zwischen den Lampen **24**, **26** angeordnet, um die Höhe der beiden Reihen A und B zu bedecken. So sind die Zonen der Lampen **24**, **26** vollkommen von den Blenden eingefasst.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erwärmen eines Substrats (**12**), die Infrarotlampen (**24**, **26**) umfasst, die dazu bestimmt sind, eine Schnellwärmebehandlung des Substrats innerhalb einer geschlossenen Reaktionskammer (**14**) sicherzustellen, die ein transparentes Fenster (**34**) hat, das von der Infrarotstrahlung durchquert wird, bei der

- die Infrarotlampen (**24**, **26**) röhrenförmig und auf zwei übereinander angeordnete Ebenen (A, B) verteilt und vorgesehen sind, sich auf ein und derselben Seite des Substrats (**12**) zu erstrecken, wobei die Lampen (**24**) der unteren Ebene (A) lotrecht zu den Lampen (**26**) der oberen Ebene (B) angeordnet sind, die Vorrichtung Mittel zur Regulierung der Versorgungsleistung pro Gruppen von Lampen (**24**, **26**) umfasst, die besonders ausgestattet sind, um eine stärkere Erwärmung an den Rändern des Substrats (**12**) als in dessen Mitte sicherzustellen,
- und bei der ein Reflektor (**36**, **136**) in Form eines Verteilungsgitters (**38**, **138**) vorgesehen und dazu bestimmt ist, zur Steuerung der Leistungsverhältnisse

zwischen den einzelnen Erwärmungszonen die Infrarotstrahlung zu reflektieren und zu kanalisieren.

2. Erwärmungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verteilungsgitter (**38, 138**) des Reflektors (**36, 136**) von überkreuz angeordneten Lamellen (**40, 42; 140, 142**) gebildet wird, die eine Mehrzahl von Fächern unterschiedlichen Querschnitts bilden, die den Erwärmungszonen zugeordnet sind, wobei das Gitter entweder zwischen den Lampen (**24, 26**) und dem Fenster (**34**) oder zwischen den Lampen verschachtelt angeordnet ist.

3. Erwärmungsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (**40, 42; 140, 142**) sich im rechten Winkel kreuzen und aus einem Material bestehen, das einen optimalen Reflexionskoeffizienten zur Reflexion der Infrarotstrahlen aufweist.

4. Erwärmungsvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (**40, 42; 140, 142**) des Reflektors (**36, 136**) aus einem nichtmetallischen Material bestehen, insbesondere aus einem keramischen oder einem Material auf Zirkonbasis.

5. Erwärmungsvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (**40, 42; 140, 142**) des Reflektors (**36, 136**) aus einem metallischen Material bestehen, beispielsweise aus Stahl, Aluminium, oder mit einer Oberflächenbeschichtung aus Gold oder Silber versehen sind.

6. Erwärmungsvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflektor (**36, 136**) mittels eines Kühlfluids gekühlt wird.

7. Erwärmungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Infrarotlampen (**24, 26**) Halogenlampen sind.

8. Erwärmungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass jede Ebene (A, B) die gleiche Anzahl röhrenförmiger Lampen (**24, 26**) aufweist, die in gleichmäßigen Abständen voneinander angeordnet sind und sich parallel zueinander erstrecken.

9. Reaktor für ein Schnellerwärmungsverfahren, das mit einer Erwärmungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgestattet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

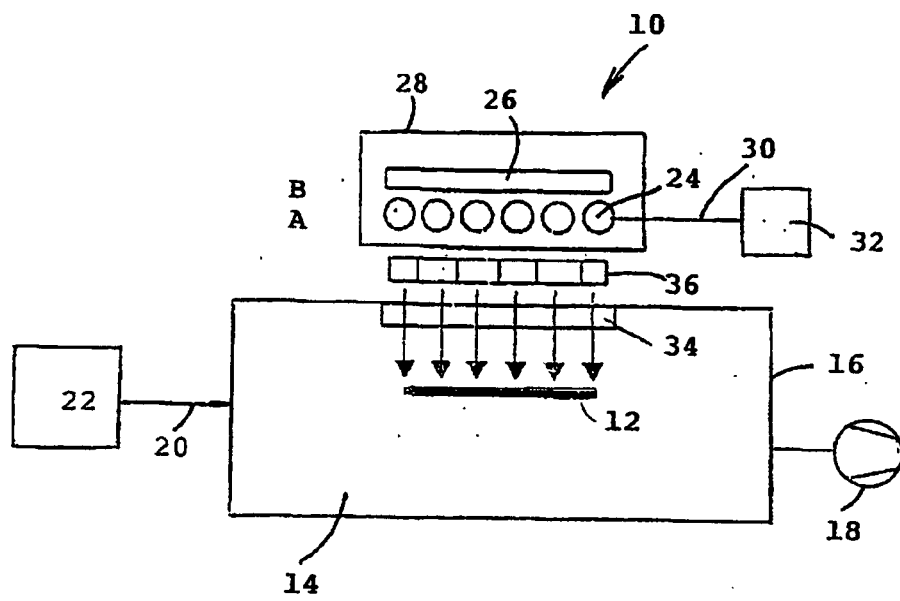


FIG 1

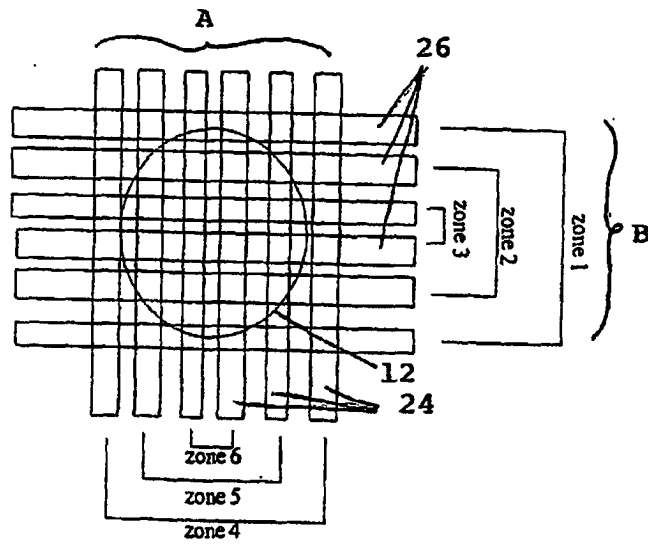


FIG 2

zones	1	2	3	3	2	1
4	6	5	4	4	5	6
5	5	4	3	3	4	5
6	4	3	2	2	3	4
6	4	3	2	2	3	4
5	5	4	3	3	4	5
4	6	5	4	4	5	6

FIG 3

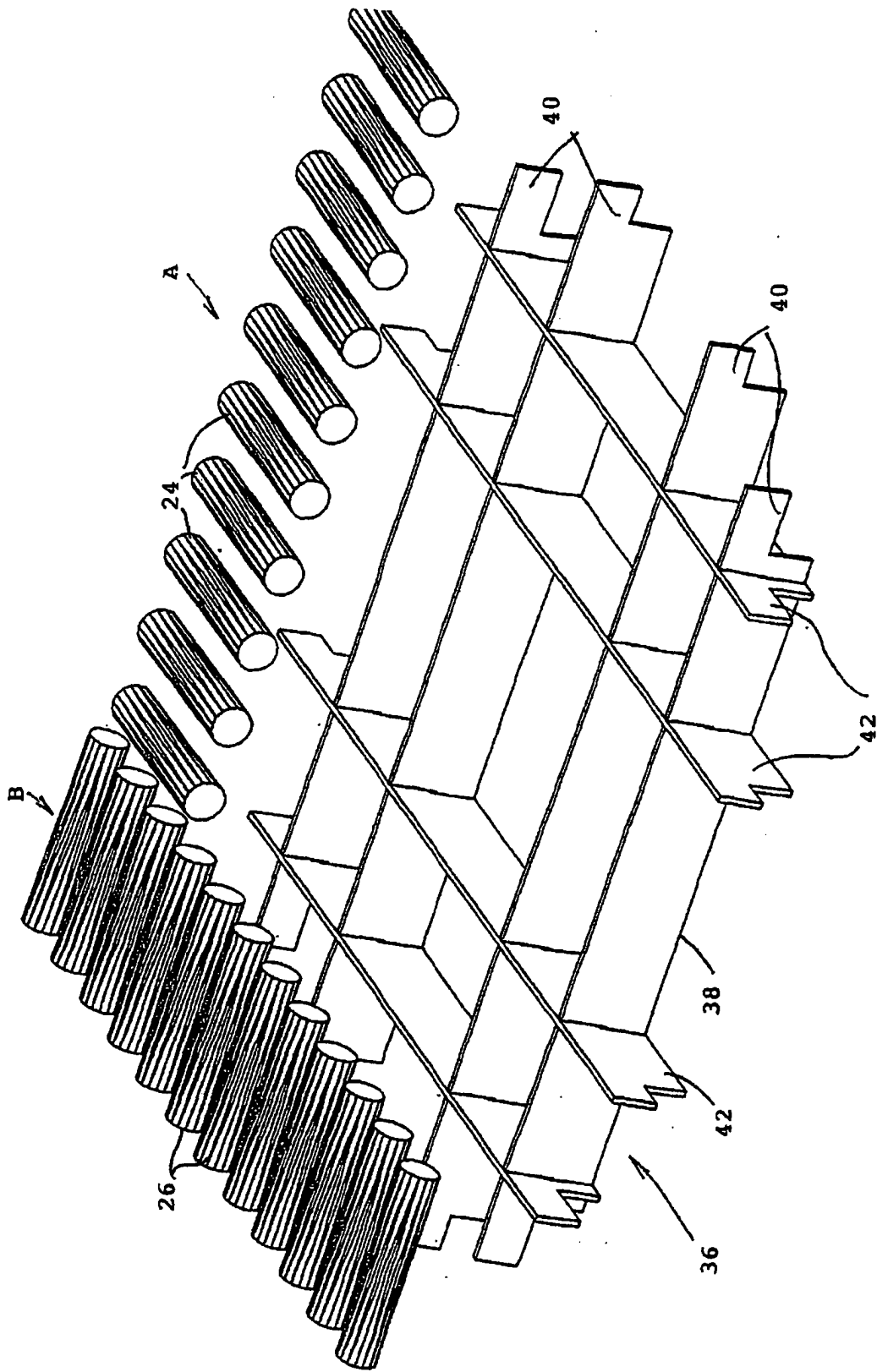


FIG 4



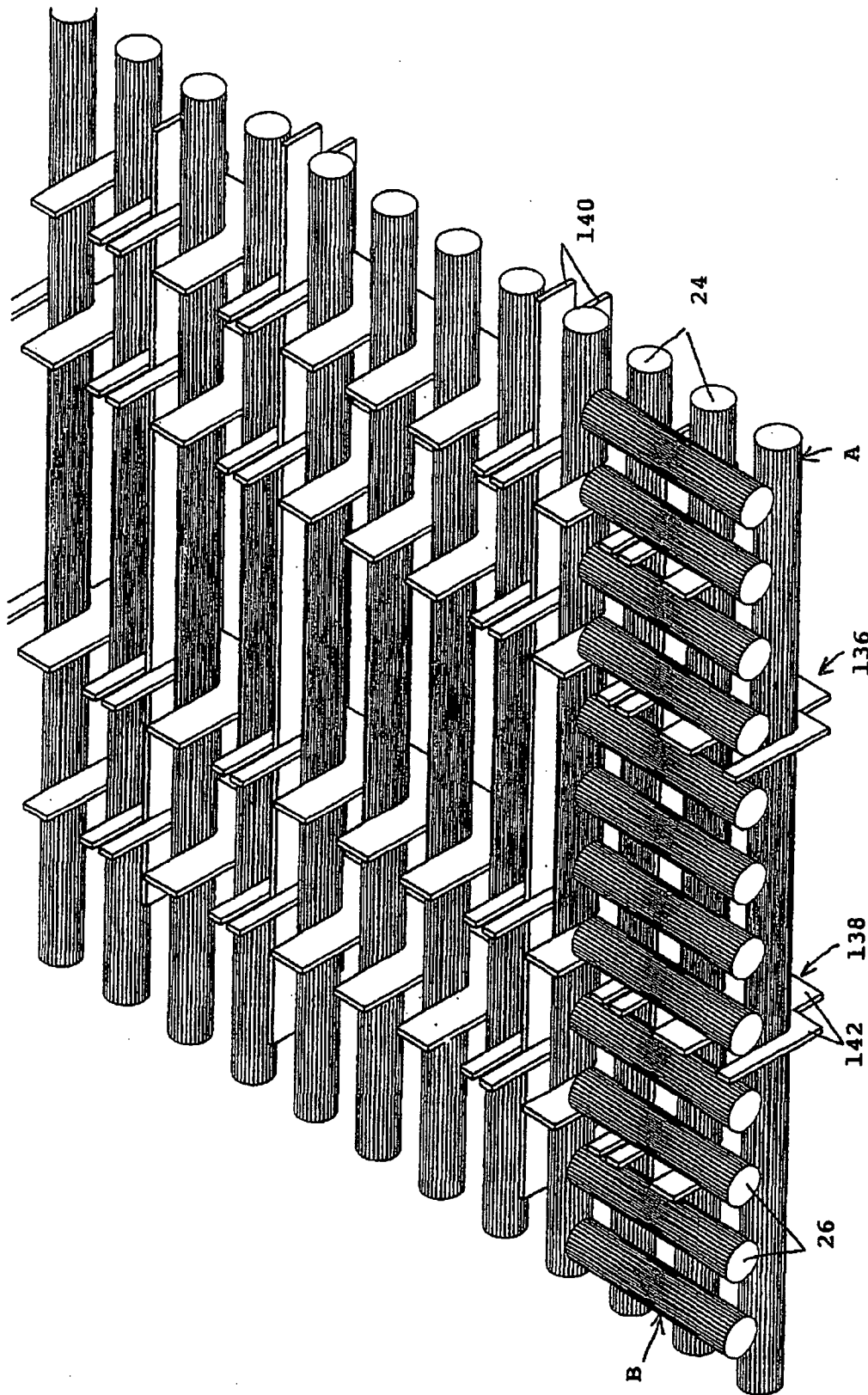


FIG 5