



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 28 054 T2 2007.12.27

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 221 754 B1

(51) Int Cl.⁸: **H02K 1/20** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 28 054.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 310 813.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **21.12.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.12.2007**

(30) Unionspriorität:
754701 04.01.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, LI

(73) Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(72) Erfinder:
Bunker, Ronald Scott, Niskayuna, New York 12309, US; Jarczynski, Emil Donald, Scotia, New York 12302, US; Wetzel, Todd Garrett, Niskayuna, New York 12309, US

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: **Ständerkühlungsdesign für Generator mit Vertiefungen versehenen Oberflächen**

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 eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

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

Beschreibung

[0001] Auf dem Gebiet der Konstruktion elektrischer Generatoren ist erkannt worden, dass magnetische und ohmsche Verluste in einem Generator Wärme erzeugen, die verteilt und abgeführt werden muss, um einen elektromechanischen Defekt zu vermeiden, und dass diese Verluste eine beträchtliche Beschränkung der Kapazität einer Maschine von einer gegebenen physikalischen Abmessung darstellen.

[0002] Konventionelle Generatorsysteme werden typischerweise durch Luft oder Wasserstoff, in beiden Fällen in Form einer erzwungenen konvektiven Strömung innerhalb von Kanälen und Umlenkbereichen gekühlt. Ein industrielles Erfordernis für die Ständerstäbe innerhalb des Generatorkerns besteht darin, dass die Temperatur des Zentralbereichs zwischen leitenden Stäben eine im Voraus festgelegte Grenze nicht überschreitet. Zahlreiche Faktoren, die die Gestaltung und Isolierung der Ständerstäbe, das Feld des magnetischen Flusses, die Kernkonstruktion und die Gestaltung der Kühlung enthalten, beeinflussen die im Betrieb auftretende maximale Zentralbereichstemperatur.

[0003] Um in Generatoren eine hohe Leistungsdichte zu erreichen, benötigt der Ständerkern ein bestimmtes Ausmaß an Kühlung durch Stapel von Blechen hindurch. In konventionellen Generatoren werden Abstandhalterripen oder -blöcke zwischen Blechen verwendet, um Raum für Kühlkanäle für eine Kühlgasströmung zu schaffen. Kühlgas, wie z.B. Luft, wird von einem Gebläse durch diese Kühlkanäle hindurch in verschiedenen Intervallen durch den Ständerkern gepresst. Konkreter wird das Kühlgas von den radial äußeren Bereichen des Ständerkerns zu den inneren Bereichen des Kerns (oder umgekehrt) geleitet, wodurch es durch den Kern hindurch und an den Ständerstäben vorbei strömt. Das Kühlgas nimmt Wärme auf und transportiert diese von dem Ständerkern und dem zu ihm gehörenden Rotor weg. Das erwärmte Gas kann danach durch (einen) Wärmetauscher geschickt werden, wo die Wärme auf ein anderes Kühlmittel, wie z.B. Wasser, übertragen wird. Das nun gekühlte Gas kann danach in einem wiederholten und kontinuierlichen Vorgang zu den Kühlkanälen zurückgeführt werden.

[0004] In konventionellen Generatoren weisen die Kühlkanäle in dem Ständer entweder Kanäle mit glatten Wänden oder Kanäle mit Verwirblern auf. Siehe z.B. US-Patent Nr. 5,869,912. In dem US-Patent NR. 5,869,912 sind benachbarte Pakete von gestapelten Blechen durch mehrere sich radial erstreckende Abstandhalterripen oder -blöcke getrennt, wobei jedes benachbarte Paar von Abstandhalterblöcken zusammen mit angrenzenden, axial beabstandeten Blechen einen Kühlkanal bildet und in jedem Kühlkanal mehrere Verwirblerelemente aufweist, wobei jedes

Verwirblerelement sich von einem der angrenzenden, axial beabstandeten Bleche in den Kanal hinein erstreckt. Der Zweck der Verwirbelungselemente besteht darin, die Wärmeübertragungsleistung gegenüber Kanälen mit glatten Wänden zu erhöhen.

[0005] Während die Wärmeübertragungsleistung mit Verwirbelungselementen verbessert wird, geht mit höheren Reibungs- oder Störkörper(Bluff Body)-Verlusten in den Ständerkühlkanälen ein Kühlmitteldrucknachteil einher, so dass die Gesamteffizienz des Generators nachteilig beeinflusst werden kann, wenn der Druckabfall ansteigt, weil die Kühlleffizienz steigt. Mit anderen Worten können Verwirbelungselemente zu mehr Reibung führen, die ihrerseits mehr Energie erfordert, um Kühlgas durch das System zu treiben, wodurch die Effizienz des Generators verringert wird.

[0006] In SU-A-547921 ist eine Ständeranordnung allgemein in Übereinstimmung mit dem Oberbegriff des Anspruchs 1 hieraus beschrieben. In M. YA. Belen'kiy und andere, „Heat Transfer Augmentation Using Surfaces Formed by a System of Spherical Cavities“, Heat Transfer Research, Band 25, Nr. 2, 1993, Seiten 196-203, XP008045494, und in Afanas'ev v.N. und andere, "Turbulent Flow Friction and Heat Transfer Characteristics for Spherical Cavities on a Flat Plate", Experimental Thermal and Fluid Science, Elsevier Science Inc., New York, USA, Band 7, 1993, Seiten 1-8, ISSN: 0894-1777, ist eine Anordnung von sphärischen Vertiefungen in einer Oberfläche zur Steigerung der Wärmeübertragung beschrieben.

[0007] Demnach ist es wünschenswert, eine Kühlungsgestaltung mit Ständerkanälen zu erhalten, die die Kühlleffizienz erhöht, während sie die Verluste durch Reibungsnachteile in konventionellen Generatoren minimiert oder verhindert. Es ist weiterhin wünschenswert, die gesamte Leistungseffizienz zu erhöhen, während die gleiche Grundgröße des Ständerkerns beibehalten wird.

[0008] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ständerblechpaketanordnung gemäß Anspruch 1, die benachbarte Pakete von gestapelten Blechen aufweist, die durch mehrere sich radial erstreckende Abstandhalterblöcke getrennt sind, wobei die einzelnen Paare von benachbarten Abstandhalterblöcken zusammen mit angrenzenden, axial beabstandeten Blechen mehrere radiale Kühlkanäle bilden, wobei jeder Kanal wenigstens eine Blechoberfläche mit mehreren Vertiefungen aufweist. Wenigstens einige der Vertiefungen bilden eine strukturierte Anordnung, wobei die strukturierte Anordnung mehr als eine einzige radiale Reihe von Vertiefungen auf der wenigstens einen Blechoberfläche aufweist, so dass auf der Blechoberfläche jedes der Kühlkanäle in dem Jochabschnitt (**66**) des Bleches einer einzelnen Vertiefung

in der Radialrichtung zwei Vertiefungen vorausgehen und zwei Vertiefungen folgen, wobei die einzelne Vertiefung im Wesentlichen in dem Schnittpunkt der zwei diagonalen Linien liegt, die jeweils eine der zwei vorausgehenden Vertiefungen mit einer der zwei folgenden Vertiefungen verbinden, und wobei keine Verwirbelungselemente vorhanden sind, die sich von den Blechoberflächen aus in die Kühlkanäle hinein erstrecken.

[0009] Die Vertiefungen erstrecken sich von den Ständerkernkühlkanälen weg. Die Vertiefungen erhöhen den Grad der Wärmeübertragung zwischen den der Kanalwand benachbarten, erwärmten Gas und dem relativ kühleren Gas in der Nähe der Zentraillinie des Kanals. Dieses erhöhte Ausmaß an Mischung bringt kühleres Gas mit der Kanalwand in Berührung, wodurch es eine größere Wärmeübertragung zulässt. Darüber hinaus vergrößern die Vertiefungen die dem Kühlgas ausgesetzte Oberfläche. Ein weiteres Merkmal besteht darin, dass an jeder Vertiefung ein Wirbel von geordneter Strömung erzeugt und aus dieser Vertiefung ausgestoßen wird, um kühlerem Gas das Eintreten in die Vertiefung zu ermöglichen. Das Endergebnis ist, dass das mit der vorliegenden Erfindung wegen (1) einer verstärkten Mischung zwischen kühlerem Gas und erwärmtem Gas, (2) mehr Oberfläche für einen Kontakt zwischen Kühlgas und -kanälen und (3) Wirbeln, die kühlerem Gas das Eintreten in die Vertiefung ermöglichen und danach Wärme von den Kanälen abführen, mehr Kühlung erreicht wird.

[0010] Darüber hinaus bewirkt die Ausgestaltung gemäß der vorliegenden Erfindung eine verstärkte Kühlung, während Reibungsverluste minimiert werden. Folglich löst die vorliegende Erfindung das Hauptproblem der Reibungsverluste in Verbindung mit Bauarten, die Verwirbelungselemente verwenden. Die vorliegende Erfindung bietet den gleichen oder einen ähnlichen Nutzen und die gleichen oder ähnlichen Anwendungen wie Konstruktionen mit Verwirbelungselementen (siehe US-Patent Nr. 5,869,912), erreicht aber eine höhere Gesamteffizienz, weil sie die Reibungsverluste im Zusammenhang mit Bauarten mit Verwirbelungselementen vermeidet oder minimiert.

[0011] Die vorliegende Erfindung kann leicht in neue Maschinen eingebaut oder in vorhandenen Maschinen nachgerüstet werden. Die vorliegende Erfindung kann in einen weiten Bereich von Generatorkühlkonstruktionen eingebaut werden, weil sie in Verbindung mit einem beliebigen gasförmigen oder flüssigen Kühlmedium angewandt werden kann, das gegenwärtig in Gebrauch ist oder von Fachleuten vernünftigerweise für eine zukünftige Anwendung erwartet wird.

[0012] Es werden nun Ausführungsformen der Er-

findung im Wege eines Beispiels unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben:

[0013] [Fig. 1](#) ist ein partieller seitlicher Aufriss einer konventionellen Ständerkernblechanordnung mit Kühlkanälen mit glatten Wänden;

[0014] [Fig. 2](#) stellt eine partielle Endansicht dar, die entlang der Linie 2-2 aufgenommen ist, von einer konventionellen, in [Fig. 1](#) gezeigten Ständerkernblechanordnung;

[0015] [Fig. 3](#) ist eine partielle seitliche Aufrissansicht einer konventionellen Ständerkernblechanordnung mit Verwirbelungselementen;

[0016] [Fig. 4](#) ist eine vergrößerte partielle perspektivische Ansicht eines in [Fig. 3](#) gezeigten Verwirblers;

[0017] [Fig. 5](#) stellt eine partielle Endansicht, die entlang der Linie 5-5 aufgenommen ist, einer konventionellen, in [Fig. 3](#) gezeigten Ständerkernblechanordnung dar;

[0018] [Fig. 6](#) stellt eine partielle seitliche Aufrissansicht einer Ständerkernblechanordnung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar;

[0019] [Fig. 7](#) stellt eine partielle Endansicht, die entlang der Linie 7-7 aufgenommen ist, von der in [Fig. 6](#) gezeigten Ständerkernblechanordnung dar;

[0020] [Fig. 8](#) stellt eine partielle Endansicht einer Ständerkernblechanordnung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar;

[0021] [Fig. 9](#) stellt eine partielle Endansicht einer Ständerkernblechanordnung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar;

[0022] [Fig. 10](#) stellt eine partielle Endansicht einer Ständerkernblechanordnung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar; und

[0023] [Fig. 11](#) stellt eine partielle Endansicht einer Ständerkernblechanordnung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0024] [Fig. 12](#) stellt eine partielle Endansicht einer Ständerkernblechanordnung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0025] [Fig. 13](#) stellt eine partielle Endansicht einer Vertiefung einer Ständerkernblechanordnung gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0026] Wie oben angegeben beschreibt das US-Patent Nr. 5,869,912 Ständerkernblechanordnungen,

die Kühlkanäle mit glatten Wänden oder Kühlkanäle mit Verwirbelungselementen enthalten. In den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ist ein Ausschnitt aus einer konventionellen Ständerkernblechanordnung **10** mit Kühlkanälen **11** mit glatten Wänden gezeigt. Die Anordnung kann innerhalb eines „Paketes“ **12** näherungsweise 70 einzelne Bleche aufweisen. Wenn unten nichts angegeben ist, sind diese Blechpakete näherungsweise 25,4 bis 76,2 mm (1 bis 3 Zoll) dick. Mehrere innere Abstandhalterblöcke oder -stäbe **16** sind an dem „äußersten“ Blech **14** des Paketes befestigt und erstrecken sich radial entlang des Jochabschnitts oder Bereiches **18** des Kernbleches, und längere Abstandhalterblöcke oder -stäbe erstrecken sich radial nicht nur entlang des Jochabschnitts **18**, sondern auch entlang des radial inneren Zahnbereiches **20**. Das Blech, mit dem die inneren Abstandhalterblöcke verschweißt sind, ist dicker als die übrigen Bleche in dem Paket, typischerweise 0,64 mm (0,025 Zoll) dick. Die inneren Abstandhalterblöcke **16** weisen eine allgemein rechteckige oder quadratische Form mit einem Paar von flachen Seiten auf, die angrenzende Ständerkernblechpakete **12** erfassen, um dadurch mehrere sich radial erstreckende Kühlmitteldurchgänge oder -kanäle zwischen benachbarten Abstandhalterblöcken zu bilden. Die inneren Abstandhalterblöcke **16** können verschiedene andere Querschnitte, z.B. einen I-Balken-Querschnitt aufweisen. In Abhängigkeit von der jeweiligen Kühlanordnung kann die Kühlmittelströmung radial in Einwärtsrichtung oder radial in Auswärtsrichtung erfolgen. Typischerweise weisen die inneren Abstandhalterblöcke eine Höhe von etwa 6,35 mm (0,250 Zoll) auf, die dann auch die Höhe des Kühlmittelkanals festlegt. Die Breite der Abstandhalterblöcke beträgt auch etwa 6,35 mm (0,250 Zoll). [Fig. 2](#) zeigt eine partielle Endansicht der konventionellen Ständerkernblechanordnung **10**, die Kühlkanäle **11** mit glatten Wänden aufweist (wobei nur ein Kanal **11** gezeigt ist).

[0027] In den [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) sind Teilaussichten einer konventionellen Ständerkernblechanordnung mit Verwirbelungselementen gezeigt. Das Ständerkernblechpaket **22** ist dem in [Fig. 1](#) gezeigten im Wesentlichen in der Weise ähnlich, dass durch sich radial erstreckende Abstandhalterblöcke **24** und zwei angrenzende Bleche der benachbarten Blechpakete radial ausgerichtete Kühlmittelkanäle gebildet werden. [Fig. 3](#) stellt auch die Lage und die Ausrichtung mehrerer Verwirbler **26** in den einzelnen der sich radial erstreckenden Kühlkanäle dar. Wie in dem US-Patent Nr. 5,869,912 beschrieben sind die Verwirbler **26** in der Radialrichtung in regelmäßiger Abstand von Intervallen angeordnet und folgen im Wesentlichen der Krümmung der Ständerkernanordnung in Umfangsrichtung. [Fig. 4](#) ist eine vergrößerte partielle perspektivische Ansicht eines in [Fig. 3](#) gezeigten Verwirblers. Wie in dem US-Patent Nr. 5,869,912 beschrieben sind die Verwirbler **26** nur in dem einzelnen Blech **32** von den vielen Blechen **32**,

32a, 32b, 32c, ... in dem Paket ausgebildet, das eine Wand des Kühlkanals bildet. In dieser Ausführungsform kann der Verwirbler **26** eine Breite von 9,65 mm (0,380 Zoll) aufweisen, und er ist unter 90° relativ zu der Ebene der Blechanordnung ausgerichtet. Die Verwirbler können jedoch unter einem Winkel von zwischen z.B. 30° oder 45° relativ zu der Ebene des Bleches ausgebildet sein, wie es in dem US-Patent Nr. 5,869,912 beschrieben ist. Diese Verwirbler werden durch Rippen oder Vorsprünge gebildet, die aus dem Blech ausgestanzt und danach so gebogen werden, dass sie sich in dem Kühlmittelkanal hinein erstrecken. Dies wird vor der Montage des jeweiligen Paketes durchgeführt. Das Blech, in dem die Verwirbler ausgebildet sind, hat eine Dicke von etwa 0,64 mm (0,025 Zoll), während die anderen Bleche **32a**, **b**, **c** etc. in dem Paket eine Wanddicke von etwa 0,36 mm (0,014 Zoll) aufweisen. Das Verhältnis zwischen dem radialen Abstand der Verwirbler (z.B. etwa 9,53 mm (0,375 Zoll)) zu der Höhe der Verwirbler (z.B. etwa 6,4 mm (0,25 Zoll)) beträgt etwa 15, kann aber zwischen etwa 5 und 20 liegen. [Fig. 5](#) stellt eine partielle Endansicht dar, die entlang der Linie 5-5 einer in [Fig. 3](#) gezeigten konventionellen Ständerkernblechanordnung aufgenommen ist. Weitere Ausführungsformen von Verwirblern sind in dem US-Patent Nr. 5,869,912 beschrieben und gezeigt.

[0028] Die [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) stellen eine Ständerkernblechanordnung **62** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Das Ständerkernpaket **64** ist dem in den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) gezeigten allgemein in der Weise ähnlich, dass durch sich radial erstreckende Abstandhalterblöcke **68** und zwei angrenzende Bleche von benachbarten Blechpaketen radial ausgerichtete Kühlmittelkanäle gebildet werden. [Fig. 6](#) stellt auch die Lage und Ausrichtung mehrerer Vertiefungen **70** in jedem der sich radial erstreckenden Kühlkanäle dar. Wie gezeigt können sich die Vertiefungen **70** in dem Jochbereich **66** oder dem Zahnbereich **67** befinden.

[0029] Konkreter ist das Abstandhalterblech **72** in dieser Ausführungsform mit einer Anordnung **74** von Oberflächenvertiefungen **70** versehen. Das Abstandhalterblech **72** weist etwa die gleiche Dicke wie die anderen Bleche **73** auf, diese kann aber größer sein, wenn es erwünscht ist. Die Vertiefungsanordnung **74** hat die folgenden Eigenschaften:

1. Jede Vertiefung oder Dimple **70** in der äußeren Oberfläche **78** des Abstandhalterbleches **72** weist eine Öffnung **71** mit einem Oberflächendurchmesser von 2 bis 5 Millimeter (mm) auf.
2. Jede Vertiefung ist eine Halbkugelform, wenn auch nicht notwendigerweise eine volle Halbkugel. Die vorliegende Erfindung umfasst Vertiefungen, die halbkugelförmige Sektoren oder Sehnen aufweisen. Das Verhältnis von Tiefe zu Oberflächendurchmesser bei der Vertiefung kann von etwa 0,1 bis 0,50 betragen. Wenn das Verhältnis

von Tiefe zu Oberflächendurchmesser der Vertiefung 0,50 beträgt, ist die Vertiefung eine volle Halbkugel.

3. Jede Vertiefung **70** weist eine maximale Tiefe von 0,3 bis 1,5 mm auf.

4. Der Abstand der Vertiefungen **70** von Mitte zu Mitte beträgt in der Anordnung **74** von etwa 1,1D bis 2D, wobei D der Oberflächendurchmesser jeder einzelnen Vertiefung **70** an der Öffnung **71** ist.

5. Die Struktur der Anordnung **74** kann, wie es gezeigt ist, eine aus gleichmäßig beabstandeten Vertiefungen **70** mit einer gestaffelten Ausrichtung zwischen den Reihen sein. Es ist jedoch vorstellbar, dass sich die Abmessungen und der Abstand der Vertiefungen mit der Lage in dem Ständerkanal ändern, weil sich mit dem Ort die Kanalbreite ändert.

6. Jede Vertiefung **70** weist eine Wand **77** auf, die mit einer Oberfläche **78** einen Winkel **79** bildet. Ferner kann jede Vertiefung **70** an der Oberfläche **78** eine scharfe Kante **76** aufweisen, dies ist der Fall, wenn der Winkel **79** etwa 90° beträgt. Wenn es erwünscht ist, können in dem Herstellungsprozess jedoch abgerundete Kanten erhalten werden, z.B. für einen Anstrich, um elektrische Kurzschlüsse zu verhindern. In dem Beispiel abgerundeter Kanten ist der Winkel **79** größer als etwa 90°. [Fig. 13](#) zeigt eine abgerundete Kante **109**, wobei der Winkel **79** größer als etwa 90° ist. Mit anderen Worten ist „R“, wie in [Fig. 13](#) gezeigt, der Radius des größten Kreises, der der abgerundeten Kante **109** der Vertiefung **70** einbeschrieben werden kann, wie es in der Querschnittsansicht zu sehen ist. „R“ kann von etwa 0 bis 0,1 Zoll (2,54 mm) betragen. Ein Wert von R=0 würde eine scharfe Kante **76** bezeichnen, wie sie in [Fig. 8](#) gezeigt ist.

7. Die Vertiefungen **70** können in Abhängigkeit von dem Herstellungsverfahren abgewandelte (nicht halbkugelförmige) Geometrien annehmen.

[0030] Fachleute werden erkennen, dass die exakte oder optimale Gestaltung oder Ausrichtung der Vertiefungen für eine gegebene Anwendung von den speziellen Bedingungen der Maschinenkonstruktion abhängt. Es sind praktikable Bereiche für Parameter angegeben worden, um die wahrscheinlichen Gestaltungen darzustellen, die unter bestimmten Bedingungen zu verwenden sind.

[0031] Fachleute werden erkennen, dass die Vertiefungen **70** gemäß der vorliegenden Erfindung auf eine Anzahl von Arten gebildet werden können. Beispiele enthalten die folgenden, sind aber nicht auf diese beschränkt:

1. Vorgeformte, gepresste Bleche;
2. Verformung durch Stanzen einer Struktur auf ein einzelnes Blech;
3. Verformung oder Einkerbung durch lokale Bearbeitung oder Handstanzen;

4. Verformung eines Bleches durch Bearbeiten oder Stanzen zur Bildung von Vertiefungen, wobei dieses Blech dann auf die Oberseite eines zweiten Blechs gestapelt wird, das in dieses geschnittene oder gestanzte Durchgangslöcher aufweist, um das verformte Material des oberen Bleches aufzunehmen (diese Konstruktion ist in [Fig. 8](#) gezeigt).

5. Stanzen von konischen Löchern in die Bleche (diese Konstruktion ist in [Fig. 9](#) gezeigt);

6. Stanzen kreisförmiger Löcher, gefolgt von einem leichten Prägen zum Abrunden des Bodens der Vertiefung (diese Konstruktion ist in [Fig. 10](#) gezeigt); und

7. Stapeln von gelochten Schichten mit Löchern verschiedener Größen (verschiedene dieser Konstruktionen sind in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) gezeigt).

[0032] Wie in [Fig. 8](#) gezeigt weist eine Kernblechanordnung **81** ein Ständerkernpaket **83** auf, das ein erstes Blech **80** enthält, das zum Aufweisen von Vertiefungen **70** ausgebildet ist, und ein zweites Blech **82** weist Löcher **84** auf, die darin zum Aufnehmen der Vertiefungen **70** des ersten Bleches **80** ausgebildet sind. Wie [Fig. 7](#) zeigt [Fig. 8](#) eine scharfe Kante **76**, wobei der Winkel **79** etwa 90° beträgt.

[0033] Wie in [Fig. 9](#) gezeigt können zwei oder mehr Bleche **90** einzeln oder zusammen gelocht und danach aufeinander gestapelt werden. Ein Lochen der Bleche **90** als Stapel ermöglicht Genauigkeit und enge Toleranzen für die sich ergebenden Vertiefungen **92**. Der Stapel **94** von zwei oder mehr Blechen **90** kann auf ein flaches Bodenblech **96** gelegt werden. [Fig. 9](#) stellt einen Stapel **94** mit einer Dicke von etwa 0,7 mm, eine Öffnung **93** einer Vertiefung **92** von etwa 2 bis 5 mm und einen Winkel von etwa 45° bis 50° zwischen einer Schrägläche **91** jedes Bleches **90** und der horizontalen Oberfläche des nächsten Bleches in dem Stapel **94** dar.

[0034] Wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist in einem Blech **100** ein rundes Loch **102** gestanzt worden, und das Blech ist auf ein flaches Blech **104** gestapelt worden, das danach leicht geprägt wird, um den Boden **106** der Vertiefung **108** abzurunden. [Fig. 10](#) stellt ein Blech **100** mit einer Dicke von etwa 0,35 mm und eine Öffnung **101** der Vertiefung **108** von etwa 2 bis 5 mm dar.

[0035] Wie in [Fig. 11](#) gezeigt können mehrere Bleche **110** und **111**, die jeweils verschieden bemessene konische Löcher **112** bzw. **113** aufweisen, auf ein flaches Blech **114** gestapelt werden. Das Endergebnis ist eine Vertiefung **116** mit einem Paar von geneigten Wänden **115**.

[0036] Wie in [Fig. 12](#) gezeigt, können mehrere Bleche **120** und **121**, die jeweils verschieden bemessene Löcher **122** bzw. **123** aufweisen, auf ein flaches Blech

124 gestapelt werden. Das Endergebnis ist eine Vertiefung **126** mit einem Paar von vertikalen Wänden **125**.

[0037] Jede einzelne Vertiefung kann eine Halbkugelform sein (wie es z.B. in den [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#) gezeigt ist) oder eine Geometrie aufweisen, die sich einer Halbkugelform annähert (wie es z.B. in den [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) gezeigt ist). Eine Vertiefung mit einer Geometrie, die sich einer Halbkugelform annähert, weist eine Öffnung **93** mit einer Querschnittsfläche für die Vertiefung auf, die gleich groß wie oder größer als die Querschnittsfläche des Bodens **95** der Vertiefung ist, wobei wenigstens eine Querschnittsfläche der Vertiefung von kreisförmiger oder im Wesentlichen kreisförmiger Gestalt ist.

[0038] Es wird angemerkt, dass in jeder der beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung die Vertiefungen so gezeigt sind, dass sie sich nur von einer Seite der jeweiligen Kühlkanäle erstrecken. Die Vertiefungen könnten sich jedoch entweder in einer gleich gerichteten oder einer versetzten Beziehung in der Radialrichtung von beiden Seiten der Kanäle erstrecken. Eine weitere Verstärkung der Kühlung kann z.B. in der in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsform durch die Anordnung von Vertiefungen **70** auf der Oberfläche **86** des angrenzenden Abstandhalterbleches **88** erzielt werden, die der Abstandhalterblechoberfläche **78** mit den Vertiefungen **70** gegenüberliegt, so dass beide Oberflächen **86** und **78** des Strömungskanals Vertiefungen **70** aufweisen.

[0039] Tests der Kühlkanäle mit Vertiefungen **70**, die der in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) dargestellten Anordnung ähnlich sind, zeigen, dass die Wärmeübertragungsleistung an der Wand mit Vertiefungen um etwa 40-50 % gegenüber derjenigen verstärkt wird, die an Kühlmittelkanälen mit glatten Wänden festzustellen ist, und ergeben einen geringen oder keinen Reibungsnachteil.

Patentansprüche

1. Ständerblechpaketanordnung (**62**), die benachbarte Pakete (**64**) von gestapelten Blechen (**73**) enthält, die durch mehrere, sich radial erstreckende Abstandhalterblöcke (**68**) getrennt sind, wobei jeweils angrenzende Paare von Abstandhalterblöcken (**68**) zusammen mit angrenzenden, axial beabstandeten Blechen (**72**) mehrere radiale Kühlkanäle bilden, wobei jeder Kanal wenigstens eine Blechoberfläche (**78**) mit mehreren Vertiefungen (**70**) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens einige der Vertiefungen (**70**) eine strukturierte Anordnung (**74**) bilden, wobei die strukturierte Anordnung in der wenigstens einen Blechoberfläche mehr als eine einzelne Reihe von Vertiefungen aufweist, so dass auf der Blechoberfläche jedes der Kühlkanäle wenig-

tens in dem Jochabschnitt (**66**) des Bleches einer einzelnen Vertiefung in der Radialrichtung zwei Vertiefungen vorausgehen und zwei Vertiefungen folgen, wobei die einzelne Vertiefung in Wesentlichen in dem Schnittpunkt der zwei diagonalen Linien liegt, die jeweils eine der zwei vorausgehenden Vertiefungen mit einer der zwei folgenden Vertiefungen verbinden, und dass keine Verwirbelungselemente vorhanden sind, die sich von den Blechoberflächen aus in die Kühlkanäle hinein erstrecken.

2. Ständerblechpaketanordnung (**62**) nach Anspruch 1, bei der jede Vertiefung (**70**) einen Oberflächendurchmesser von etwa 2 bis 5 mm aufweist.

3. Ständerblechpaketanordnung (**62**) nach Anspruch 1, bei der jede Vertiefung (**70**) eine Halbkugelform aufweist.

4. Ständerblechpaketanordnung (**62**) nach Anspruch 1, bei der jede Vertiefung (**70**) eine Tiefe von etwa 0,3 bis 1,5 mm aufweist.

5. Ständerblechpaketanordnung (**62**) nach Anspruch 1, bei der der Abstand der Vertiefungen (**70**) von Mitte zu Mitte etwa 1,1D bis 2D beträgt, wobei D der Oberflächendurchmesser jeder einzelnen Vertiefung ist.

6. Ständerblechpaketanordnung (**62**) nach Anspruch 1, bei der die Abmessungen der einzelnen Vertiefungen (**70**) und der Abstand zwischen Vertiefungen (**70**) innerhalb des Ortes der Vertiefungen (**70**) in den Kühlkanälen variieren.

7. Ständerblechpaketanordnung (**62**) nach Anspruch 1, bei der jede Vertiefung (**70**) an der Oberfläche (**78**) eine scharfe Kante (**76**) aufweist.

8. Ständerblechpaketanordnung (**62**) nach Anspruch 1, bei der jede Vertiefung (**70**) an der Oberfläche (**78**) eine abgerundete Kante (**109**) aufweist.

9. Ständerblechpaketanordnung (**62**) nach Anspruch 1, bei der jede Vertiefung (**70**) eine Geometrie aufweist, die sich einer Halbkugelform annähert.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

FIG. I (Stand der Technik)

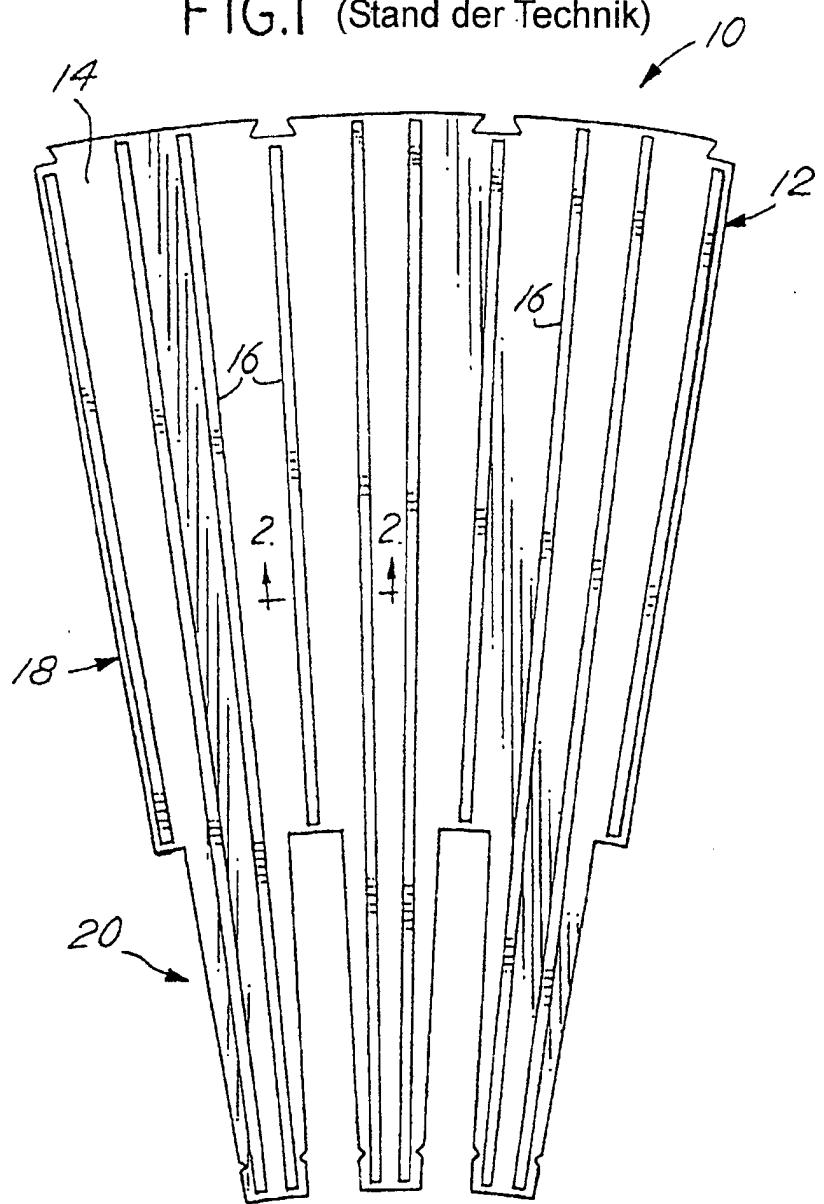


FIG. 2
(Stand der Technik)

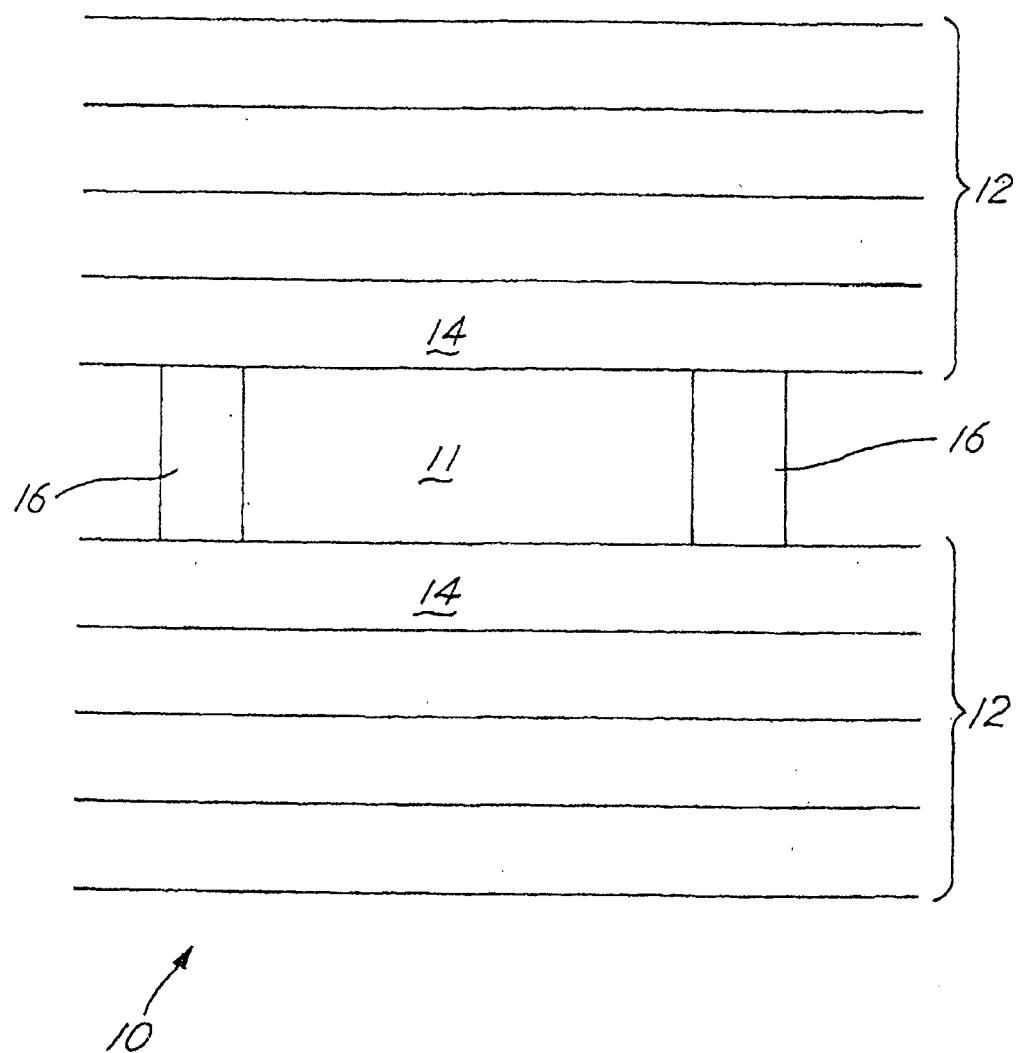


FIG. 3
(Stand der Technik)

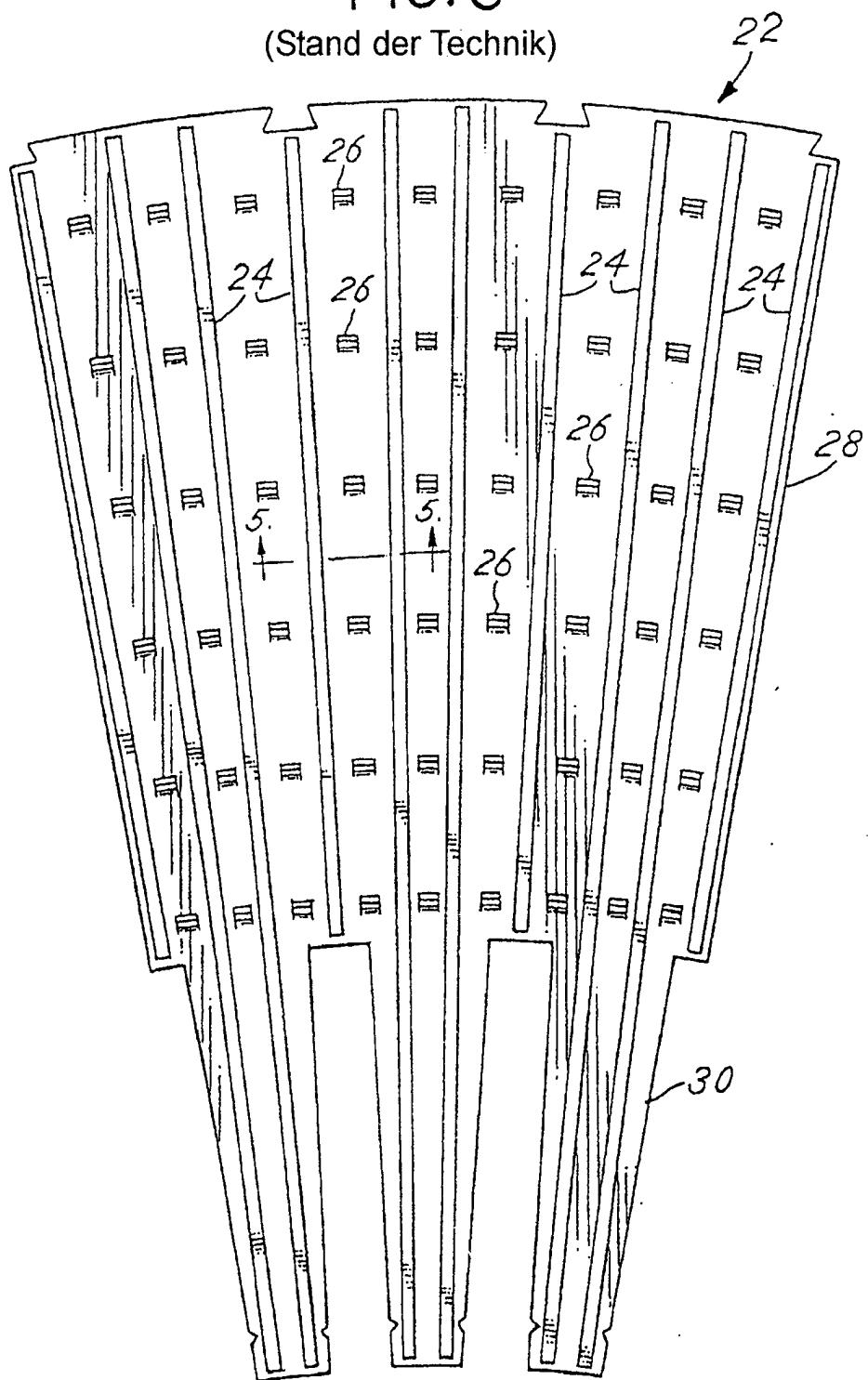


FIG.4
(Stand der Technik)

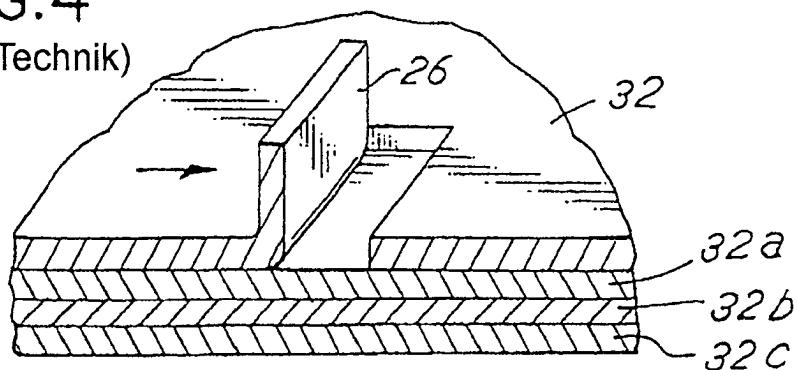


FIG.5
(Stand der Technik)

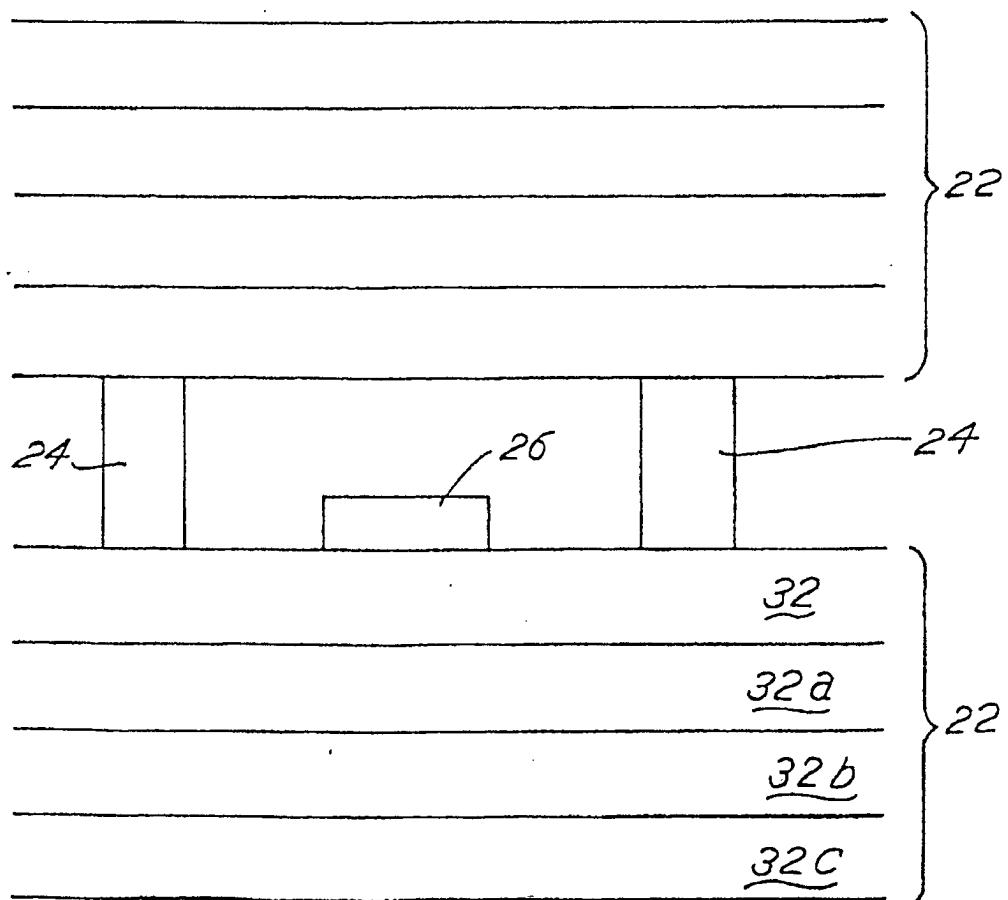


FIG.6

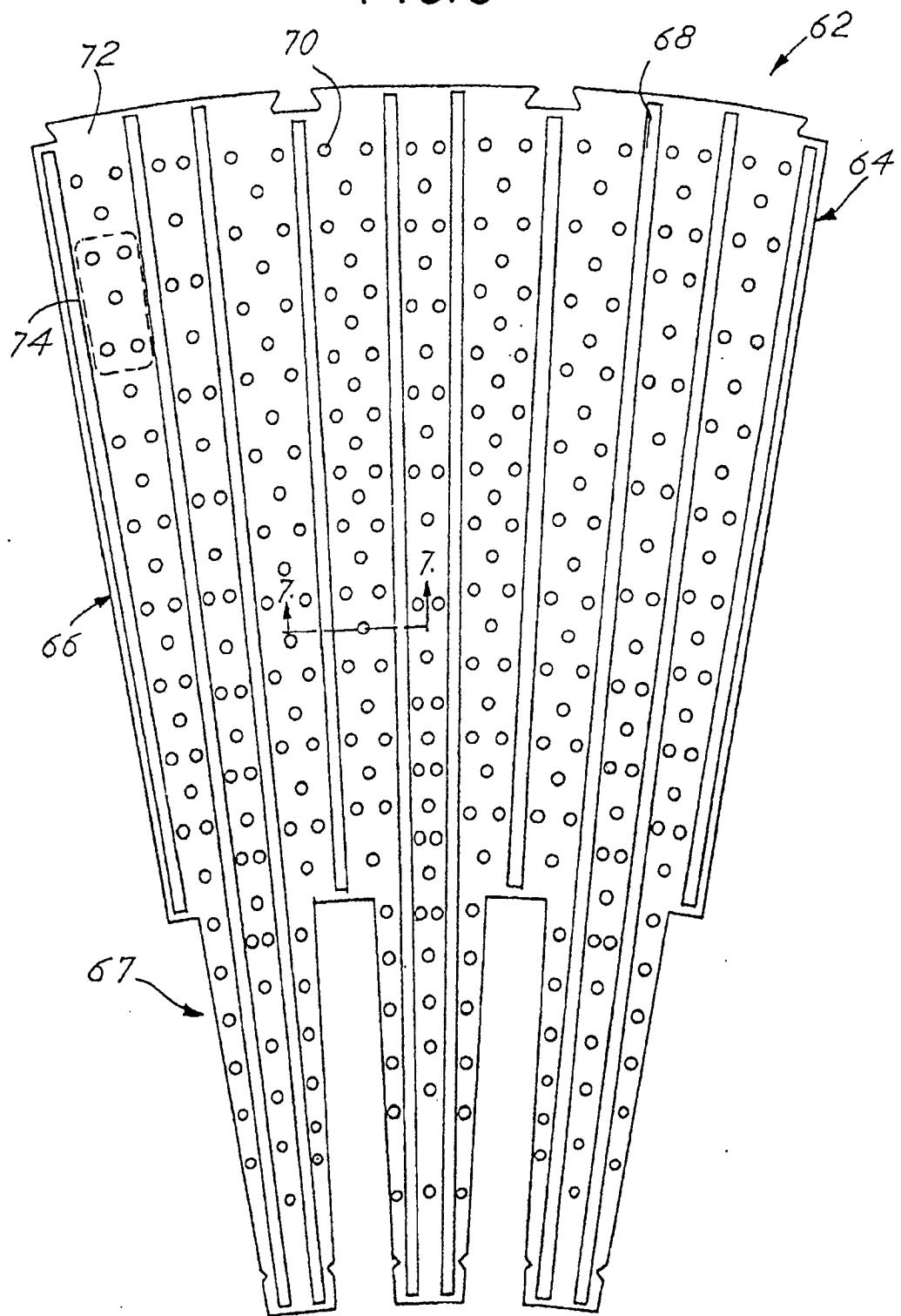


FIG.7

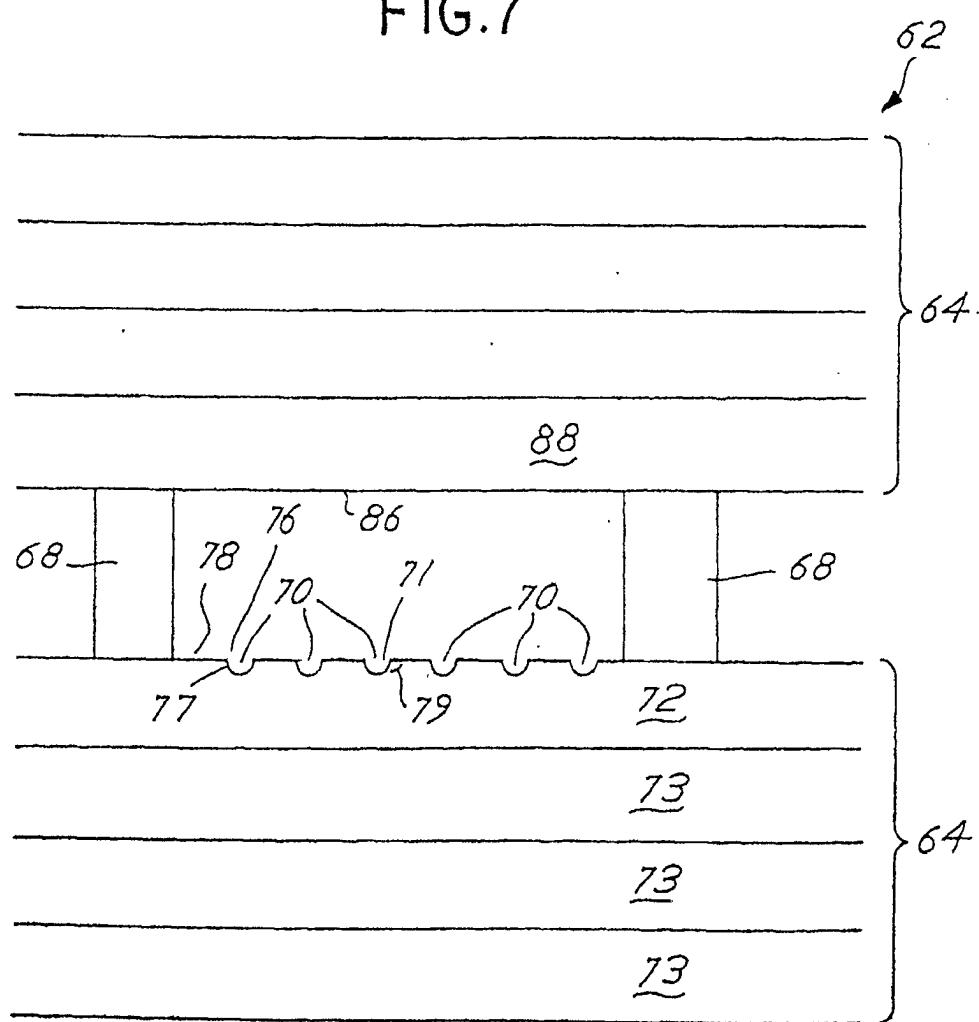


FIG.8

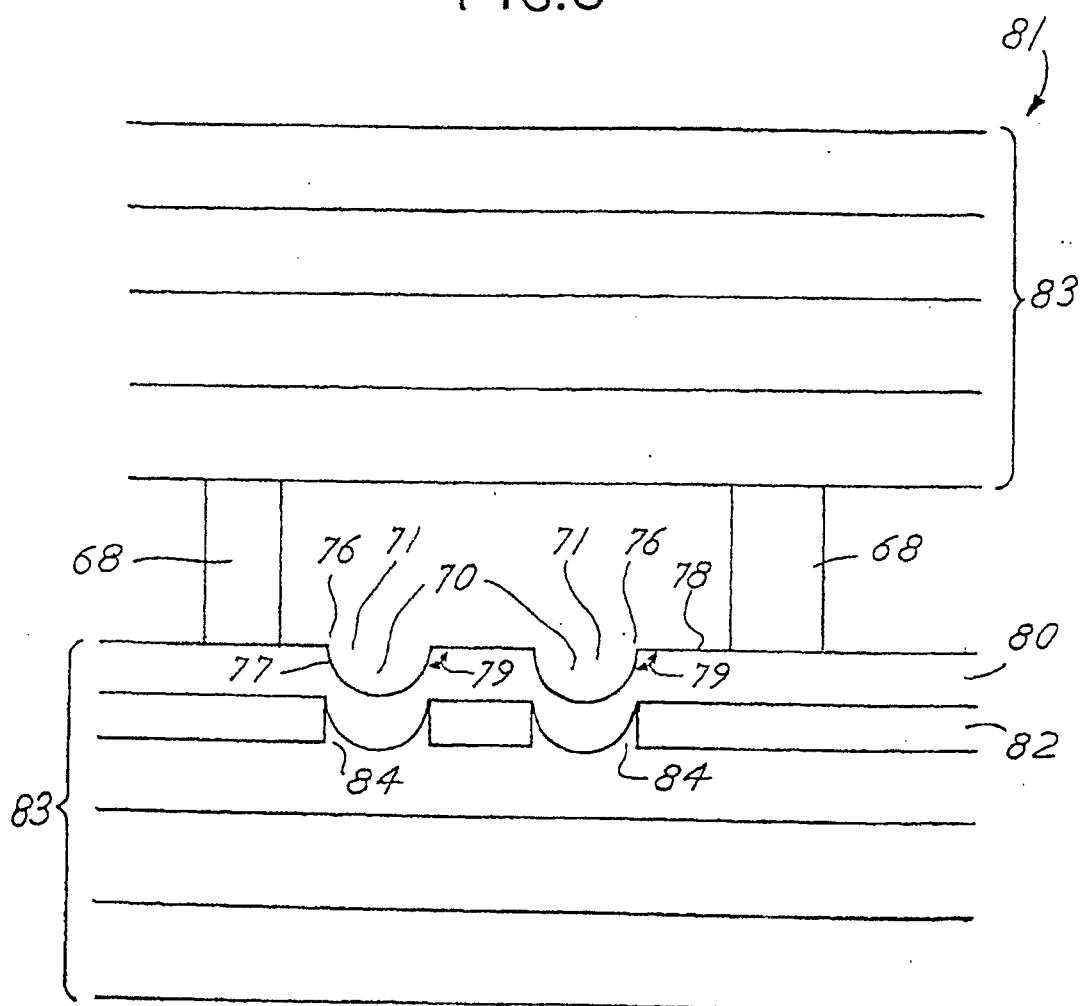


FIG.9

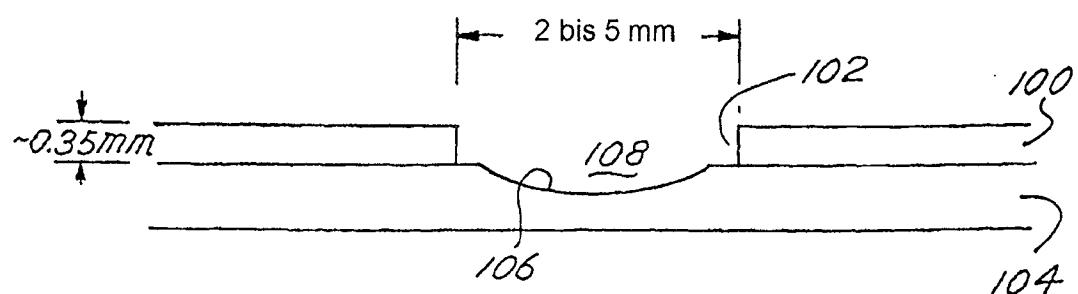
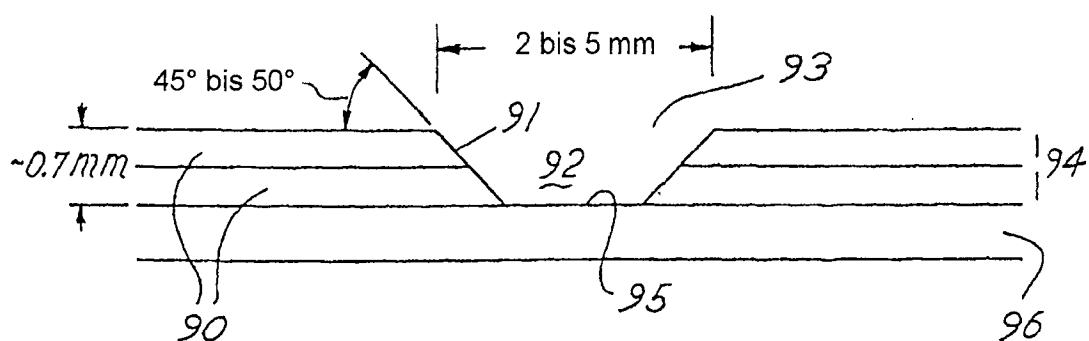


FIG.10

FIG.11

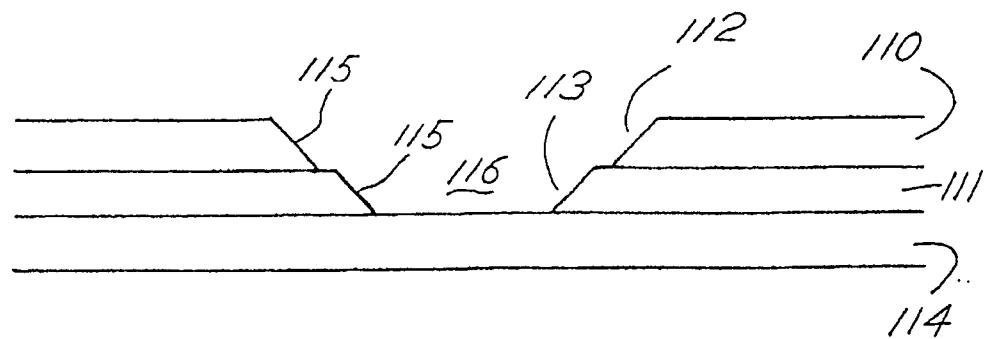


FIG.12

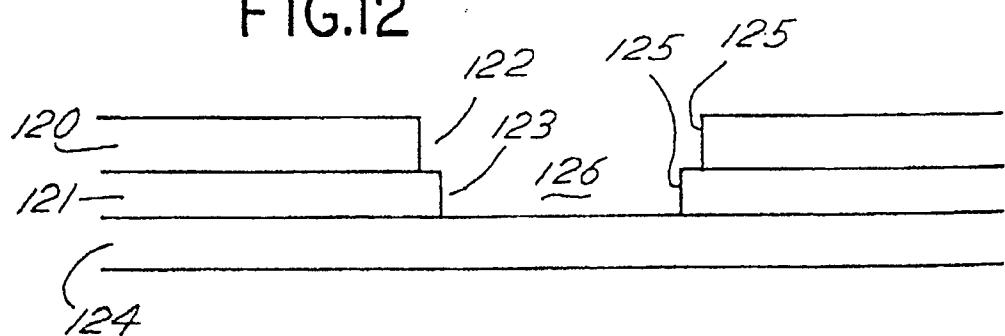


FIG.13

