



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 01 807 T2** 2006.06.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 340 737 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 01 807.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 251 153.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **26.02.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.09.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.10.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.06.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B23B 27/14** (2006.01)

**C04B 41/85** (2006.01)

**C04B 41/50** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**359630 P      26.02.2002      US**

(73) Patentinhaber:

**Smith International, Inc., Houston, Tex., US**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col.,  
50667 Köln**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, GB, IE, IT**

(72) Erfinder:

**Middlemiss, Stewart, Salt Lake, US**

(54) Bezeichnung: **Halbleitender polykristalliner Diamant**

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****HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0001]** Gelochte Filme sind seit vielen Jahren bekannt. Verschiedene Verfahren, die eine Vielfalt von Trägerelementen zum Erzeugen gelochter Filme benutzen, sind auch bekannt.

**[0002]** Typischerweise wird ein gelochter Film gebildet, indem bewirkt wird, daß eine Polymerfilmschicht einem Trägerelement entspricht, das Löcher hat. Die Filmschicht, die gelocht werden soll, wird in Kontakt mit dem Trägerelement gebracht und einem Fluiddruck ausgesetzt. Das Fluiddruckdifferential bewirkt, daß sich der Film an die Form der formenden Oberfläche anpaßt und bewirkt, daß er innerhalb Löchern der formenden Oberfläche gelocht wird.

**[0003]** Bekannte Trägerelemente zum Erzeugen gelochter Filme umfassen gewebten Maschendraht und gestanzte, gebohrte, elektroplattierte oder säuregeätzte metallische Netze. Beschreibungen einiger dieser bekannten Trägerelemente können in der US 4 151 240 an Lucas u.a. und der US 4 342 314 an Radel u.a. gefunden werden. Diese Trägerelemente und die sich ergebenden gelochten Filme, die darauf gebildet worden sind, haben Muster, die auf diejenigen beschränkt sind, die entweder gewebt, im Fall des Maschendrahts, oder im Fall der metallischen Netze gestanzt, gebohrt, elektroplattiert oder säuregeätzt werden können.

**[0004]** Die WO 97 22 434 offenbart Trägerelemente und Verfahren zum Bilden von Trägerelementen zur Verwendung beim Herstellen nicht gewebter Textilien, insbesondere trikotartiger nicht gewebter Textilien und Filme.

**[0005]** Die US 5 916 462 offenbart ein Verfahren zum Bilden eines gelochten Trägerelementes, erhalten durch Bewegen des Laserstrahl in einer Anzahl von Rasterab tastungen über die Oberfläche des Werkstückes.

**[0006]** Die US 4 377 736 betrifft die Materialentfernung von einer Oberfläche eines Elementes und genauer ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen, Überprüfen und Steuern der Position kleiner Löcher in einer Oberfläche eines Elementes, so wie einer Folie oder einem Plattenelement.

**[0007]** Die US 4 609 518 beschreibt einen kontinuierlichen Vielphasenprozeß zum Vertiefen und Perforieren einer im wesentlichen kontinuierlichen Lage aus im wesentlichen planaren polymeren Film, damit er mit dem Bild einer oder mehrerer formender Strukturen übereinstimmt, welche jede eine gemusterte Formfläche mit einer Vielzahl von Löchern und eine gegenüberliegende Fläche aufweist.

**[0008]** Die WO 95 23 571 betrifft einen Prozeß zum Erzeugen einer geformten polymeren Lage und genauer einen Prozeß zum Erzeugen einer mit oberflächenaktivem Mittel behandelten geformten polymeren Lage.

**[0009]** Die WO 99 30 658 offenbart einen Prozeß zum Bilden einer weichen und nachgiebigen Lage, welche ein im wesentlichen kontinuierliches Muster aus Vertiefungen oder Löchern zeigt.

**[0010]** Die US 4 741 877 betrifft gleichförmige vertiefte und gelochte nachgiebige Kunststofflagen, die feinskalierte dreidimensionale Eigenschaften zeigen.

**[0011]** Die US 4 552 709 stellt einen Prozeß zum Vertiefen und Perforieren einer im wesentlichen kontinuierlichen Lage aus im wesentlichen planaren thermoplastischen Film zur Verfügung, wobei eine formende Struktur mit einer gemusterten formenden Fläche mit Löchern und eine gegenüberliegende Fläche verwendet werden.

**[0012]** Die US 5 945 196 offenbart ein Verfahren für das Herstellen eines Gitters, das nutzbringend beim Bilden dreidimensionaler Filme ist, wobei die Gitter und die dreidimensionalen Filme, die durch Verwenden dieser Gitter erzeugt worden sind, auch offenbart sind.

**ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG**

**[0013]** Die vorliegende Erfindung ist auf Prozesse zum Bilden eines laserskulpturierten dreidimensionalen topographischen Trägerelementes zum Erzeugen gelochter Filme gerichtet und auf die Trägerelemente, die durch solche Prozesse gebildet worden sind, welche benutzt werden können, um gelochte Filme zu erzeugen. Gemäß einem bevorzugten Prozeß der vorliegenden Erfindung wird ein Laserstrahl über die Außenfläche eines Werkstückes bewegt. Die Leistung des Laserstrahls wird moduliert, wenn der Laserstrahl über die Außenfläche des Werkstückes bewegt wird, so daß die Oberfläche des Werkstückes mit einem Relief versehen wird. Das Skulpturieren des Werkstückes führt zu der Bildung eines dreidimensionalen topographischen Trägerelementes mit einer konturierten Außenfläche, welche eine Vielzahl nicht miteinander verbundener Makromerkmale aufweist. Die Makromerkmale stehen von der Außenfläche um wenigstens 0,127 mm (0.005 Zoll) hervor. Die Makromerkmale können ihren Ursprung an irgendeinem Ort auf der Außenfläche des Trägerelementes haben.

**[0014]** "Makromerkmale" werden als Oberflächenmerkmale definiert, die individuell von einem normalen nicht unterstützen menschlichen Auge wahrgenommen werden können, wenn der senkrechte Abstand zwischen dem Auge des Betrachters und der

Außenfläche ungefähr 307,8 mm (12 Zoll) oder größer ist. "Unverbunden" bedeutet, daß die Makromerkmale räumlich voneinander in wenigstens einer Schnittebene parallel zu der Oberfläche des Trägerelementes getrennt sind. Jedes dieser Makromerkmale hat eine maximale Abmessung größer als 0,2794 mm (0.011 Zoll), gemessen in irgendeiner Schnittebene parallel zu der Außenfläche des Werkstückes. Die Makromerkmale selbst können kontinuierlich konturiert sein; das heißt, irgendwelche zwei benachbarten Schnittebenen durch die Tiefe des Trägerelementes können unterschiedlich sein.

**[0015]** Ein dreidimensionaler gelochter Film mit einer Vielzahl unverbundener Makromerkmale darauf kann hergestellt werden, indem ein dreidimensionales topographisches Trägerelement gebildet wird, indem ein Laserstrahl über die Außenfläche eines Werkstückes bewegt wird, während die Leistung des Laserstrahls moduliert wird, so daß die Außenfläche des Werkstückes profiliert wird; Positionieren eines Filmes über die profilierte Außenfläche des Trägerelementes; und Deformieren des Filmes derart, daß seine Form der Außenfläche des Trägerelementes entspricht. Bei einer Ausführungsform wird der Film erwärmt, beispielsweise durch Heißluft, bevor er über die Fläche des Trägerelementes positioniert wird. Bei einer weiteren Ausführungsform wird der Film durch Extrusion unmittelbar vor dem Positionieren des Films über die Außenfläche des Trägerelementes hergestellt, mit optionalem Kühlen zwischen dem Extrusionsschritt und dem Positionierschritt.

**[0016]** Bei einer weiteren Ausführungsform wird ein gelochter Film erzeugt, indem ein Film über eine Außenfläche eines dreidimensionalen topographischen Trägerelementes positioniert wird, das eine einheitliche Struktur ist, wobei die Außenfläche konturiert ist und eine Vielzahl unverbundener Makromerkmale aufweist; und Deformieren des Filmes derart, daß seine Form der Außenfläche des Trägerelementes entspricht. Wieder kann der Film erwärmt werden, beispielsweise durch Heißluft, bevor er über die Fläche des Trägerelementes positioniert wird, oder der Film kann durch Extrusion unmittelbar vor dem Positionieren des Films über die Außenfläche des Trägerelementes hergestellt werden, mit optionalem Kühlen zwischen dem Extrusionsschritt und dem Positionierschritt.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0017]** [Fig. 1](#) ist eine schematische Veranschaulichung eines Typs eines dreidimensionalen topographischen Trägerelementes der vorliegenden Erfindung.

**[0018]** [Fig. 2](#) ist eine schematische Veranschaulichung einer Vorrichtung zum Laserskulpturieren eines Werkstückes, um ein dreidimensionales topogra-

phisches Trägerelement der vorliegenden Erfindung zu bilden.

**[0019]** [Fig. 3](#) ist eine schematische Veranschaulichung eines Computersteuersystems für die Vorrichtung der [Fig. 2](#).

**[0020]** [Fig. 4](#) ist eine graphische Vergrößerung eines Beispiels einer Musterdatei, um ein Werkstück rasterartig zu bohren, um ein Trägerelement für gelochten Film zu erzeugen.

**[0021]** [Fig. 5](#) ist eine graphische Vergrößerung einer Musterdatei zum Lasermahlen eines zuvor gebohrten Werkstückes, um einen Typ eines dreidimensionalen topographischen Trägerelementes der vorliegenden Erfindung zu erzeugen.

**[0022]** [Fig. 6](#) ist eine photomikroskopische Darstellung eines Werkstückes, nachdem es lasergebohrt worden ist, wobei die Datei der [Fig. 5](#) verwendet wurde.

**[0023]** [Fig. 6A](#) ist eine photomikrographische Darstellung des Werkstückes, nachdem es lasergemahlen worden ist.

**[0024]** [Fig. 6B](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines Querschnittes der Struktur aus [Fig. 6A](#).

**[0025]** [Fig. 7](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines Filmes, der auf dem Trägerelement der [Fig. 6](#) erzeugt worden ist.

**[0026]** [Fig. 8](#) ist eine graphische Darstellung einer weiteren Datei zum Lasermahlen eines zuvor gebohrten Werkstückes, um einen Typ eines dreidimensionalen Trägerelementes dieser Erfindung zu erzeugen.

**[0027]** [Fig. 9](#) ist eine weitere graphische Darstellung einer anderen Datei zum Lasermahlen eines zuvor gebohrten Werkstückes, um einen weiteren Typ eines dreidimensionalen topographischen Trägerelementes dieser Erfindung zu erzeugen.

**[0028]** [Fig. 10](#) ist eine graphische Darstellung einer Datei zum Laserskulpturieren eines Werkstückes, um ein dreidimensionales topographisches Trägerelement dieser Erfindung zu erzeugen.

**[0029]** [Fig. 11](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines Werkstückes, das laserskulpturiert worden ist, wobei die Datei der [Fig. 10](#) benutzt wurde.

**[0030]** [Fig. 11A](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines Querschnittes des laserskulpturierten Werkstückes der [Fig. 11](#).

[0031] [Fig. 12](#), ist eine photomikrographische Darstellung eines gelochten Filmes, der unter Verwendung des laserskulpturierten Trägerelementes der [Fig. 11](#) erzeugt worden ist.

[0032] [Fig. 12A](#) ist eine weitere photomikrographische Darstellung eines gelochten Films, der unter Verwenden es laserskulpturierten Trägerelementes der [Fig. 11](#) erzeugt worden ist.

[0033] [Fig. 13](#) ist ein Beispiel einer Datei, die benutzt werden kann, um ein laserskulpturiertes Trägerelement durch Lasermodulation zu erzeugen.

[0034] [Fig. 13A](#) ist eine graphische Darstellung einer Anzahl von Wiederholungen der Datei der [Fig. 13](#).

[0035] [Fig. 14](#) ist eine vergrößerte Ansicht des Bereiches A der Datei aus [Fig. 13](#).

[0036] [Fig. 15](#) ist eine graphische Vergrößerung einer Musterdatei, die verwendet wird, um den Bereich B der [Fig. 14](#) zu erzeugen.

[0037] [Fig. 16](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines laserskulpturierten Trägerelementes, das durch Lasermodulation unter Verwenden der Datei der [Fig. 13](#) erzeugt worden ist.

[0038] [Fig. 17](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines Bereiches des laserskulpturierten Trägerelementes der [Fig. 16](#).

[0039] [Fig. 18](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines Filmes, der durch Verwenden des laserskulpturierten Trägerelementes der [Fig. 16](#) erzeugt worden ist.

[0040] [Fig. 19](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines Bereiches des Films aus [Fig. 18](#).

[0041] [Fig. 20](#) ist ein weiteres Beispiel einer Datei, um ein laserskulpturiertes Trägerelement durch Lasermodulation zu erzeugen.

[0042] [Fig. 21](#) ist eine graphische Darstellung einer Anzahl von Wiederholungen der Datei aus [Fig. 20](#).

[0043] [Fig. 22](#) ist eine vergrößerte Ansicht des Bereichs C der Datei aus [Fig. 20](#).

[0044] [Fig. 23](#) ist eine graphische Vergrößerung einer Musterdatei, die verwendet wird, um den Bereich D der [Fig. 22](#) zu erzeugen.

[0045] [Fig. 24](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines laserskulpturierten Trägerelementes, das durch Lasermodulation erzeugt wurde, wobei die Datei der [Fig. 20](#) verwendet wurde.

[0046] [Fig. 25](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines gelochten Filmes, der auf dem Trägerelement der [Fig. 24](#) hergestellt worden ist.

[0047] [Fig. 26](#) ist eine schematische Ansicht eines Trägerelementes gemäß dieser Erfindung an seinem Ort auf einer filmbildenden Vorrichtung.

[0048] [Fig. 27](#) ist eine schematische Ansicht einer Vorrichtung zum Erzeugen gelochter Filme gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0049] [Fig. 28](#) ist eine schematische Ansicht des eingekreisten Bereiches der [Fig. 27](#).

#### GENAUE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0050] Mit Bezug nun auf die Zeichnung ist eine schematische Veranschaulichung eines beispielhaften Werkstückes, das mittels Laser in ein einheitliches dreidimensionales topographisches Trägerelement profiliert worden ist, in [Fig. 1](#) gezeigt.

[0051] Das Werkstück **2** weist einen dünnen rohrförmigen Zylinder **10** mit einer Innenfläche **1001** und einer Außenfläche **1000** auf. Die Außenfläche des Werkstücks **2** hat nicht bearbeitete Oberflächengebiete **11** und einen laserskulpturierten Mittelbereich. Ein bevorzugtes Werkstück zum Erzeugen des Trägerelementes dieser Erfindung ist ein dünnwandiges nahtloses Rohr aus Acetal, das von allen restlichen inneren Belastungen befreit worden ist. Das Werkstück hat eine Wanddicke von 1–8 mm, weiter bevorzugt von 2,5–6,5 mm. Beispielhafte Werkstücke für den Einsatz beim Bilden von Trägerelementen liegen von 30,5 bis 183 cm (1 bis 6 Fuß) im Durchmesser und haben eine Länge im Bereich von 61 bis 488 cm (2 bis 16 Fuß). Jedoch sind diese Größen eine Frage der Designauswahl. Andere Formen und Materialzusammensetzungen können für das Werkstück benutzt werden, so wie Acryl, Urethane, Polyester, Polyethylen mit hohem Molekulargewicht und andere Polymere, die mit einem Laserstrahl bearbeitet werden können.

[0052] Mit Bezug nun auf [Fig. 2](#) ist eine schematische Veranschaulichung einer Vorrichtung zum Laserskulpturieren des Trägerelementes dieser Erfindung gezeigt. Ein Startrohling als rohrförmiges Werkstück **2** ist auf einer geeigneten Welle oder einem Dorn **21** angebracht, der es in einer zylindrischen Form festhält und die Drehung um seine Längsachse in den Lagern **22** erlaubt. Ein Drehantrieb **22** ist vorgesehen, um den Dorn **21** mit einer gesteuerten Geschwindigkeit zu drehen. Ein Drehpuls-generator **24** ist mit dem Dorn **21** verbunden und überwacht die Drehung, so daß seine präzise radiale Position jederzeit bekannt ist.

[0053] Parallel zu und angebracht außerhalb des

Kippbereichs des Dorns **21** ist eine oder mehrere Führungswege **25**, die es dem Schlitten **26** ermöglichen, die gesamte Länge des Dorns **21** zu durchqueren, während ein konstanter Freiraum zu der Oberfläche **3** des Rohres **12** gehalten wird. Der Antrieb **33** für den Schlitten bewegt den Schlitten entlang der Führungswege **25**, während der Schlittenpulserzeuger **34** die seitliche Position des Schlittens in Bezug auf das Trägerelement **2** notiert. Angebracht auf dem Schlitten ist die Fokussierstufe **27**. Die Fokussierstufe **27** ist in Fokusführungswegen **28** angebracht. Die Fokussierstufe **27** erlaubt die Bewegung orthogonal zu der des Schlittens **26** und bildet eine Einrichtung zum Fokussieren der Linse **29** relativ zu der oberen Fläche **3**. Der Fokusantrieb **32** ist vorgesehen, um die Fokussierstufe **27** zu positionieren und das Fokussieren der Linse **29** zu besorgen.

**[0054]** Angebracht an der Fokussierstufe **27** ist die Linse **29**, die in er Düse **30** sicher gehalten ist. Die Düse **30** hat eine Einrichtung **31** zum Einführen eines unter Druck stehenden Gases in die Düse **30** zum Kühlen und Sauberhalten der Linse **29**. Eine bevorzugte Düse **30** für diesen Zweck ist im US-Patent 5 756 962 an James u.a. beschrieben, das hierin durch Bezugnahme aufgenommen ist.

**[0055]** Auch angebracht auf dem Schlitten **26** ist der Spiegel **35** für das endgültige Ablenken, welcher den Laserstrahl **26** zu der Fokussierlinse **29** richtet. Entfernt angeordnet ist der Laser **37** mit dem optionalen Strahlablenkspiegel **38**, um den Strahl auf den Spiegel **35** für die endgültige Strahlablenkung zu richten. Obwohl es möglich sein würde, den Laser **37** direkt auf dem Schlitten **26** anzubringen und die Strahlablenkungsspiegel wegzulassen, machen räumliche Begrenzungen und Geräteanschlüsse für den Laser das entfernte Anbringen sehr bevorzugt.

**[0056]** Wenn der Laser **37** angeregt wird, wird der emittierte Strahl **36** vom ersten Strahlablenkungsspiegel **38** reflektiert, dann vom letzten Strahlablenkungsspiegel **35**, der ihn zu der Linse **29** richtet. Der Weg des Laserstrahls **3** ist derart konfiguriert, daß, wenn die Linse **29** entfernt würde, der Strahl durch die Längsmittellinie des Dorns **21** laufen würde. Mit der Linse **29** in Position kann der Strahl oberhalb, unterhalb, bei oder nahe der oberen Fläche **3** fokussiert werden.

**[0057]** Obwohl diese Erfindung mit einer Vielfalt von Lasern verwendet werden könnte, ist der bevorzugte Laser ein Fast Flow-CO<sub>2</sub>-Laser, der in der Lage ist, einen Strahl zu erzeugen, der bis zu 2.500 Watt nominal leistet. Es können jedoch auch Slow Flow-CO<sub>2</sub>-Laser, die nominal 50 Watt leisten, benutzt werden.

**[0058]** [Fig. 3](#) ist eine schematische Veranschaulichung des Steuersystems der Laserskulpturiervor-

richtung der [Fig. 2](#). Während des Betriebes der Laserskulpturiervorrichtung werden Steuervariablen für die Brennpunktposition, Drehgeschwindigkeit und Quergeschwindigkeit von einem Hauptcomputer **42** durch die Verbindung **44** zu einem Antriebscomputer **40** geschickt. Der Antriebscomputer **40** steuert die Brennpunktposition durch den Antrieb **32** für die Fokussierstufe. Der Antriebscomputer **40** steuert die Drehgeschwindigkeit des Werkstückes **2** durch den Drehantrieb **23** und den Drehpulsgenerator **24**. Der Antriebscomputer **40** steuert die Quergeschwindigkeit des Schlittens **26** durch den Schlittenantrieb **33** und den Schlittenpulsgenerator **34**. Der Antriebscomputer **40** berichtet auch über den Antriebsstatus und mögliche Fehler an den Hauptcomputer **42**. Dieses System liefert positive Positionssteuerung und teilt tatsächlich die Oberfläche des Werkstückes **2** in kleine Flächen, die Pixel genannt werden, wobei jeder Pixel aus einer festen Anzahl von Pulsen des Drehantriebs und einer festen Anzahl von Pulsen des Querantriebs besteht. Der Hauptcomputer **42** steuert auch den Laser **37** über die Verbindung **43**.

**[0059]** Ein einheitliches laserskulpturiertes dreidimensionales topographisches Trägerelement kann durch verschiedene Verfahren hergestellt werden. Ein Verfahren zum Erzeugen eines solchen Trägerelementes besteht aus einer Kombination aus Laserbohren und Lasermahlen der Oberfläche eines Werkstückes.

**[0060]** Verfahren zum Laserbohren eines Werkstückes umfassen das Schlagbohren, Fire-on-the-Fly-Bohren und Rasterabtastbohren.

**[0061]** Bei dem Verfahren des Einsastes des Lasers zum Schlagbohren wird der Dorn, mit dem rohrförmigen Werkstück darauf, vor der Linse gedreht. Der Schlitten wird motorbetrieben, so daß die gewünschte erste Öffnungsposition dem Brennpunkt der Linse **29** entspricht. Die Fokussierstufe wird motorisch nach innen bewegt, was den Brennpunkt in das Innere des Materials, das gebohrt werden soll, bringt. Der Laser wird dann gepulst, mit irgendeiner Kombination aus Pulsleistungspegel und Dauer. Um die gewünschte topographische Konfiguration zu erhalten, müssen zwei Faktoren gemessen und gesteuert werden: der Grad, zu dem die Linse in das Innere des Werkstückes fokussiert wird, und der Leistungspegel oder die Pulsdauer des Lasers. Diese Faktoren beeinflussen die Form und Tiefe des Lochs, das in das Werkstück eingebracht werden soll. Wenn einmal ein Loch mit der richtigen Form und Tiefe erhalten wird, können der Drehantrieb und der Schlittenantrieb indexiert werden, um das Trägerelement so erneut zu positionieren, daß die nächste beabsichtigte Position dem Brennpunkt entspricht. Der Prozeß wird dann wiederholt, bis das gesamte Muster gebohrt worden ist. Diese Technik ist als „Schlag“-Bohren bekannt.



**[0062]** Wenn der ausgewählte Laser eine ausreichende Leistung hat und in der Lage ist, sich schnell genug zu erholen, brauchen der Dorn und der Schlitten während des Laserpulses nicht angehalten zu werden. Der Puls kann eine so kurze Dauer haben, daß jegliche Bewegung des Werkstückes während des Bohrprozesses ohne Bedeutung bleibt. Dies ist im Handel als „Fire-on-the-Fly“-Bohren bekannt.

**[0063]** Ein Problem, das bei einigen Arten des Laserbohrens auftreten kann, abhängig von dem Materialtyp, der gebohrt wird, und der Dichte des Lochmusters, ist das Eintragen einer großen Wärmemenge in eine kleine Fläche des Trägerelementes. Weitreichende Verzerrung und der Verlust an Musterausrichtung kann das Ergebnis sein. Unter manchen Bedingungen ergeben sich große Dimensionsänderungen des Werkstücks, und die Werkstückoberfläche ist weder zylindrisch noch hat sie die richtige Größe. In extremen Fällen kann das Werkstück aufgrund wärmeinduzierter Belastungen reißen.

**[0064]** Ein Laserbohrverfahren, das dieses Problem ausschaltet, benutzt einen Prozeß, der Rasterabtabbohren genannt wird. Bei diesem Ansatz wird das gewünschte Muster auf ein rechtwinkliges Wiederholungselement **41** reduziert, wie es in dem Beispiel der [Fig. 4](#) veranschaulicht ist. Dieses Wiederholungselement enthält die gesamte Information, die erforderlich ist, um das gewünschte Muster zu erzeugen. Wenn das rechtwinklige Wiederholungselement **41** wie eine Kachel verwendet wird und sowohl Ende an Ende als auch Seite an Seite angeordnet wird, ist das größere gewünschte Muster das Ergebnis.

**[0065]** Dieses Wiederholungselement wird weiter in ein Gitter kleinerer rechtwinkliger Einheiten oder „Pixel“ **42a** aufgeteilt. Obwohl sie typischerweise quadratisch sind, kann es für manche Zwecke bequemer sein, rechtwinklige Pixel zu benutzen. Die Pixel selbst sind dimensionslos, und die tatsächlichen Abmessungen des Bildes werden während der Verarbeitung eingestellt, das heißt, die Breite **45** eines Pixels und die Länge **46** eines Pixels werden nur während des tatsächlichen Bohrbetriebes eingestellt. Während des Bohrens wird die Länge eines Pixels auf eine Abmessung eingestellt, die einer ausgewählten Anzahl von Pulsen von dem Schlittenpulsgenerator **34** entspricht. Ähnlich wird die Breite eines Pixels auf eine Abmessung eingestellt, die der Anzahl von Pulsen von dem Drehpulsgenerator **24** entspricht. Somit sind für die Einfachheit der Erläuterung die Pixel in [Fig. 4](#) quadratisch gezeigt; jedoch ist es nicht erforderlich, daß die Pixel quadratisch sind, sondern nur, daß sie rechtwinklig sind.

**[0066]** Jede Spalte von Pixeln stellt einen Durchlauf des Werkstückes hinter der Brennpolposition des Lasers dar. Diese Spalte wird so viele Male wiederholt, wie es erforderlich ist, um vollständig um das Trägerele-

ment **2** herumzulaufen. Jeder weiße Pixel stellt einen Aus-Befehl an den Laser dar, das heißt, der Laser emittiert keine Leistung, und jeder schwarze Pixel stellt einen Ein-Befehl für den Laser dar, das heißt, der Laser emittiert einen Strahl. Dies führt zu einer einfachen binären Datei aus Einsen und Nullen, wobei eine 1, oder Weiß, ein Befehl für den Laser ist, abzuschalten, und eine 0, oder Schwarz, ein Befehl für den Laser ist, anzuschalten.

**[0067]** Mit Bezug zurück auf die [Fig. 3](#) werden die Inhalte einer Gravierdatei in einer binären Form, bei der 1 aus ist und 0 an ist, von dem Hauptcomputer **42** zu dem Laser **37** über die Verbindung **43** geschickt. Indem man die Zeit zwischen jedem Befehl ändert, wird die Dauer des Befehls so angepaßt, daß sie der Größe des Pixels entspricht. Nachdem jede Spalte der Datei beendet ist, wird die Spalte wiederum bearbeitet oder wiederholt, bis der gesamte Umfang abgearbeitet ist. Während die Befehle für eine Spalte durchgeführt werden, wird der Querantrieb leicht bewegt. Die Geschwindigkeit der Querbewegung wird so eingestellt, daß beim Fertigstellen einer Umfangsgravierung der Querantrieb die Fokussierlinse um die Breite einer Spalte aus Pixeln bewegt hat, und die nächste Spalte aus Pixeln wird bearbeitet. Dies wird fortgeführt, bis das Ende der Datei erreicht ist, und die Datei wird wieder in der axialen Abmessung wiederholt, bis die gesamte gewünschte Breite erhalten ist.

**[0068]** Bei diesem Ansatz erzeugt jeder Durchlauf eine Anzahl enger Schnitte in dem Material anstelle eines großen Lochs. Da diese Schnitte präzise ausgerichtet sind, so daß sie sich Seite an Seite aufreihen und etwas überlagern, ist der kumulative Effekt ein Loch.

**[0069]** Die Datei, die durch [Fig. 5](#) veranschaulicht ist, ist eine zweite Wiederholungsdatei. Diese Datei besteht aus einer Anzahl von Spalten aus „Ein“-Befehlen **50**, um den Laser einzuschalten, gefolgt von einer Anzahl von Spalten aus „Aus“-Befehlen **51**, um den Laser abzuschalten. Diese Datei, wenn sie unter denselben Bedingungen abgearbeitet wird, wie die Datei der [Fig. 4](#), wie es oben beschrieben ist, würde das Werkstück in viele kreisförmige Ringe schneiden. Wenn jedoch die Drehgeschwindigkeit des Werkstückes vergrößert wird oder die Leistung des Lasers verringert wird, wird die Bearbeitung dieser Datei im Mahlen einer Anzahl von Umfangsnuten in dem Werkstück führen, was geprägte Linien simulieren kann.

**[0070]** Wenn der Laser mit voller Leistung angeschaltet ist, kann die Tiefe und das Bemustern beim Skulpturieren auf dem Werkstück bewirkt werden, indem das Werkstück in der axialen und in der Umfangsrichtung bewegt wird. Diese Prozedur kann als herkömmliches Mahlen mit einem Laser beschrieben

werden.

[0071] [Fig. 6](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines Bereichs eines Trägerelementes, das zunächst rasterabstastgebohrt worden ist, wobei die Datei der [Fig. 4](#) benutzt wurde. Die Außenfläche des Trägerelementes ist eine glatte planare Fläche **52** mit einer Anzahl eingebetteter hexagonaler Löcher **53**. Die Datei der [Fig. 5](#) wurde benutzt, um die gebohrte Oberfläche der [Fig. 6](#) rasterabstastzumahlen, um die Oberfläche der [Fig. 6A](#) zu erzeugen. Das Trägerelement hat abwechselnd angehobene Bereiche **54** und abgesenkte Bereiche **55**. [Fig. 6B](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines Schnittbereiches der Struktur der [Fig. 6](#). Der Querschnitt zeigt die flachen planaren Flächen **54'**, welche den Flächen **54** der [Fig. 6A](#) entsprechen, und abgesenkte Flächen **55'**, die der Fläche **55** der [Fig. 6](#) entspricht und die Tiefe der gemahlten Fläche **55''** zeigt. Die obersten Teile der angehobenen Bereiche **54** sind miteinander unverbunden in der Ebene tangential zu den am weitesten oberliegenden Bereichen.

[0072] Die abgesenkten Flächen **55** enthalten auch Öffnungen **56** und können so gestaltet werden, daß die Eigenschaften eines gelochten Films verbessert werden. Wenn zum Beispiel der gelochte Film als eine dem Körper zugewandte Schicht eines absorbierenden Gegenstandes verwendet werden soll, könnten die abgesenkten Flächen benutzt werden, um das ästhetische Aussehen eines gelochten Films zu verbessern, indem dekorative Elemente hinzugefügt werden, und um die Oberfläche des Films in Kontakt mit der Haut eines Benutzers zu minimieren.

[0073] Das Verfahren, zunächst das Werkstück zu bohren und dann mit Laser die gebohrte Oberfläche zu mahlen, ist bevorzugt, wenn tiefes Mahlen erzeugt werden soll. Dies geschieht, um eine glatte Außenfläche in den gebohrten Gebieten zu erhalten, da die Brennposition der Linse relativ zu der Fläche sich verschieben wird, wenn die Tiefe der Fläche sich weg von der Linse in den gemahlten Gebieten bewegt. Wenn jedoch die Tiefe bei der Mahloperation innerhalb der Tiefe des Brennpunktes der Linse gehalten werden soll, dann kann das Mahlen vor dem Bohren durchgeführt werden.

[0074] [Fig. 7](#) ist eine vergrößerte Photographie eines gelochten Films, der auf dem Trägerelement der [Fig. 6A](#) gemäß dieser Erfindung erzeugt worden ist. Der Film hat getrennte gelochte angehobene Bereiche **57**, die den angehobenen Bereichen **54** der [Fig. 6A](#) entsprechen. Der Film hat auch getrennte unterschiedliche abgesenkte gelochte Bereiche **58**, welche den abgesenkten Bereichen **55** der [Fig. 6A](#) entsprechen. Dies liefert den Eindruck eines geprägten gelochten Films.

[0075] Obwohl die zweistufige Arbeitsweise des Rasterabstast-Laserbohrens und dann des Rasterabstast-Lasermahlens eines Werkstückes beschrieben worden ist, indem eine einfache auf dem Umfang durchgeführte Mahloperation durchgeführt wird, ist der Lasermahlprozeß in keiner Weise auf das traditionelle Mahlen oder Drehmaschinenprozesse beschränkt. Die [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zeigen zusätzliche Muster, die in die Oberfläche eines Werkstückes, das durch Rasterabstastung mit dem Laser gebohrt worden ist, mittels Rasterabstastung durch Laser gemahlen werden können. Dieses Verfahren kann unterschiedliche Muster hervorbringen, die nur sehr schwierig, wenn nicht unmöglich, unter Verwendung herkömmlicher Bearbeitungstechniken erzeugt werden können.

[0076] Ein weiter bevorzugtes Verfahren zum Herstellen einheitlicher laserskulpturierter dreidimensionaler topographischer Trägerelemente dieser Erfindung geschieht durch Lasermodulation. Lasermodulation wird durchgeführt, indem die Laserleistung auf einer Basis Pixel um Pixel variiert wird. Bei der Lasermodulation werden die einfachen Ein- oder Aus-Befehle des Rasterabstastbohrens oder Rasterabstastmahlens durch Befehle ersetzt, die die Laserleistung auf Ein oder Aus oder einen dazwischenliegenden Wert für jeden einzelnen Pixel der Lasermodulationsdatei einstellen. Auf diese Weise kann eine dreidimensionale Topographie auf die Außenfläche eines Werkstückes bei einem einzelnen Durchlauf des Lasers über das Werkstück gegeben werden.

[0077] Lasermodulation hat mehrere Vorteile gegenüber weiteren Verfahren des Herstellens eines dreidimensionalen topographischen Trägerelementes. Lasermodulation erzeugt ein einstückiges nahtloses Trägerelement ohne die Musterfehlanpassungen, die durch das Vorliegen einer Naht hervorgerufen werden. Bei der Lasermodulation wird das Trägerelement in einem einzelnen Arbeitsgang anstelle mehrerer Arbeitsgänge beendet, was somit den Wirkungsgrad vergrößert und Kosten absenkt. Lasermodulation schaltet Probleme mit der Ausrichtung von Mustern aus, was bei einer Operation mit vielen aufeinanderfolgenden Schritten ein Problem sein kann. Lasermodulation erlaubt auch das Erzeugen topographischer Merkmale mit komplexen Geometrien über eine wesentliche Entfernung. Indem die Befehle an den Laser geändert werden, kann die Tiefe und Form eines Merkmals präzise gesteuert werden, und Merkmale, die im Querschnitt kontinuierlich variieren, können gebildet werden.

[0078] Lasermodulation schaltet auch Musterfehlanpassungen aus, die sich aus thermischer Verzerrung ergeben. Bei den kombinierten Arbeitsgängen des Laserbohrens und Lasermahlens, wenn die Größe an Laserleistung, wie sie durch den Prozentanteil der Bearbeitungszeit, zu der der Laser einge-

schaltet ist, gemessen wird, während des Laserbohrens nicht an die Größe an Laserleistung während des Lasermahlens angepaßt ist, dann wird jeder Arbeitsgang unter einem unterschiedlichen Satz thermischer Bedingungen durchgeführt. Dies führt zu einem Werkstück, das bei unterschiedlichen Temperaturen bearbeitet wird. Der Unterschied in der thermischen Ausdehnung bei den unterschiedlichen Temperaturen in jedem Arbeitsgang kann dazu führen, daß die beiden Muster nicht zueinander passen. Das Unvermögen, die unterschiedlichen Arbeitsgänge auszurichten, begrenzt die Form und Komplexität der Muster, die bearbeitet werden können. Diese thermisch induzierte Fehlanpassung der Muster tritt bei Lasermodulation nicht auf, da das Bearbeiten eines Werkstückes in einem einzigen Schritt abgeschlossen wird.

**[0079]** Mit Bezug wieder auf [Fig. 3](#) kann während der Lasermodulation der Hauptcomputer **42** Befehle, in einem anderen als einem einfachen „Ein“- oder „Aus“-Format an den Laser **37** schicken. Zum Beispiel kann die einfache binäre Datei durch ein 8 Bit (Byte)-Format ersetzt werden, was eine Variation von 256 möglichen Pegeln in der Leistung, die von dem Laser emittiert wird, erlaubt. Wenn ein Byte-Format verwendet wird, befiehlt der Befehl „11111111“ dem Laser, abzuschalten, „00000000“ befiehlt dem Laser, volle Leistung auszusenden, und ein Befehl so wie „10000000“ befiehlt dem Laser, eine Hälfte der gesamten verfügbaren Laserleistung auszusenden.

**[0080]** Eine Lasermodulationsdatei kann auf vielen Wegen erzeugt werden. Ein solches Verfahren ist es, die Datei graphisch aufzubauen, wobei ein Grauskalencomputerbild mit 256 Grauwerten benutzt wird. Bei einem solchen Grauskalenbild kann Schwarz volle Leistung darstellen und Weiß kann leistungslos darstellen, mit den variierenden Werten von Grau dazwischen, welche dazwischen liegende Leistungspiegel darstellen. Eine Anzahl von Computergraphikprogrammen kann benutzt werden, um eine solche Lasermodulationsdatei zu visualisieren oder zu erzeugen. Wenn man solch eine Datei benutzt, wird die Leistung, die von dem Laser ausgesendet wird, auf einer Basis Pixel um Pixel moduliert und kann somit direkt ein dreidimensionales topographisches Trägerelement skulpturieren. Obwohl hier ein Byte-Format mit 8 Bit beschrieben ist, können andere Werte, so wie 4 Bit, 16 Bit, 24 oder weitere Formate, substituiert werden.

**[0081]** Ein geeigneter Laser zum Einsatz bei einem Lasermodulationssystem für die Laserskulpturierung ist ein Fast Flow-CO<sub>2</sub>-Laser mit einer Leistungsabgabe von 2500 Watt, obwohl ein Laser mit geringerer Leistungsabgabe eingesetzt werden könnte. Ein Hauptanliegen ist es, daß der Laser in der Lage sein muß, Leistungspegel so schnell wie möglich zu schalten. Eine bevorzugte Schaltrate ist wenigstens

10 kHz, und sogar weiter bevorzugt ist eine Rate von 20 kHz. Die hohe Leistungsschaltrate wird benötigt, um es möglich zu machen, daß so viele Pixel pro Sekunde wie möglich bearbeitet werden, wobei ein stabiler Laserstrahl mit konsistenter Leistung aufrechterhalten wird.

**[0082]** [Fig. 10](#) zeigt eine graphische Darstellung einer Lasermodulationsdatei, um ein Trägerelement zu erzeugen, indem Lasermodulation eingesetzt wird. Wie bei der Laserbohrdatei der [Fig. 5](#) stellt jeder Pixel eine Position auf der Oberfläche des Werkstücks dar. Jede Zeile aus Pixeln stellt eine Position in der axialen Richtung des Werkstückes, das skulpturiert werden soll, dar. Jede Spalte von Pixeln stellt eine Position in der Umfangsposition des Werkstücks dar. Anders als bei der Datei der [Fig. 5](#) jedoch ist jeder der Laserbefehle, die durch die Pixel dargestellt werden, kein binärer Befehl mehr, sondern ist durch einen 8 Bit- oder Grauskalenbefehl ersetzt worden. Das heißt, jeder Pixel hat einen 8 Bit-Wert, der sich in einen bestimmten Laserleistungswert übersetzt.

**[0083]** Die Lasermodulationsdatei der [Fig. 10](#) zeigt eine Anzahl von neun blattartigen Strukturen **59**, die in Weiß gezeigt sind. Die Blätter sind eine Anzahl weißer Pixel und sind Befehle für den Laser ausgeschaltet zu sein und keine Leistung auszusenden. Blätter dieser Formen würden daher die oberste Fläche des Trägerelementes bilden, nachdem das Muster in dieses skulpturiert worden ist. Jede Blattstruktur enthält eine Anzahl von sechs Löchern **60**, die durch die stabartigen Strukturen der Blätter definiert sind und sich durch die Dicke des Werkstückes erstrecken. Die Löcher **60** bestehen aus einer Fläche aus schwarzen Pixeln, die Befehle für den Laser sind, volle Leistung zu emittieren und somit durch das Werkstück zu bohren. Die Blätter sind diskrete Makromerkmale, d.h. aus sich selbst bilden sie keine kontinuierliche planare Struktur, da kein Blatt mit irgendeinem anderen Blatt verbunden ist. Das Hintergrundmuster dieser Struktur besteht aus einem eng gepackten gestapelten Muster hexagonaler schwarzer Flächen **61**, die auch Befehle für den Laser sind, volle Leistung auszusenden und ein Loch durch das Werkstück zu bohren. Der Bereich **62**, welcher Löcher **61** definiert, befindet sich auf einem Laserleistungspegel, der weder vollständig ein noch vollständig aus ist. Dies erzeugt eine zweite planare Fläche, die unterhalb der obersten Fläche des Werkstückes liegt, wie sie durch die Aus-Befehle der weißen Flächen der Blätter definiert ist.

**[0084]** [Fig. 11](#) ist eine photomikrographische Darstellung der Außenfläche eines laserskulpturierten dreidimensionalen einheitlichen topographischen Trägerelements, das durch Lasermodulation erzeugt worden ist, wobei die Lasermodulationsdatei benutzt wurde, die in [Fig. 10](#) veranschaulicht ist. [Fig. 11A](#) ist eine Querschnittsansicht des Trägerelementes der



**Fig. 11.** Die Bereiche **59'** der **Fig. 11** und **59''** der **Fig. 11A** entsprechen dem Blatt **59** der **Fig. 10**. Die weißen Pixelbefehle von Flächen **59** der **Fig. 10** haben dazu geführt, daß der Laser während der Bearbeitung dieser Pixel keine Leistung aussendet. Die obere Fläche der Blätter **59'** und **59''** entsprechen der Originaloberfläche des Werkstücks. Löcher **60'** in **Fig. 11** entsprechen den Flächen **60** schwarzer Pixel der **Fig. 10**, und beim Bearbeiten dieser Pixel sendet der Laser volle Leistung aus, was somit Löcher vollständig durch das Werkstück schneidet. Der Hintergrundbereich **62'** der **Fig. 11** und **62''** der **Fig. 11A** entspricht der Pixelfläche des Bereichs **62** der **Fig. 10**, wobei der Laser Teilleistung aussendet. Dies erzeugt eine Fläche in dem Trägerelement, die niedriger ist als die ursprüngliche Oberfläche des Werkstückes und die somit niedriger liegt als die obere Fläche der Blätter. Demgemäß sind die einzelnen Blätter diskrete Makromerkmale, miteinander unverbunden mit einer Größenordnung, daß sie leicht für das normale nackte Auge in einer Entfernung von ungefähr **12 Zoll** erkennbar sind.

**[0085]** **Fig. 12** und **Fig. 12A** sind photomikrographische Darstellungen eines gelochten Films, der auf dem Trägerelement der **Fig. 11** und **Fig. 11A** hergestellt worden ist. Der gelochte Film hat angehobene gelochte blattförmige Bereiche **76** und **76'**, die den Blättern **59'** und **59''** des Trägerelementes der **Fig. 11** und **Fig. 11A** entsprechen. Jedes der Blätter ist diskret, das heißt von all den anderen Blättern getrennt. Die Ebene, die durch die obersten Flächen aller blattförmigen Bereiche **76** und **76'** definiert ist, ist die oberste Fläche einer Vielzahl nicht miteinander verbundener Makromerkmale. Die Hintergrundbereiche **77** und **77'** definieren einen Bereich, der im Film in einer geringeren Tiefe liegt als die blattförmigen Bereiche. Dies gibt den visuellen Eindruck, daß die Blätter in den Film geprägt sind.

**[0086]** Die dreidimensionalen Geometrien der Laserskulpturierten Trägerelemente der **Fig. 6**, **Fig. 6A**, **Fig. 6B**, **Fig. 11** und **Fig. 11A** sind einfache Geometrien. Das heißt, aufeinanderfolgende Querschnitte, parallel zu der obersten Fläche des Trägerelementes, sind im wesentlichen dieselbe für eine beträchtliche Tiefe durch die Dicke des Trägerelementes. Zum Beispiel, mit Bezug auf die **Fig. 6** und **Fig. 6A** sind aufeinanderfolgende Querschnitte dieses Trägerelementes parallel zu der Oberfläche des Trägerelementes im wesentlichen dieselben für die Tiefe der Nut **55** und **55'** und sind dann wiederum im wesentlichen dieselben von der geringsten Tiefe der Nut durch die Dicke des Trägerelementes. In ähnlicher Weise sind Querschnitte des Trägerelementes der **Fig. 11** und **Fig. 11A** im wesentlichen dieselben für die Blätter und sind im wesentlichen dieselbe für die Basis der Blätter durch die Dicke des Trägerelementes.

**[0087]** **Fig. 13** ist eine graphische Darstellung einer weiteren Lasermodulationsdatei zum Erzeugen eines Laserskulpturierten Trägerelementes, wobei Lasermodulation eingesetzt wird. Die Datei enthält ein zentrales florales Element **78** und vier Elemente **79**, von denen jedes ein Viertel eines floralen Elementes **78** bildet, die sich kombinieren, wenn die Datei während des Laserskulpturierens wiederholt wird. **Fig. 13A** ist eine dreifache Wiederholung von drei wiederholten graphischen Darstellungen des sich ergebenden Musters, wenn die Datei der **Fig. 13** wiederholt wird.

**[0088]** **Fig. 14** ist eine vergrößerte Ansicht der Fläche A der **Fig. 13**. Der graue Bereich **80** stellt einen Bereich von Pixeln dar, welche dem Laser befehlen, Teilleistung auszusenden. Dies erzeugt eine planare Fläche unterhalb der Oberfläche des Werkstückes. Enthalten in dem grauen Bereich **80** ist eine Anzahl schwarzer Flächen **81**, die Pixel sind, welche dem Laser befehlen, volle Leistung auszusenden und eine Anzahl hexagonal geformter Löcher durch die Dicke des Werkstückes zu bohren. Zentral in der **Fig. 14** ist das florale Element, das dem floralen Element **78** der **Fig. 13** entspricht. Das florale Element besteht aus einem mittleren Bereich **83** und sechs blütenblattförmigen Bereichen **82**, die wiederum Befehle für den Laser darstellen, volle Leistung auszusenden und ein Loch durch die Dicke des Werkstückes zu bohren. Die Außenkante des mittleren Bereiches **83** wird durch den Bereich **84** definiert. Die Außenkante der Blütenblattbereiche **82** wird durch den Bereich **84'** definiert. Die Bereiche **84** und **84'** stellen eine Anzahl von Befehlen für den Laser dar, die ausgesendete Leistung zu modulieren. Der mittlere schwarze Bereich **83** und sein Außenkantenbereich **84** sind mit dem Bereich **84'** durch den Bereich **85** verbunden, welcher Befehle für den Laser darstellt, denselben Leistungspegel wie die Hintergrundfläche des Graubereiches **80** auszusenden.

**[0089]** **Fig. 15** ist eine vergrößerte graphische Darstellung des Teiles B des Bereiches **84** der **Fig. 14**, welcher den Außenumriß des mittleren Bereiches **83** der **Fig. 14** bildet. Der Teil B enthält eine einzelne Zeile weißer Pixel **86**, die dem Laser befehlen, abzuschalten. Dies definiert einen Teil der obersten Fläche des Trägerelementes, der nach der Verarbeitung verbleibt. Die Zeilen der Pixel **87** und **87'** befehlen dem Laser, Teilleistung auszusenden. Die Zeilen **88**, **89**, **90** und **91** und die Zeilen **88'**, **89'**, **90'** und **91'** befehlen dem Laser, nach und nach erhöhte Leistungspegel auszusenden. Die Zeilen **92** und **92'** befehlen dem Laser, den Leistungspegel auszusenden, der auch durch den Bereich **85** der **Fig. 14** dargestellt wird. Die Zeilen **94**, **94'** und **94''** befehlen dem Laser, volle Leistung auszusenden, und bilden einen Teil des Bereiches **83** der **Fig. 14**.

**[0090]** Wenn jede Spalte der **Fig. 15** bearbeitet wird, sendet der Laser die Teilleistung aus, die durch

die Zeilen **92** und **92'** dargestellt wird. Die Zeilen **91**, **90**, **89**, **88** und **87** befehlen dem Laser, nach und nach die ausgesendete Leistung zu verringern, bis die Zeile **86** bearbeitet ist und dem Laser befohlen wird, keine Leistung auszusenden. Die Zeilen **87'**, **88'**, **89'**, **90'** und **91'** befehlen dann dem Laser, wiederum nach und nach die ausgesendete Leistung zu erhöhen. Die Zeilen **94**, **94'** und **94''** befehlen dem Laser, wiederum volle Leistung auszusenden, um das Bohren durch das Werkstück zu beginnen. Dies führt zu der Erzeugung eines unverbundenen Makromerkmals, welches von der Hintergrundebene des Bereiches **85** zu der Oberfläche des Werkstückes ansteigt und dann zurück zu der Lochfläche abfällt, was somit eine gerundete Form erzeugt.

**[0091]** Abhängig von der Größe der Pixel, wie es während der Bearbeitung definiert ist, und der Variation in der ausgesendeten Laserleistung für jede Zeile können die Größe und Form des sich ergebenden laserskulpturierten Merkmals geändert werden. Zum Beispiel, wenn die Variation im Leistungspegel für jede Zeile Pixel klein ist, dann wird eine relativ flache abgerundete Form erzeugt; umgekehrt, wenn die Variation im Leistungspegel für jede Zeile aus Pixeln größer ist, dann wird eine tiefe steile Form mit einem mehr dreieckförmigen Querschnitt erzeugt. Die Änderungen in der Pixelgröße beeinflussen auch die Geometrie der erzeugten Merkmale. Wenn die Pixelgröße kleiner ist als der tatsächliche Durchmesser des ausgesendeten fokussierten Laserstrahls, dann werden glatte gemischte Formen erzeugt.

**[0092]** [Fig. 16](#) ist eine photomikrographische Darstellung des laserskulpturierten Trägerelementes, das sich aus der Bearbeitung der Datei der [Fig. 13](#) durch Lasermodulation ergibt. Die photomikrographische Darstellung zeigt ein angehobenes florales Element **95**, welches dem floralen Element **78** der [Fig. 13](#) und dem floralen Element der [Fig. 14](#) entspricht. Die photomikrographische Darstellung zeigt auch Teile des zusätzlichen floralen Elementes **95'**. Das angehobene florale Element **95** hat seinen Ursprung in dem planaren Bereich **96**, welcher Löcher **97** enthält. Die floralen Elemente **95** und **95'** sind voneinander getrennt und bilden somit keinen kontinuierlichen planaren Bereich.

**[0093]** [Fig. 17](#) ist eine vergrößerte photomikrographische Darstellung eines Teiles des floralen Elementes **95** der [Fig. 16](#). Das mittlere kreisförmige Element **98** ist die Fläche, die durch die Lasermodulationsbefehle erzeugt wird, welche in dem Bereich **84** der [Fig. 14](#) enthalten sind. Die Elemente **99** sind Teile der Blütenblattelemente des floralen Elements **95** der [Fig. 16](#). Diese Blütenblattelemente werden durch die Pixelbefehle erzeugt, die im Bereich **84'** der [Fig. 14](#) veranschaulicht sind. Diese Elemente zeigen ein Beispiel eines Typs einer komplexen Geometrie, die durch Lasermodulation erzeugt werden kann. Das

mittlere kreisförmige Element hat einen halbkreisförmigen Querschnitt. Das heißt, irgendeine aus einer Anzahl von Querschnittsebenen parallel zu der ursprünglichen Fläche des Werkstückes, d.h. durch die Tiefe des Trägerelementes, wird sich von irgendeiner anderen solcher Querschnittsebenen unterscheiden.

**[0094]** [Fig. 18](#) ist eine photomikrographische Darstellung der oberen Fläche eines Films, der auf dem Trägerelement der [Fig. 16](#) erzeugt worden ist. Der Film hat eine gelochte planare Fläche **100**, welche Löcher **101** enthält, die dem planaren Bereich **96** der [Fig. 16](#) entspricht. Oberhalb der planaren Fläche erstrecken sich florale Flächen **102** und **102'**, die den floralen Elemente **95** bzw. **95'** der [Fig. 14](#) entsprechen. Die floralen Flächen **102** und **102'** verleihen dem sich ergebenden gelochten Film ein geprägtes Aussehen in einem einzigen Arbeitsgang.

**[0095]** Zusätzlich definieren die floralen Flächen zusätzliche größere Löcher **103** und **104**, um die Fluiddurchlaßeigenschaften zu verbessern.

**[0096]** [Fig. 19](#) ist eine Vergrößerung der floralen Fläche **102** der [Fig. 18](#). Die florale Fläche weist das Loch **104** und das umgebende kreisförmige Element **105** auf. Das Element **105** der [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#) hat eine komplexe Geometrie dahingehend, daß es einen halbkreisförmigen Querschnitt hat. Wiederum sind aufeinanderfolgende Querschnitte parallel zu der Oberfläche des Films durch seine Tiefe unterschiedlich.

**[0097]** [Fig. 20](#) zeigt eine graphische Darstellung einer Datei, um ein weiteres Beispiel eines laserskulpturierten Trägerelementes durch Lasermodulation zu erzeugen. [Fig. 20](#) veranschaulicht einen planaren Bereich **108**, der Löcher **109** enthält. Der planare Bereich **108** ist weiß und ist somit ein Bereich, für den dem Laser befohlen wird, keine Leistung auszusenden. Daher weist dieses die obere Fläche des Werkstückes auf. Auch enthalten in dem planaren Bereich ist die abgesenkte kreisförmige Fläche **100** und die Viertelkreisflächen **110'**. Wenn diese Datei wiederholt wird, erzeugt sie eine Oberfläche abgestufter kreisförmiger Flächen, wie es graphisch in [Fig. 21](#) gezeigt ist.

**[0098]** [Fig. 22](#) ist eine vergrößerte Ansicht des Teiles C der [Fig. 20](#), welche den planaren Bereich **108** zeigt, der Löcher **109** und eine abgesenkte kreisförmige Fläche **110** enthält. [Fig. 22](#) zeigt auch ein florales Element, das ein mittleres kreisförmiges Loch **111** und sechs blütenblattförmige Löcher **115** aufweist. Das zentrale kreisförmige Loch **111** ist durch den Bereich **112** definiert, und die blütenblattförmigen Löcher sind durch die Bereiche **114** definiert. Der Bereich **113** verbindet die Bereiche **112** und **114**.

**[0099]** [Fig. 23](#) ist eine graphische Darstellung eines

Teiles der Laserbefehle, die in Teil D der [Fig. 22](#) gezeigt sind. Die Zeile **122** ist eine Darstellung einer Anzahl von Befehlen für den Laser, Teilleistung auszusenden und somit den abgesenkten Bereich **113** zu bilden. Die Zeile **123** befiehlt dem Laser, volle Leistung auszusenden, somit durch das Werkstück zu bohren und ein Loch **111** zu erzeugen. Die Zeile **116** befiehlt dem Laser, Teilleistung auszusenden und den obersten Teil der Bereiche **112** und **114** zu erzeugen, der noch unterhalb der obersten Fläche des Werkstückes liegt. Die Zeilen **117**, **118**, **119**, **120** und **121** und die Zeilen **117'**, **118'**, **119'**, **120'** und **121'** sind Befehle für den Laser, sich nach und nach ändernde Leistungspegel auszusenden. Somit, wenn eine Spalte der Datei ausgeführt wird, wird der Laser den Leistungspegel aussenden, der in Zeile **122** dargestellt ist, wird dann nach und nach die Leistung absenken, die für die Zeilen **121**, **120**, **119**, **118** und **117** ausgesendet wird, bis die Leistung einen minimalen Leistungspegel bei Zeile **116** erreicht. Die ausgesendete Laserleistung wird dann für die Zeilen **117'**, **118'**, **119'**, **120'** und **121'** nach und nach zunehmen. Schließlich wird der Laser die volle Leistung in Zeile **123** aussenden.

**[0100]** [Fig. 24](#) ist eine photomikrographische Darstellung eines laserskulpturierten Trägerelementes, das durch die Datei erzeugt wird, welches in [Fig. 21](#) dargestellt ist. Das sich ergebende Trägerelement hat einen planaren Bereich **124**, welcher die oberste Fläche des Werkstückes und Löcher **125** aufweist. Das Trägerelement hat abgesenkte Bereiche **126**, die dem Bereich **110** der [Fig. 21](#) entsprechen. Jeder abgesenkte Bereich **126** enthält auch ein florales Element **127**, wie in [Fig. 22](#) gezeigt. Die floralen Elemente sind mit dem planaren Bereich **124** durch eine wesentliche Dicke des Trägerelementes nicht verbunden und definieren somit ein unverbundenes Makromerkmal auf der Oberfläche des Trägerelementes.

**[0101]** [Fig. 25](#) ist eine photomikrographische Darstellung der oberen Fläche eines Films, der auf dem Trägerelement der [Fig. 24](#) erzeugt worden ist. Der Film hat einen planaren Bereich **131**, welcher Löcher **132** enthält, die dem Bereich **124** der [Fig. 24](#) entsprechen. Abgesenkte Bereiche **133** entsprechen abgesenkten Bereichen **126** des Trägerelementes der [Fig. 24](#) und enthalten florale Elemente **134**.

**[0102]** Nach dem Beenden des Laserskulpturierens des Werkstückes kann es für den Einsatz als ein Trägerelement zu der Struktur zusammengesetzt werden, die in [Fig. 26](#) gezeigt ist. Zwei Endkappen **135** werden auf das Innere des Werkstückes **136** mit der laserskulpturierten Fläche **137** gepaßt. Diese Endkappen können schrumpfgepaßt, druckgepaßt, durch mechanische Mittel so wie Streifen **138** und Schrauben **139**, wie gezeigt, oder durch irgendein anderes mechanisches Mittel befestigt sein. Die Endkappen

bilden ein Verfahren, das Werkstück kreisförmig zu halten, die zusammengesetzte Anordnung anzutreiben und die vollendete Struktur in der lochbildenden Öffnung zu fixieren.

**[0103]** Eine bevorzugte Vorrichtung zum Erzeugen gelochter Filme gemäß der vorliegenden Erfindung ist schematisch in [Fig. 27](#) dargestellt. Wie hier gezeigt ist das Trägerelement eine drehbare Trommel **753**. Bei dieser bestimmten Vorrichtung dreht sich die Trommel in einer Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn. Angeordnet außerhalb der Trommel **753** ist eine Heißluftdüse **759**, die so angeordnet ist, daß sie einen Vorhang heißer Luft zur Verfügung stellt, der direkt auf den Film auftrifft, welcher von dem laserskulpturierten Trägerelement gehalten wird. Mittel sind vorgesehen, um die Heißluftdüse **759** zurückzuziehen, um ein übermäßiges Erhitzen des Films zu vermeiden, wenn er angehalten wird oder sich bei geringer Geschwindigkeit bewegt. Ein Gebläse **757** und eine Heizeinrichtung **758** arbeiten zusammen, um heiße Luft an die Düse **759** zu liefern. Positioniert innerhalb der Trommel **753**, direkt gegenüber der Düse **759**, ist der Vakuumkopf **760**. Der Vakuumkopf **760** ist radial einstellbar und so angeordnet, daß er in Kontakt mit der Innenfläche der Trommel **753** ist. Eine Vakuumquelle **761** ist vorgesehen, um kontinuierlich den Vakuumkopf **760** zu entlüften.

**[0104]** Eine Kühlzone **762** ist im Inneren und im Kontakt mit der Innenfläche der Trommel **753** vorgesehen. Die Kühlzone **762** ist mit der Kühlvakuumquelle **763** versehen. In der Kühlzone **762** zieht die Kühlvakuumquelle **763** Umgebungsluft durch die Öffnungen, die in dem Film angebracht sind, um das Muster, das in der Lochbildungszone erzeugt worden ist, zu verfestigen. Die Vakuumquelle **763** stellt auch eine Einrichtung zum Halten des Films an seiner Stelle in der Kühlzone **762** in der Trommel **753** zur Verfügung und bildet Mittel, den Film von den Wirkungen der Spannung, die durch Aufwickeln des Films nach der Lochbildung erzeugt werden, zu isolieren.

**[0105]** Angeordnet oben auf dem laserskulpturierten Trägerelement **753** ist ein dünner kontinuierlicher ununterbrochener Film **751** aus thermoplastischem Polymermaterial. Dieser Film kann dampfdurchlässig oder dampfundurchlässig sein, er kann geprägt oder ungeprägt sein, er kann auf einer oder beiden seiner Hauptflächen coronaentladungsbehandelt sein oder er kann ohne solche Coronaentladungsbehandlung vorliegen. Der Film kann irgendein thermoplastisches Polymermaterial aufweisen, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf Polyolefine, so wie hochdichtes Polyethylen, lineares niedrigdichtes Polyethylen, niedrigdichtes Polyethylen, Polypropylen, Copolymere von Olefinen und Vinylmonomeren, so wie Copolymere von Ethylen und Vinylacetat oder Vinylchlorid; Polyamide, Polyester; Polyvinylalkohol und Copolymere von Olefinen und Acrylatmonomeren, so wie

Copolymeren von Ethylen und Ethylacrylat und Ethylenmethacrylat. Filme, die Mischungen aus zwei oder mehr solcher Polymermaterialien aufweisen, können auch benutzt werden. Die Dicke des Startfilms ist bevorzugt gleichförmig und kann im Bereich von ungefähr 0.5 bis ungefähr 5 mil oder ungefähr 0.0005 Zoll (0.0013 cm) bis ungefähr 0.005 Zoll (0.076 cm) liegen. Coextrudierte Filme können eingesetzt werden, ebenso Filme, die modifiziert worden sind, z.B. durch Behandlung mit einem oberflächenaktiven Mittel. Der Startfilm kann durch irgendeine bekannte Technik hergestellt sein, so wie Gießen, Extrusion oder Blasen.

**[0106]** Es sollte angemerkt werden, daß zusätzlich zu Filmen die vorliegende Erfindung mit ungewebten Materialien durchgeführt werden kann, von denen viele Beispiele in der Technik bekannt sind. Geeignete ungewebte Materialien umfassen ungewebte Textilien, die aus irgendeiner einer Vielfalt von Fasern hergestellt sind. Die Fasern können in der Länge von einem Viertel eines Zolls oder weniger zu einem Zoll und einem halben oder mehr variieren. Es ist bevorzugt, daß wenn kürzere Fasern benutzt werden (einschließlich Holzschliffaser), daß die kurzen Fasern mit längeren Fasern vermischt werden. Die Fasern können irgendwelche der wohlbekannten künstlichen, natürlichen oder synthetischen Fasern sein, so wie Baumwolle, Rayon, Nylon, Polyester, Polyolefin oder dergleichen. Das ungewebte Material kann aus irgendeinem der verschiedenen Techniken gebildet sein, das in der Technik wohlbekannt ist, so wie Kardieren, Luftlegen, Naßlegen, Schmelzblasen, Spunbonding und dergleichen.

**[0107]** Eine Vergrößerung der eingekreisten Fläche der [Fig. 27](#) ist in [Fig. 28](#) gezeigt. Wie bei dieser Ausführungsform gezeigt, hat der Vakuumkopf **760** zwei Vakuumschlitze **764** und **765**, die sich über die Breite des Films erstrecken. Für manche Zwecke jedoch kann es bevorzugt sein, getrennte Vakuumquellen für jeden Vakuumschlitz zu verwenden. Wie in [Fig. 28](#) gezeigt, bildet der Vakuumschlitz **764** eine Niederhaltezzone für den Startfilm, wenn er sich dem Luftmesser **758** nähert. Der Vakuumschlitz **764** ist mit einer Vakuumquelle durch einen Durchlaß **766** verbunden. Dieses verankert den einlaufenden Film **751** sichtbar mit der Trommel **753** und bildet eine Isolation von den Wirkungen der Spannung bei dem einlaufenden Film, die durch das Abwickeln des Filmes induziert werden. Es flacht auch den Film **751** auf der Außenfläche der Trommel **753** ab. Der zweite Vakuumschlitz **765** definiert die Vakuum-Lochbildungszone. Unmittelbar zwischen den Schlitzen **764** und **765** befindet sich die zwischengeschaltete Trägerstange **768**. Der Vakuumkopf **760** ist derart positioniert, daß der Auftreffpunkt des Heißluftvorhangs **767** direkt oberhalb der zwischengeschalteten Trägerstange **768** ist. Die Heißluft wird mit einer ausreichenden Temperatur zur Verfügung gestellt, damit bewirkt wird, daß der Film

aufweicht und durch die Vakuumkraft, die daran angelegt wird, deformiert wird. Die Geometrie der Vorrichtung stellt sicher, daß der Film **751**, wenn er von dem Heißluftvorhang **767** aufgeweicht ist, von den Spannungswirkungen durch den Niederhalteschlitz **764** und die Kühlzone **762** ([Fig. 27](#)) isoliert wird. Die Vakuum-Lochbildungszone **765** befindet sich unmittelbar benachbart dem Heißluftvorhang **767**, der die Zeit minimiert, in der der Film heiß ist und den übermäßigen Wärmeübertrag zum Trägerelement **753** verhindert.

**[0108]** Mit Bezug auf die [Fig. 27](#) und [Fig. 28](#) wird ein dünner flexibler Film **751** von einer Zufuhrwalze **750** über die Leerlaufwalze **752** zugeführt. Die Walze **752** kann an einer Belastungszelle oder einem anderen Mechanismus befestigt sein, um die Zulaufspannung des einlaufenden Films **751** zu steuern. Der Film **751** wird dann in engen Kontakt mit dem Trägerelement **753** gebracht. Der Film und das Trägerelement laufen dann zur Vakuumzone **764**. In der Vakuumzone **764** zwingt der Differentialdruck weiter den Film in engen Kontakt mit dem Trägerelement **753**. Der Vakuumdruck isoliert dann den Film von der Zufuhrspannung. Die Kombination aus Film und Trägerelement läuft dann unter den Heißluftvorhang **767**. Der Heißluftvorgang heizt die Kombination aus Film und Trägerelement, so daß der Film aufweicht.

**[0109]** Die Kombination aus wärmeaufgeweichtem Film und Trägerelement läuft dann in die Vakuumzone **765**, in der der erwärmte Film durch den Differentialdruck deformiert wird und die Topographie des Trägerelementes annimmt. Die erwärmten Filmflächen, die sich über offenen Flächen in dem Trägerelement befinden, werden weiter in die offenen Flächen des Trägerelementes deformiert. Wenn die Wärme und Deformationskraft ausreichend sind, wird der Film über den offenen Flächen des Trägerelementes aufgebrochen, um Öffnungen zu bilden.

**[0110]** Die noch warme Kombination aus gelochtem Film und Trägerelement läuft dann zur Kühlzone **762**. In der Kühlzone wird eine ausreichende Menge an Umgebungsluft durch den nun gelochten Film gezogen, um sowohl den Film als auch das Trägerelement zu kühlen.

**[0111]** Der gekühlte Film wird dann von dem Trägerelement um die Leerlaufwalze **754** entfernt. Die Leerlaufwalze **754** kann an einer Belastungszelle oder einem anderen Mechanismus befestigt sein, um die Wickelspannung zu steuern. Der gelochte Film läuft dann zur Endbearbeitungswalze **756**.

**[0112]** Obwohl das Verfahren zum Bilden eines gelochten Filmes beschrieben worden ist, indem ein Heißluftvorhang als der Mechanismus zum Heizen des Films eingesetzt wird, kann irgendein geeignetes Verfahren, so wie Infrarotheizen, geheizte Walzen



oder dergleichen benutzt werden, um einen gelochten Film zu erzeugen, wobei das laserskulpturierte dreidimensionale topographische Trägerelement dieser Erfindung benutzt wird.

**[0113]** Zum Beispiel kann der Film durch Extrusion unmittelbar bevor er über dem Trägerelement angeordnet wird, hergestellt werden. In diesem Fall bildet das Extrusionssystem ein Filmextrudat, das, abhängig von seiner Temperatur entweder auf eine geeignete Temperatur abgekühlt werden kann, bevor es über dem Trägerelement positioniert wird, oder ohne zwischengeschaltetes Kühlen über dem Trägerelement positioniert werden. Wenn erforderlich kann das Kühlen durch verschiedene Mittel erreicht werden, so wie Kaltluftblasen oder der Einsatz einer abgekühlten Walze. In jedem Fall werden dann das Filmextrudat und die formende Fläche denselben vakuumformenden Kräften ausgesetzt, wie oben beschrieben, ohne die Notwendigkeit, den Film zu erhitzen, um ihn aufzuweichen und ihn deformierbar zu machen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines gelochten dreidimensionalen Filmes, das aufweist:

a) Ausbilden eines dreidimensionalen topografischen Trägerelementes ([Fig. 1](#)), indem ein Laserstrahl (**36**) über die Außenfläche (**1000**) eines Werkstückes (**2**) bewegt wird, wobei die Leistung des Laserstrahles (**36**) moduliert wird, so daß die Außenfläche (**1000**) des Werkstückes (**2**) profiliert wird;

b) Positionieren eines Films über die profilierte Außenfläche (**1000**) des Trägerelementes ([Fig. 1](#)); und

c) Deformieren des Films derart, daß seine Form der Außenfläche (**1000**) des Trägerelementes ([Fig. 1](#)) entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Werkstück gedreht wird, während der Laserstrahl über die Außenfläche des Werkstückes bewegt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem das Profilieren der Außenfläche des Werkstückes eine Vielzahl von Makromerkmalen ausbildet, die von der Außenfläche wenigstens ungefähr 0.127 mm (0.005 Zoll) hervorstehen, wobei die Makromerkmale jeweils eine maximale Abmessung in der Ebene der Außenfläche haben, die größer ist als ungefähr 0.1524 mm (0.006 Zoll).

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Werkstück aus Acetal, einem Acrylharz, einem Urethan, einem Polyester oder einem Polyethylen mit hohem Molekulargewicht hergestellt ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das Werkstück ein nahtloser Hohlzylinder ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

bei dem die Modulation durch eine Steuereinrichtung gesteuert wird, welche die Leistung des Laserstrahles entsprechend einer Anzahl vorbestimmter Befehle einstellt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Steuereinrichtung einen Computer aufweist.

8. Verfahren zur Herstellung eines gelochten dreidimensionalen Filmes mit einer Vielzahl nicht miteinander verbundener Makromerkmale darauf, das aufweist:

a) Positionieren eines Films über eine Außenfläche eines dreidimensionalen topografischen Trägerelementes ([Fig. 1](#)), das durch den Ausbildungsschritt des Anspruchs 1 gebildet ist, wobei die Außenfläche konturiert ist und eine Vielzahl nicht miteinander verbundener Makromerkmale aufweist; und

b) Deformieren des Films derart, daß seine Form der konturierten Fläche des Trägerelementes entspricht.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die nicht miteinander verbundenen Makromerkmale von der Außenfläche des Trägerelementes um wenigstens ungefähr 0.127 mm (0.005 Zoll) hervorstehen und jedes eine maximale Abmessung in der Ebene der Außenfläche hat, die größer ist als 0.152 mm (0.006 Zoll).

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, bei dem die Deformation des Films durch Anlegen eines Vakuums an die Oberfläche des Films vorgenommen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das Trägerelement ein drehbarer Hohlzylinder ist und bei dem das Vakuum von innerhalb des Zylinders angelegt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem der Film vor dem Positionieren des Films über der Außenfläche des Trägerelementes erwärmt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem der Film erwärmt wird, indem ein Strom heißer Luft gegen den Film gerichtet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder Anspruch 13, bei dem der Film gekühlt wird, nachdem er deformiert worden ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem, bevor der Film über die Außenfläche des Trägerelementes positioniert wird, der Film durch Extrusion hergestellt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Film gekühlt, nachdem der Film extrudiert worden ist, jedoch bevor der Film über die Außenfläche des Trä-



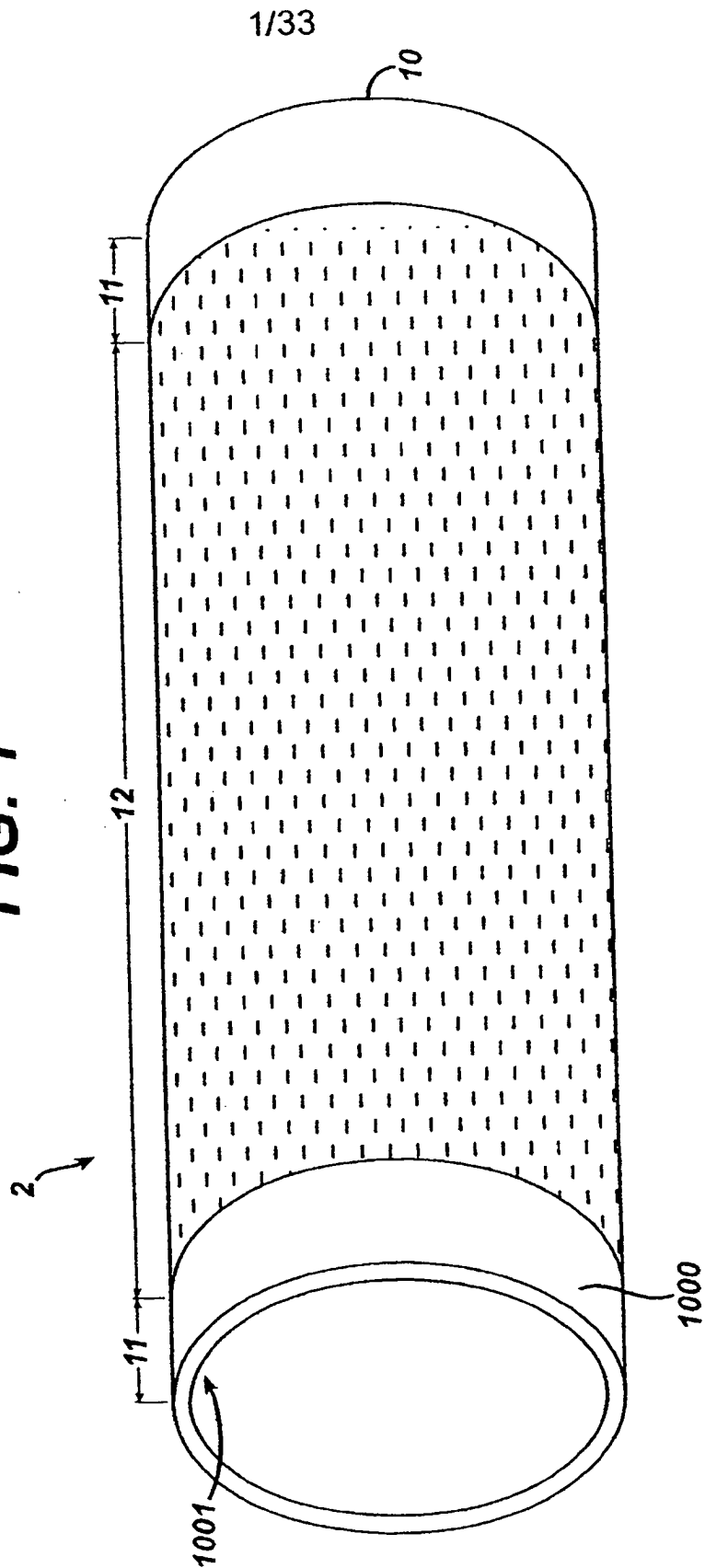
gerelementes positioniert wird.

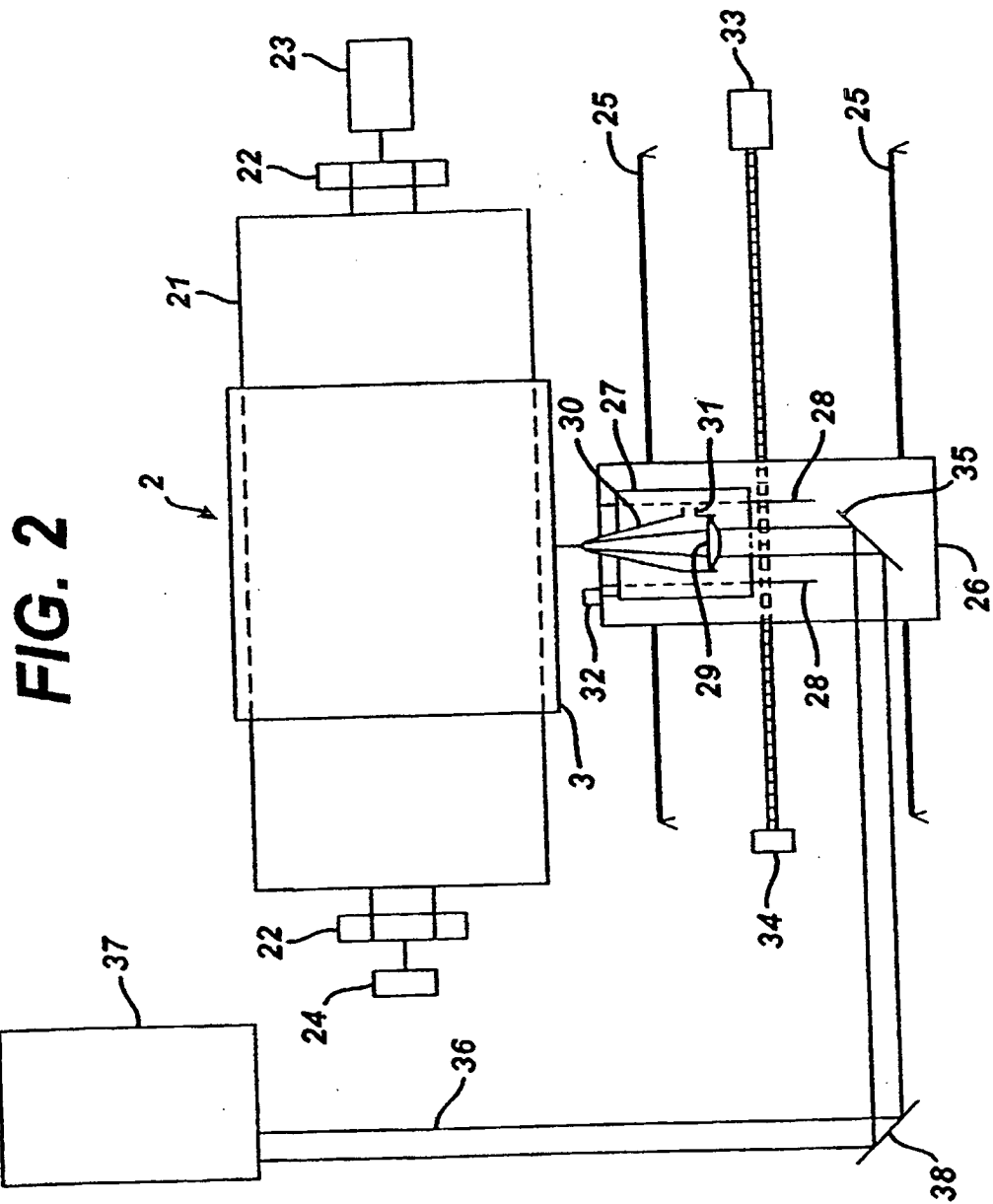
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem der Film ein thermoplastisches Material aufweist.

Es folgen 33 Blatt Zeichnungen

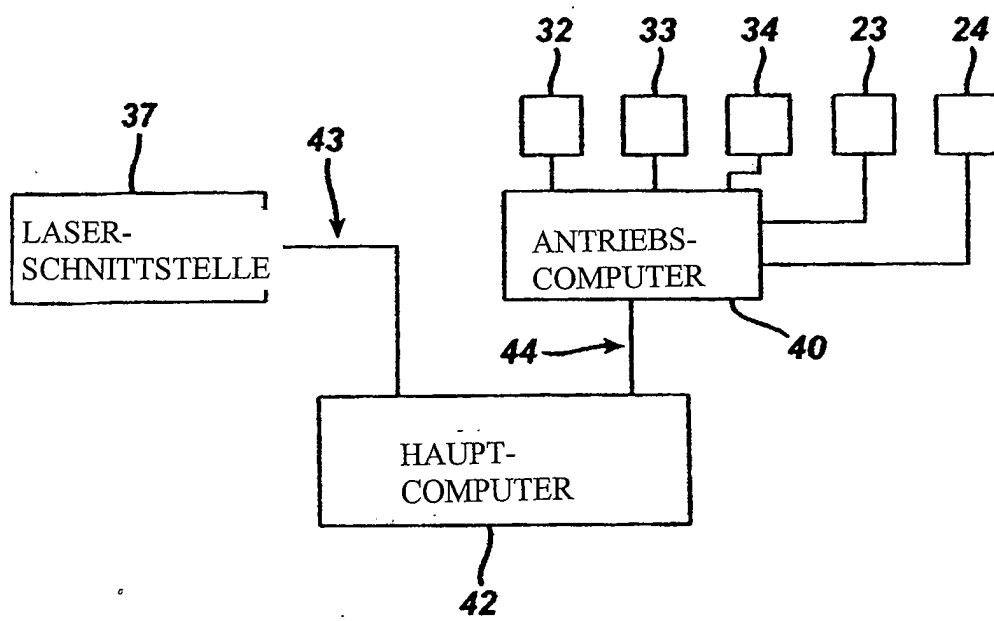
72

FIG. 1

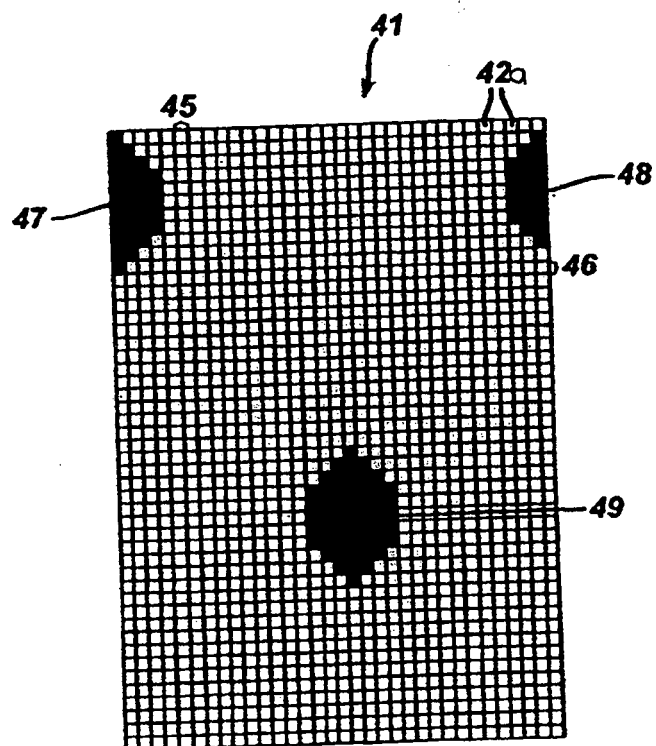




**FIG. 3**

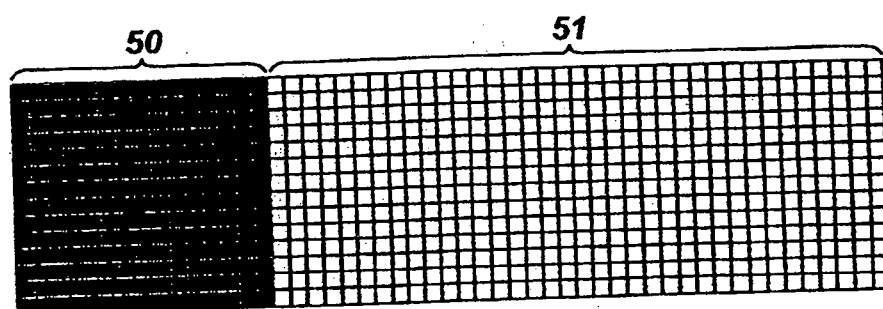


**FIG. 4**

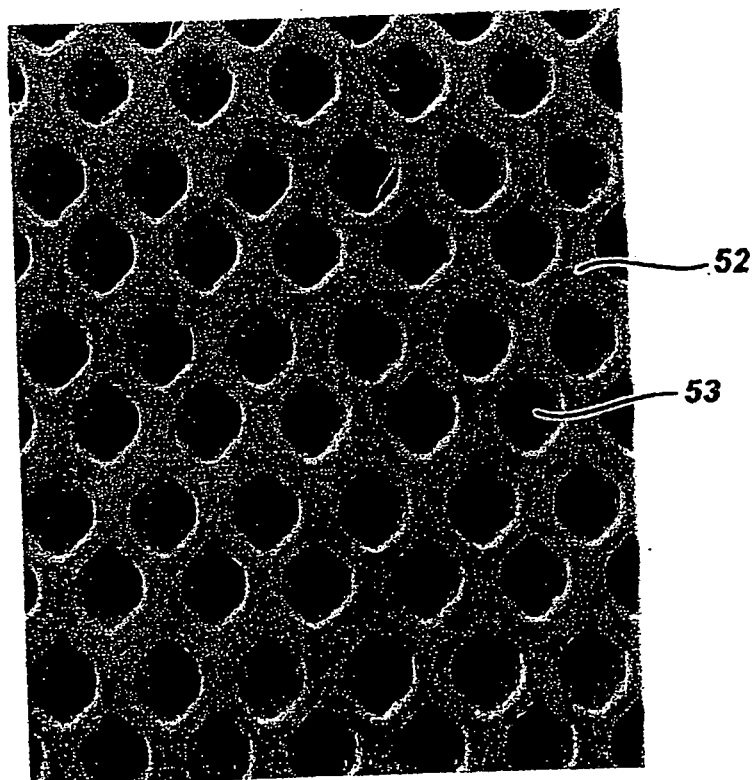




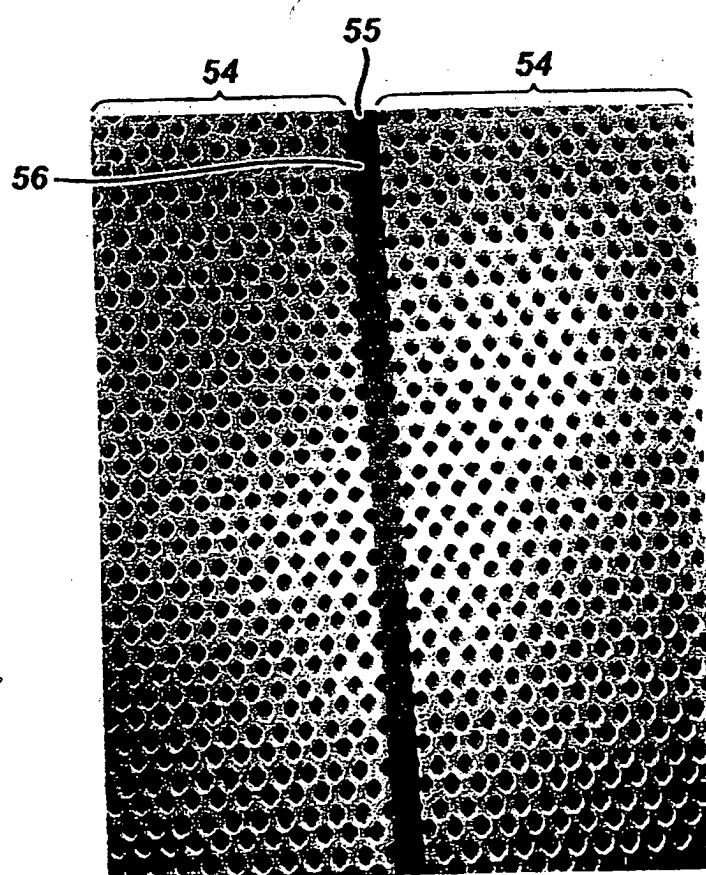
**FIG. 5**



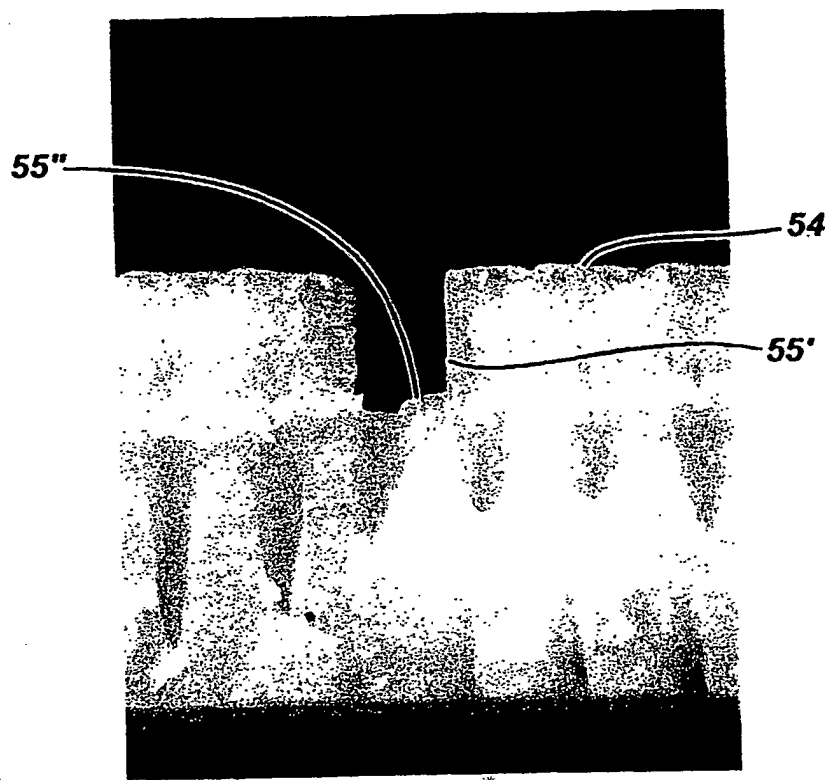
**FIG. 6**



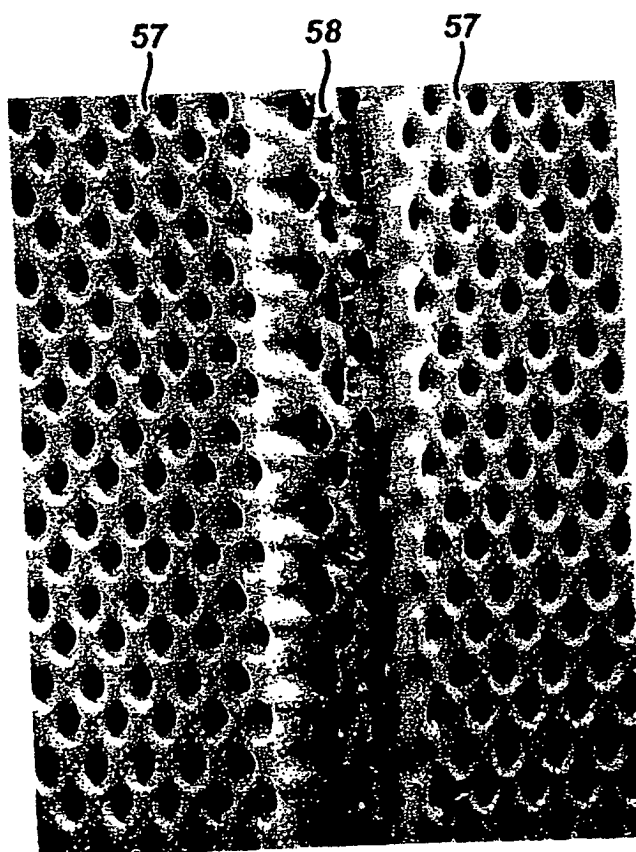
**FIG. 6A**



**FIG. 6B**

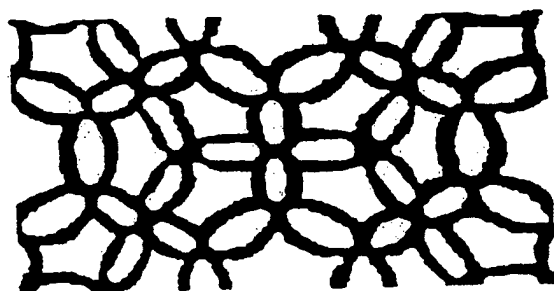


**FIG. 7**





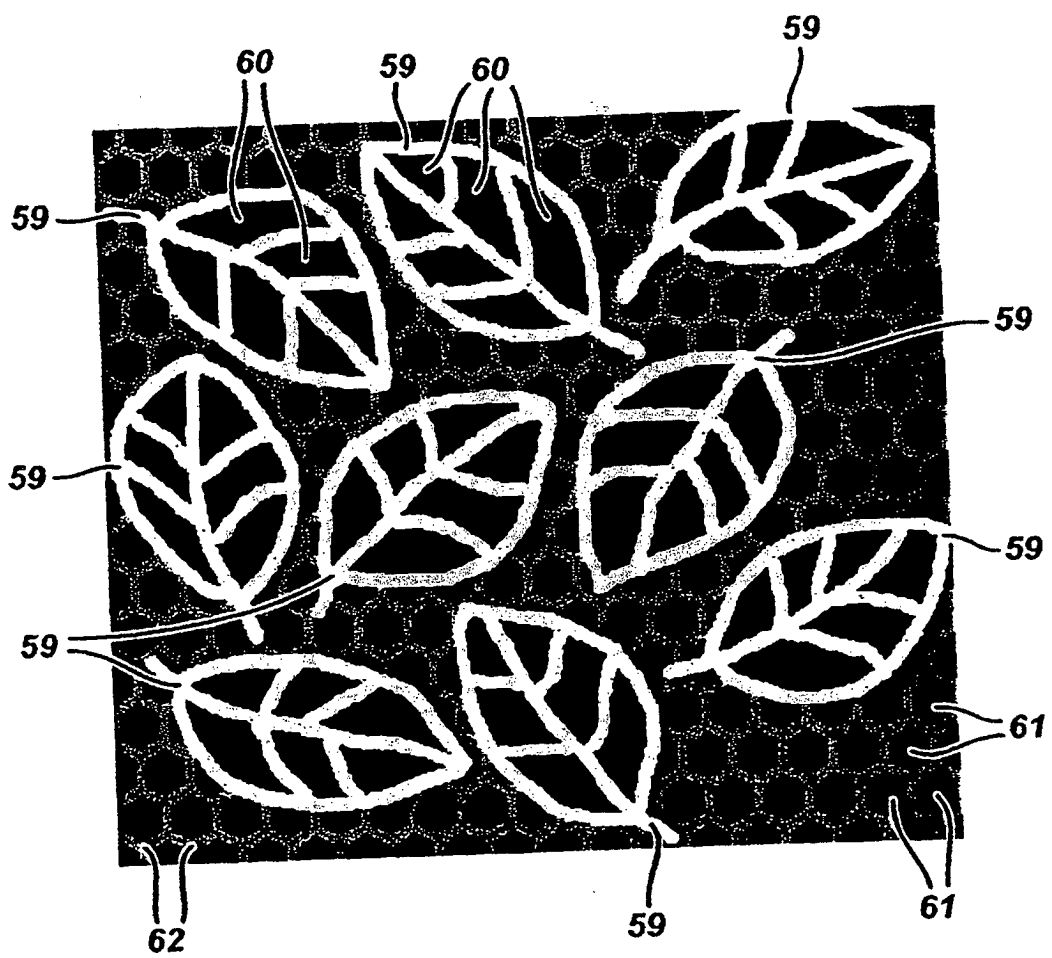
***FIG. 8***



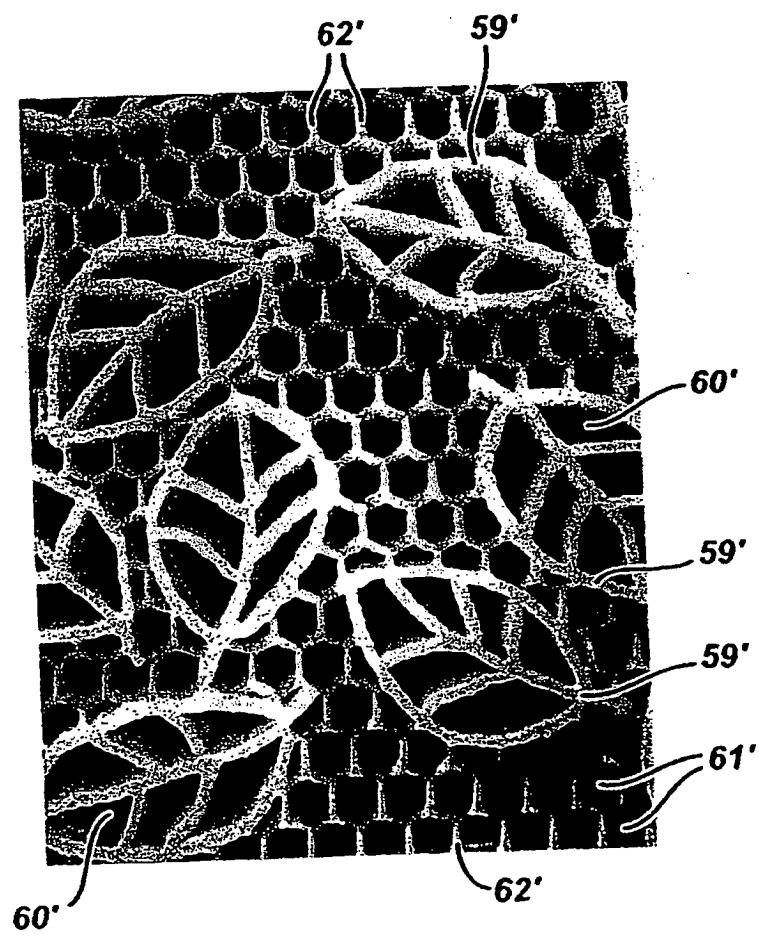
**FIG. 9**



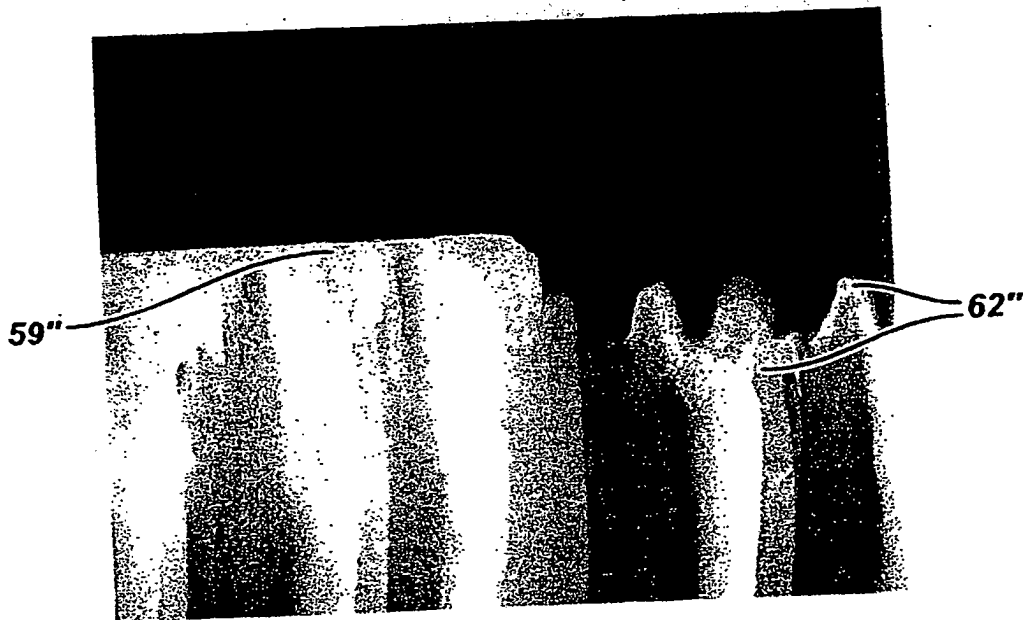
**FIG. 10**



**FIG. 11**

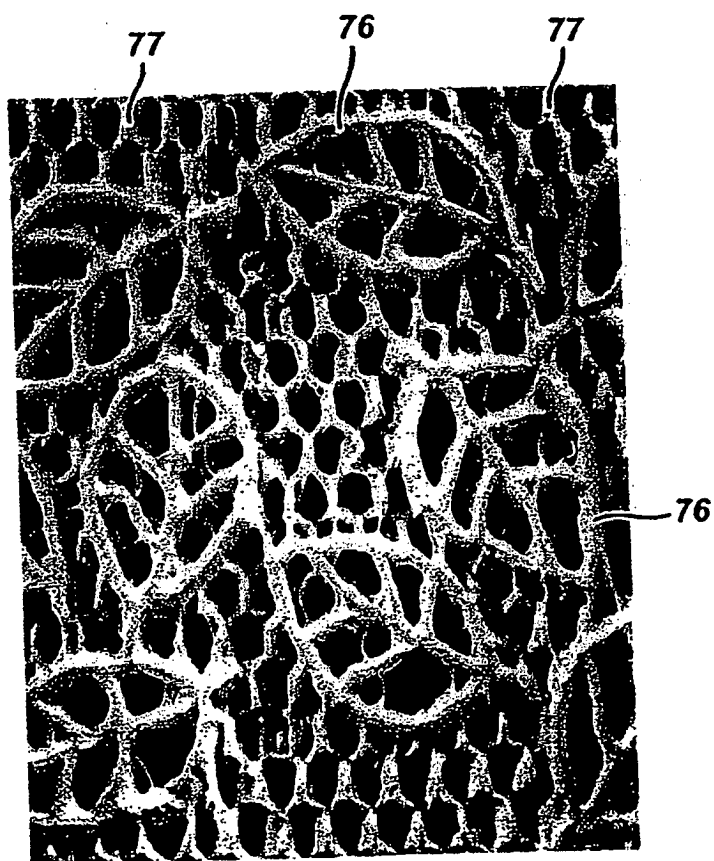


**FIG. 11A**

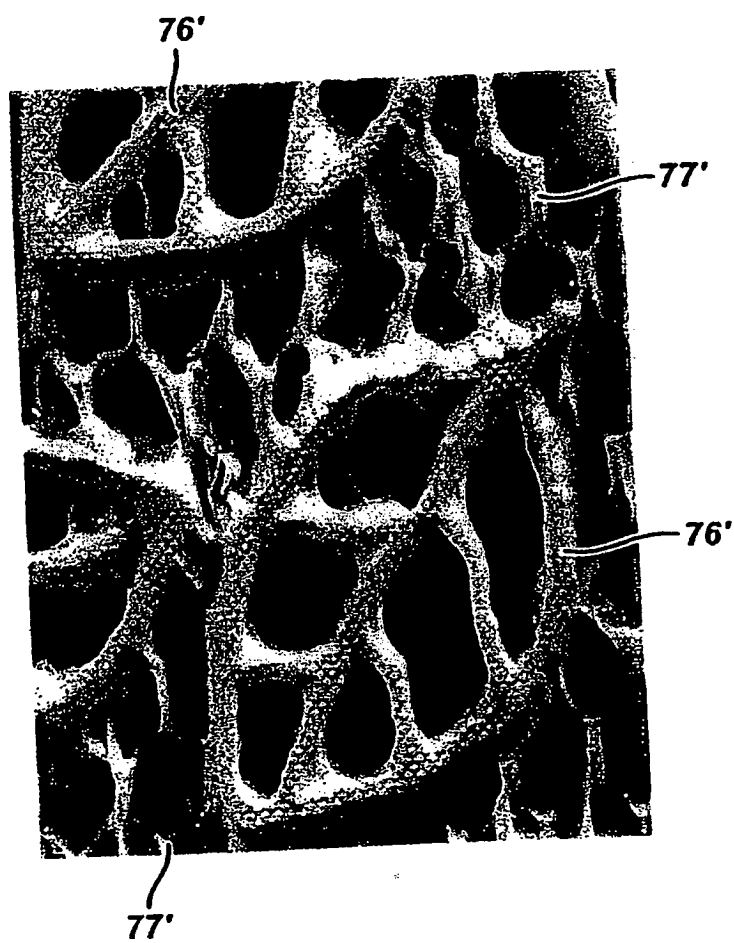




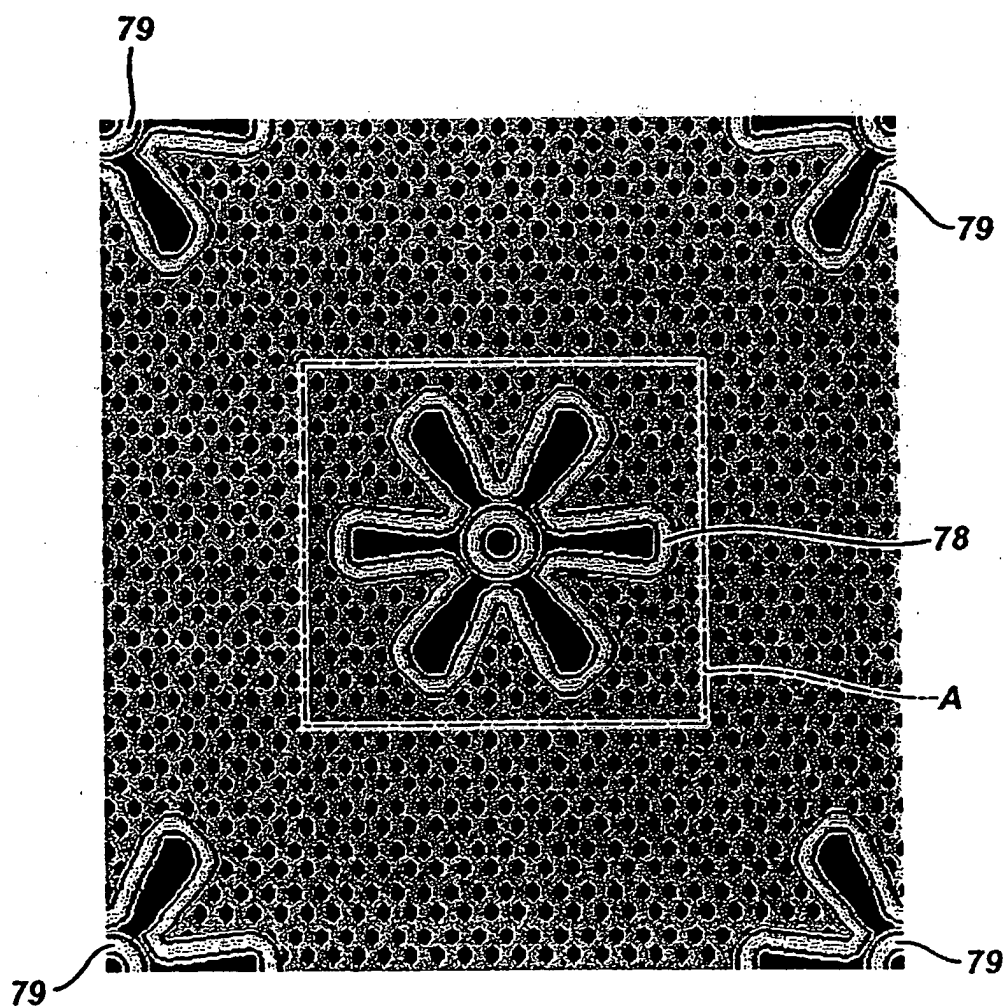
**FIG. 12**



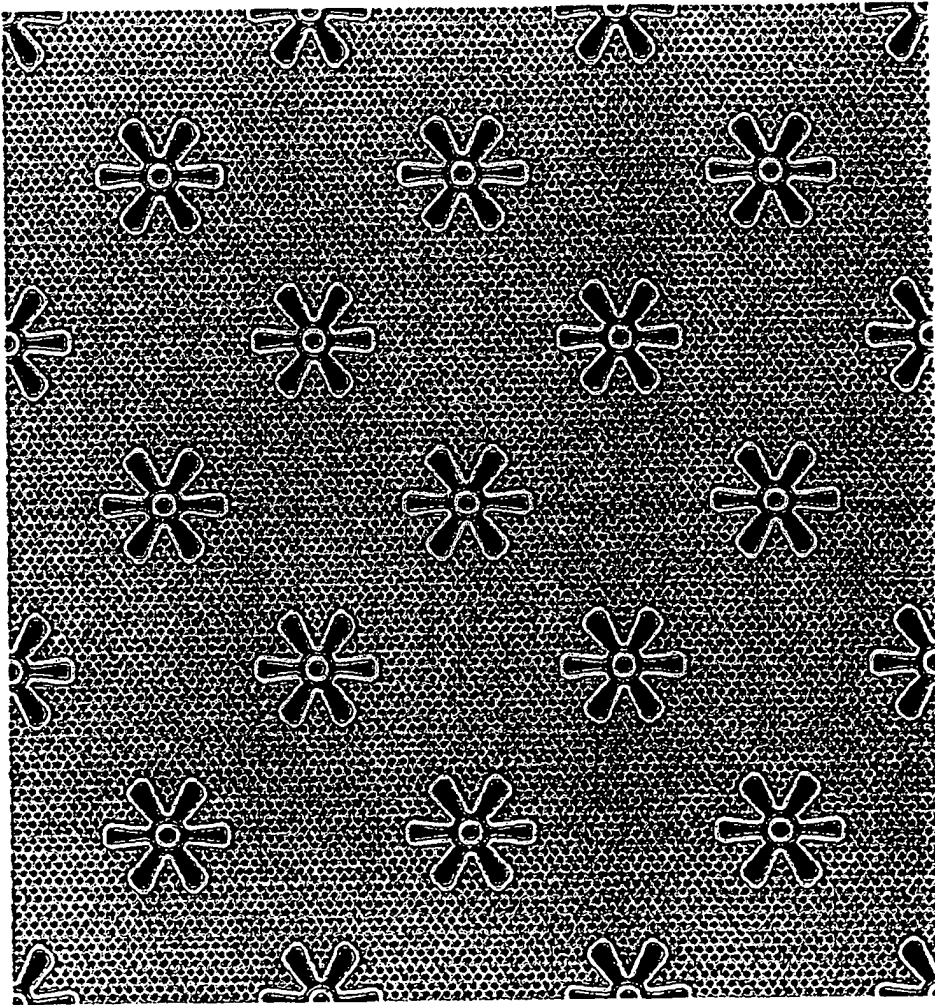
**FIG. 12A**



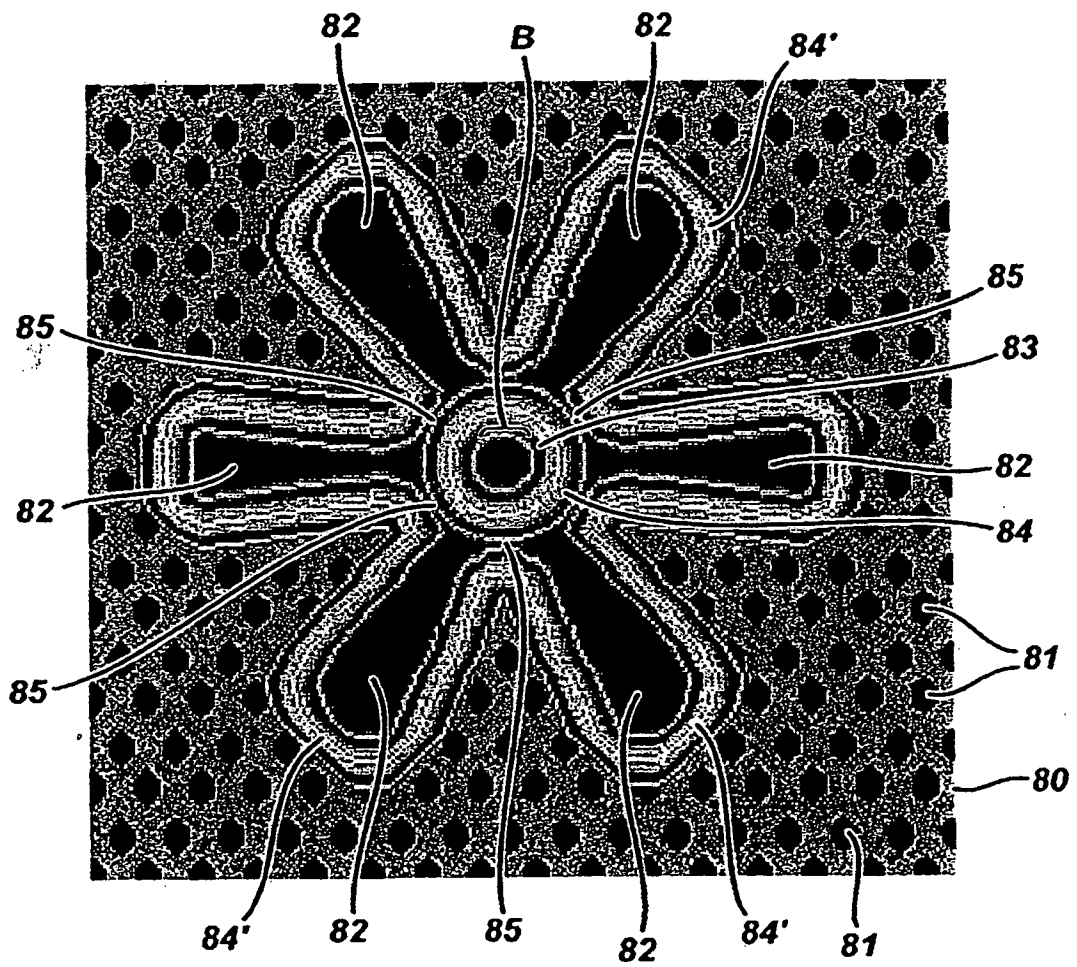
**FIG. 13**



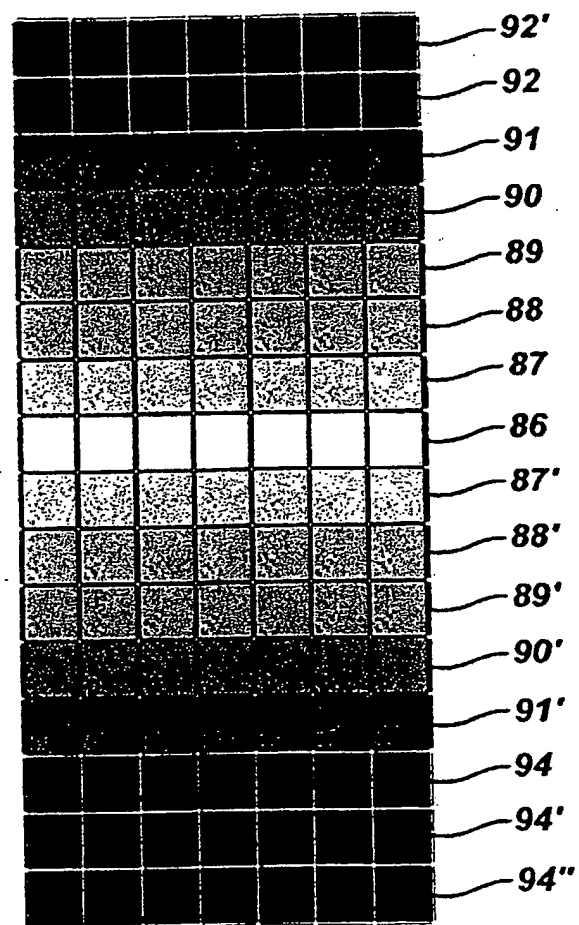
**FIG. 13A**



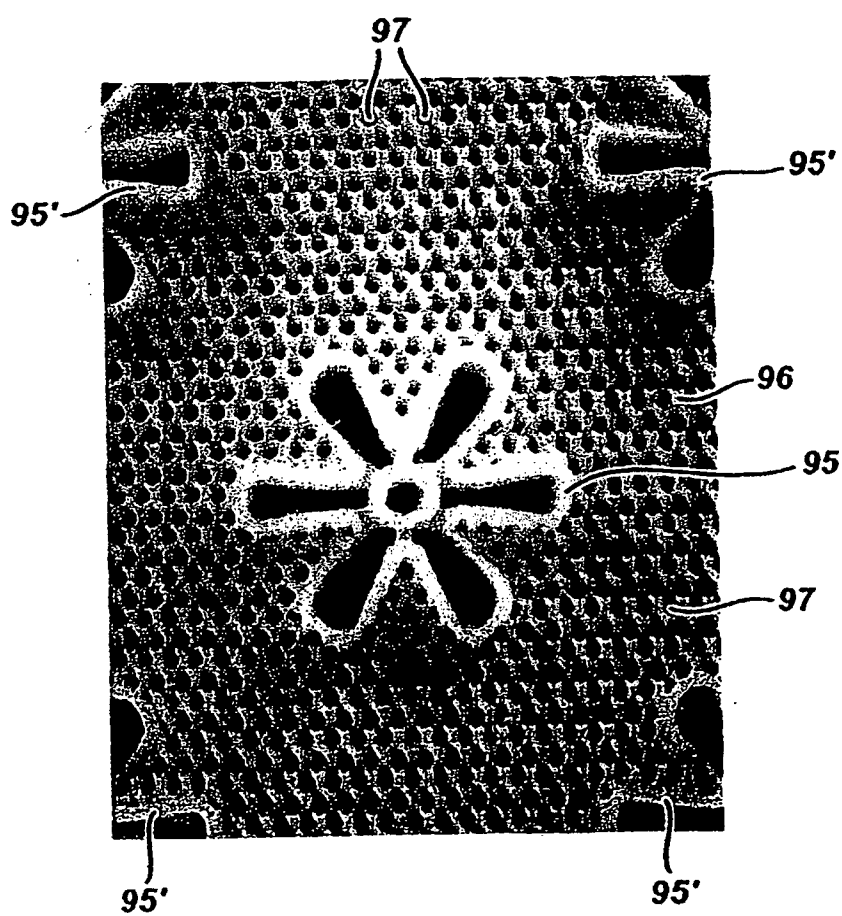
**FIG. 14**



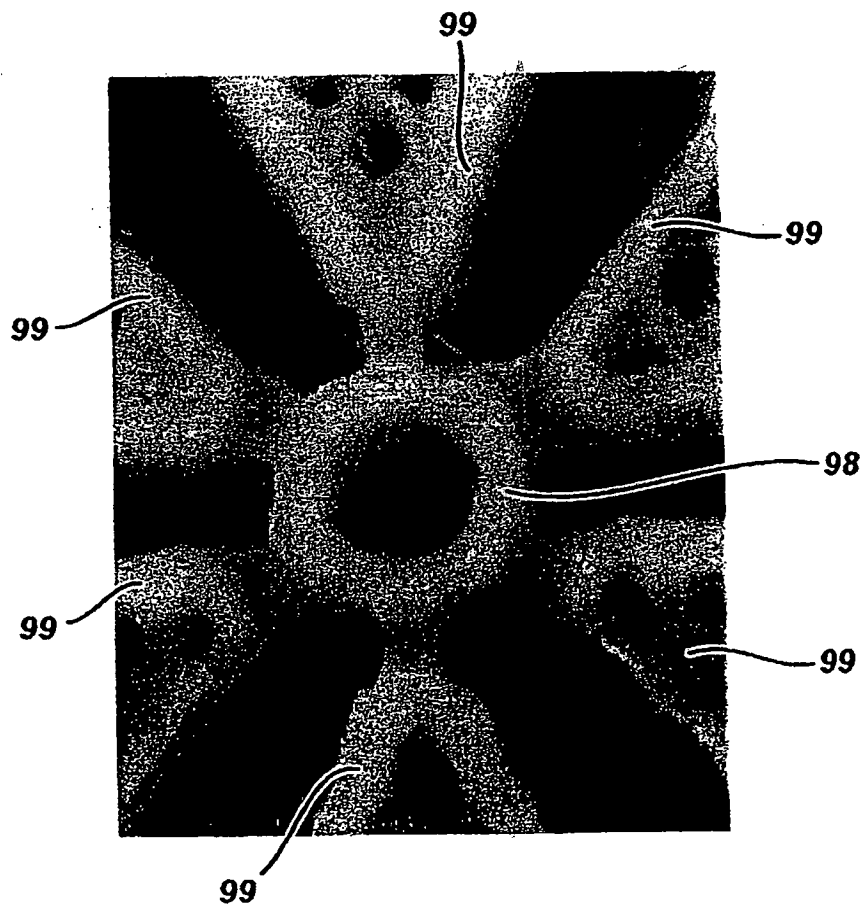
**FIG. 15**



**FIG. 16**

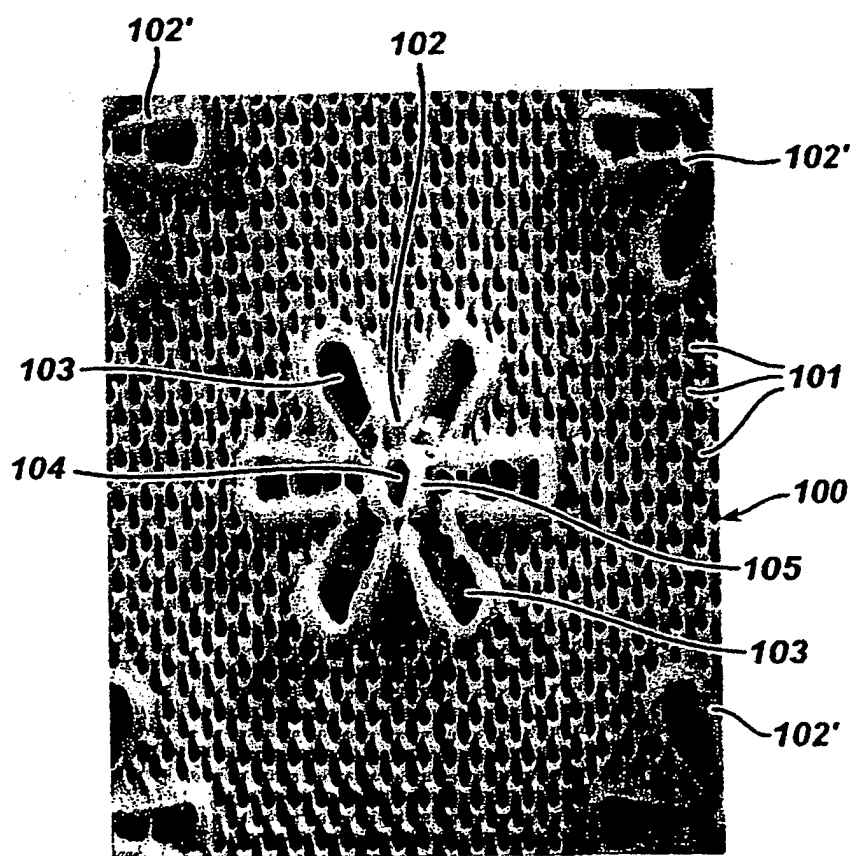


**FIG. 17**

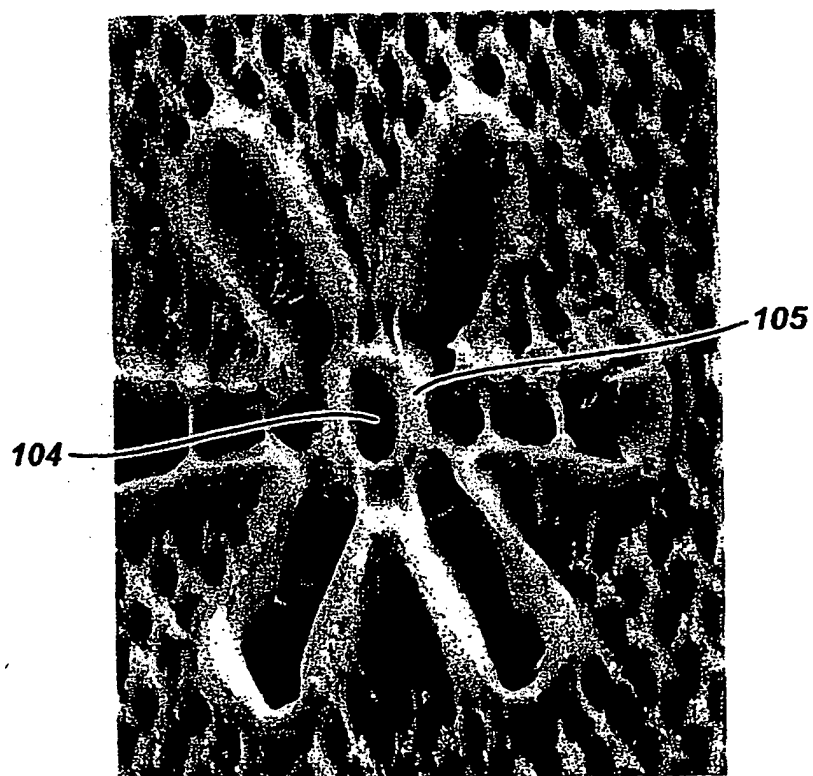




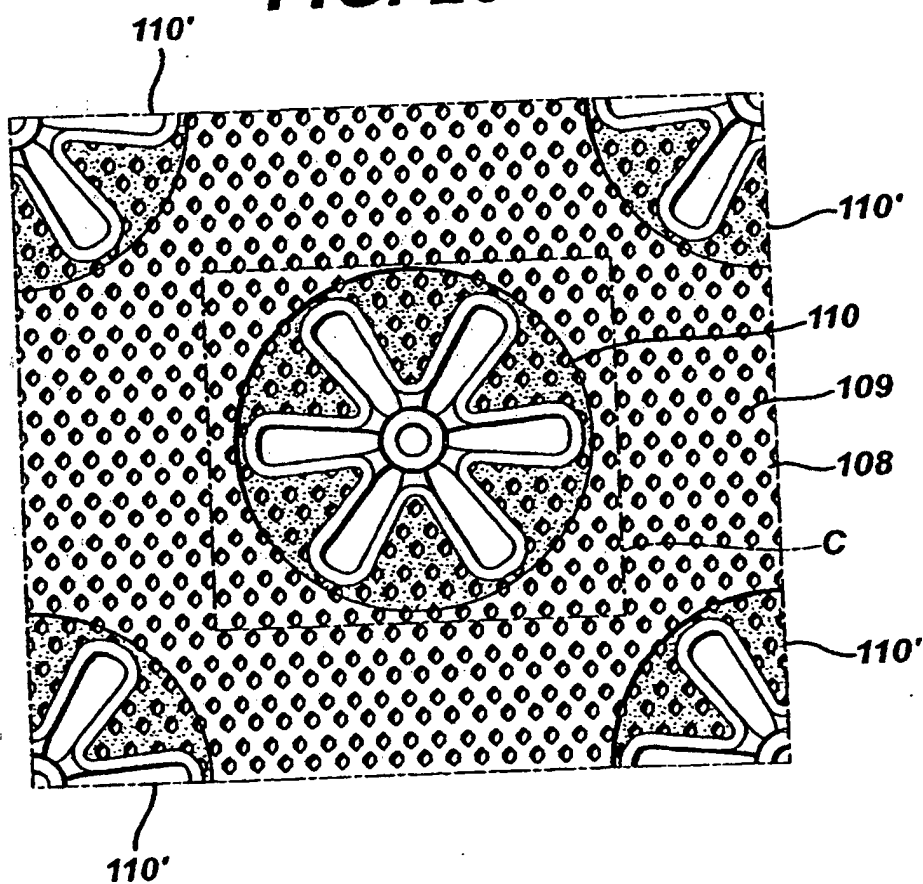
**FIG. 18**



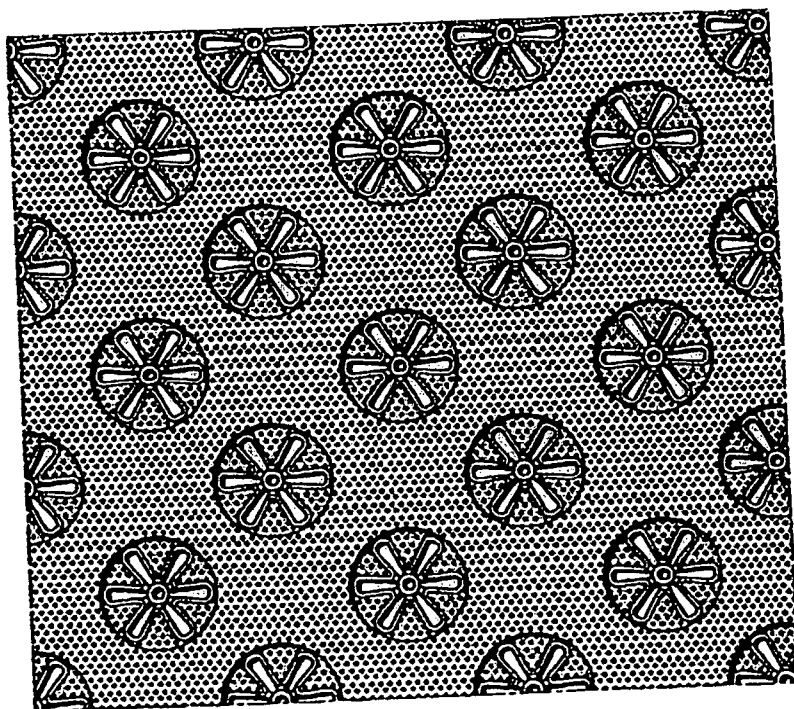
**FIG. 19**



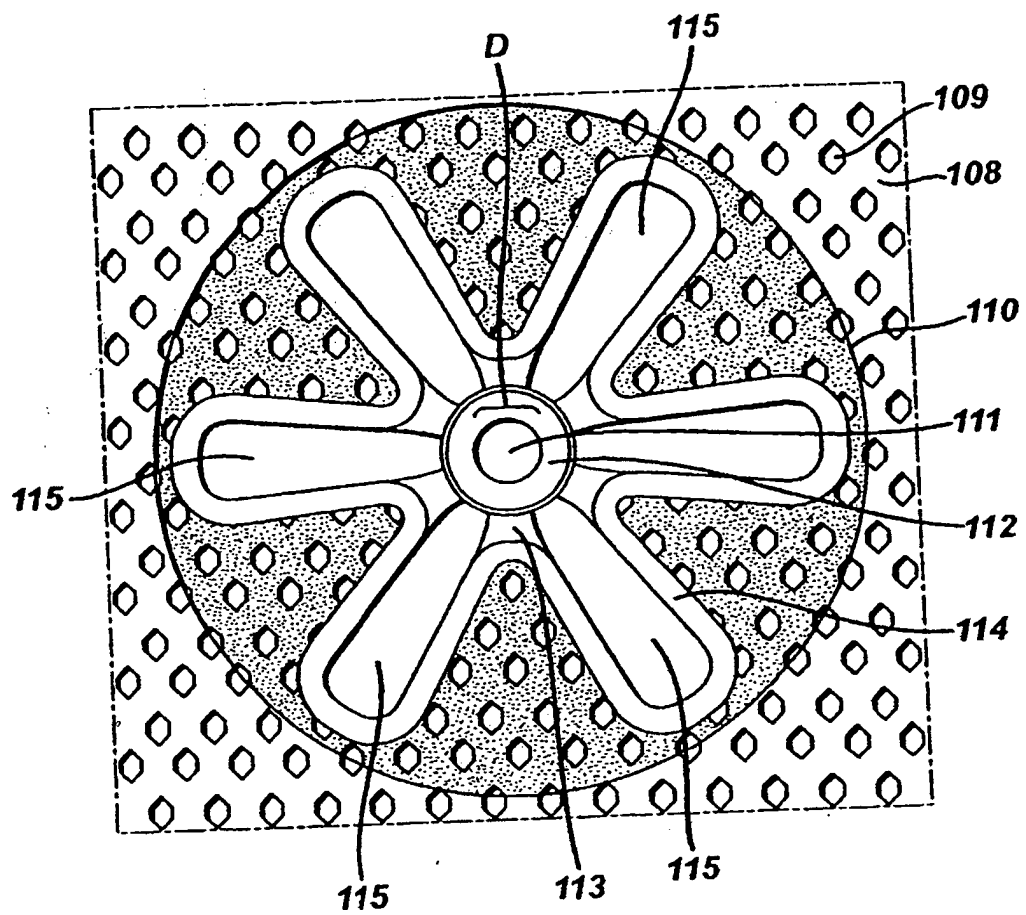
**FIG. 20**



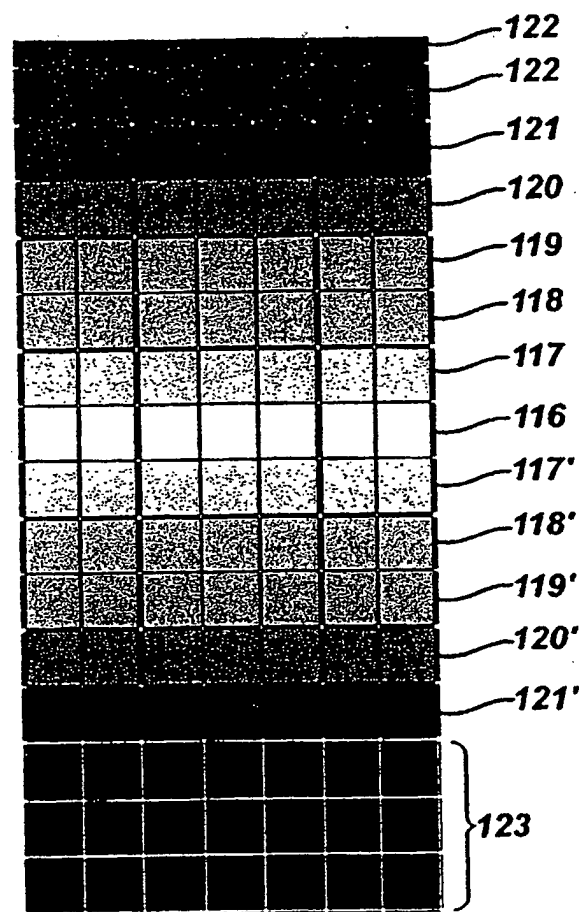
***FIG. 21***



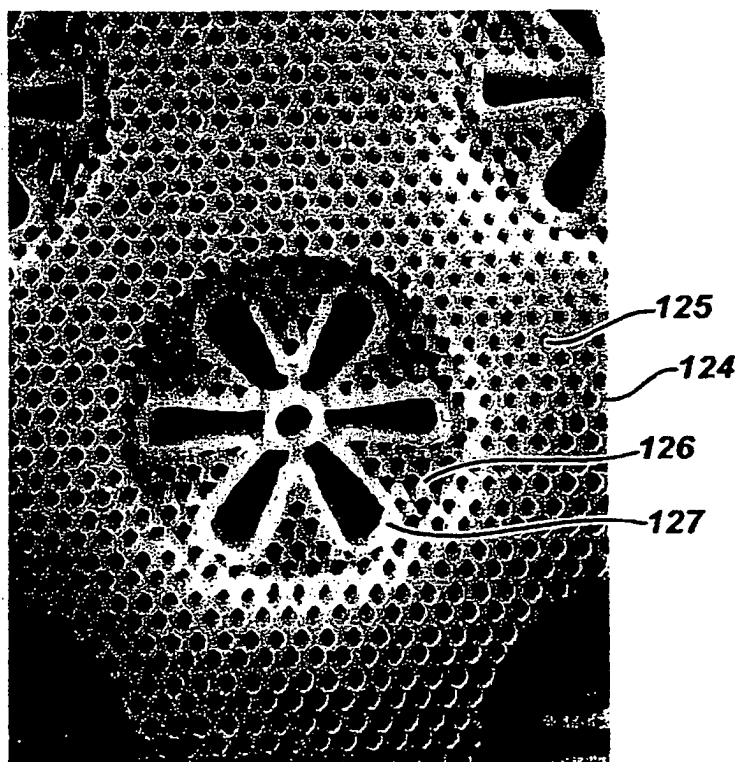
**FIG. 22**



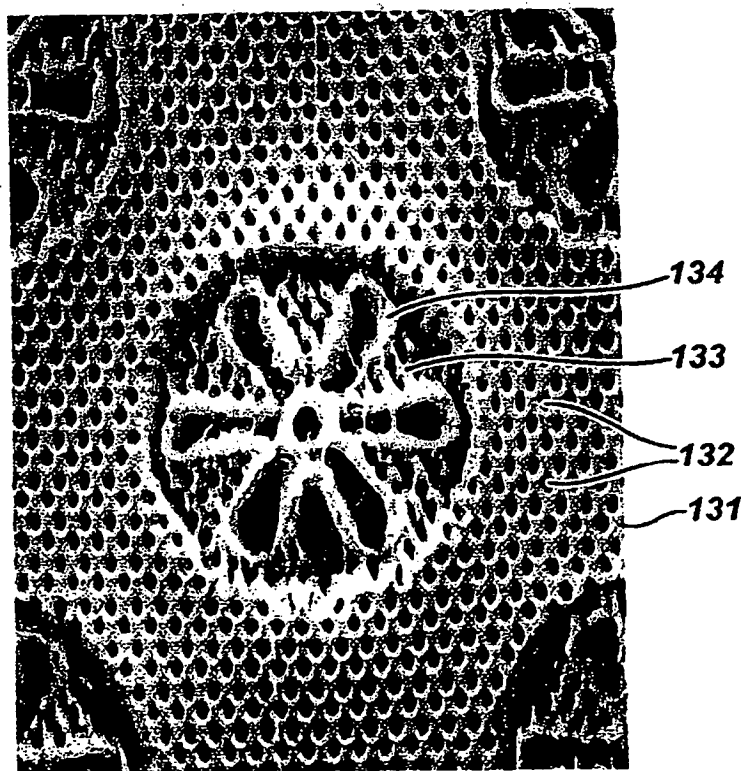
**FIG. 23**



**FIG. 24**

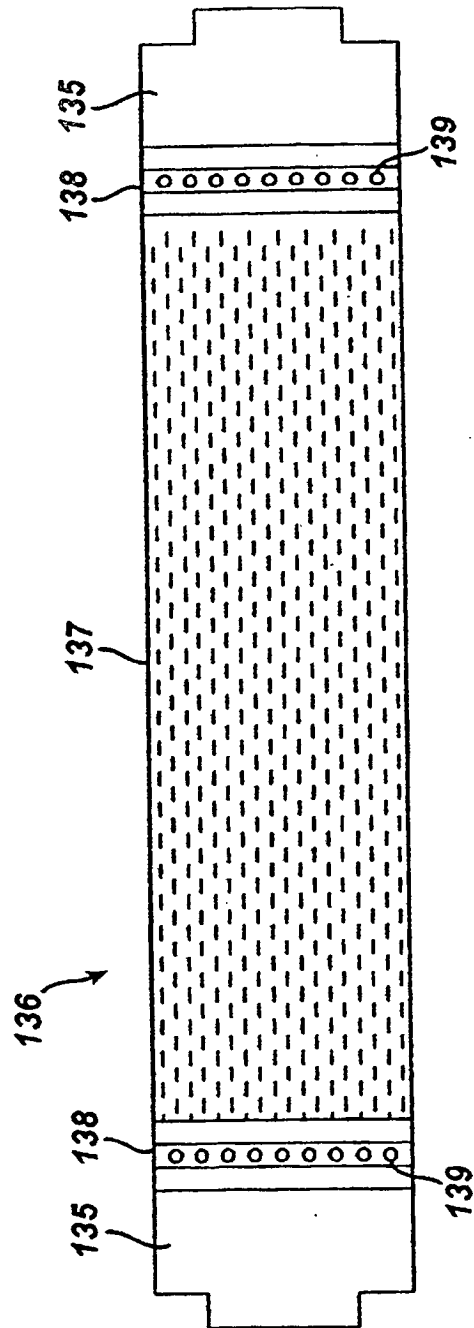


**FIG. 25**

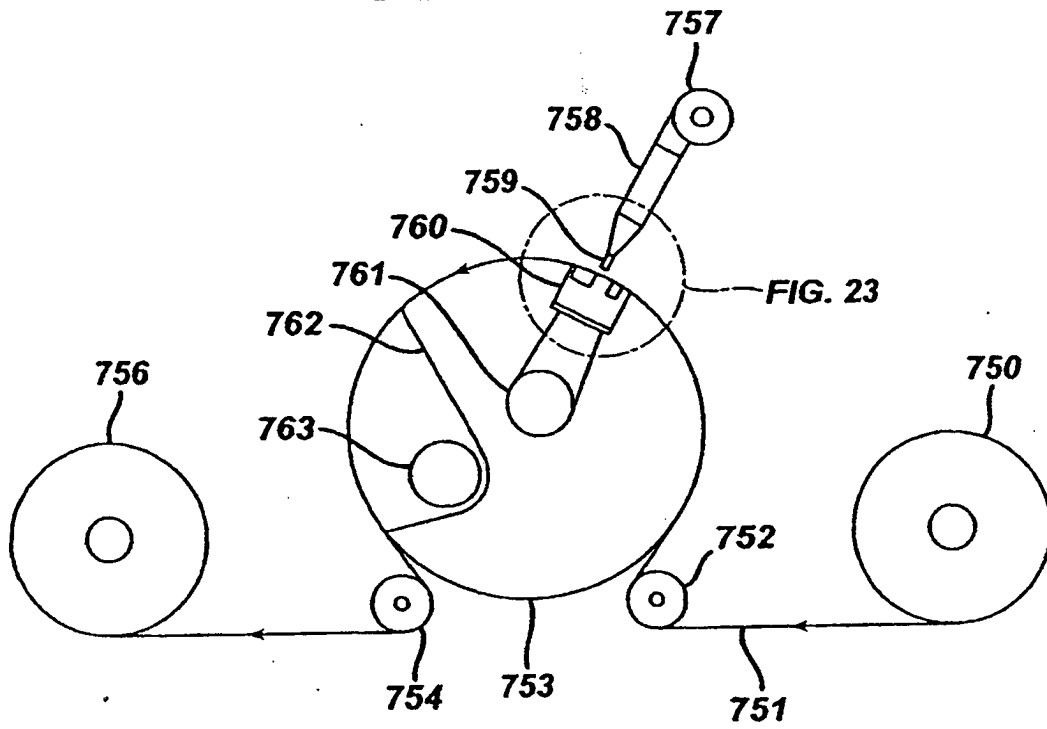




**FIG. 26**



**FIG. 27**



**FIG. 28**

