



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 27 670 T2 2005.01.13**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 902 666 B1**

(51) Int Cl.7: **A61F 2/06**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 27 670.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/07006**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 922 481.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/40784**

(86) PCT-Anmeldetag: **25.04.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **06.11.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.03.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **18.02.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.01.2005**

(30) Unionspriorität:

17484 P 26.04.1996 US

824142 25.03.1997 US

824866 25.03.1997 US

824865 25.03.1997 US

PCT/US97/06611 24.04.1997 WO

PCT/US97/06610 24.04.1997 WO

PCT/US97/06609 24.04.1997 WO

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Hauck, Graalfs, Wehnert, Döring,
Siemons, Schildberg, 20354 Hamburg**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

Scimed Life Systems, Inc., Maple Grove, Minn., US

(72) Erfinder:

Jang, David, G., Redlands, US

(54) Bezeichnung: **INTRAVASKULÄRER STENT**

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 Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft intravaskuläre Stents, insbesondere einen intravaskulären Stent, der eine leichte Einführung durch gewundene Abschnitte der Gefäße erlaubt.

Beschreibung der zugehörigen Technik

[0002] Angioplastie, sowohl für koronare als auch für allgemeine Gefäße, hat sich zu dem erfolgreichsten Mittel zur Wiederdurchblutung von stenosierten Gefäßen entwickelt. In den frühen 80er Jahren wurde die Angioplastie zur klinischen Anwendung bei Koronararterien verfügbar und hat sich seitdem als effektive Alternative zur herkömmlichen Bypass-Chirurgie entwickelt. Angioplastie mit Ballonkathetern hat sich konstant als die am zuverlässigsten und praktisch zu vermittelnde Methode herausgestellt. Andere ältere Technologien, wie beispielsweise lasergestützte Behandlung oder längs- oder kreisförmige Arthrectomie, haben sich entweder als begrenzt wirksam oder abhängig von der Ballon-Angioplastie erwiesen, um die beabsichtigten Verfahren durchzuführen. Restenosen nachfolgend zur ballonbasierten Angioplastie sind der Hauptnachteil und tritt insbesondere im koronaren Arteriensystem auf.

[0003] Viele Ansätze wurden entworfen, um Stenosen zu vermeiden, mit begrenztem Erfolg einschließlich laserbasierte Behandlung und längs- oder kreisförmige Arthrectomie. Das Setzen von intravaskulären Stents hat jedoch die Restenose-Rate nach angioplastischen Behandlung merklich verringert. Das Verfahren zum Plazieren eines intravaskulären Stents weist typischerweise eine Vordehnung des Zielgefäßes unter Verwendung von Ballon-Angioplastie auf, die der Entfaltung des Stents folgt und die Ausdehnung des Stents ist derart, daß die erweiterten Gefäßwände von der Innenseite unterstützt werden.

[0004] Der intravaskuläre Stent wirkt als Unterstützung der Öffnung eines Gefäßes. Die Unterstützung der Gefäßwände durch den Stent dient dazu: (a) ein elastisches Zurückziehen der erweiterten Gefäßwand zu verhindern, (b) Restenosen des Gefäßes zu eliminieren; ein häufiges Vorkommnis bei balloon-angioplastischen Verfahren, (c) den Durchmesser des mit einem Stent versehenen Gefäßsegments geringfügig größer als die ursprünglichen nicht gestörten Gefäßabschnitte proximal und distal von den mit einem Stent versehenen Abschnitt zu erhalten und (d) wie durch die neusten klinischen Daten belegt, die Restenose-Rate zu senken. Nachfolgend zu einer angioplastischen Behandlung hat die Restenose-Rate von mit Stents versehenen Gefäßen sich als deutlich

niedriger als die nicht mit einem Stent oder sonstwie behandelten Gefäße erwiesen, Behandlung schließt die medikamentöse Therapie und andere vorgenannte Verfahren ein.

[0005] Ein weiterer Vorteil der Stent-Behandlung von Gefäßen ist die mögliche Reduzierung von Notfall-Bypass-Operationen, die durch angioplastische Verfahren hervorgerufen werden. Das Setzen von Stents hat sich in einigen Fällen als wirksam zur Verhinderung von auftretenden Gefäßverschlüssen während der Angioplastie erwiesen. Das Setzen von Stents kann ebenfalls einen instabilen, lokalen, Intimal-Zug des Gefäßes kontrollieren und stabilisieren, der durch die normale Durchführung des angioplastischen Verfahrens verursacht wird. In einigen Fällen kann eine unvollständige oder suboptimale Weitung einer Gefäßläsion mit Ballon-Angioplastie erfolgreich durch ein Stent-Implantat geöffnet werden.

[0006] Früh in dieser Entwicklung besaß die Praxis des Stent-Setzens, insbesondere bei Koronar-Arterien ernsthafte Anticoagulationsprobleme. Anticoagulationstechniken sind jedoch seit dem entwickelt worden und werden zunehmend einfacher und wirksamer. Bessere und einfachere Anwendungsmöglichkeiten wurden kontinuierlich entwickelt einschließlich einfacher ambulanter Anticoagulationsbehandlungen, die zur verkürzten Krankenhausaufenthalten von Stent-Patienten führen.

[0007] Beispiel für ein herkömmliches Stent-Patent ist US 5,102,417 (nachfolgend als Palmaz-Patent bezeichnet). Der in dem Palmaz-Patent beschriebene Stent besteht aus einer Reihe von länglichen, rohrförmigen Elementen, die eine Vielzahl von im wesentlichen parallel zur Längsachse der rohrförmigen Elemente angeordnete Schlitze besitzt. Die rohrförmigen Elemente werden durch mindestens ein flexibles Verbindungselement verbunden.

[0008] Die nicht ausgedehnten rohrförmigen Elemente des Palmaz-Patents sind überaus fest, so daß die Anwendung auf kurze Längen begrenzt ist. Selbst mit der Anwendung der mehrgliedrigen Gestaltung mit flexiblen Verbindungselementen, die eine Reihe von rohrförmigen Elementen verbinden, können längere Stents nicht durch die gewundenen Blutgefäße navigiert werden. Weiterhin erhöht die Festigkeit des nicht ausgedehnten Stents das Risiko, die Gefäße während des Einsetzens zu beschädigen. Nachteile des Stents während des Einsetzens komplizieren das genaue Setzen des Stents und vermindern den Bereich, der durch den ausgedehnten Stent abgedeckt werden kann. Es besteht weiterhin kein Verfahren, den Stent-Durchmesser entlang seiner Längsachse zu programmieren, um einen kegelförmig expandierten Stent zu erhalten, und kein Verfahren zur Verstärkung der Stent-Enden oder anderer Bereiche ist vorgesehen.

[0009] Ein weiteres Beispiel eines herkömmlichen Stent-Patents ist WO 96/03092, das Brun-Patent. Der in dem Brun-Patent beschriebene Stent ist als ein Rohr geformt, das eine gemusterte Form besitzt, die ein erstes und ein zweites Meander-Muster aufweist. Die geraden und ungeraden ersten Meander-Muster sind um 180° phasenversetzt, wobei die ungeraden Muster zwischen jeweils zwei geraden Mustern auftreten. Die zweiten Meander-Muster laufen senkrecht zu den ersten Meander-Mustern entlang der Rohrachse.

[0010] Angrenzende erste Meander-Muster sind durch zweite Meander-Muster verbunden, um ein allgemein gleichmäßig verteiltes Muster zu bilden. Die symmetrische Anordnung von ersten und zweiten Meander-Mustern mit scharfen rechtwinkligen Biegungen erlauben ein Fangen oder Schleifen an der Gefäßwand während der Anbringung. Die starken Verwicklungen in dem zweiten Meander-Muster werden weiterhin während der Ausdehnung nicht vollständig geglättet, wodurch die Klarheit und Festigkeit des expandierten Stents vermindert wird. Weiterhin ist kein Verfahren zum Programmieren des Stent-Durchmessers entlang der Längsachse bekannt, um ein kegelförmiges Stent-Design zu erzielen, und kein Verfahren zum Verstärken der Stent-Enden oder weiterer Bereiche vorgesehen.

[0011] Diese und andere herkömmlichen Stent-Gestaltungen leiden in unterschiedlichem Maße an mehreren der folgenden Nachteile: (a) die Unfähigkeit, Biegungen in den Gefäßen aufgrund der Festigkeit der Säulen des nicht expandierten Stents zu folgen, (b) das Fehlen eines festen Aufbaus, axial/lateral, des nicht expandierten Stents, (c) deutliche Verkürzung des Stents während der Ausdehnung, (d) begrenzte Stent-Länge, (e) konstanter Stent-Durchmesser im expandierten Zustand, (f) schlechte Greifeigenschaften und (g) rauhe Oberflächenmodulation des nicht expandierten Stents.

[0012] Es besteht die Notwendigkeit, nach einem Stent mit ausreichender longitudinaler Flexibilität im nicht expandierten Zustand, um die Navigation durch gewundene Gefäße zu ermöglichen. Es besteht weiterhin die Notwendigkeit, nach einem Stent, der einen festen Aufbau im nicht expandierten Zustand besitzt, so daß das Risiko von Beschädigungen und Störungen während der Anbringung minimal ist. Eine weitere Notwendigkeit existiert für einen Stent, der im wesentlichen die gleiche Länge behält während der Expansion, um eine größere Überdeckung in dem Zielgebiet zu erzielen und die richtige Anbringung des Stents zu erleichtern. Es existiert weiterhin die Notwendigkeit, nach einer Stent-Gestaltung mit ausreichender Flexibilität in Längsrichtung, so daß lange Stents bis zu 100 mm sicher durch gewundene Gefäße gebracht werden können. Weiterhin besteht die Notwendigkeit nach einem Stent, der ausgelegt ist,

um sich mit unterschiedlichen Durchmessern entlang seiner Länge auszudehnen, so daß ein Kegel in dem expandierten Stent geschaffen wird, passend zu dem natürlichen Kegel des Zielgefäßes. Weiterhin existiert die Notwendigkeit nach einem Stent, der (i) fest auf den Expansionsballon geklemmt werden kann, unter Beibehaltung eines geringen Querschnitts und der Flexibilität, (ii) der eine glatte Oberflächenmodulation besitzt, wenn er auf den Anbringungsballon geklemmt ist, um ein Fangen oder Schleifen des Stents an der Gefäßwand während des Einbringens zu verhindern oder (iii) Verstärkungsringe an den Enden oder der Mitte oder beiden aufweist, um die Enden des Stents sicher gegen die Gefäßwände des Zielblutgefäßes zu positionieren.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0013] Demgemäß ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Gerüst für die innere Öffnung eines Gefäßes bereitzustellen.

[0014] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Stent zu schaffen, der ein Zurückfedern des Gefäßes während der Angioplastie verhindert.

[0015] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Stent bereitzustellen, der einen großen Gefäßdurchfluß aufrechterhält im Vergleich zu den Ergebnissen, die durch eine reine Ballon-Angioplastie erzielt werden.

[0016] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Stent zu schaffen, der die Verkürzung der Stent-Länge beim Expandieren reduziert.

[0017] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Stent mit größerer Flexibilität bereitzustellen, wenn dieser zu einem ausgewählten Ort in einem Gefäß gebracht wird.

[0018] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Stent bereitzustellen, der im auf den Anbringungsballon eines Stent-Aufbaus geklemmten Zustand einen kleinen Querschnitt besitzt.

[0019] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Stent bereitzustellen, der ein vermindertes Aufblühen eines Stent-Rahmens zeigt.

[0020] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Stent mit einem Kettengitter bereitzustellen, das das „Aufhängen“ der Gefäße in gewundenen Gefäßen oder einem Gefäß mit einer Kurve reduziert.

[0021] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Stent mit einem Kettengitter bereitzustellen, das die radiale und axial-laterale Stärke des expandierten Stents vergrößert.

[0022] Diese und andere Aufgaben der Erfindung werden durch einen Stent in einem nicht expandierten Zustand erreicht. Eine erste Dehnungssäule weist eine Vielzahl von ersten Dehnungssäulenstrebenpaaren auf. Ein erstes Dehnungssäulenstrebenpaar besitzt eine erste Dehnungsstrebe angrenzend an eine zweite Dehnungsstrebe und eine erste Verbindungsstrebe, die die erste und zweite Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des ersten Dehnungsstrebenpaares verbindet. Ein zweites Dehnungsstrebenpaar weist eine dritte Dehnungsstrebe angrenzend an die zweite Dehnungsstrebe und eine zweite Verbindungsstrebe auf, die die zweiten und dritten Dehnungsstreben an einem distalen Ende des zweiten Dehnungsstrebenpaares verbindet. Ein drittes Dehnungsstrebenpaar weist eine vierte Dehnungsstrebe angrenzend an die dritte Dehnungsstrebe auf und eine dritte Verbindungsstrebe koppelt die dritten und vierten Verbindungsstreben an einem proximalen Ende des dritten Dehnungsstrebenpaares. Ein viertes Dehnungsstrebenpaar weist eine fünfte Dehnungsstrebe angrenzend an die vierte Dehnungsstrebe und eine vierte Verbindungsstrebe auf, die die vierten und fünften Dehnungsstreben an einem distalen Ende des vierten Dehnungsstrebenpaares verbindet.

[0023] Eine erste Ecke des ersten Dehnungsstrebenpaares ist dort gebildet, wo die erste Verbindungsstrebe an die erste Dehnungsstrebe gekoppelt ist und eine zweite Ecke des ersten Dehnungsstrebenpaares ist dort gebildet, wo die erste Verbindungsstrebe an die zweite Dehnungsstrebe gekoppelt ist. Eine erste Ecke in dem zweiten Dehnungsstrebenpaar ist dort geformt, wo die zweite Verbindungsstrebe an die zweite Dehnungsstrebe gekoppelt ist und eine zweite Ecke des zweiten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die zweite Verbindungsstrebe an die dritte Dehnungsstrebe gekoppelt ist. Eine erste Ecke ist in dem dritten Dehnungsstrebenpaar dort geformt, wo die dritte Verbindungsstrebe an die dritte Dehnungsstrebe gekoppelt ist und eine zweite Ecke des dritten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die dritte Verbindungsstrebe an die vierte Dehnungsstrebe gekoppelt ist. Eine erste Ecke eines vierten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die vierte Verbindungsstrebe an die vierte Dehnungsstrebe gekoppelt ist und eine zweite Ecke des vierten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die vierte Verbindungsstrebe an die fünfte Dehnungsstrebe gekoppelt ist.

[0024] Eine zweite Dehnungssäule weist eine Vielzahl von zweiten Dehnungssäulenstrebenpaaren auf. Ein erstes Dehnungsstrebenpaar weist eine erste Dehnungsstrebe angrenzend an eine zweite Dehnungsstrebe auf und eine erste Verbindungsstrebe, die die erste und die zweite Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des ersten Dehnungsstrebenpaares koppelt. Ein zweites Dehnungsstrebenpaar

weist eine dritte Dehnungsstrebe angrenzend an die zweite Dehnungsstrebe und eine zweite Verbindungsstrebe auf, die die zweite und dritte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des zweiten Dehnungsstrebenpaares koppelt. Ein drittes Dehnungsstrebenpaar weist eine vierte Dehnungsstrebe auf, die an die dritte Dehnungsstrebe und eine dritte Verbindungsstrebe angrenzt, die die dritte und vierte Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des dritten Dehnungsstrebenpaares koppelt. Ein viertes Dehnungsstrebenpaar weist eine fünfte Dehnungsstrebe angrenzend an die vierte Dehnungsstrebe und eine vierte Verbindungsstrebe auf, die die vierte und fünfte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des vierten Dehnungsstrebenpaares koppelt.

[0025] Eine erste Ecke des ersten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die erste Verbindungsstrebe an die erste Dehnungsstrebe gekoppelt ist und eine zweite Ecke eines ersten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die erste Verbindungsstrebe an die zweite Dehnungsstrebe gekoppelt ist. Eine erste Ecke des zweiten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die zweite Verbindungsstrebe an die zweite Dehnungsstrebe gekoppelt ist und eine zweite Ecke des zweiten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die zweite Verbindungsstrebe an die dritte Dehnungsstrebe gekoppelt ist. Eine erste Ecke des dritten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die dritte Verbindungsstrebe an die dritte Dehnungsstrebe gekoppelt ist und eine zweite Ecke des dritten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die dritte Verbindungsstrebe an die vierte Dehnungsstrebe gekoppelt ist. Eine erste Ecke des vierten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die vierte Verbindungsstrebe an die vierte Dehnungsstrebe gekoppelt ist und eine zweite Ecke des vierten Dehnungsstrebenpaares ist dort geformt, wo die vierte Verbindungsstrebe an die fünfte Dehnungsstrebe gekoppelt ist.

[0026] Eine erste Verknüpfungsstrebensäule ist aus mehreren ersten Verknüpfungsstreben geformt, wobei jede Verknüpfungsstrebe der ersten Verknüpfungsstrebensäule einen proximalen Abschnitt der Verknüpfungsstreben, einen distalen Abschnitt der Verknüpfungsstreben und einen Zwischenabschnitt der Verknüpfungsstreben besitzt. Ein proximaler Abschnitt der ersten Verknüpfungsstrebe ist an die erste Ecke des zweiten Dehnungsstrebenpaares der ersten Dehnungsstrebensäule gekoppelt und ein distaler Abschnitt der ersten Verknüpfungsstrebe ist an die erste Verbindungsstrebe des ersten Dehnungsstrebenpaares der zweiten Dehnungsstrebensäule zwischen der ersten Ecke des ersten Dehnungsstrebenpaares und der zweiten Ecke des ersten Dehnungsstrebenpaares. Ein proximaler Abschnitt der zweiten Verknüpfungsstrebe ist an die erste Ecke des vierten Dehnungsstrebenpaares der ersten Dehnungsstrebensäule gekoppelt und ein distaler Abschnitt der

zweiten Verknüpfungsstrebe ist an die dritte Verbindungsstrebe des dritten Dehnungsstrebenpaares der zweiten Dehnungsstreben säule zwischen der ersten Ecke des dritten Dehnungsstrebenpaares und der zweiten Ecke des dritten Dehnungsstrebenpaares gekoppelt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0027] Fig. 1A–1C, 2A–2B, 3A–3B, 4A–4B, 5, 6A–6B, 7A–7C, 9A–9G, 10A–10F und 11 sind keine Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, sondern dienen nur der Verdeutlichung.

[0028] Fig. 1A ist eine Seitenansicht eines Stents in dem vorexpandierten Zustand;

[0029] Fig. 1B ist eine Querschnittsansicht eines Stents;

[0030] Fig. 1C ist eine Ansicht des Längsschnitts eines Stents;

[0031] Fig. 2A ist eine skalierte Zeichnung eines Strebenmusters von einem Stent;

[0032] Fig. 2B ist eine auseinandergezogene Ansicht eines Abschnitts des Musters aus Fig. 2A;

[0033] Fig. 3A ist eine schematische Ansicht eines Stents in einem Zustand vor der Expansion;

[0034] Fig. 3B ist eine schematische Darstellung eines Stents in einem Zustand nach der Expansion;

[0035] Fig. 4A ist eine bemaßte Zeichnung, die die Abmessung eines Stents zeigt;

[0036] Fig. 4B ist ein vergrößerter Ausschnitt einer skalierten Zeichnung von Fig. 4A;

[0037] Fig. 5 ist eine bemaßte Zeichnung eines Stents mit einem kegelförmigen Durchmesser in seinem Zustand nach der Expansion;

[0038] Fig. 6A ist eine bemaßte Ansicht eines Stents mit Verstärkungsdehnungssäulen;

[0039] Fig. 6B ist eine perspektivische Ansicht des Stents aus Fig. 6A;

[0040] Fig. 7A ist eine bemaßte Zeichnung eines Stents, der Entlastungskerbe an den Strebengelenken aufweist, um die Flexibilität der Gelenke zu erhöhen;

[0041] Fig. 7B ist ein vergrößerter Bereich des Stents aus Fig. 7A;

[0042] Fig. 7C ist eine vergrößerte Ansicht einer

einzelnen Verknüpfungsstrebe, die zwei Dehnungsstrebenpaare gemäß dem Stent aus Fig. 7A verbindet;

[0043] Fig. 8A ist eine Seitenansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Stents;

[0044] Fig. 8B ist eine Seitenansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Stents, bei der die Stent-Streben und der Raum dazwischen transparent dargestellt sind;

[0045] Fig. 8C ist eine bemaßte Zeichnung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Stents;

[0046] Fig. 8D ist eine Abwandlung der Ausführungsform des Stents gemäß Fig. 8C;

[0047] Fig. 8E ist eine perspektivische Ansicht der Ausführungsform von Fig. 8D;

[0048] Fig. 8F ist eine Zeichnung, die den Zustand nach der Expansion des Stents gemäß der Ausführungsform aus Fig. 8D der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0049] Fig. 8G ist eine vergrößerte Ansicht einer einzigen Verknüpfungsstrebe, die zwei Dehnungsstrebenpaare in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verbindet;

[0050] Fig. 9A ist eine Seitenansicht eines Stents;

[0051] Fig. 9B ist eine perspektivische Ansicht des Stents aus Fig. 9A;

[0052] Fig. 9C ist eine bemaßte Ansicht des Stents aus Fig. 9A;

[0053] Fig. 9D ist ein vergrößerter Bereich der Zeichnung aus Fig. 9C;

[0054] Fig. 9E ist eine bemaßte Zeichnung eines Stents;

[0055] Fig. 9F ist eine bemaßte Zeichnung eines Stents;

[0056] Fig. 9G ist eine vergrößerte Ansicht einer einzigen Verknüpfungsstrebe, die zwei Dehnungsstrebenpaare in Übereinstimmung mit einem Stent zeigt;

[0057] Fig. 10A ist eine Zeichnung einer alternativen Geometrie der Verknüpfungsstreben und Verbindungsstreben;

[0058] Fig. 10B ist eine Zeichnung einer alternativen Geometrie der Verknüpfungsstreben und Verbindungsstreben;

[0059] Fig. 10C ist eine Zeichnung einer alternativen Geometrie von Verknüpfungs- und Verbindungsstreben;

[0060] Fig. 10D ist eine Zeichnung einer alternativen Geometrie von Verknüpfungs- und Verbindungsstreben;

[0061] Fig. 10E ist eine Zeichnung einer alternativen Geometrie von Verknüpfungs- und Verbindungsstreben;

[0062] Fig. 10F ist eine Zeichnung einer alternativen Geometrie von Verknüpfungs- und Verbindungsstreben; und

[0063] Fig. 11 ist ein Anbringungsballonkatheter, der ein Verfahren zum Einbringen eines erfindungsgemäßen Stents verdeutlicht.

NÄHERE BESCHREIBUNG

[0064] Mit Bezug auf Fig. 1A: Ein länglicher, hohler, rohrförmiger Stent **10** ist in einem nicht expandierten Zustand gezeigt. Ein proximales Ende **12** und ein distales Ende **14** definieren eine Längsrichtung **16** des Stents **10**. Die longitudinale Länge **16** des Stents **10** kann bis zu 100 mm oder länger betragen. Eine proximale Öffnung **18** und eine distale Öffnung **20** verbinden ein inneres Lumen **22** des Stents **10**. Stent **10** kann einstückig ohne Naht oder Schweißverbindung ausgebildet sein oder kann mehrere Stücke aufweisen.

[0065] Stent **10** besteht aus zwei bis fünfzig oder mehr Dehnungssäulen oder -ringen **24**, die durch dazwischen liegenden Verbindungsstrebensäulen **26** miteinander verbunden sind. Die erste Säule an dem proximalen Ende **12** und die letzte Säule an dem distalen Ende **14** des Stents **10** sind Dehnungssäulen **24**.

[0066] Dehnungssäulen **24** sind aus einer Reihe von Dehnungsstreben und Verbindungsstreben **30** geformt. Dehnungsstreben **28** sind dünne, längliche Elemente, die derart angeordnet sind, daß sie sich mindestens teilweise in Richtung der Längsachse des Stents **10** erstrecken. Wenn eine nach außen gerichtete externe Kraft auf den Stent **10** von der Innenseite durch ein Expansionsballon oder andere Mittel angewendet wird, werden die Expansionsstreben **28** umorientiert derart, daß sie sich in Umfangsrichtung erstrecken, d.h. entlang der Oberfläche eines zylindrischen Stents **10** und senkrecht zu seiner Längsachse. Die Umorientierung der Dehnungsstreben **28** verursacht, daß Stent **10** einen ausgedehnten Umfang und Durchmesser besitzt. Wie in Fig. 1A zu sehen, erstrecken sich Dehnungsstreben **28** des ungedehnten Stents **10** im wesentlichen parallel zu der Längsachse des Stents **10**.

[0067] Dehnungsstreben **28** sind durch Verbindungsstreben **30** miteinander verbunden, um mehrere Dehnungsstrebenpaare **32** zu bilden. Dehnungsstrebenpaare besitzen ein geschlossenes Ende **34** und ein offenes Ende **36**. Zusätzliche Verbindungsstreben **30** verbinden die Dehnungsstreben **28** von angrenzenden Dehnungsstrebenpaaren **32** miteinander, so daß Dehnungsstreben **28** abwechselnd an ihrem proximalen und distalen Ende mit angrenzenden Dehnungsstreben **28** verbunden sind, um Dehnungssäulen **24** zu formen. Jede Dehnungssäule **24** besitzt eine Vielzahl, üblicherweise von acht bis zwanzig, zwanzig bis sechzig oder mehr, Dehnungsstreben **28**. Dehnungssäulen sind bevorzugt kontinuierliche, ununterbrochene Ringstrukturen, die sich entlang dem Umfang des Stents **10** erstrecken, jedoch können ebenfalls durchbrochene Strukturen verwendet werden, bei denen einzelne Streben oder Teile von Streben aus einer ansonsten kontinuierlichen Dehnungssäule **24** entfernt sind.

[0068] Verbindungsstreben **28** verbinden angrenzende Dehnungssäulen **24** unter Bildung einer Reihe von dazwischen liegenden Verknüpfungsstrebensäulen **26**, von denen sich jede um den Umfang des Stent **10** erstreckt. Jede Verknüpfungsstrebe **38** verbindet ein Paar von Dehnungsstreben **28** in einer Dehnungssäule **24** mit einem angrenzenden Paar von Dehnungsstreben **28** in einer angrenzenden Dehnungssäule **24**. Für Stent **10** aus Fig. 1A beträgt das Verhältnis von Dehnungsstreben **28** in einer Dehnungssäule **24** zu Verknüpfungsstreben **38** in einer Verknüpfungsstrebensäule **26** zwei zu eins, wobei das Verhältnis im allgemeinen x zu 1 sein kann, mit x größer oder kleiner als zwei. Da der Stent **10** aus Fig. 1A weiterhin mit einer Dehnungssäule **24** an dem proximalen Ende **12** beginnt und mit einer Dehnungssäule **24** an dem distalen Ende **14** endet, liegen dort, wenn m Dehnungssäulen **24** mit n Dehnungsstreben **28** pro Säule vorgesehen sind, $m-1$ Verbindungsstrebensäulen **26** und $n(m-1)/2$ Verknüpfungsstreben **38** vor.

[0069] Die reduzierte Anzahl der Verknüpfungsstreben **28** in jeder Verknüpfungsstrebensäule **26**, verglichen mit den Dehnungsstreben **28** in jeder Dehnungssäule **24**, gestattet es dem Stent **10**, sich in Längsrichtung zu biegen. Die Längsbiegsamkeit kann weiter erhöht werden durch Verwendung einer geringen Breite der Verknüpfungsstreben, die ausreichend zusätzliche Flexibilität und Geschmeidigkeit für den Stent schafft, wenn dieser durch die Gänge in einem natürlichen Blutgefäß navigiert wird.

[0070] Mindestens ein Teil der offenen Räume zwischen den Streben im Stent **10** bildet unsymmetrische Zellen **40**. Ein Zellraum oder eine geometrische Zelle ist ein leerer Bereich auf der Oberfläche des Stent **10**, der vollständig durch einen oder eine Kombination von Stent-Streben umschlossen ist, ein-

schließlich Dehnungsstreben **28**, Verbindungsstreben **38** oder Verknüpfungsstreben **30**. Asymmetrische Zellräume **40** sind Zellräume, die keine geometrische Symmetrie besitzen, d.h. keine Drehung, Spiegelung, Kombinationen von Drehung oder Spiegelung oder weiteren Symmetrien besitzen. Asymmetrische Zellräume **40** besitzen eine unsymmetrische geometrische Ausgestaltung.

[0071] Asymmetrische Zellräume **40** in **Fig. 1A** werden durch ein erstes Dehnungsstrebenpaar **32** in einer ersten Dehnungssäule **24**, eine erste Verknüpfungsstrebe **38**, eine zweite Dehnungsstrebe **32** in einer angrenzenden Dehnungssäule **24**, eine erste Verknüpfungsstrebe **30**, eine zweite Verknüpfungsstrebe **38** und eine zweite Verbindungsstrebe **30** begrenzt. Weiterhin können Dehnungsstrebenpaare **32** von unsymmetrischen Zellräumen **40** ein Versatz in Umfangsrichtung aufweisen, d.h. können longitudinale Achsen besitzen, die nicht kollinear sind und deren offene Enden **36** zueinander weisen. Der Raum zwischen zwei Dehnungsstreben eines Dehnungsstrebenpaares **22** wird als Schlaufenschlitz **42** bezeichnet.

[0072] **Fig. 1B** zeigt eine innere Öffnung **22**, Radius **44** und Stent-Wand **46** von dem Stent **10**. Die Stent-Wand **46** besteht aus Stent-Streben einschließlich Dehnungsstreben **38**, Verknüpfungsstreben **38** und Verbindungsstreben **30**.

[0073] **Fig. 1C** zeigt ein proximales Ende **12**, distales Ende **14**, longitudinale Länge **16**, innere Öffnung **22** und Stent-Wand **46** von Stent **10**. Die innere Öffnung **22** ist durch die Stent-Wand **10** umgeben, die eine zylindrische Oberfläche für den Stent **10** bildet.

[0074] Nachfolgend mit Bezug auf die **Fig. 2A** und **2B**: Die Verbindungsstreben **30** des Stents **10** erstrecken sich unter einem Winkel zu den Dehnungsstreben **28**, formen einen spitzen Winkel **48** mit einer Dehnungsstrebe **28** in einem Dehnungsstrebenpaar **32** und einen flachen Winkel **50** mit der anderen Dehnungsstrebe **28** aus dem Dehnungsstrebenpaar **32**. Der spitze Winkel **48** ist kleiner als neunzig Grad, während der stumpfe Winkel **50** größer als neunzig Grad ist. Die Verbindungsstreben **30** erstrecken sich sowohl longitudinal entlang der Längsachse des Stents **10** als auch umfänglich entlang der Oberfläche des Stent **10** senkrecht zu dessen Längsachse.

[0075] Dehnungsstrebenabstand **52** zwischen angrenzenden Trenndehnungsstreben **28** in einer gegebenen Dehnungssäule **24** sind gleichmäßig in Stent **10** aus **Fig. 2A** und **2B**, jedoch können auch nicht gleichmäßige Abstände verwendet werden. Dehnungsstrebenabstände **52** können variiert werden, beispielsweise Abstände **52** zwischen angrenzenden Dehnungsstreben **28** in einer Dehnungssäule **24** können zwischen einem geringen und einem

großen Abstand variieren. Zusätzlich können die Abstände **52** in einer einzigen Dehnungssäule **24** sich von anderen Abständen **52** in anderen Säulen **24** unterscheiden.

[0076] Es sei angemerkt, daß variierende Dehnungsstrebenabstände **52**, die die Schleifenschlitze **42** bilden, zu einer variablen Schleifenschlitzbreite führen. Weiterhin braucht die Längsachse der Schleifenschlitze **42** nicht kollinear oder gar parallel mit der Längsachse der Schleifenschlitze **42** einer angrenzenden Dehnungssäule **24** sein. **Fig. 2A** und **2B** zeigen eine Anordnung von Dehnungsstreben **28**, bei der kollineare, parallel angrenzende Schleifenschlitze **42** geformt sind, jedoch nicht kollineare und nicht parallele Schleifenschlitze **42** ebenfalls verwendet werden können.

[0077] Zusätzlich braucht die Form der Schleifenschlitze **42** nicht gleich für Schleifenschlitze einer einzigen oder mehrerer Dehnungssäulen **24** zu sein. Die Form der Schleifenschlitze kann durch Änderung der Orientierung oder physikalischen Abmessung der Dehnungsstreben **28** und/oder der Verbindungsstreben **30**, die die Dehnungsstreben **28** des Dehnungsstrebenpaares **32** verbinden, um die Grenzen der Schleifenschlitze **42** zu bilden.

[0078] Verknüpfungsstreben **38** verbinden angrenzende Dehnungssäulen **24** durch Verknüpfung des distalen Ende eines Dehnungsstrebenpaares in einer Dehnungssäule **24** mit dem proximalen Ende eines angrenzenden Dehnungsstrebenpaares **32** in einer zweiten Dehnungssäule **24**. Verknüpfungsstreben **38** aus **Fig. 2A** und **2B** sind aus linearen Abschnitten geformt, einem ersten linearen Abschnitt **54**, der an seinem distalen Ende mit einem zweiten linearen Abschnitt **56** an einem proximalen Ende verbunden ist, um einen ersten Schrägwinkel **58** zu bilden.

[0079] Der erste lineare Abschnitt **54** einer Verknüpfungsstrebe **38** ist mit Dehnungsstrebe **28** in einem Punkt verbunden, in dem die Verbindungsstrebe **30** einen spitzen Winkel **48** mit der Dehnungsstrebe **28** einschließt. Der erste lineare Abschnitt **54** erstreckt sich im wesentlichen kollinear zur Verbindungsstrebe **30** unter Verlängerung der Linie der Verbindungsstrebe **30** in den Raum zwischen den Dehnungssäulen **24**. Das distale Ende des ersten linearen Abschnitts **54** ist mit dem proximalen Ende des zweiten linearen Abschnitts **56** verbunden unter Bildung eines Schrägwinkels **58**. Der zweite lineare Abschnitt **56** erstreckt sich im wesentlichen parallel zu den Dehnungsstreben, die an ihrem distalen Ende mit einer Verbindungsstrebe **30** in einer angrenzenden Dehnungssäule **24** verbunden sind. Das distale Ende des zweiten linearen Abschnitts **56** ist an Dehnungsstrebe **28** in einem Punkt befestigt, in dem Verbindungsstrebe **30** einen spitzen Winkel **48** mit Dehnungsstrebe **28** einschließt. Verbindungsstrebe **30** kann weiterhin ei-

nen zweiten spitzen Winkel mit einer Breite einschließen, die gleich oder verschieden von der Breite des ersten Schrägwinkels ist.

[0080] Fig. 2A und 2B zeigen Verknüpfungsstreben **38** und Verbindungsstreben **30** relativ zur Längsachse des Stents geneigt, wobei die Umfangsrichtung der geneigten Streben von Säulen zur angrenzenden Säule variiert. Umfangsrichtung bezieht sich auf die Händigkeit, mit der die geneigten Streben sich um die Oberfläche des Stents **10** wickeln. Die Umfangsrichtung der Schrägung der ersten linearen Abschnitte **54** der Verknüpfungsstreben in einer Verknüpfungsstrebensäule **26** ist entgegengesetzt zu der Umfangsrichtung der Neigung der ersten linearen Abschnitte **54** der Verknüpfungsstreben in einer angrenzenden Verknüpfungsstrebensäule **26**. Ähnlich ist die Umfangsrichtung der Neigung der Verbindungsstreben **30** in einer Dehnungssäule **28** entgegen der Umfangsrichtung der Neigung von Verknüpfungsstreben **30** in einer angrenzenden Dehnungssäule **24**. Abwechselnde Umfangsneigungsrichtungen der Verknüpfungsstreben **38** und Verbindungsstreben **30** verhindern ein axiales Umschlagen von Stent **10** während des Einführens und Ausdehnens. Weitere nicht alternierende Neigungsrichtungsmuster können ebenfalls für Verknüpfungsstreben **38** und Verbindungsstreben **30** oder für beide verwendet werden.

[0081] Fig. 3A und 3B zeigen eine schematische Darstellung einer Stent-Gestaltung in einem nicht ausgedehnten bzw. ausgedehnten Zustand. Die Gestaltung ist in einer flachen Projektion dargestellt, als wenn Stent **10** in Längsrichtung parallel zu seiner Längsachse aufgeschnitten und flach ausgelegt wäre. Die Verknüpfungsstreben **38** bestehen aus ersten und zweiten linearen Abschnitten **54** und **56**, die geneigte Winkel **58** in einem Drehpunkt **60** bilden. Ein unsymmetrischer Zellenraum **40** ist durch Dehnungsstrebenpaare **32** gebildet, Verknüpfungsstreben **38** und Verbindungsstreben **30**. Mehrere ineinandergreifende unsymmetrische Zellräume **40** bilden die Musterform.

[0082] Bei dem in Fig. 3B dargestellten ausgedehnten Stent sind die Dehnungsstrebenpaare **32** an ihren offenen Enden **36** auseinandergespreizt, wodurch die Länge der Dehnungsstreben **28** entlang der Längsachse des zylindrischen Stents gekürzt wird. Die Längskürzung der Dehnungsstreben **28** während der Ausdehnung wird durch die longitudinale Längung der Verknüpfungsstreben **38** entgegengewirkt. Das Aufweiten der geneigten Winkel **58** während der Ausdehnung begründet die Verknüpfungsstreben **38** und verlängert den Abstand zwischen den gekoppelten Dehnungsstrebenpaaren **32**. Das Aufweiten des Neigungswinkels der Verknüpfungsstreben **38** wird für die longitudinale Kürzung der Dehnungsstreben **28** im wesentlichen kompensiert. Folglich besitzt der Stent im nicht ausgedehnten und im ausgedehnten

Zustand eine im wesentliche konstante Länge.

[0083] Wenn der Stent ausgedehnt ist, wird jede Dehnungssäule **24** in Umfangsrichtung gestreckt, wodurch sich der Abstand zwischen den Streben vergrößert. Die Verknüpfung durch den Dehnungsvorgang gibt dem Stent eine große radiale Abstützstärke. Der gesamte Stent **10** ist, wenn expandiert in ein kontinuierliches Kettenmuster von gedehnten Dehnungssäulen **24** und Verknüpfungssäulenspalten **26** unterteilt, die eine unsymmetrische verknüpfte Zellgeometrie bilden, die sowohl einem axialen als auch einem radialen Zusammenklappen entgegenwirkt. Wenn der Stent expandiert ist, besitzt er eine vergrößerte Steifigkeit und Dauertoleranz.

[0084] Zusätzlich erlaubt effizientes Biegen und Strecken der Verknüpfungsstreben **38** an Gelenkpunkten **60** eine vergrößerte longitudinale Flexibilität des Stents. Zur longitudinalen Biegung des Stents werden mindestens einige der Verknüpfungsstreben **38** zur Biegung in ihrer Tangentialebene gezwungen. Die Tangentialebene einer bestimmten Verknüpfungsstrebe **38** bezieht sich auf die Ebene im wesentlichen tangential zu der Zylinderfläche des Stents an der Verknüpfungsstrebe **38**. Die Breite der Verknüpfungsstrebe **38** kann doppelt so groß wie dick sein. Bevorzugt wird ein eins-zu-eins-Verhältnis. Anlenkpunkte **60** in den Verknüpfungsstreben **38** verschaffen den Verknüpfungsstreben **38** jedoch ein flexibles Gelenk, um welches eine Biegung leichter erfolgen kann, um die longitudinale Flexibilität des Stents zu vergrößern.

[0085] Mit Bezug auf Fig. 4A und 4B: Eine Variation von Stent **10** ist dargestellt. In dieser Variation besitzt Stent **10** eine Länge **16** von 33,25 mm und einen nicht festgeklebten und nicht expandierten Umfang **88** von 5,26 mm. Zwischen den fünfzehn Dehnungssäulen **24** liegen Verbindungsstrebensäulen **26**. Jede Dehnungssäule **24** besteht aus zwölf Dehnungsstreben **28**, die abwechselnd an ihren proximalen und distalen Enden durch Verknüpfungsstreben **30** verbunden sind, die sechs Dehnungsstrebenpaare **32** formen. Dehnungsstreben **28** sind parallel mit der Längsachse des zylindrischen Stents **10** verknüpft. Die Verbindungsstreben **30** formen einen spitzen Winkel **38** und einen stumpfen Winkel **50** mit den entsprechenden Dehnungsstreben **28** des Dehnungsstrebenpaares **32**. Angrenzende Dehnungssäulen **24** verwenden abweichende Umfangsneigungsrichtungen der Verbindungsstreben **30**.

[0086] In dieser Ausführung besitzen die Dehnungsstreben eine Breite **62** von 0,20 mm, die Dehnungsstreben eine Länge **64** von 1,15 mm und die Verbindungsstreben eine Breite **66** von 0,13 mm. Abstand **68** von der Außenkante einer ersten Dehnungsstrebe **28** zu der Außenkante einer zweiten angrenzenden Dehnungsstrebe **28** in derselben Deh-

nungssäule **24** beträgt 0,64 mm, wobei eine Schleifenschlitzbreite **70** von 0,24 mm verbleibt.

[0087] In dieser Variation bestehen die Verknüpfungsstreben **38** aus einem geneigten ersten linearen Abschnitt **54**, der mit einem zweiten linearen Abschnitt **56** unter einem geneigten Winkel **58** verbunden ist. Der erste lineare Abschnitt **54** ist geringfügig länger als der zweite lineare Abschnitt **56** und ist an seinem proximalen Ende an eine Dehnungsstrebe **28** in einer Dehnungssäule **24** verbunden. Die Anknüpfung des proximalen Endes des ersten linearen Abschnitts **54** zur Dehnungsstrebe **28** erfolgt in einem Punkt, in dem die Verbindungsstreben **30** einen spitzen Winkel **48** mit Dehnungsstrebe **28** einschließen. Der erste lineare Abschnitt **54** erstreckt sich im wesentlichen kollinear zu der Verbindungsstrebe **30**, die an ihrem distalen Ende an ein proximales Ende des zweiten linearen Abschnitts **56** verbunden ist, um einen schrägen Winkel **58** zu bilden. Der zweite lineare Abschnitt **56** erstreckt sich im wesentlichen kollinear zur Dehnungsstrebe **28**, wobei er an seinem distalen Ende an eine Dehnungsstrebe **28** in einer angrenzenden Dehnungssäule **24** verbunden ist. Die Verbindung erfolgt in einem Punkt, wo Verbindungsstrebe **28** einen spitzen Winkel **48** mit Verbindungsstrebe **30** einschließt. Verbindungsstreben **30** und erste lineare Abschnitt **54** der Verknüpfungsstreben sind abwechselnd schräg in Umfangsrichtung geneigt von Säule zur nächsten Säule angeordnet.

[0088] Die Verbindung von Verknüpfungsstreben **38** und Dehnungsstreben **28** in einem Punkt, in dem ein spitzer Winkel **48** geformt ist, unterstützt die glatte Anbringung des Stents **10** durch eine stromlinienförmige Ausbildung der Oberfläche des nicht expandierten Stents und Minimalisieren von möglichen Fangpunkten. Freiliegende Anbringung des Stents **10** in der Zielläsion in einem Gefäß führt folglich zu einem minimalen Schleifen oder Einfangen, wenn er durch Kurven und Windungen des Gefäßes navigiert wird. Der Stent **10** verhält sich wie ein flexibler rohrförmiger Schlitten, wenn dieser vor und zurück in dem Gefäß auf den Anbringungskatheter geführt wird, wobei dieser durch gewundene Gefäße und über unregelmäßige Unebenheiten geleitet, die durch atherosklerotische Ablagerungen in dem Gefäßbereich verursacht sind.

[0089] Wenn der Stent **10** aus Fig. 4A und 4B vollständig expandiert ist, besitzt er einen Durchmesser von bis zu 5,0 mm, wobei eine akzeptable radiale Stärke und Dauertoleranz erzielt wird. Der Außendurchmesser des geklemmten Stents kann 1,0 mm oder weniger betragen, abhängig von dem Zustand des zugrundeliegenden Anbringungsballondurchmessers. Ein kleiner Außendurchmesser im geklemmten Zustand ist besonders dann wichtig, wenn die Stent-Anbringung ohne Vorweitung im Zielbereich versucht wird. Wenn der Stent optimal auf den

Anbringungsballon geklemmt ist, ist die Oberfläche des geklemmten Stents glatt, wodurch ein Schleifen von Stent-Streben während der Vor- oder Zurückbewegung durch ein Gefäß vermieden wird.

[0090] Fig. 5 zeigt einen Stent **10** in seiner expandierten Form, die eine stufenweise Kegelform vom proximalen Ende **12** zum distalen Ende **14** besitzt. Die schattierten Segmente **72, 74, 76, 78, 80, 82** und **84** der Dehnungsstreben **28** stellen Bereiche der Dehnungsstreben **28** dar, die zu entfernen sind. Das Entfernen der schattierten Bereiche **72, 74, 76, 78, 80, 82** und **84** schafft einen Stent **10** mit einem schrittweisen Kegel, wenn dieser mit distalem Ende **14** expandiert wird, das einen kleineren expandierten Durchmesser als das proximale Ende **12** besitzt. Der Grad an Kürzung des expandierten Durchmessers von Stent **10** für eine gegebene Dehnungssäule **24** ist proportional zur Länge der entfernten Segmente **72, 74, 76, 78, 80, 82** oder **84** in dieser Dehnungssäule **24**. In dem gedehnten Stent **10** werden die gekürzten Dehnungsstreben **28** einen gekürzten Teil entlang dem Umfang des Stents besitzen, der zu einem gekürzten Umfang und Durchmesser führt. Der kegelförmige Durchmesserabschnitt kann irgendwo entlang der Länge des Stents **10** positioniert sein und die Kegelform kann mehr oder weniger stufenförmig sein durch Entfernen entsprechend größerer oder kleinerer Abschnitt der Dehnungsstreben **28** in einer Dehnungssäule **24**.

[0091] Kegelform ist insbesondere für lange Stents, länger als 12 mm, wichtig, da die Kegelform von Blutgefäßen über große Längen betonter ist. Ein langer Stent mit einem gleichmäßigen Stent-Durchmesser kann mit dem Durchmesser des Zielgefäßes nur in einem kurzen Bereich übereinstimmen. Wenn die ungefähre Gefäßgröße mit dem Stent-Durchmesser übereinstimmt, wird das expandierte distale Ende des Stents zu groß sein für das natürliche Gefäß und eine innere Zerteilung des distalen Gefäßes durch die Stent-Ausdehnung verursachen. Andererseits, wenn die distale Gefäßgröße dem Stent-Durchmesser entspricht, wird das proximale Ende des expandierten Stents zu klein sein, um innerhalb des Gefäßdurchflusses zu sitzen. Es ist daher wünschenswert, einen Stent mit einem kegelförmigen expandierten Durchmesser zur Hand zu haben.

[0092] Ein weiterer Weg um einen kegelförmigen expandierten Stent zu erzielen, besteht darin, die Steifigkeit der Stent-Streben, Dehnungsstreben, Verknüpfungsstreben oder Verbindungsstreben zu ändern derart, daß die Steifigkeit der Streben entlang der Länge des Stents variiert. Die Steifigkeit der Streben kann durch unterschiedliche Länge, Breite oder Dicke zusätzliche Versteifungsmaterial unter Verwendung chemischer oder mechanischer Mittel geändert werden, um die physikalischen Eigenschaften des Stent-Materials zu verändern oder eine oder

mehrere elastische Elemente auf dem Stent vorzusehen.

[0093] Die Verwendung eines kegelförmigen Ballons zum Ausdehnen von einem nicht kegelförmigen Stent führt ebenfalls zu einem kegelförmig expandierten Stent. Da jedoch kein Metall aus dem Stent entfernt wird, ist der Stent jedoch kegelförmig als ein Ergebnis einer unvollständigen Dehnung. Der Stent wird daher an seinem kegelförmigen Ende einen erhöhten Metallanteil besitzen, der zu einem verstärkten Risiko einer akuten Thrombose führt. Der Metallanteil ist der Teil der Oberfläche des expandierten Stents der durch das Stent-Strebenmaterial bedeckt ist. Verkürzung der Dehnungsstreben, wie in **Fig. 5**, ermöglicht einen kegelförmig expandierten Stent mit im wesentlichen konstanten Metallanteil entlang seiner Länge.

[0094] Ein weiterer in **Fig. 6A** und **6B** gezeigter Stent besitzt verschiedene Verstärkungsdehnungssäulen **86**, die entlang der Länge des Stents **10** angeordnet sind. Die Verstärkungssäulen **86** sind entlang der Stent-Länge verteilt, um dem Stent **10** zusätzlich lokal radiale Stärke und Festigkeit zu verleihen. Zusätzliche Stärke und Festigkeit sind insbesondere an den Enden des Stent wichtig, um Deformationen von dem Stent sowohl während der Anbringung als auch nach dem Setzen zu verhindern. Während der Anbringung können die Stent-Enden an der Gefäßwand eingreifen, wodurch der nicht expandierte Stent möglicherweise deformiert wird und seine Expansionsseigenschaften ändert. Nachdem der Stent plaziert wurde, ist es wichtig, daß die Stent-Enden starr sind, so daß sie fest gegen die Gefäßwand anliegen, andererseits kann der Katheter oder Führungsdraht während einer nachfolgenden Katheterbehandlung an den Stent-Enden eingreifen und so den Stent von der Gefäßwand wegziehen und möglicherweise das Gefäß beschädigen und/oder blockieren.

[0095] Spezielle Variationen des Stents **10**, die in den **Fig. 6A** und **6B** dargestellt sind, besitzen eine Länge **16** von 20,70 mm und einen nicht geklemmten und nicht expandierten Umfang **88** von 5,26 mm. Der Stent **10** besteht aus sechs Dehnungssäulen **24** und drei Verstärkungssäulen **86**, von denen jede jeweils aus zwölf Dehnungsstreben **28** oder Verstärkungsdehnungsstreben **90** bestehen. Von den Verstärkungsdehnungssäulen **86** ist eine an einem Ende und eine entlang der Länge des Stents **10** positioniert.

[0096] Die Dehnungsstrebenbreite **62** beträgt 0,15 mm, Verstärkungsdehnungsstrebenbreite **92** beträgt 0,20 mm und die Verknüpfungsstrebenbreite **66** beträgt 0,10 mm. Der spitze Winkel **48** der zwischen der Verbindungsstrebe **30** und der Dehnungsstrebe **28** gebildet ist, beträgt 75 Grad und der spitze Winkel **94**, der zwischen der Verbindungsstrebe **96** und der Ver-

stärkungsdehnungsstrebe **90** gebildet ist, beträgt 60 Grad.

[0097] Andere Anordnungen von Verstärkungsdehnungssäulen **86**, wie beispielsweise Verstärkungsdehnungssäulen **86** nur an den Enden des Stents, nur an einem Ende oder an mehreren Orten entlang der Länge des Stents, können ebenfalls verwendet werden. Ein Kegel kann ebenfalls in den verstärkten Stent **10** durch Kürzen der Dehnungsstreben **28** und Verstärkungsdehnungsstreben **90** in geeigneten Dehnungssäulen **24** und **86** vorgesehen sein.

[0098] Ein weiterer Stent, der in **Fig. 7A**, **7B** und **7C** dargestellt ist, ist ähnlich dem vorhergehenden Stent, besitzt jedoch das zusätzliche Merkmal von Entlastungskerbem **98** und **100**. Eine Entlastungskerbe ist eine Kerbe, aus der Metall aus der Strebe entfernt wurde, üblicherweise in einem Gelenk, in dem mehrere Streben miteinander verbunden sind. Entlastungskerbem erhöhen die Flexibilität einer Strebe oder eines Gelenks durch Erzeugen eines dünnen, engen Bereichs entlang der Strebe oder dem Gelenk. Entlastungskerbe **98** ist in dem zwischen dem ersten linearen Abschnitt **54** der Verbindungsstrebe **38** und Dehnungsstrebe **28** gebildet. Entlastungskerbe **100** ist in dem Gelenk zwischen dem zweiten linearen Abschnitt **56** der Verknüpfungsstrebe **38** und Dehnungsstrebe **28** gebildet. Die Positionierung der Entlastungskerbem verleiht dem nicht expandierten Stent zusätzliche Flexibilität und verhindert ein Aufwickeln der Gelenke, wenn der Stent expandiert ist. Dies führt zu einer glatten Oberflächenmodulation des expandierten Stent-Rahmens. Entlastungskerbem können an anderen Gelenken plaziert werden und können in jede der vorgenannten Stents vorgesehen sein.

[0099] **Fig. 8A** und **8B** zeigen eine Seitendraufsicht einer Ausführungsform des Stents nach der vorliegenden Erfindung. In dieser Ausführungsform ist eine vierteilige geneigte Verbindungsstrebe **38** verwendet, um die Ecke eines Dehnungsstrebenpaares **32** in einer Dehnungssäule **24** an eine Verbindungsstrebe **30** eines umfänglich versetzten Dehnungsstrebenpaares **32** in einer angrenzenden Dehnungssäule **24** zu koppeln. Die Dehnungsstreben **28**, Verbindungsstreben **30**, Dehnungssäulen **24**, Verstärkungsdehnungsstreben **90**, Verstärkungsverbindungsstreben **96** und Verstärkungsdehnungssäule **86** entsprechen im wesentlichen der vierten Ausführungsform aus **Fig. 6A**. Verknüpfungsstreben **38** in Verknüpfungsstrebensäule **26** besitzen jedoch eine abwechselnde Geometrie und Verknüpfung, die nachfolgend im Detail beschrieben wird.

[0100] **Fig. 8A** zeigt nur die Stent-Streben auf der vorderen Hälfte der Stent-Oberfläche. Die Stent-Streben auf der hinteren Hälfte der Stent-Oberfläche sind nicht gezeigt. Der Stent scheint als wenn die Stent-Streben und die Zwischenräume zwischen die-

sen undurchsichtig wären. **Fig. 8B** zeigt alle Stent-Streben sowohl von der vorderen als auch der hinteren Hälfte. Der Stent erscheint als wenn die Stent-Streben und der Zwischenraum zwischen diesen transparent wäre.

[0101] Eine erste Abwandlung der ersten Erfindung, die in **Fig. 8C** dargestellt ist, besteht aus einem Stent **10** mit zwölf Dehnungssäulen **24**, vier Verstärkungssäulen **86** und fünfzehn Verknüpfungsstrebensäulen **26**. In dieser Variante besitzt der Stent eine Länge **16** von 31,96 mm und einen nicht expandierten Umfang **88** von 5,26 mm.

[0102] Verknüpfungsstreben **38**, die in einer vergrößerten Ansicht in **Fig. 8G** dargestellt sind, bestehen aus vier linearen Abschnitten, einem proximalen Endabschnitt **162**, einem ersten und einem zweiten Zwischenabschnitt **164** bzw. **166** und einem distalen Endabschnitt **168**, der drei geneigte Winkel **170**, **172** und **174** bildet. Das proximale Ende des proximalen Abschnitts **162** ist an einer Ecke **176** eines Dehnungsstrebenpaares **32** einer Dehnungssäule **24** befestigt. Ecke **176** ist dort geformt, wo Verbindungsstreben **30** einen spitzen Winkel **48** mit Dehnungsstrebe **28** einschließt. Eine zweite Ecke **178** der Dehnungsstrebe **32** ist dort geformt, wo Verbindungsstreben **30** einen stumpfen Winkel **50** mit Dehnungsstrebe **28** einschließen. Ecken **176** und **178** besitzen eine Winkelform, die durch Verbindung der linearen Dehnungsstreben **28** und Verbindungsstreben **30** geformt sind oder bevorzugt sind Ecken **176** und **178** abgerundet, um scharfe Kanten zu entfernen und eine erhöhte Flexibilität bereitzustellen. Zusätzlich schaffen abgerundete Ecken einen Stent **10** mit einer größeren Dehnungsfähigkeit und verminderten Spannung in dem Stent-Strebenmaterial an den Ecken des expandierten Stent.

[0103] Der proximale Endabschnitt **162** von Verknüpfungsstreben **38** erstreckt sich von Ecke **176** und ist an seinem distalen Ende an einem ersten Zwischenabschnitt **164** unter Bildung eines geneigten Winkels **170** befestigt. Der erste Zwischenabschnitt **164** erstreckt sich vom proximalen Endabschnitt **162** derart, daß der erste Zwischenabschnitt **164** parallel zu Dehnungsstreben **28** verläuft und an seinem distalen Ende mit dem proximalen Ende des zweiten Zwischenabschnitts **166** unter Formung eines geneigten Winkels **172** verbunden ist.

[0104] Der zweite Zwischenabschnitt **166** erstreckt sich in einer schrägen Orientierung relativ zur Längsachse des Stents, wobei sich dieser sowohl longitudinal entlang dem Stent als auch umfänglich um den Stent erstreckt. Bevorzugt verläuft der zweite Zwischenabschnitt **166** parallel zur Verbindungsstrebe **30** des im Umfang versetzten Dehnungsstrebenpaares **32** in der angrenzenden Dehnungssäule **24**.

[0105] Der zweite Zwischenabschnitt **166** ist an seinem distalen Ende an das proximale Ende des distalen Endabschnitts **168** unter Bildung eines geneigten Winkels **174** verbunden. Distaler Endabschnitt **168** erstreckt sich von dem zweiten Zwischenabschnitt **166**, der an seinem distalen Ende mit der Verbindungsstrebe **30** des in Umfangsrichtung versetzten Dehnungsstrebenpaares **32** der angrenzenden Dehnungssäule verbunden ist. Die Verbindung erfolgt in einem Punkt von zwischen Ecken **176** und **178**, in denen die Verbindungsstrebe **30** einen spitzen Winkel **48** bzw. einen stumpfen Winkel **50** mit den Dehnungsstreben **28** einschließt.

[0106] Der Verbindungspunkt des distalen Endabschnitts **168** mit der Verbindungsstrebe **30** liegt näher an der Ecke **176** als an der Ecke **178**. Bevorzugt liegt der Verbindungspunkt eine bis zwei oder mehr Dehnungsstrebenbreiten von der Ecke **176** entfernt. Der Verbindungspunkt des distalen Endabschnitts **168** ist zur Verbindungsstrebe **30** von Ecke **176** zu einer Zwischenecke **176** versetzt und Ecke **178** vermindert das Aufwickeln des expandierten Stents **10**, was zu einer glatten Oberflächenmodulation und einem verminderten Thromboserisiko führt. Zusätzlich ist die Gestaltung ausgelegt, um eine längere gesamt gedehnte Länge der Verbindungsstrebe **38** zu erzielen, die weiter ein Vorkürzen von Stent **10** während der Expansion reduziert.

[0107] Eine zweite Abwandlung der vorliegenden Erfindung, die im nicht ausgedehnten Zustand in **Fig. 8D**, **8E** und im expandierten Zustand in **Fig. 8F** dargestellt ist, besteht aus einem Stent **10** mit sechs Dehnungssäulen **24**, zwei Verstärkungsdehnungssäulen **86** und sieben Verbindungsstrebensäulen **26**. In dieser Abwandlung besitzt der Stent **10** eine Länge **16** von 15,04 mm und einen nicht expandierten Umfang **88** von 5,26 mm. Die Stent-Gestaltung **10** ist im wesentlich ähnlich zu der Gestaltung der ersten Variation der fünften Ausführungsform aus **Fig. 8C** mit einer reduzierten Anzahl von Dehnungssäulen, Verstärkungsdehnungssäulen und Verknüpfungsstrebensäulen.

[0108] **Fig. 8F** verdeutlicht einen Abschnitt des expandierten Stents **10** der zweiten Abwandlung. Nach der Ausdehnung des Stents **10** durch einen Ballon oder andere Mittel sind die Dehnungsstreben **28** in Umfangsrichtung weit aufgespreizt, wobei die Trennung an dem offenen Ende **36** des Dehnungsstrebenpaares **32** zu einer Zunahme im Umfang des Stents **10** führt. Das Aufspreizen der Dehnungsstreben **28** verursacht eine Längskürzung der Dehnungssäule **24**, die durch Begradigen der Verbindungsstreben **38** kompensiert wird. Während des Dehnungsvorgangs werden die geneigten Winkel **170**, **172** und **174** geweitet, wodurch die Verknüpfungsstreben **38** begradigt werden und ein Abstand zwischen angrenzenden Dehnungssäulen **24** zunimmt. Die unsymme-

trische verknüpfte Zellgeometrie des expandierten Stents ist in **Fig. 8F** dargestellt.

[0109] **Fig. 9A, 9B, 9C, 9D, 9E, 9F** und **9G** verdeutlichen einen Stent, der nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist. In diesem Stent ist eine dreiteilig geneigte Verknüpfungsstrebe **38** verwendet, um die Verbindungsstreben **30** eines Dehnungsstrebenpaares **32** in einer Dehnungssäule **24** mit der Verknüpfungsstrebe **30** eines umfänglich versetzten Dehnungsstrebenpaares **32** in einer angrenzenden Dehnungssäule **24** zu verbinden. Die Gelenke zwischen Segmenten der Verknüpfungsstreben **38** sind gebogen und bilden eine glatten runde Form. Die Dehnungsstreben **28**, Verbindungsstreben **30**, Dehnungssäule **24**, Verstärkungsdehnungsstreben **90**, Verstärkungsverbindungsstreben **96** und Verstärkungsdehnungssäulen **86** sind im wesentlichen gleich zu dem Stent aus **Fig. 8A**. Verknüpfungsstreben **38** in Verknüpfungsstreben säulen **26** besitzen jedoch eine geänderte Geometrie und Verknüpfung, die im Detail nachfolgend beschrieben wird.

[0110] Eine erste Abwandlung, die in den **Fig. 9A, 9B** und **9C** beschrieben ist, besteht aus einem Stent **10** mit acht Dehnungssäulen **24**, drei Verstärkungsdehnungssäulen **86** und zehn Verknüpfungsstreben säulen **26**. In dieser Abwandlung besitzt der Stent **10** eine Länge **16** von 20,32 mm.

[0111] Entlastungskerven **204** werden verwendet, um die Gelenke zwischen Verstärkungsdehnungsstreben **90** und Verstärkungsverbindungsstreben **96** in der Verstärkungsdehnungssäule **86** an dem proximalen Stent-Ende **12** und an dem distalen Ende **14** zu verbinden. Entlastungskerven **204** reduzieren die Breite der Gelenke zwischen Verstärkungsdehnungsstreben **90** und Verstärkungsverbindungsstreben **96**, die die Belastung in dem Metall in den Gelenken während und nach Dehnung des Stents reduzieren. Entlastungskerven **204** sind insbesondere an den Stent-Enden wichtig, da die Stent-Enden besonders anfällig für ein Aufwickeln während oder nach der Expansion sind. Bevorzugt reduzieren Entlastungskerven **204** die Gelenkstärke derart, daß die Gelenkbreite im wesentlichen der Dicke der Stent-Wand **46** entspricht (siehe **Fig. 1B** und **1C**).

[0112] Verknüpfungsstreben **38**, die in **Fig. 9B** in einer vergrößerten Ansicht gezeigt sind, bestehen aus bis zu drei linearen Abschnitten, einem proximalen Endabschnitt **194**, einem Zwischenabschnitt **196** und einem distalen Endabschnitt **198**, die zwei geneigte Winkel **200, 202** bilden. Die Verknüpfungsstreben **38** besitzen große Krümmungsradien in den Gelenken zwischen den Verbindungsstrebenabschnitten **194, 196** und **198**. Die Form der Verbindungsstreben **38** ist folglich gekurvt und wellig anstatt gezackt und winkelig. Die geneigten Winkel **200** und **202** sind durch lineare extrapolierende proximale Endabschnitt **194**,

Zwischenabschnitte **196** und distale Endabschnitte **198** gebildet, wie durch die gepunkteten Linien in **Fig. 9D** dargestellt.

[0113] **Fig. 9E** zeigt eine Abwandlung der Verbindungsstreben gestaltung. Die Verknüpfungsstreben **38** von **Fig. 9E** besitzen kleinere Krümmungsradien an den Gelenken zwischen proximalem Endabschnitt **194**, Zwischenabschnitt **196** und distalem Endabschnitt **198**. Verknüpfungsstreben **38** der **Fig. 9E** sind folglich stärker gezackt und winkelförmig als die aus **Fig. 9D**.

[0114] Mit Bezug auf die Verknüpfungsstreben **38** aus **Fig. 9D** und **9E**: Das proximale Ende des proximalen Abschnitts **194** ist mit den Verbindungsstreben **30** des Dehnungsstrebenpaares **32** zwischen den Ecken **176** und **178** verbunden. Der proximale Endabschnitt **194** der Verbindungsstrebe **38** erstreckt sich von der Verbindungsstrebe **30** und ist an seinem distalen Ende mit dem Zwischenabschnitt **196** unter Bildung eines geneigten Winkels **200** verbunden. Der Zwischenabschnitt **196** erstreckt sich von dem proximalen Endabschnitt **194** in einer geneigten Orientierung relativ zur Längsachse des Stents, wobei er sich sowohl entlang der Längsrichtung als auch in Umfangsrichtung des Stents **10** erstreckt. Zwischenabschnitt **196** ist bevorzugt parallel zur Verbindungsstrebe **30** der angekoppelten Dehnungsstrebenpaare **32**.

[0115] Zwischenabschnitt **196** ist an seinem distalen Ende mit dem proximalen Ende des distalen Endabschnitts **198** unter Bildung eines geneigten Winkels **202** verbunden. Distaler Endabschnitt **198** erstreckt sich vom zweiten Zwischenabschnitt **196**, der an seinem distalen Ende mit der Verbindungsstrebe **30** des in Umfangsrichtung versetzten Dehnungsstrebenpaares der angrenzenden Dehnungssäule **24** verbunden ist. Die Verbindung erfolgt an einem Punkt zwischen Ecken **176** und **178**, wo Verbindungsstrebe **30** einen spitzen Winkel **48** bzw. einen stumpfen Winkel **50** mit Dehnungsstreben **28** bildet.

[0116] Der Verknüpfungspunkt des proximalen Endabschnitts **194** und distalen Endabschnitts **198** der Verbindungsstreben **30** liegt näher an der Ecke **176** als an der Ecke **178**. Bevorzugt sind die Verbindungspunkte ein bis zwei oder mehr Dehnungsstrebenbreiten von der Ecke **176** entfernt. Der Versatz des Verbindungspunktes des distalen Endabschnitts **198** zur Verbindungsstrebe **30** von der Ecke **176** zu einem Punkt zwischen Ecke **176** und Ecke **178** reduziert ein Aufwickeln des expandierten Stents **10**, was zu einer glatten Oberflächenmodulation und reduzierten Thrombosegefahr führt. Zusätzlich schafft diese Gestaltung eine längere gestreckte Gesamtlänge der Verbindungsstreben **38**, die ein Kürzen des Stents **10** während der Ausdehnung reduziert.

[0117] Die Verbindungsstrebe **38** besitzt eine einhundertachtzig Grad Drehsymmetrie um ihr Zentrum. Die Symmetrie der Verknüpfungsstrebe **38** führt jedoch nicht zu einem symmetrischen Zellraum, da die Breite der Schleifenschlitze **42**, die mit jedem Zellraum verbunden sind, unterschiedlich ist. Angrenzende Schleifenschlitze **42** in jeder Dehnungssäule besitzen abwechselnd kleine und große Breiten, die die Asymmetrie des Zellraums bewahrt. Die Einführung von einem oder mehreren symmetrischen Zellräumen kann durch diese Gestaltung erreicht werden, beispielsweise durch Bereitstellen einer gleichmäßigen Schleifenschlitzbreite von Schleifenschlitzen in angrenzenden Dehnungssäulen **24**, die in demselben Zellraum enthalten sind. Zusätzlich können vollständig nicht gleichförmige Zellräume unter Verwendung von symmetrischer oder unsymmetrischem Zellräume geschaffen werden, beispielsweise durch Bereitstellen nicht gleichmäßiger Variationen der Breiten der Schleifenschlitze **42**.

[0118] Eine zweite Abwandlung, die in **Fig. 9F** in ihrem nicht ausgedehnten Zustand gezeigt ist, besteht aus einem Stent **10** mit sechs Dehnungssäulen **24**, drei Verstärkungsdehnungssäulen **86** und acht Verbindungsstrebensäulen **26**. In dieser Abwandlung besitzt der Stent eine Länge **16** von 16,00 mm und einen nicht ausgedehnten Umfang **88** von 5,26 mm. Der Stent **10** ist im wesentlichen ähnlich zu der Gestaltung der ersten Variation des Stents aus den **Fig. 9A, 9B** und **9C** mit einer verminderten Anzahl von Dehnungssäulen **24** und Verbindungsstrebensäulen **26**.

[0119] Eine dritte Variation, die in **Fig. 9F** in einem nicht expandierten Zustand gezeigt ist, besteht aus einem Stent **10** mit zwölf Dehnungssäulen **24**, vier Verstärkungsdehnungssäulen **86** und fünfzehn Verbindungsstrebensäulen **26**. In dieser Variation besitzt der Stent eine Länge **16** von 30,01 mm und einen nicht expandierten Umfang **88** von 5,26 mm. Die Stent-Gestaltung **10** ist im wesentlichen ähnlich zu der Gestaltung der ersten Abwandlung des Stents aus den **Fig. 9A, 9B** und **9C** mit einer vergrößerten Anzahl von Dehnungssäulen **24**, Verstärkungsdehnungssäulen **86** und Verknüpfungsstrebensäulen **26**.

[0120] **Fig. 10A, 10B, 10C, 10D, 10E** und **10F** verdeutlichen einige Beispiele von alternativen Verknüpfungsstreben-gestaltungen, die in jedem der vorher diskutierten Stents verwendet werden kann. **Fig. 10A** zeigt eine abgerundete Schleifenverknüpfungsstrebe **38**, die zwei in Umfangsrichtung versetzte Dehnungsstrebenpaare **32** in angrenzenden Dehnungssäulen verbindet. Dehnungsstreben **28** in jedem Verbindungsstrebenpaar **32** sind über eine Verbindungsstrebe **30** miteinander verbunden. Verbindungsstreben **30** sind geneigt, um einen spitzen Winkel **48** und einen stumpfen Winkel **50** mit den Dehnungsstreben **28** einzuschließen, welche sie verbinden. Die gerun-

deten Schleifenverknüpfungsstreben **38** verknüpfen Dehnungsstreben **28** in dem Punkt, in dem der spitze Winkel **48** zwischen der Dehnungsstrebe **28** und Verbindungsstreben **30** gebildet ist. Die Steigung der gerundeten Verknüpfungsstreben **38** an ihrem proximalen Ende **102** und distalem Ende **104** stimmt im wesentlichen mit der Steigung der Verbindungsstreben **30** überein, die das Paar von Dehnungsstreben **28** miteinander verknüpfen. Die gerundete Schleifenverknüpfungsstrebe **38** mischt sich folglich stetig in die Verbindungsstreben **30**. Zusätzlich besitzt die gerundete Schleifenverknüpfungsstrebe **38** einen ersten Krümmungsradius **106** und einen zweiten Krümmungsradius **108**.

[0121] In der Gestaltung aus **Fig. 10B** verbindet eine gerundete Schleifenverknüpfungsstrebe **38** zwei entlang dem Umfang versetzte Dehnungsstrebenpaare **32** in angrenzenden Dehnungssäulen. Dehnungsstreben **28** in jedem Dehnungsstrebenpaar **32** sind durch eine Verbindungsstrebe **30** miteinander verbunden. Die Verbindungsstreben **30** schließen einen rechten Winkel mit den sie verbindenden Dehnungsstreben **28** ein. Die gerundete Schleifenverknüpfungsstrebe **38** verbindet die Dehnungsstreben **28** in demselben Punkt wie die Verbindungsstreben **30**. Die gerundete Verknüpfungsstrebe **38** besitzt einen ersten Krümmungsradius **106** und einen zweiten Krümmungsradius **108** derart, daß sie entlang dem Umfang versetzte Dehnungsstrebenpaare **32** verbindet.

[0122] In der Gestaltung von **Fig. 10C** verbinden Verknüpfungsstreben **38** zwei entlang dem Umfang versetzte Dehnungsstrebenpaare **32** in angrenzenden Dehnungssäulen. Dehnungsstreben **28** in jedem Dehnungsstrebenpaar **32** sind durch eine Verbindungsstrebe **30** miteinander verbunden. Verbindungsstreben **30** sind derart geneigt, daß sie einen spitzen Winkel **48** und einen stumpfen Winkel **50** mit den Dehnungsstreben **28** einschließen, welche sie verbinden. Die Verknüpfungsstrebe **38** verbindet Dehnungsstreben **28** in einem Punkt, in dem ein spitzer Winkel zwischen der Dehnungsstreben **28** und der Verbindungsstrebe **30** geformt wird.

[0123] Die Verknüpfungsstrebe **38** besteht aus drei linearen Abschnitten **110, 112** und **114**, die zwei geneigte Winkel **116** und **118** formen. Der proximale Endabschnitt **110** ist an die Dehnungsstrebe **28** in einem Punkt befestigt, in dem Verbindungsstrebe **30** einen spitzen Winkel **48** mit Dehnungsstrebe **28** bildet. Abschnitt **110** erstreckt sich im wesentlichen kollinear zur Verbindungsstrebe **30** und ist an seinem distalen Ende an einem Zwischenabschnitt **112** unter Bildung eines geneigten Winkels **116** befestigt. Zwischenabschnitt **112** erstreckt sich in einem Winkel zum Abschnitt **110** derart, daß der Zwischenabschnitt **112** im wesentlichen parallel zu Dehnungsstreben **28** verläuft und an seinem distalen Ende mit dem proxima-

len Ende des distalen Abschnitts unter Bildung eines geneigten Winkels **118** verbunden ist. Distaler Abschnitt **114** erstreckt sich in einem Winkel derart, daß er im wesentlichen kollinear zur Verbindungsstrebe **30** des angrenzenden Dehnungsstrebenpaares **32** steht. Distaler Abschnitt **114** ist mit seinem distalen Ende an Dehnungsstrebe **28** des angrenzenden Dehnungsstrebenpaares **32** in einem Punkt verbunden, in dem die Verbindungsstrebe **30** einen spitzen Winkel **48** mit Dehnungsstrebe **28** bildet.

[0124] Bei der Ausgestaltung aus den Fig. 10D und 10E verbindet eine Verknüpfungsstrebe **38** zwei entlang dem Umfang versetzte Dehnungsstrebenpaare **32** in angrenzenden Dehnungssäulen. Dehnungsstreben **28** in jedem Dehnungsstrebenpaar **32** sind durch Verbindungsstreben **30** miteinander verbunden. Verbindungsstreben **30** stehen im rechten Winkel zu Dehnungsstreben **28**, welche sie verbinden. Die Verknüpfungsstreben **38** verbinden die Dehnungsstreben **28** in demselben Punkt wie die Verbindungsstreben **30**.

[0125] Die Verknüpfungsstreben **38** aus Fig. 10D und 10E bestehen aus mehreren Verknüpfungsstrebenabschnitten, die Ende an Ende miteinander verbunden sind, um eine zackige Verknüpfungsstrebe **38** mit mehreren geneigten Winkeln zu bilden, die das Dehnungsstrebenpaar **32** mit angrenzendem Dehnungsstrebenpaar **32** koppelt. Die Verknüpfungsstrebe aus Fig. 10D besteht aus drei Verknüpfungsstrebenabschnitten, einem proximalen Abschnitt **120**, einem Zwischenabschnitt **122** und einem distalen Abschnitt **124**, die zwei geneigte Winkel **126** und **128** einschließen, während die Verknüpfungsstrebe aus Fig. 10E aus vier Verknüpfungsstrebenabschnitten besteht, einem proximalen Abschnitt **130**, Zwischenabschnitten **132** und **134** sowie einem distalen Abschnitt **136**, die drei geneigte Winkel **138**, **140** und **142** bilden. Zusätzlich kann Verknüpfungsstrebenabschnitt **134** durch Ersetzen von Verknüpfungsstrebenabschnitt **136** durch den gepunkteten Verknüpfungsstrebenabschnitt **144** modifiziert werden, um eine weitere mögliche Geometrie von Verknüpfungsstreben **38** zu erhalten.

[0126] In der Gestaltung aus Fig. 10F verbinden Verknüpfungsstreben **38** zwei entlang dem Umfang versetzte Dehnungsstrebenpaare **38** in angrenzenden Dehnungsstrebenssäulen. Dehnungsstreben **28** in jedem Dehnungsstrebenpaar **32** sind durch eine Verbindungsstrebe miteinander verbunden. Verbindungsstreben **30** sind derart geneigt, um einen spitzen Winkel **48** und einen stumpfen Winkel **50** mit den sie verbindenden Dehnungsstreben **28** einzuschließen.

[0127] Verknüpfungsstrebe **38** besteht aus vier linearen Abschnitten, einem proximalen Endabschnitt **180**, ersten und zweiten Zwischenabschnitten **182**

bzw. **184** und einem distalen Endabschnitt **186**, die drei geneigte Winkel **188**, **190** und **192** miteinander einschließen. Der proximale Endabschnitt **180** ist an Ecken **176** in einem Punkt befestigt, in dem Verbindungsstreben **30** einen spitzen Winkel **48** mit der Dehnungsstrebe **28** einschließt. Proximaler Endabschnitt **180** erstreckt sich in einem Winkel zur Verbindungsstrebe **30** und ist an seinem distalen Ende an dem ersten Zwischenabschnitt **182** verbunden, der einen geneigten Winkel **188** einschließt. Der erste Zwischenabschnitt **182** erstreckt sich unter einem Winkel zu dem proximalen Endabschnitt **180** derart, daß der erste Zwischenabschnitt **182** im wesentlichen parallel zu der Dehnungsstrebe **28** verläuft und an seinem distalen Ende mit dem proximalen Ende des zweiten Zwischenabschnitts **184** den geneigten Winkel **190** bildet. Der zweite Zwischenabschnitt **184** ist im wesentlichen länger als der erste Zwischenabschnitt **182**. Zweiter Zwischenabschnitt **184** erstreckt sich unter einem Winkel derart, daß er im wesentlichen kollinear zu den Verbindungsstreben **30** des angrenzenden Dehnungsstrebenpaares **32** verläuft. Der zweiten Zwischenabschnitt **184** ist an seinem distalen Ende mit dem proximalen Ende vom distalen Endabschnitt **186** unter Bildung eines geneigten Winkels **192** befestigt. Distaler Endabschnitt **186** erstreckt sich mit einer gering steigenden Orientierung relativ zu Dehnungsstreben **28**, wobei er mit der Ecke **176** des Dehnungsstrebenpaares **32** verbunden ist, dort wo Verbindungsstrebe **30** einen spitzen Winkel **48** mit Dehnungsstrebe **28** bildet. Entlastungskerven **206** sind in dem Gelenk zwischen distalem Endsegment **186** der Verknüpfungsstrebe **38** und Ecke **176** des Dehnungsstrebenpaares **32** gebildet, um die Flexibilität des nicht expandierten Stents zu erhöhen und ein Umklappen zu vermeiden, wenn der Stent expandiert ist.

[0128] Der Fachmann wird erkennen, daß viele Möglichkeiten zur Anordnung von Verknüpfungsstreben und Verbindungsstreben bei der vorliegenden Erfindung bestehen; die obigen Beispiele sind nicht als abschließende Aufzählung gemeint. Insbesondere sei angemerkt, daß (a) Verbindungsstrebenabschnitt nicht linear, sondern eine oder mehrere Krümmungsradien aufweisen können, (b) Verknüpfungsstrebenabschnitte können jeweils eine unterschiedliche Längsachse besitzen, (c) die Verbindung zwischen Verknüpfungsstrebenabschnitten muß nicht zick-zack-förmig oder scharf verlaufen, sondern kann vielmehr glatt verlaufen mit einem oder mehreren Krümmungsradien und (d) Entlastungskerven können an jeder der Strebengelenke vorgesehen sein.

[0129] Der Stent der vorliegenden Erfindung ist ideal zur Anwendung bei Koronargefäßen geeignet, obwohl die Vielfältigkeit in der Stent-Gestaltung Anwendung bei nicht koronaren Gefäßen, der Aorta und nicht vaskularen rohrförmigen Körperorganen besteht.

[0130] Typische koronare vaskuläre Stents besitzen im expandierten Zustand Durchmesser im Bereich von 2,5 bis 5,0 mm. Ein Stent mit einer großen radialen Stärke und Dauertoleranz, der sich auf einen Durchmesser von 5,0 mm ausdehnt, kann einen nicht akzeptablen hohen Stent-Metallanteil besitzen, wenn er in Gefäßen mit kleinerem Durchmesser benutzt wird. Wenn der Stent-Metallanteil hoch ist, werden die Chancen für eine akute Thrombose und das Restenose-Potential erhöht. Selbst mit demselben Metallanteil besitzt ein Blutgefäß mit kleinerer Öffnung eine größere Wahrscheinlichkeit als ein großes, eine Thrombose-Rate zu besitzen. Es wird daher bevorzugt, mindestens zwei verschiedene Arten von Stents für koronare Anwendungen bereitzustellen, beispielsweise Stents für kleine Gefäße zur Verwendung in Gefäßen mit Durchmessern von 2,5 mm bis 3,0 mm und Stents für große Gefäße zur Verwendung in Gefäßen mit einem Durchmesser von 3,0 mm bis 5,0 mm. Daher werden sowohl kleine Gefäße als auch große Gefäße, wenn mit dem geeigneten Stent-Größe behandelt, der Stent mit einem vergleichbaren idealisierten Metallanteil besitzen.

[0131] Der Stent der vorliegenden Erfindung kann unter Verwendung eines CAM-gesteuerten Laserschneidesystems hergestellt werden, um das Stent-Muster auf einem rostfreien Stahlrohr herzustellen. Der vorgeschchnittene Stent wird bevorzugt elektrisch poliert, um Oberflächenunebenheiten und scharfen Kanten zu entfernen. Andere Methoden zur Herstellung eines Stents können ebenfalls EDM, photo-elektrische Ätztechniken und andere Verfahren verwenden. Ein geeignetes Material, das für den Stent verwendet werden kann, schließt andere Metalle und Polymere ein, solange diese im wesentlichen ausreichende strukturelle Stärke, Flexibilität, Biokompatibilität und Ausdehnbarkeit besitzen.

[0132] Der Stent ist üblicherweise mindestens teilweise mit einem röntgen-undurchsichtigem Metall, wie beispielsweise Gold, Platin, Tantal oder geeignetem Metall, überzogen. Es wird bevorzugt nur beide Enden des Stents durch lokales Überziehen zu beschichten; der gesamte Stent oder andere Bereiche können jedoch ebenfalls überzogen werden. Beim Überziehen beider Enden werden ein bis drei oder mehr Dehnungssäulen an jedem Ende des Stents überzogen, um die Enden des Stents zu markieren, so daß diese unter Fluoroskopie während des Setzen des Stents identifiziert werden können. Durch Überziehen des Stents lediglich an den Enden werden Überlagerung des röntgen-undurchsichtigen Überzugsmaterials mit Wirkungseigenschaften oder Oberflächenmodulation des Stent-Rahmens minimiert. Zusätzlich wird die benötigte Menge an Überzugsmaterial minimiert, wodurch sich die Materialkosten des Stents verringern.

[0133] Nach dem Überzug wird der gereinigt, übli-

cherweise mit Reinigungsmitteln, Salzlösung und Ultraschallmitteln, die in der Technik gut bekannt sind. Die Stents werden anschließend über eine Qualitätskontrolle inspiziert und auf den Anbringungsballonkatheter montiert und richtig verpackt, etikettiert und sterilisiert.

[0134] Stent **10** kann für sich alleine oder auf einem Ballonkatheteraufbau wie in **Fig. 11** vertrieben werden. Mit Bezug auf **Fig. 11**: Der Stent **10** ist über einen gefalteten Ballon **146** an dem distalen Ende **148** eines Anbringungsballonkatheteraufbaus **150** geklemmt. Der Aufbau **150** besitzt einen proximalen Endadapter **152**, einen Katheterschaft **154**, einen Ballonkanal **156**, einen Führungsdrahtkanal **158**, einen Ballon **146** und einen Führungsdraht **160**. Der Ballon **146** kann kegelförmig, gekrümmt oder sowohl kegelförmig als auch gekrümmt sein von einem proximalen Ende zu einem distalen Ende in dem expandierten Zustand. Zusätzlich kann der Stent **10** nicht kegelförmig oder kegelförmig im expandierten Zustand sein.

[0135] Üblicherweise wird der Führungsdraht **160** in die Vene oder Arterie eingeführt und bis in den Zielbereich vorgeschoben. Der Katheterschaft **154** wird nachfolgend über den Führungsdraht **160** zur Position des Stents **10** vorgeschoben und Ballon **146** in die Position des Zielbereichs. Der in Position gebrachte Ballon **146** wird durch den Ballonkanal **156** aufgeblasen, um den Stent **10** von seiner geklemmten Position in einen expandierten Zustand zu bringen. Im expandierten Zustand besitzt der Stent **10** die gewünschte gerüstartige Unterstützung für das Gefäß. Wenn der Stent expandiert wurde, wird Ballon **146** abgelassen und der Katheterschaft **154**, Ballon **146** und Führungsdraht **160** werden aus dem Patienten zurückgezogen.

[0136] Der Stent der vorliegenden Erfindung kann bis zu 10 mm kurz in der Länge oder bis zu 100 mm oder mehr sein. Wenn lange Stents verwendet werden, werden Anlegelänge und bevorzugt geringfügig längere Anbringungsballons verwendet, um den Stent in seine Faltposition zu bringen. Lange Stents können, abhängig von dem Zielgefäß, gekrümmte lange Ballone, kegelförmige lange Ballone oder kurvig und kegelförmige lange Ballone zur Anbringung erfordern. Gekrümmte und/oder kegelförmige Ballone, die der natürlichen Kurve und Kegel des Blutgefäßes entsprechen, reduzieren die Belastung des Blutgefäßes während oder nach der Stent-Entfaltung. Dies ist insbesondere bei Koronar-Anwendungen wichtig, die das Anbringen des Stents in gekrümmten oder kegelförmigen Koronar-Gefäßen einschließt.

[0137] Die vorstehende Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wurde zum Zwecke der Illustration und Beschreibung präsentiert. Es ist nicht beabsichtigt, vollständig zu sein oder

die Erfindung auf die beschriebenen präzisen Formen zu beschränken. Für den mit der Technik vertrauten Praktiker sind viele Modifikationen und Variationen offensichtlich. Es ist beabsichtigt, daß der Schutzbereich der Erfindung durch die nachfolgenden Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Stent in einem nicht expandierten Zustand mit: einer ersten Dehnungssäule (24), die aus einer Vielzahl von ersten Dehnungssäulenstrebebauparen (32) gebildet ist, einem ersten Dehnungsstrebebaupaar (32) mit einer ersten Dehnungsstrebe (28) neben einer zweiten Dehnungsstrebe (28) und einer ersten Verbindungsstrebe (30), welche die erste und die zweite Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des ersten Dehnungsstrebebaupaares verkoppelt, einem zweiten Dehnungsstrebebaupaar (32) mit einer dritten Dehnungsstrebe (28) neben der zweiten Dehnungsstrebe (28) und einer zweiten Verbindungsstrebe (30), welche die zweite und dritte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des zweiten Dehnungsstrebebaupaares verkoppelt, einem dritten Dehnungsstrebebaupaar (32) mit einer vierten Dehnungsstrebe (28) neben der dritten Dehnungsstrebe (28) und einer dritten Verbindungsstrebe (30) welche die dritte und vierte Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des dritten Dehnungsstrebebaupaares verkoppelt, einem vierten Dehnungsstrebebaupaar (32) mit einer fünften Dehnungsstrebe (28) neben der vierten Dehnungsstrebe (28) und einer vierten Verbindungsstrebe (30), welche die vierte und fünfte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des vierten Dehnungsstrebebaupaares verkoppelt, einer ersten Ecke (176) des ersten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die erste Verbindungsstrebe (30) mit der ersten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines ersten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die erste Verbindungsstrebe (30) mit der zweiten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) des zweiten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die zweite Verbindungsstrebe (30) mit der zweiten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines zweiten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die zweite Verbindungsstrebe (30) mit der dritten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) eines dritten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die dritte Verbindungsstrebe (30) mit der dritten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines dritten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die dritte Verbindungsstrebe (30) mit der vierten Dehnungs-

strebe (28) verkoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) eines vierten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die vierte Verbindungsstrebe (30) an die vierte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines vierten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die vierte Verbindungsstrebe (30) an die fünfte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist; einer zweiten Dehnungssäule (24), die aus einer Vielzahl von zweiten Dehnungssäulenstrebebauparen (32) gebildet ist, einem ersten Dehnungsstrebebaupaar mit einer ersten Dehnungsstrebe (28) neben einer zweiten Dehnungsstrebe (28) und einer ersten Verbindungsstrebe (30), welche die erste und die zweite Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des ersten Dehnungsstrebebaupaares verkoppelt, einem zweiten Dehnungsstrebebaupaar mit einer dritten Dehnungsstrebe (28) neben der zweiten Dehnungsstrebe (28) und einer zweiten Verbindungsstrebe (30), welche die zweite und dritte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des zweiten Dehnungsstrebebaupaares verkoppelt, einem dritten Dehnungsstrebebaupaar mit einer vierten Dehnungsstrebe (28) neben der dritten Dehnungsstrebe (28) und einer dritten Verbindungsstrebe (30), welche die dritte und vierte Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des dritten Dehnungsstrebebaupaares verkoppelt, einem vierten Dehnungsstrebebaupaar mit einer fünften Dehnungsstrebe (28) neben der vierten Dehnungsstrebe (28) und einer vierten Verbindungsstrebe (30), welche die vierte und fünfte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des vierten Dehnungsstrebebaupaares verkoppelt, einer ersten Ecke (176) eines ersten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die erste Verbindungsstrebe (30) an die erste Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines ersten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die erste Verbindungsstrebe (30) an die erste Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines ersten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die erste Verbindungsstrebe (30) an die zweite Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) eines zweiten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die zweite Verbindungsstrebe (30) an die zweite Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines zweiten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die zweite Verbindungsstrebe (30) an die dritte Dehnungsstrebe (28) gekoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) des dritten Dehnungsstrebebaupaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die dritte Verbindungsstrebe (30) an die dritte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer

zweiten Ecke (178) des dritten Dehnungsstrebe-paares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die dritte Verbindungsstrebe (30) an die vierte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) eines vierten Dehnungsstrebe-paares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die vierte Verbindungsstrebe (30) an die vierte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines vierten Dehnungsstrebe-paares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die vierte Verbindungsstrebe (30) an die fünfte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist; und einer ersten Verknüpfungsstrebesäule (26), die aus einer Vielzahl erster Verknüpfungsstreben (38) gebildet ist, wobei jede Verknüpfungsstrebe der ersten Verknüpfungsstrebesäule (26) einen proximalen Abschnitt (162) der Verknüpfungsstrebe, einen distalen Abschnitt (168) einer Verknüpfungsstrebe und einen Zwischenabschnitt (164, 166) einer Verknüpfungsstrebe aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein proximaler Abschnitt (162) der ersten Verknüpfungsstrebe an die erste Ecke (176) des zweiten Dehnungsstrebe-paares der ersten Dehnungsstrebesäule (24) angekoppelt ist und ein distaler Abschnitt (168) der ersten Verknüpfungsstrebe an die erste Verbindungsstrebe (30) des ersten Dehnungsstrebe-paares der zweiten Dehnungsstrebesäule (24) zwischen der ersten Ecke (176) des ersten Dehnungsstrebe-paares und der zweiten Ecke (178) des ersten Dehnungsstrebe-paares angekoppelt ist und ein proximaler Abschnitt (162) der zweiten Verknüpfungsstrebe an die erste Ecke (176) des vierten Dehnungsstrebe-paares der ersten Dehnungsstrebesäule (24) angekoppelt ist und ein distales Ende (168) einer zweiten Verknüpfungsstrebe an die dritte Verbindungsstrebe (30) des dritten Dehnungsstrebe-paares der zweiten Dehnungsstrebesäule (24) zwischen der ersten Ecke (176) des dritten Dehnungsstrebe-paares und der zweiten Ecke (178) des dritten Dehnungsstrebe-paares angekoppelt ist.

2. Stent nach Anspruch 1, wobei jeder proximale Abschnitt (162) der Verknüpfungsstrebe eine im wesentlichen lineare Geometrie hat.

3. Stent nach Anspruch 2, wobei jeder distale Abschnitt (168) der Verknüpfungsstrebe eine im wesentlichen lineare Geometrie hat.

4. Stent nach Anspruch 3, wobei jeder Zwischenabschnitt (164, 166) der Verknüpfungsstrebe eine im wesentlichen lineare Geometrie hat.

5. Stent nach Anspruch 3, wobei jeder Zwischenabschnitt (164, 166) der Verknüpfungsstrebe einen ersten linearen Abschnitt und einen zweiten linearen Abschnitt aufweist.

6. Stent nach Anspruch 5, wobei der erste lineare

Abschnitt des Zwischenabschnitts (164, 166) der ersten Verknüpfungsstrebe kürzer ist als der zweite lineare Abschnitt des Zwischenabschnitts der ersten Verknüpfungsstrebe.

7. Stent nach Anspruch 5, wobei jeder eines proximalen Verknüpfungsstrebenabschnitts (172), distalen Abschnitts (168), ersten linearen Abschnitts des Zwischenabschnitts (164, 166) und zweiten linearen Abschnitts des Zwischenabschnitts (164, 166) eine andere Längsachse hat.

8. Stent nach Anspruch 5, wobei ein erster Neigungswinkel (172) zwischen dem ersten linearen Abschnitt des Zwischenabschnitts (164, 166) der ersten Verknüpfungsstrebe und dem linearen Abschnitt des Zwischenabschnitts (164, 166) der ersten Verknüpfungsstrebe gebildet ist.

9. Stent nach Anspruch 5, ferner mit einem Krümmungsradius, der an dem ersten Neigungswinkel (172) gebildet ist.

10. Stent nach Anspruch 5, wobei ein Krümmungsradius zwischen dem ersten linearen Abschnitt (164) und dem zweiten linearen Abschnitt (166) des Zwischenabschnitts der ersten Verknüpfungsstrebe gebildet ist.

11. Stent nach Anspruch 5, wobei ein zweiter Neigungswinkel zwischen dem zweiten linearen Abschnitt des Zwischenabschnitts (166) der ersten Verknüpfungsstrebe und dem distalen Abschnitt (168) der ersten Verknüpfungsstrebe (38) gebildet ist.

12. Stent nach Anspruch 5, wobei ein Krümmungsradius zwischen dem zweiten linearen Abschnitt (166) des Zwischenabschnitts der ersten Verknüpfungsstrebe und dem distalen Abschnitt (168) der ersten Verknüpfungsstrebe (38) gebildet ist.

13. Stent nach Anspruch 5, wobei ein dritter Neigungswinkel (170) zwischen dem proximalen Abschnitt der ersten Verknüpfungsstrebe (38) und dem ersten linearen Abschnitt (164) des Zwischenabschnitts der ersten Verknüpfungsstrebe gebildet ist.

14. Stent nach Anspruch 5, wobei ein Krümmungsradius zwischen dem proximalen Abschnitt jeder Verknüpfungsstrebe (38) und dem ersten linearen Abschnitt (164) jedes Zwischenabschnitts der Verknüpfungsstrebe gebildet ist.

15. Stent nach Anspruch 1, wobei ein Verhältnis einer Anzahl von Dehnungsstreben (28) in einer Dehnungsstrebesäule (24) zu einer Anzahl von Verknüpfungsstreben (38) in einer Verknüpfungsstrebesäule (26) 2 zu 1 ist.

16. Stent nach Anspruch 1, wobei der Stent m

erste und zweite Dehnungssäulen (24), n Dehnungsstreben pro Säule und $n(m-1)/2$ Verknüpfungsstreben ausweist.

17. Stent nach Anspruch 1, wobei die erste und zweite Dehnungssäule (24) jeweils ungebrochene, kontinuierliche Säulenaufbauten sind.

18. Stent nach Anspruch 1, wobei eine der ersten oder zweiten Dehnungssäulen (24) ein gebrochener Säulenaufbau ist.

19. Stent nach Anspruch 1, ferner mit: einer Vielzahl von ersten Dehnungssäulen (24); einer Vielzahl von zweiten Dehnungssäulen (24); und einer Vielzahl von ersten Verknüpfungsstrebensäulen (26), wobei jede erste Verknüpfungsstrebensäule eine erste Dehnungssäule an eine zweite Dehnungssäule ankoppelt.

20. Stent nach Anspruch 19, wobei die Vielzahl von ersten Dehnungssäulen (24), die Vielzahl von zweiten Dehnungssäulen (24) und die Vielzahl von ersten Verknüpfungsstrebensäulen (26) einen länglichen Aufbau bilden.

21. Stent nach Anspruch 1, wobei die erste Dehnungssäule (24), die zweite Dehnungssäule (24) und die Säule (26) der ersten Verknüpfungsstreben eine Vielzahl von geometrischen Zellen bilden und mindestens ein Teil der Vielzahl symmetrische, geometrische Zellen (40) sind.

22. Stent nach Anspruch 1, wobei die erste Dehnungssäule (24), die zweite Dehnungssäule (24) und die Säule (26) der ersten Verknüpfungsstrebe ungleichmäßig Muster eines Zellraums (40) bilden.

23. Stent nach Anspruch 1, wobei die Säule (24) der ersten Dehnungsstrebe, die Säule (24) der zweiten Dehnungsstrebe und die Säule (26) der ersten Verknüpfungssäule asymmetrische, geometrische Konfigurationen bilden.

24. Stent nach Anspruch 1, ferner mit einer Verstärkungs-Dehnungssäule (86), die aus einer Vielzahl von Verstärkungs-Dehnungsstreben (90) hergestellt ist, wobei jede Verstärkungs-Dehnungsstrebe eine Breite hat, die größer ist als eine Breite einer Dehnungsstrebe (28) in der ersten oder zweiten Dehnungssäule (24).

25. Stent nach Anspruch 1, wobei der Stent ein proximales Ende (12) mit einer ersten Verstärkungs-Dehnungssäule (86) und ein distales Ende (14) mit einer zweiten Verstärkungs-Dehnungssäule (86) hat.

26. Stent nach Anspruch 1, wobei der Stent eine Verstärkungs-Dehnungssäule (86) zwischen einem

proximalen Ende (12) und einem distalen Ende (14) des Stents hat.

27. Stent nach Anspruch 1, ferner mit: einer dritten Dehnungssäule (24), die aus einer Vielzahl von dritten Dehnungssäulenstrebebaaren (32) gebildet ist, einem ersten Dehnungsstrebebaaar (32) mit einer Dehnungsstrebe (28) neben einer zweiten Dehnungsstrebe (28) und einer ersten Verbindungsstrebe (30), welche die ersten und zweiten Dehnungsstreben an einem proximalen Ende des ersten Dehnungsstrebebaares ankoppelt, einem zweiten Dehnungsstrebebaaar (32) mit einer dritten Dehnungsstrebe (28) neben der zweiten Dehnungsstrebe (28) und einer zweiten Verbindungsstrebe (30), welche die zweite und dritte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des zweiten Dehnungsstrebebaares verkoppelt, einem dritten Dehnungsstrebebaaar (32) mit einer vierten Dehnungsstrebe (28) neben der dritten Dehnungsstrebe und einer dritten Verbindungsstrebe (30), welche die dritte und vierte Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des dritten Dehnungsstrebebaares verkoppelt, einem vierten Dehnungsstrebebaaar (32) mit einer fünften Dehnungsstrebe (28) neben der vierten Dehnungsstrebe (28) und einer vierten Verbindungsstrebe (30), welche die vierte und fünfte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des vierten Dehnungsstrebebaares verkoppelt, einer ersten Ecke (176) des ersten Dehnungsstrebebaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die erste Verbindungsstrebe (30) mit der ersten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines ersten Dehnungsstrebebaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die erste Verbindungsstrebe (30) mit der zweiten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) des zweiten Dehnungsstrebebaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die zweite Verbindungsstrebe (30) mit der zweiten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer zweiten Ecke (176) eines zweiten Dehnungsstrebebaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die zweite Verbindungsstrebe (30) mit der dritten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) eines dritten Dehnungsstrebebaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die dritte Verbindungsstrebe (30) mit der dritten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines dritten Dehnungsstrebebaares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die dritte Verbindungsstrebe (30) mit der vierten Dehnungsstrebe (28) verkoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) eines vierten Dehnungsstrebebaares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die vierte Verbindungsstrebe (30) an die vierte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines vierten Dehnungsstrebe-

paares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die vierte Verbindungsstrebe (30) an die fünfte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist; einer zweiten Dehnungssäule (24), die aus einer Vielzahl von zweiten Dehnungssäulenstrebe-paaren (32) gebildet ist, einem ersten Dehnungsstrebe-paar mit einer ersten Dehnungsstrebe (28) neben einer zweiten Dehnungsstrebe (28) und einer ersten Verbindungsstrebe (30), welche die erste und die zweite Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des ersten Dehnungsstrebe-paares verkoppelt, einem zweiten Dehnungsstrebe-paar mit einer dritten Dehnungsstrebe (28) neben der zweiten Dehnungsstrebe (28) und einer zweiten Verbindungsstrebe (30), welche die zweite und dritte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des zweiten Dehnungsstrebe-paares verkoppelt, einem dritten Dehnungsstrebe-paar mit einer vierten Dehnungsstrebe (28) neben der dritten Dehnungsstrebe (28) und einer dritten Verbindungsstrebe (30), welche die dritte und vierte Dehnungsstrebe an einem proximalen Ende des dritten Dehnungsstrebe-paares verkoppelt, einem vierten Dehnungsstrebe-paar mit einer fünften Dehnungsstrebe (28) neben der vierten Dehnungsstrebe (28) und einer vierten Verbindungsstrebe (30), welche die vierte und fünfte Dehnungsstrebe an einem distalen Ende des vierten Dehnungsstrebe-paares verkoppelt, einer ersten Ecke (176) des ersten Dehnungsstrebe-paares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die erste Verbindungsstrebe (30) an die erste Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines ersten Dehnungsstrebe-paares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die erste Verbindungsstrebe (30) an die zweite Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) des zweiten Dehnungsstrebe-paares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die zweite Verbindungsstrebe (30) an die zweite Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines zweiten Dehnungsstrebe-paares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die zweite Verbindungsstrebe (30) an die dritte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) eines dritten Dehnungsstrebe-paares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die dritte Verbindungsstrebe (30) an die dritte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines dritten Dehnungsstrebe-paares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo die dritte Verbindungsstrebe (30) an die vierte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer ersten Ecke (176) eines vierten Dehnungsstrebe-paares, wobei die erste Ecke dort gebildet ist, wo die vierte Verbindungsstrebe (30) an die vierte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist, und einer zweiten Ecke (178) eines vierten Dehnungsstrebe-paares, wobei die zweite Ecke dort gebildet ist, wo

die vierte Verbindungsstrebe (30) an die fünfte Dehnungsstrebe (28) angekoppelt ist; und einer zweiten Verknüpfungsstrebesäule (26), die aus einer Vielzahl von zweiten Verknüpfungsstreben (38) gebildet ist, wobei jede Verknüpfungsstrebe der zweiten Verknüpfungsstrebesäule (26) einen proximalen Abschnitt (162) von Verknüpfungsstreben, einen distalen Abschnitt (168) von Verknüpfungsstreben und einen Zwischenabschnitt (164, 166) von Verbindungsstreben aufweist, ein proximaler Abschnitt (162) von ersten Verknüpfungsstreben an die zweite Ecke (176) des zweiten Dehnungsstrebe-paares der zweiten Dehnungsstrebesäule (24) angekoppelt ist und ein distaler Abschnitt (168) erster Verknüpfungsstreben an die erste Verbindungsstrebe (30) des ersten Dehnungsstrebe-paares der dritten Dehnungsstrebesäule (24) zwischen der ersten Ecke (176) des ersten Dehnungsstrebe-paares und der zweiten Ecke (178) des ersten Dehnungsstrebe-paares angekoppelt ist und ein proximaler Abschnitt (162) einer zweiten Verknüpfungsstrebe an die zweite Ecke (178) des vierten Dehnungsstrebe-paares der zweiten Dehnungsstrebesäule (24) angekoppelt ist und ein distaler Abschnitt (168) zweiter Verknüpfungsstreben an die dritte Verbindungsstrebe (30) des dritten Dehnungsstrebe-paares der dritten Dehnungsstrebesäule (24) zwischen der ersten Ecke (176) des dritten Dehnungsstrebe-paares und der zweiten Ecke (178) des dritten Dehnungsstrebe-paares angekoppelt ist.

28. Stent nach Anspruch 1, wobei eine Breite der ersten Verknüpfungsstrebe (38) gleich oder kleiner ist als die Breite der ersten Dehnungsstrebe (28) der ersten oder zweiten Dehnungsstrebesäulen (24).

29. Stent nach Anspruch 1, wobei eine Breite einer Verknüpfungsstrebe (38) der ersten Verknüpfungsstrebesäule (26) größer ist als eine Breite einer ersten Dehnungsstrebe (28) der ersten oder zweiten Dehnungssäulen (24).

30. Stent nach Anspruch 1, wobei eine Breite der zweiten Dehnungsstrebe (28) der ersten oder zweiten Dehnungssäulen (24) im wesentlichen dieselbe ist wie die Breite der ersten Dehnungsstrebe (28) der ersten oder zweiten Dehnungssäulen (24).

31. Stent nach Anspruch 1, wobei ein Raum zwischen der ersten und der zweiten Dehnungsstrebe (28) der ersten Dehnungssäule (24) gleich ist einem Raum zwischen der zweiten und dritten Dehnungsstrebe (28) der ersten Dehnungssäule (24).

32. Stent nach Anspruch 1, wobei ein Raum zwischen der ersten und zweiten Dehnungsstrebe (28) der ersten Dehnungssäule (24) kleiner ist als ein Raum zwischen der zweiten und dritten Dehnungsstrebe (28) der ersten Dehnungssäule (24).

33. Stent nach Anspruch 1, wobei ein Raum zwi-

schen der ersten und zweiten Dehnungsstrebe (**28**) der ersten Dehnungssäule (**24**) größer ist als ein Raum zwischen der zweiten und dritten Dehnungsstrebe (**28**) der ersten Dehnungssäule (**24**).

Es folgen 27 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

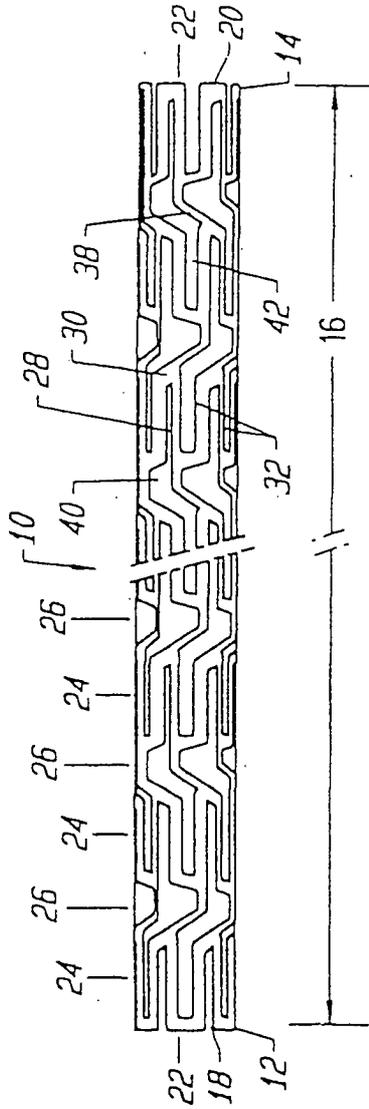


FIG. 1A

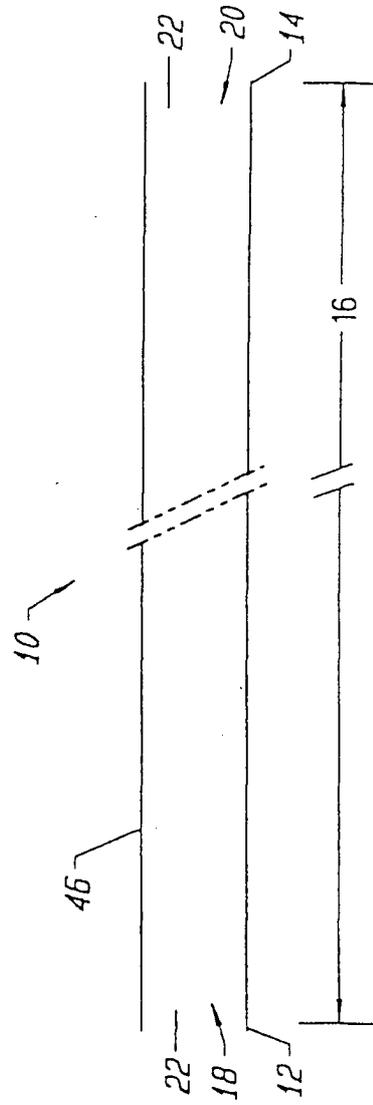


FIG. 1B



FIG. 1C

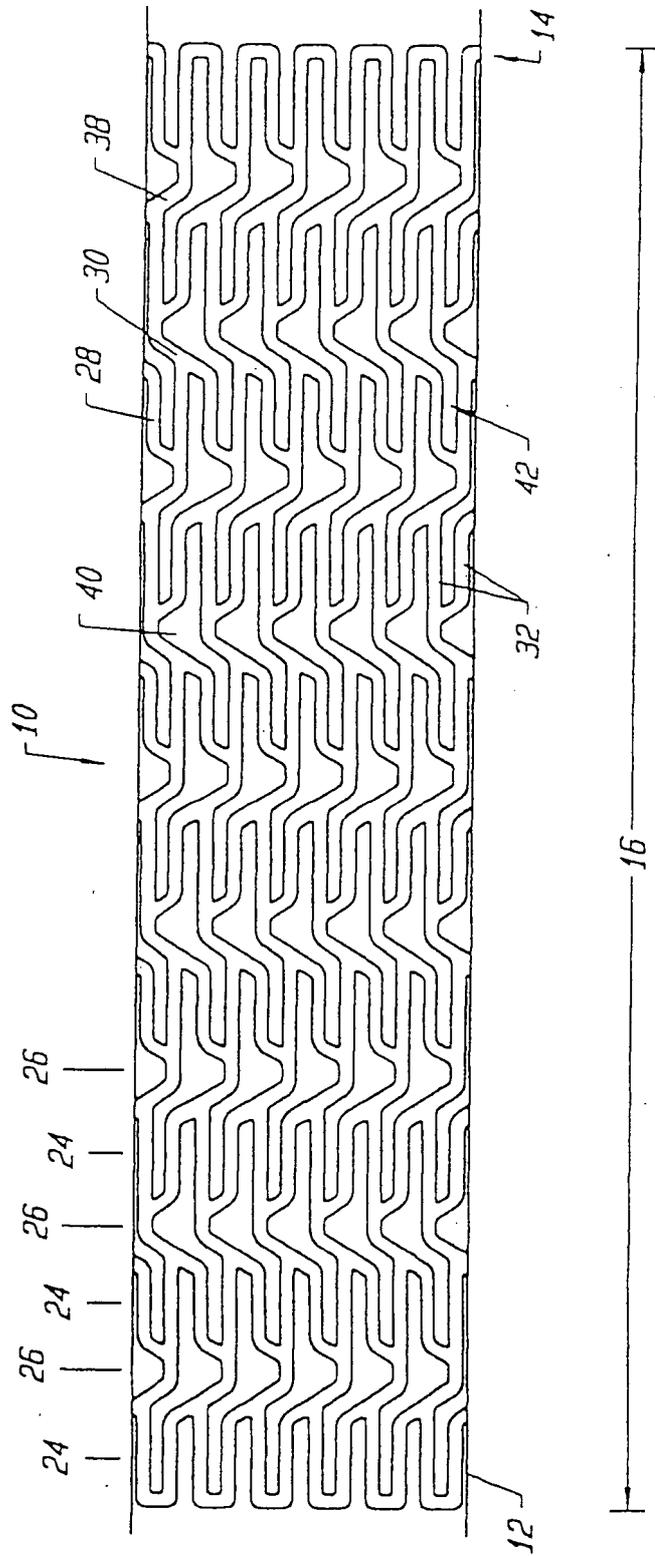


FIG. 2A

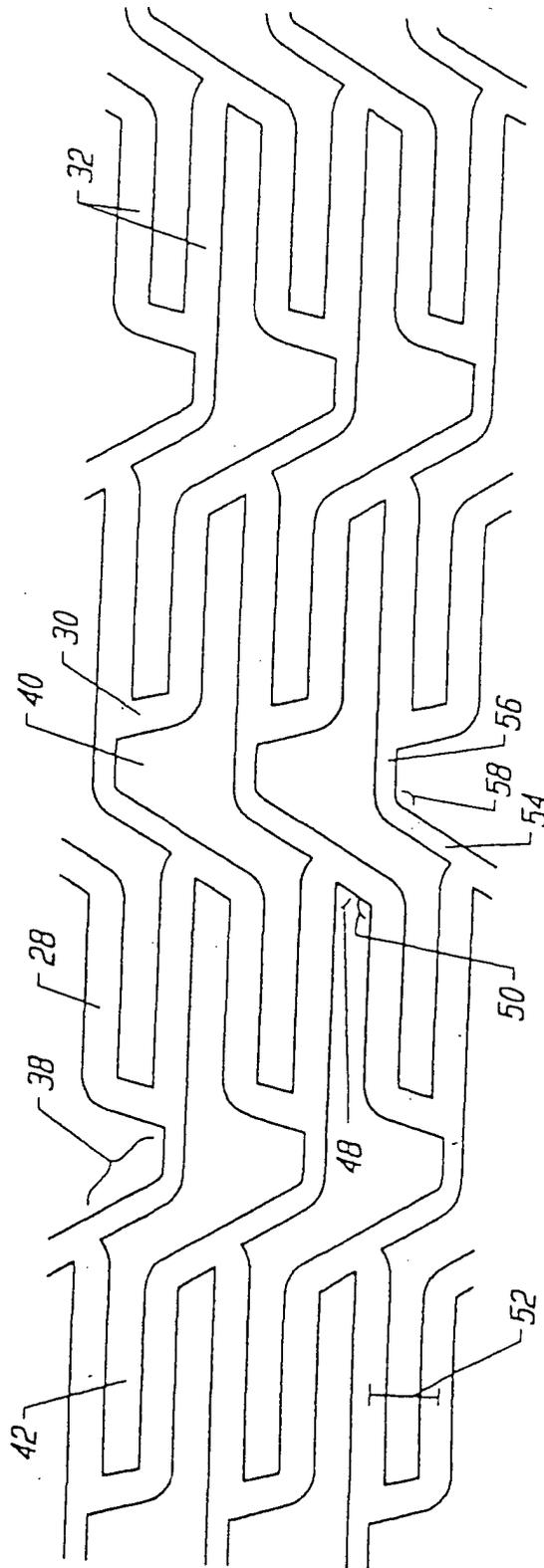


FIG. 2B

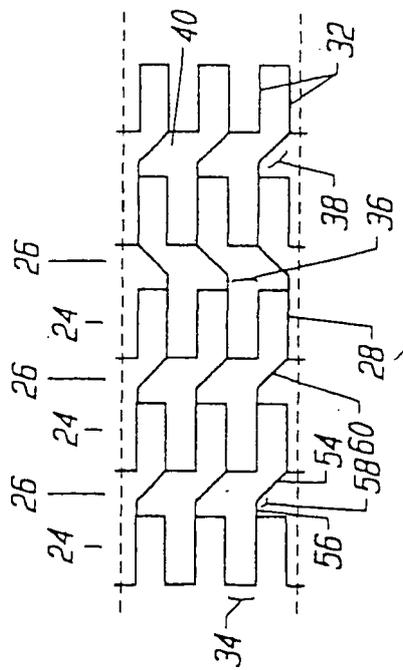


FIG. 3A

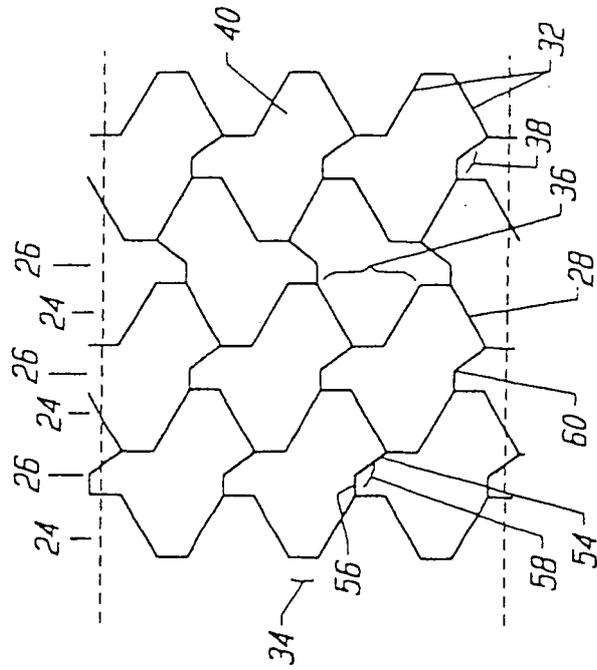


FIG. 3B

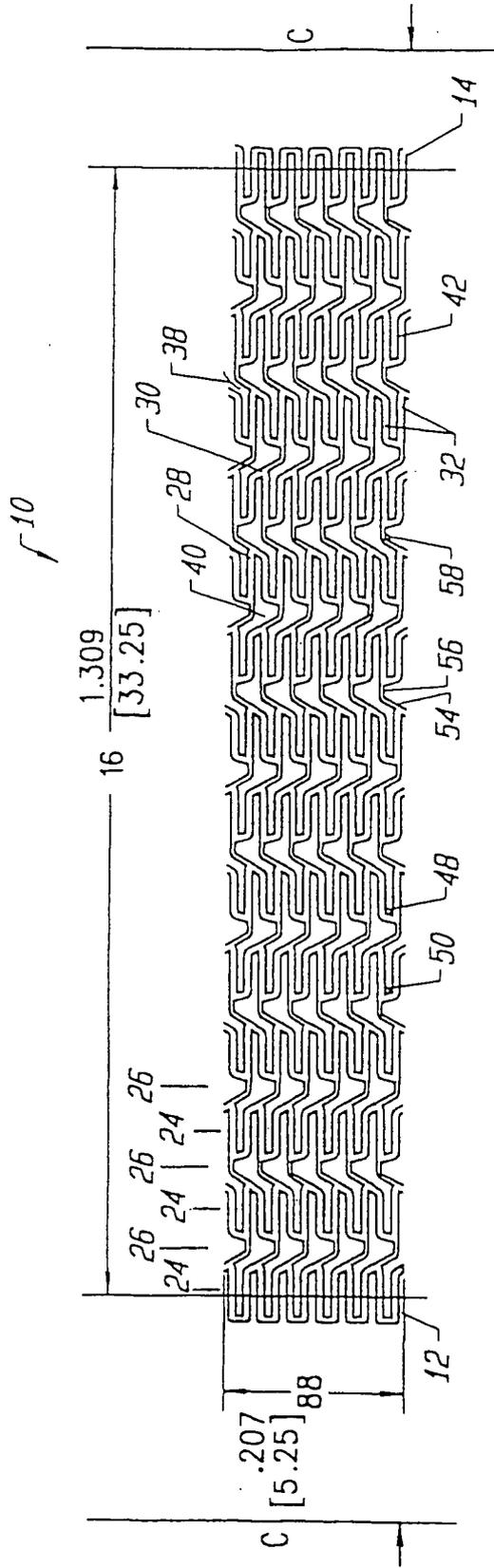


FIG. 4A

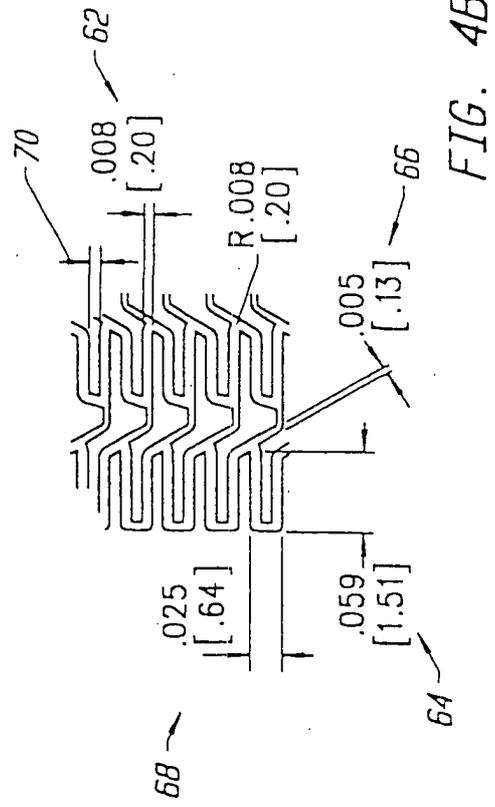


FIG. 4B

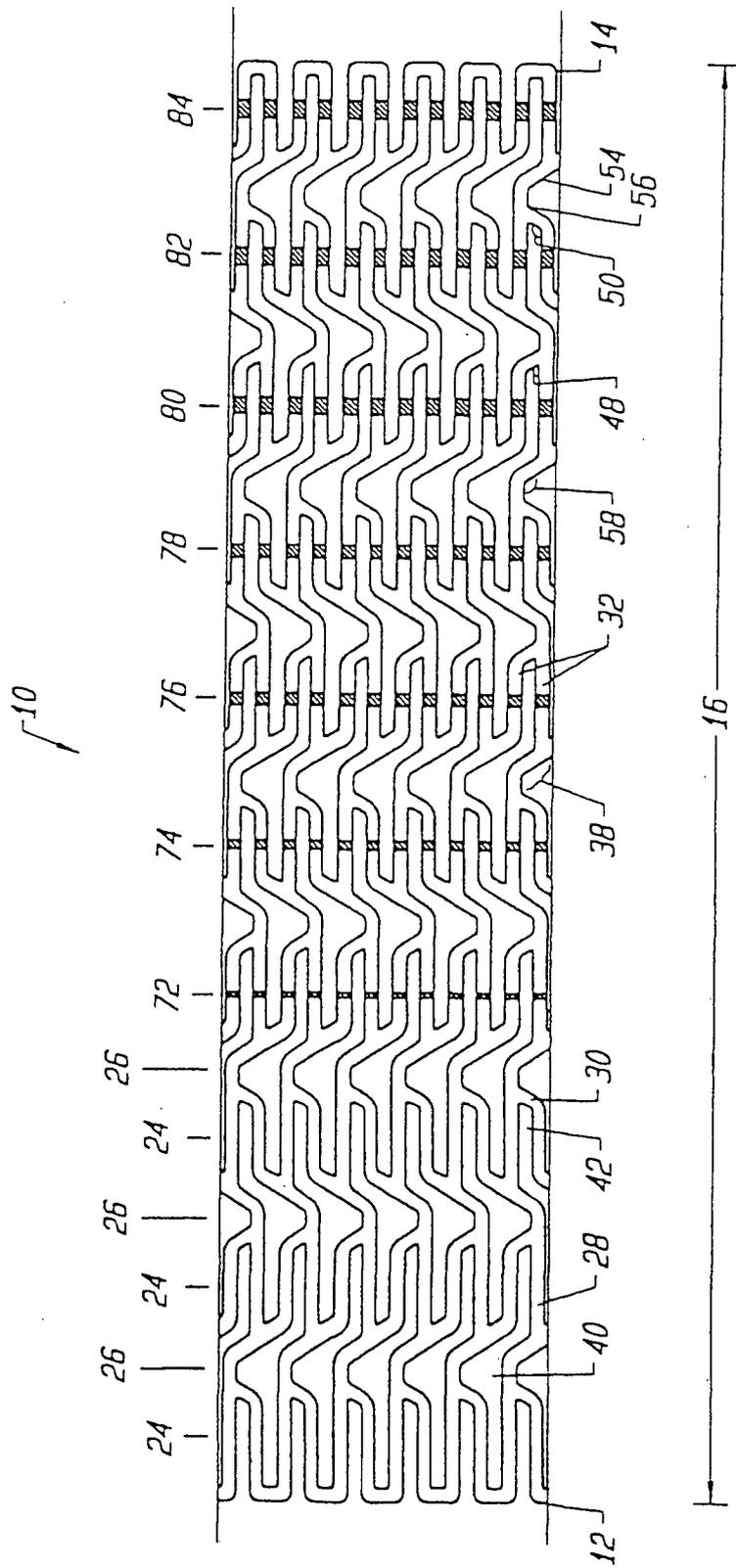
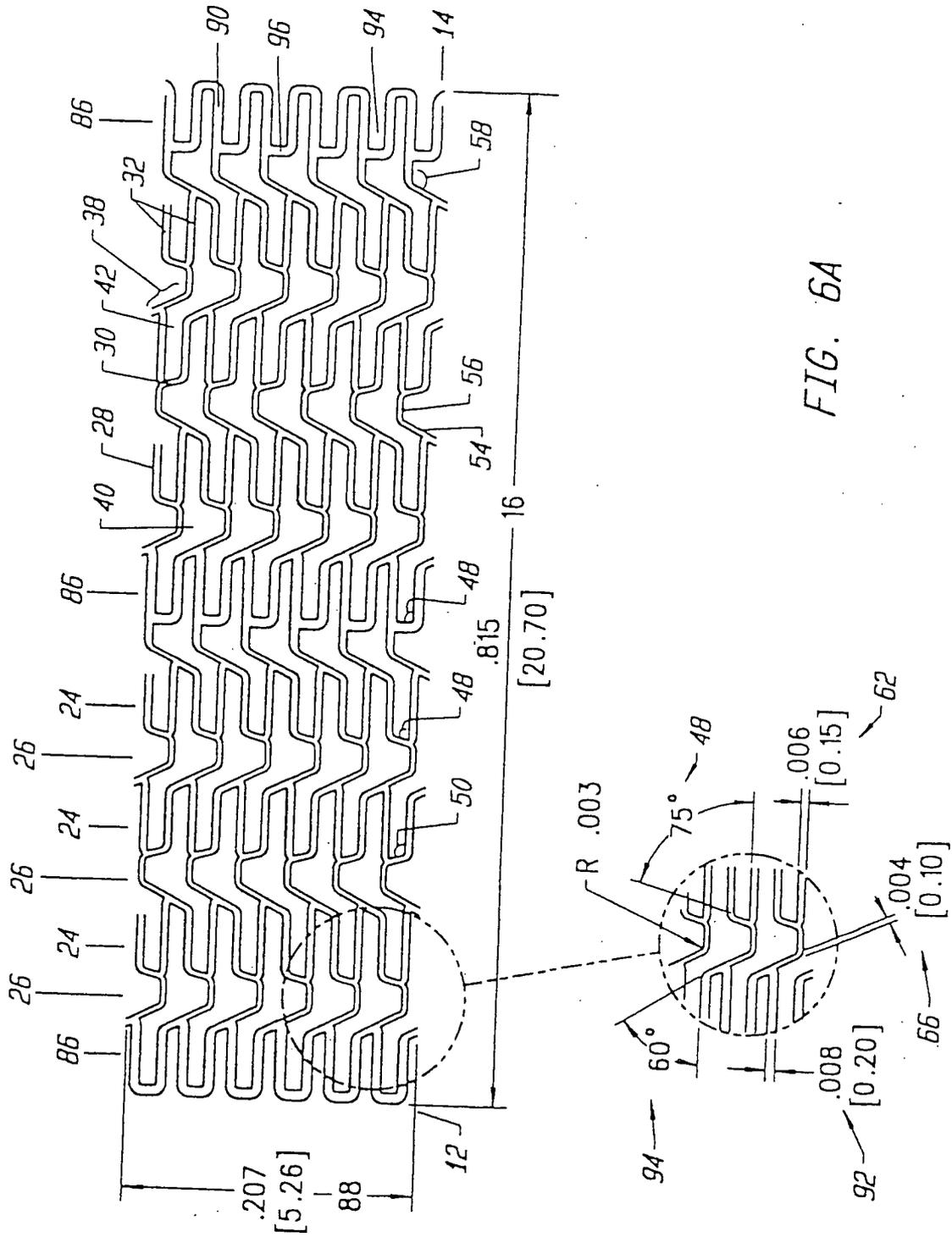


FIG. 5



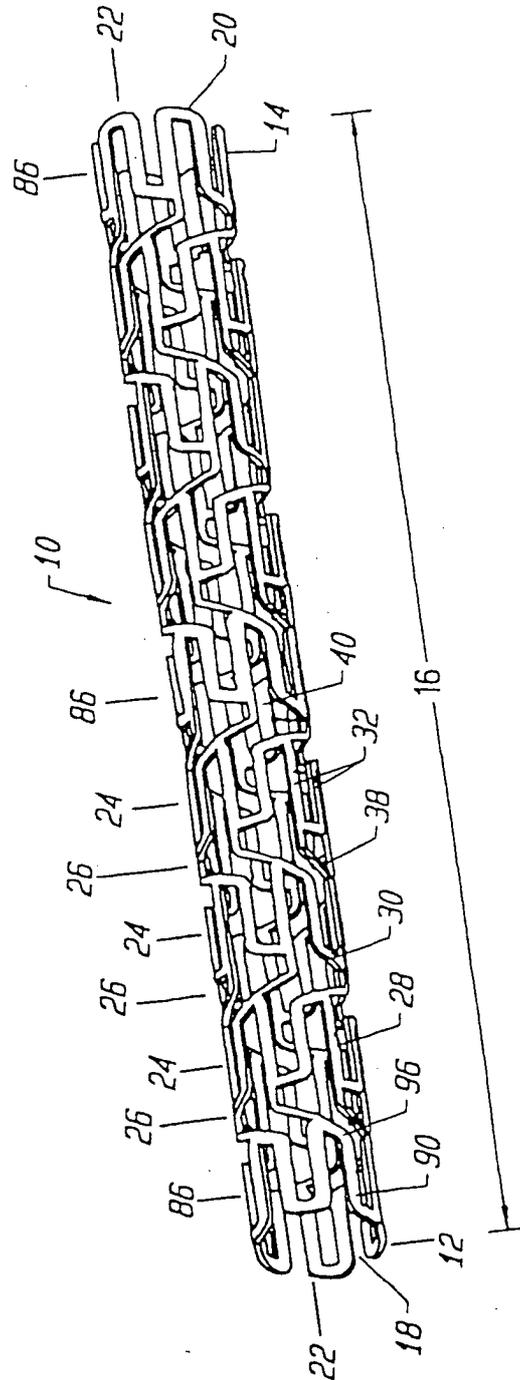


FIG. 6B

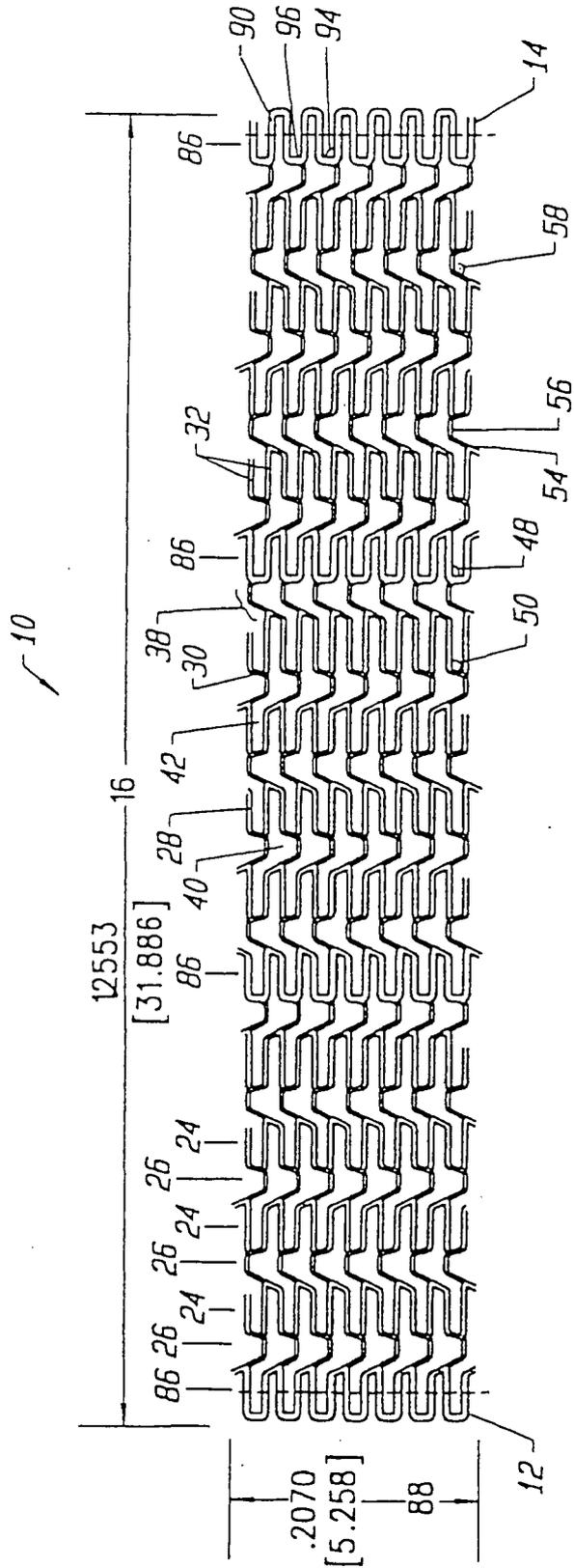


FIG. 7A

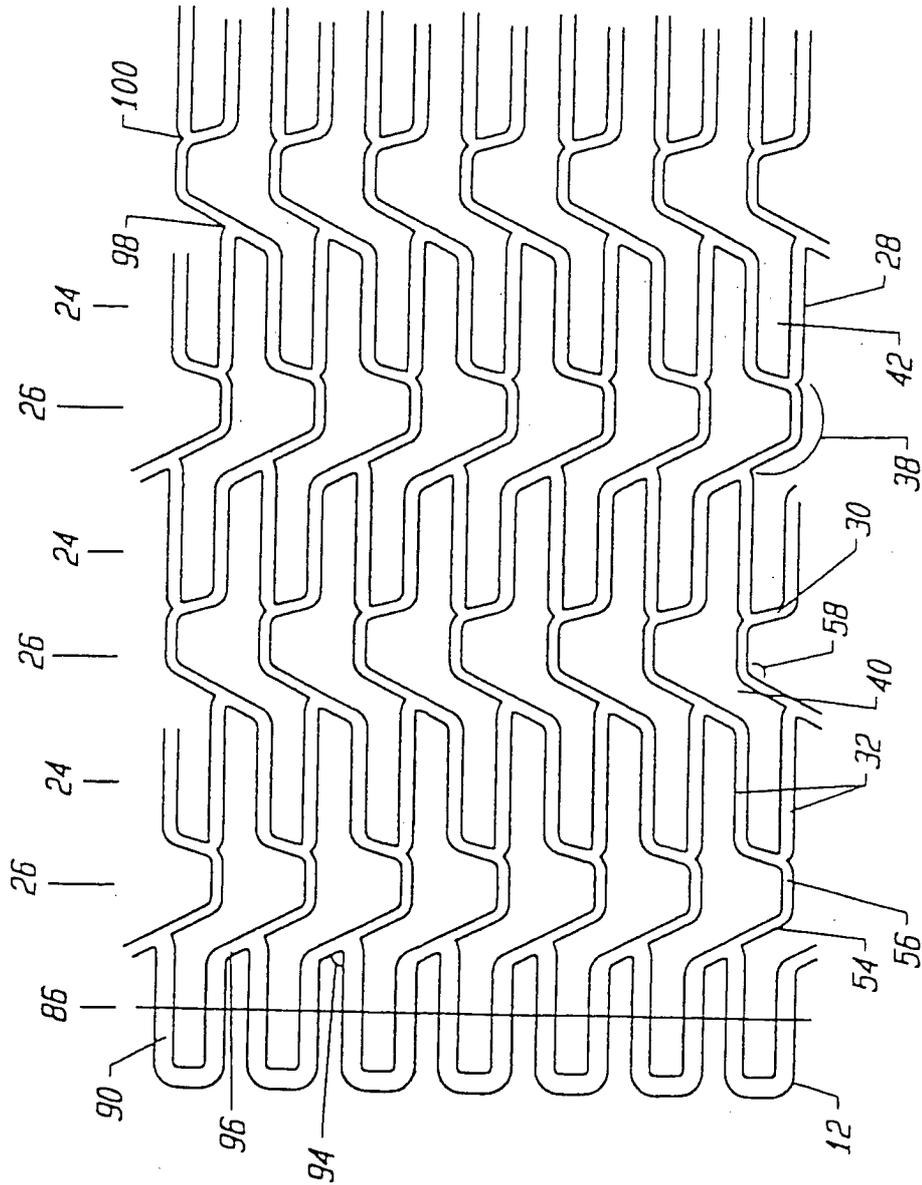


FIG. 7B

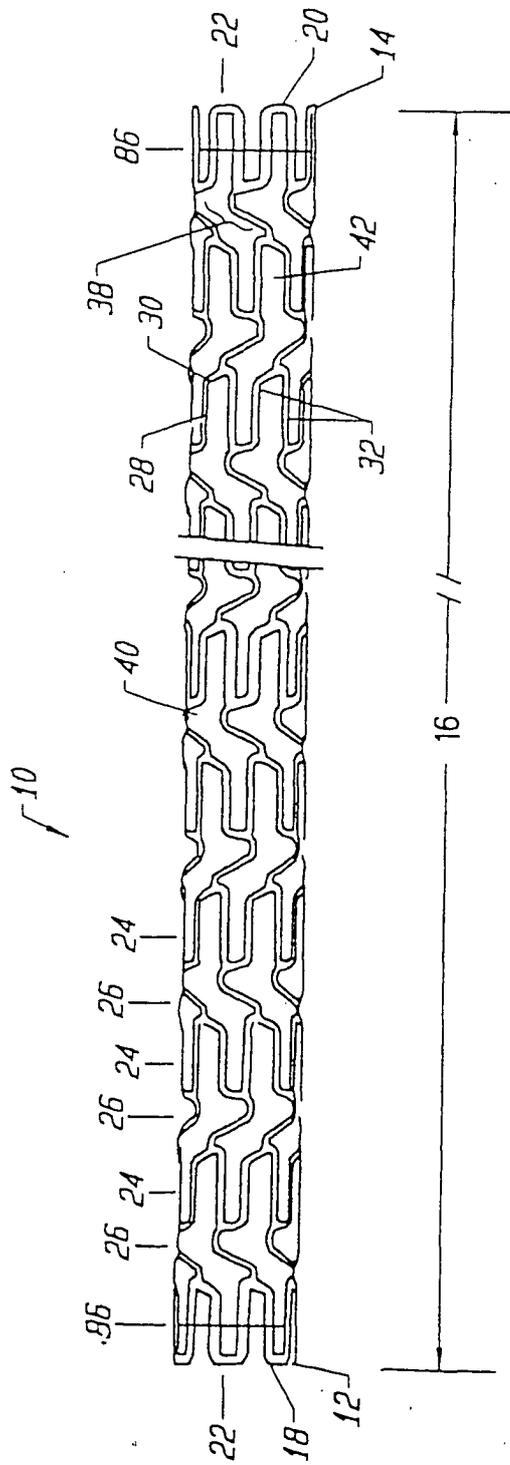


FIG. 8A

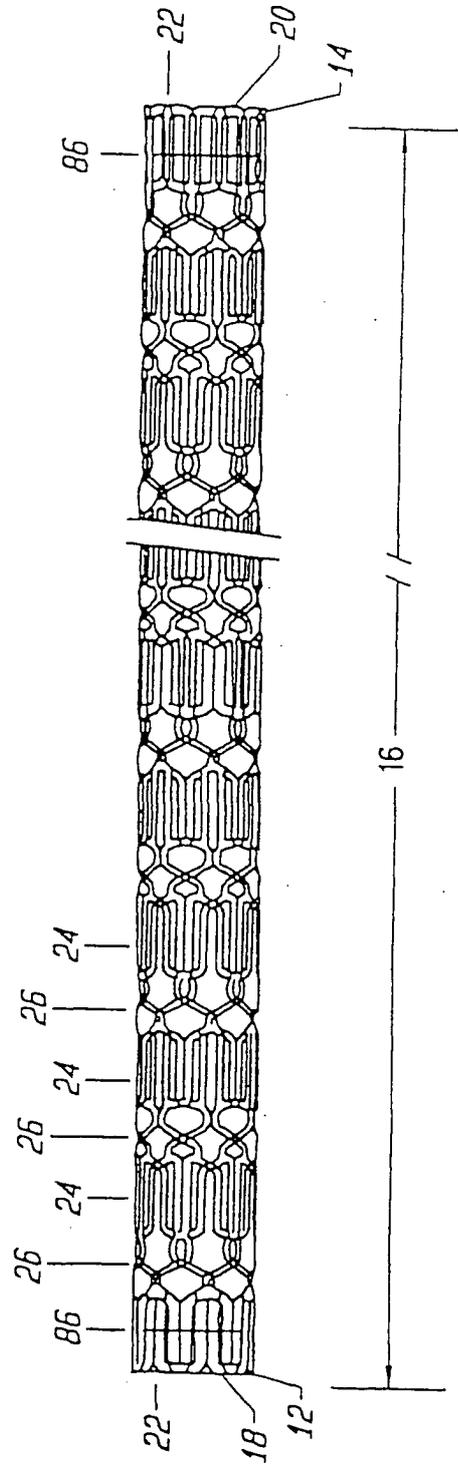


FIG. 8B

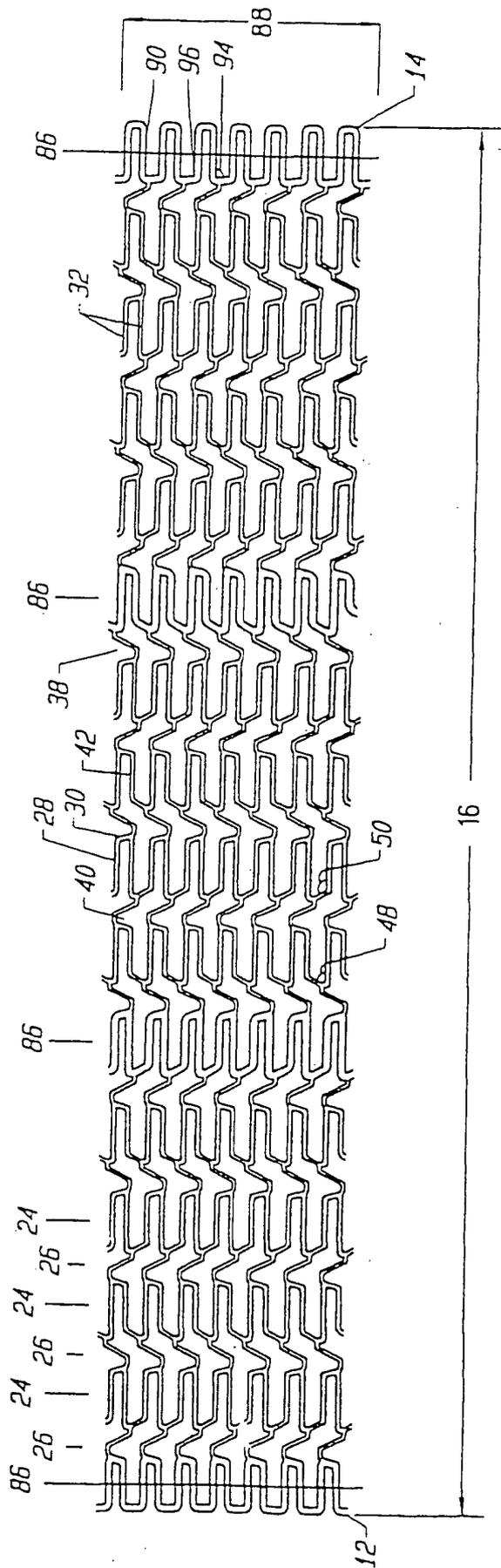


FIG. 8C

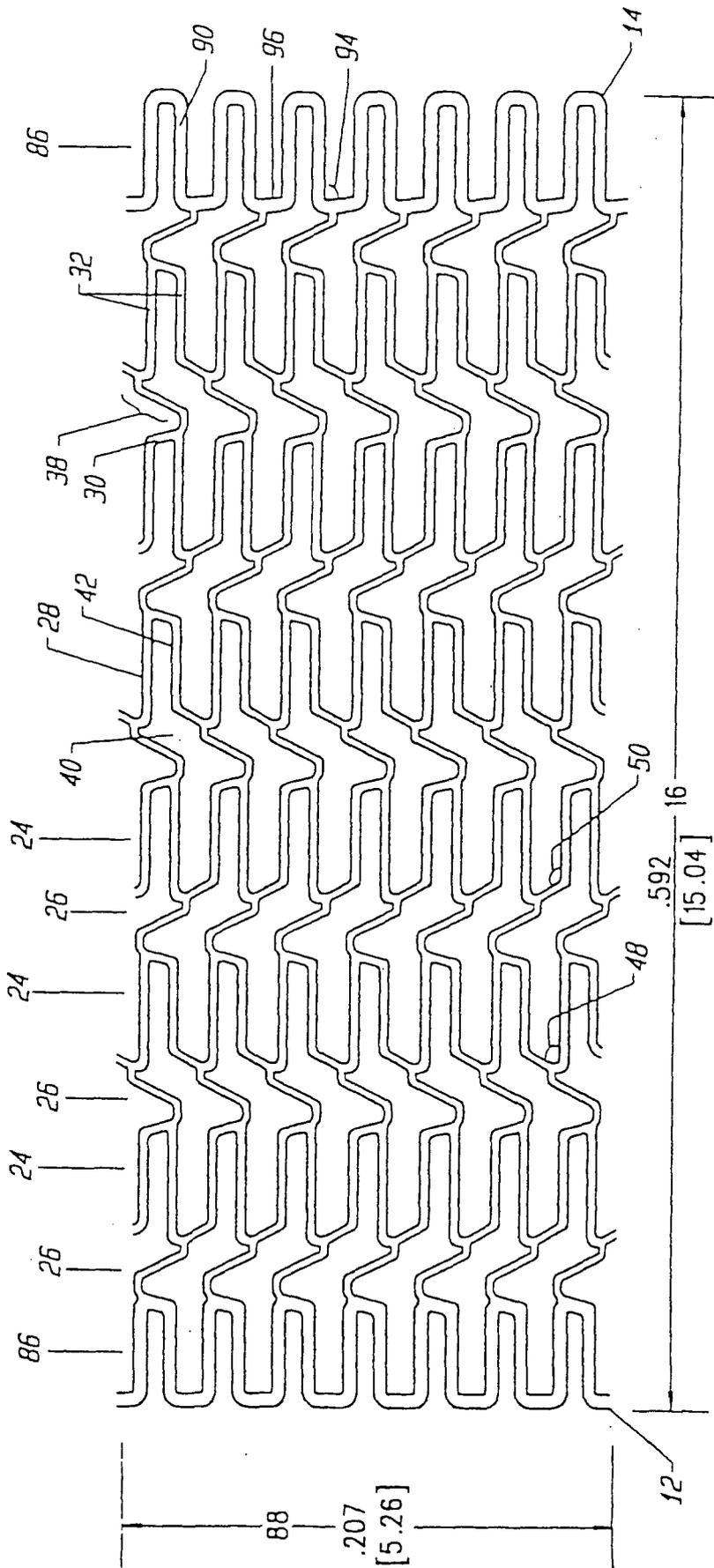
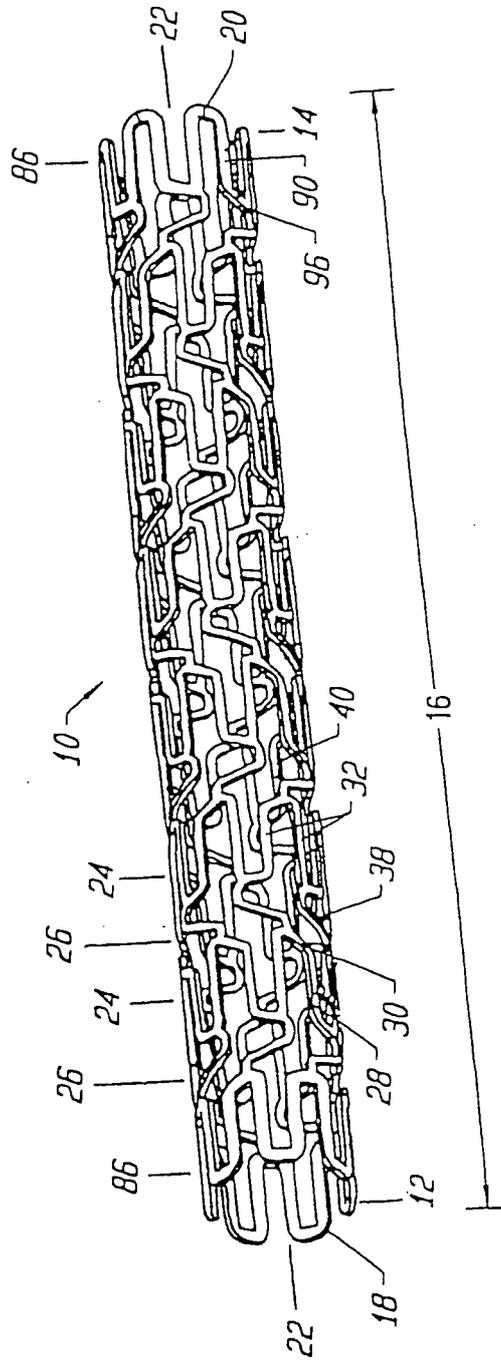


FIG. 80

FIG. 8E



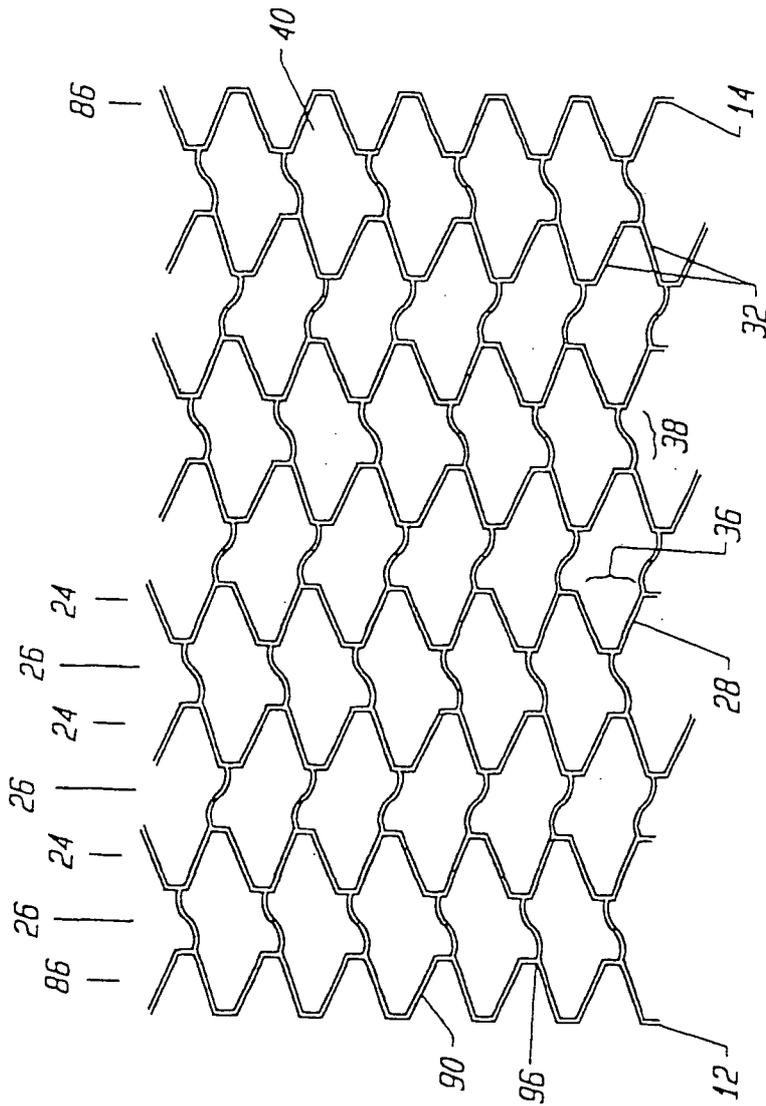


FIG. 8F

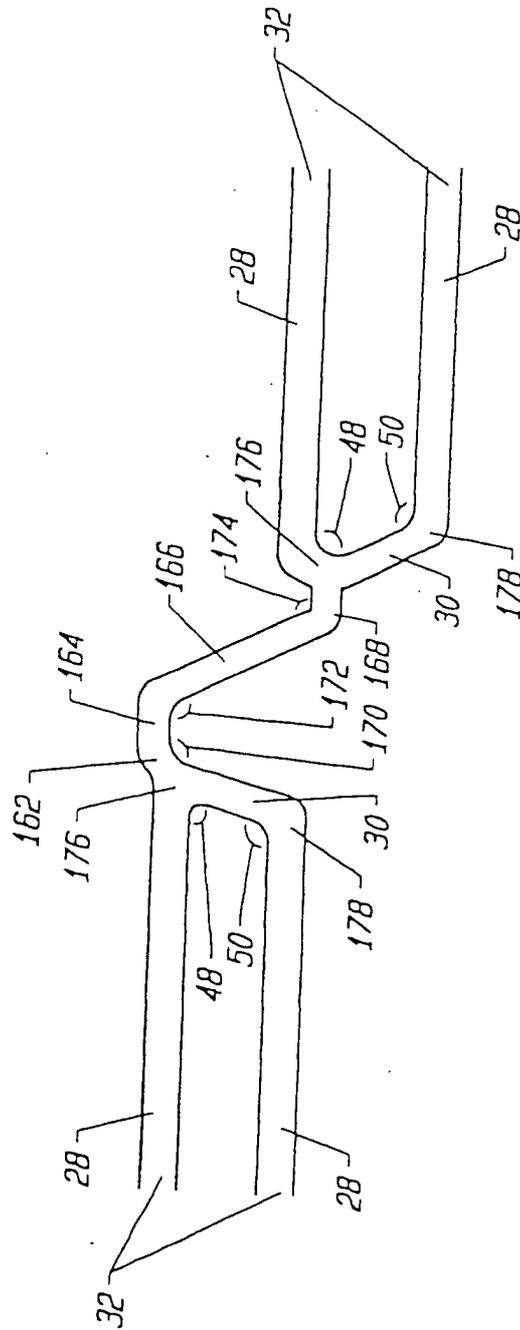


FIG. 86

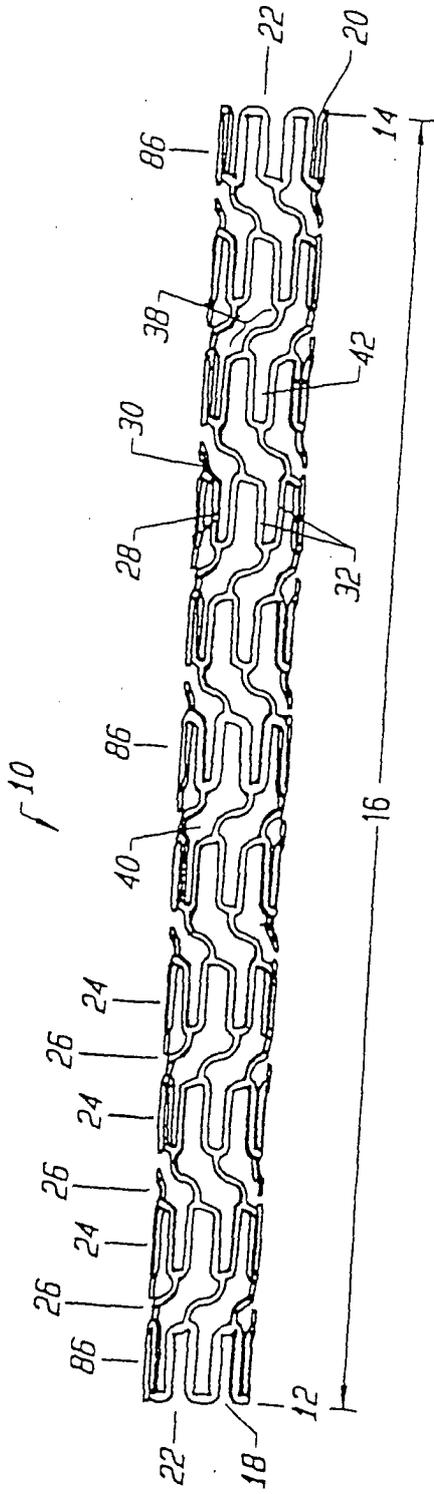


FIG. 9A

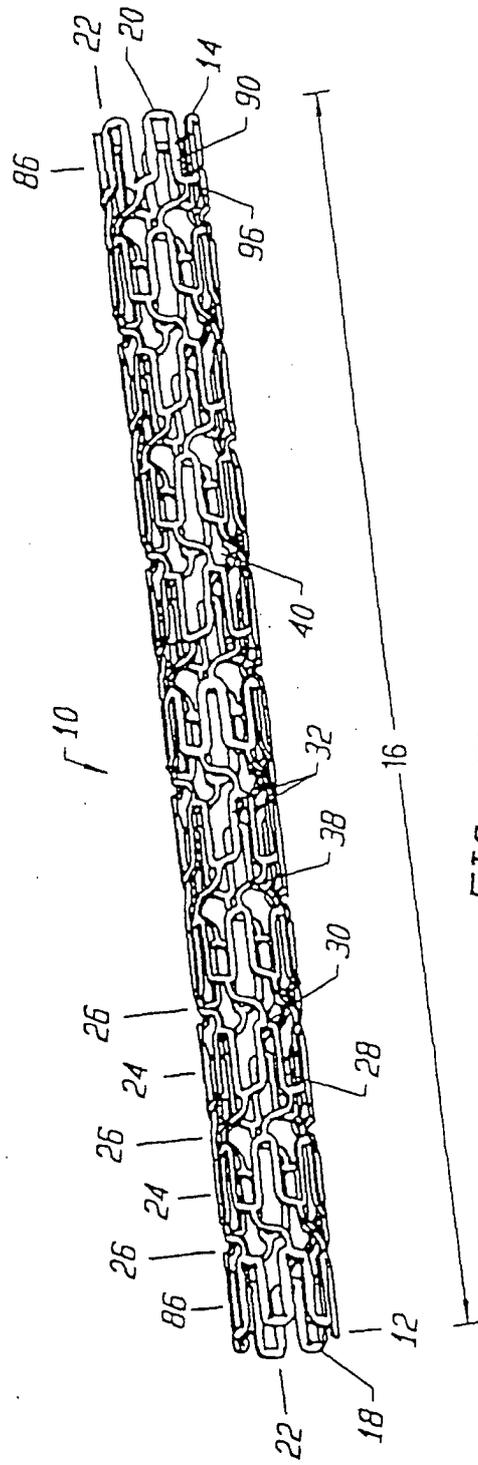


FIG. 9B

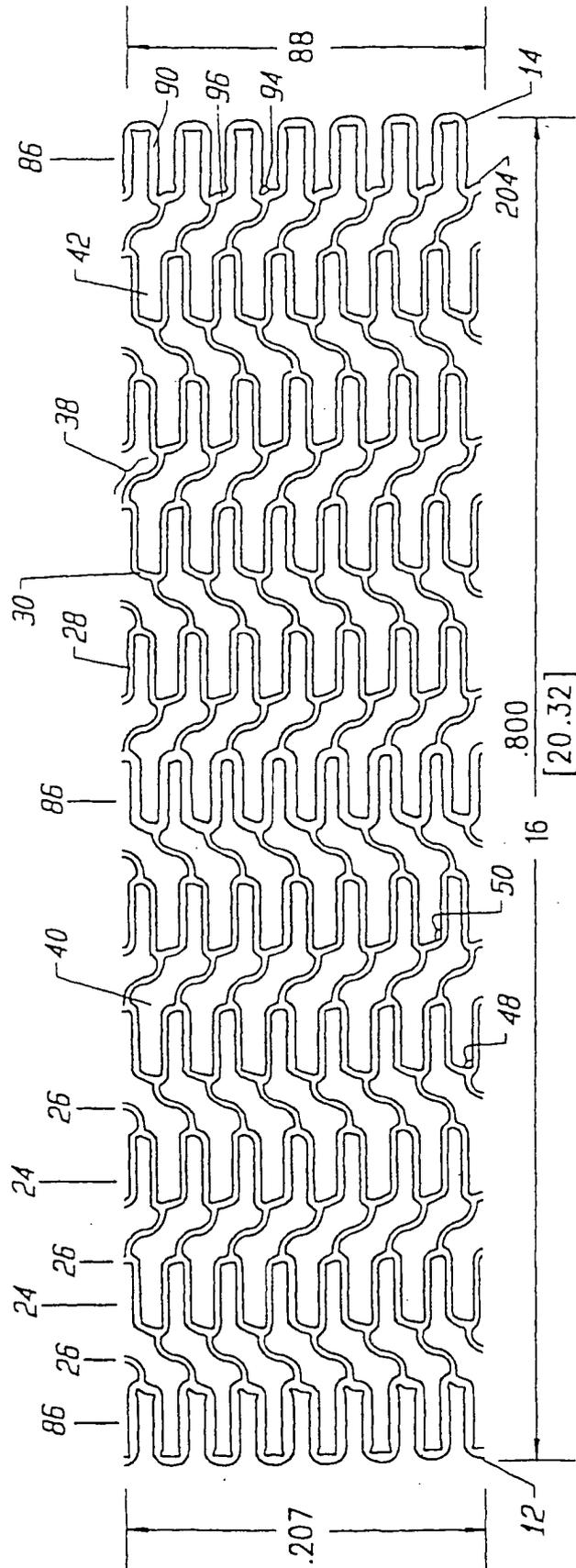


FIG. 9C

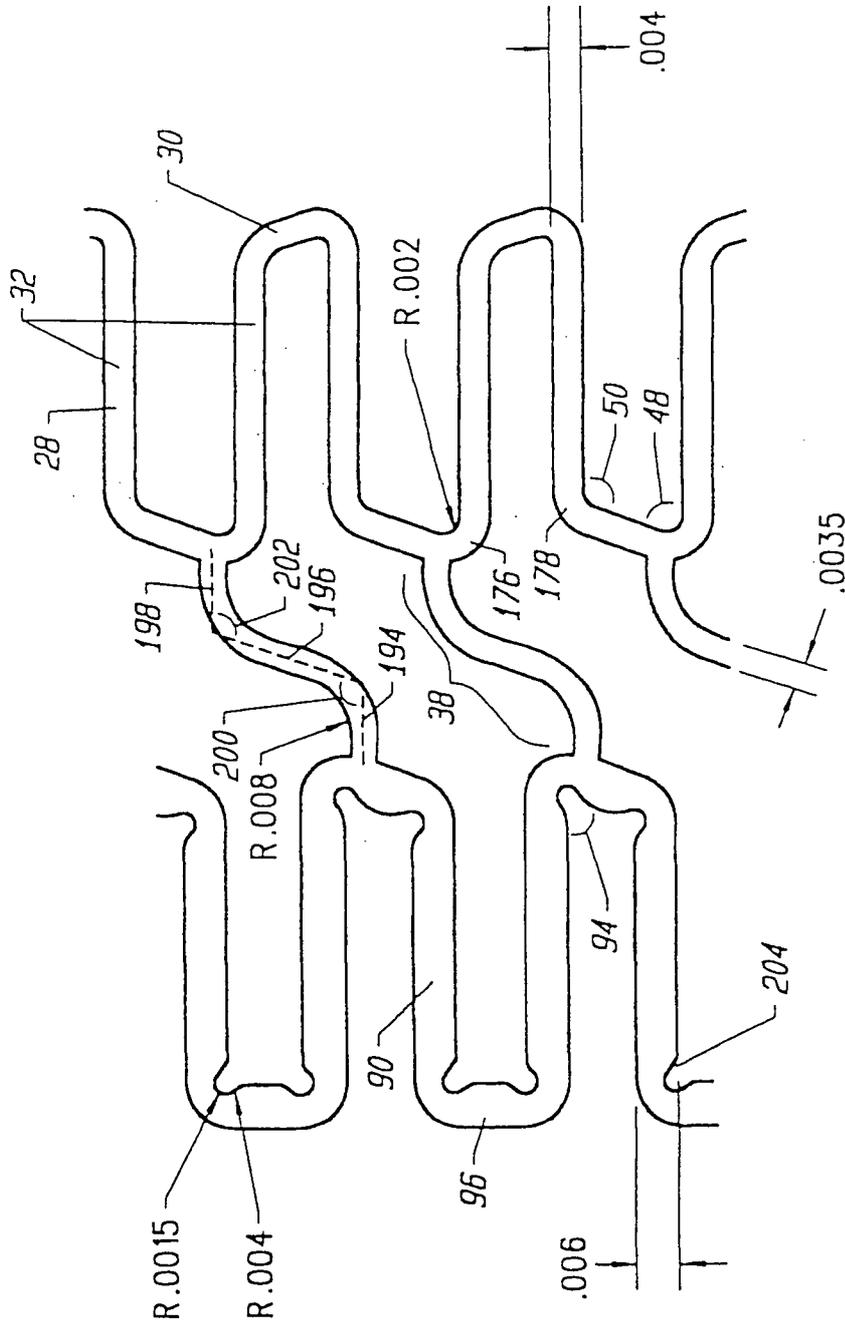


FIG. 90

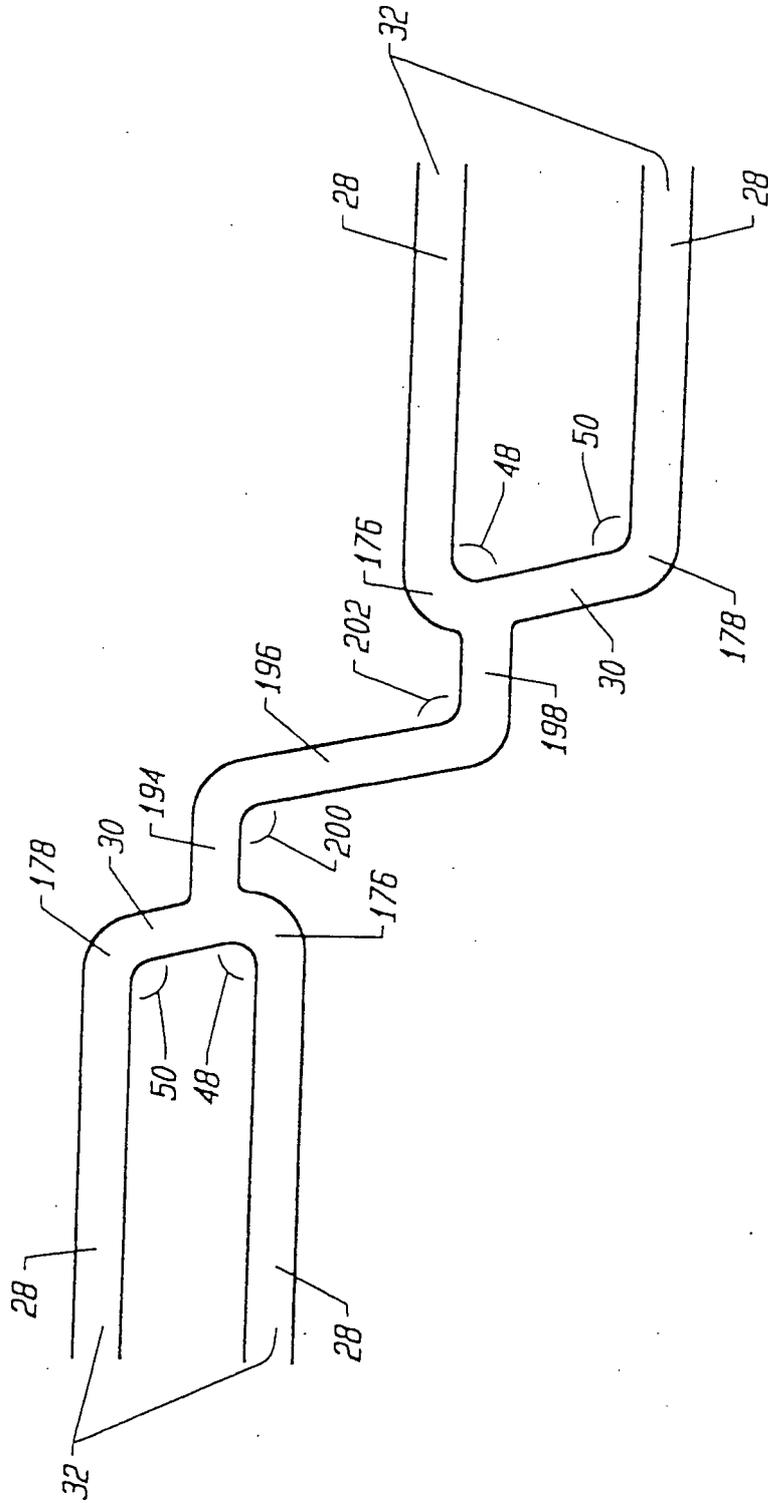


FIG. 9E

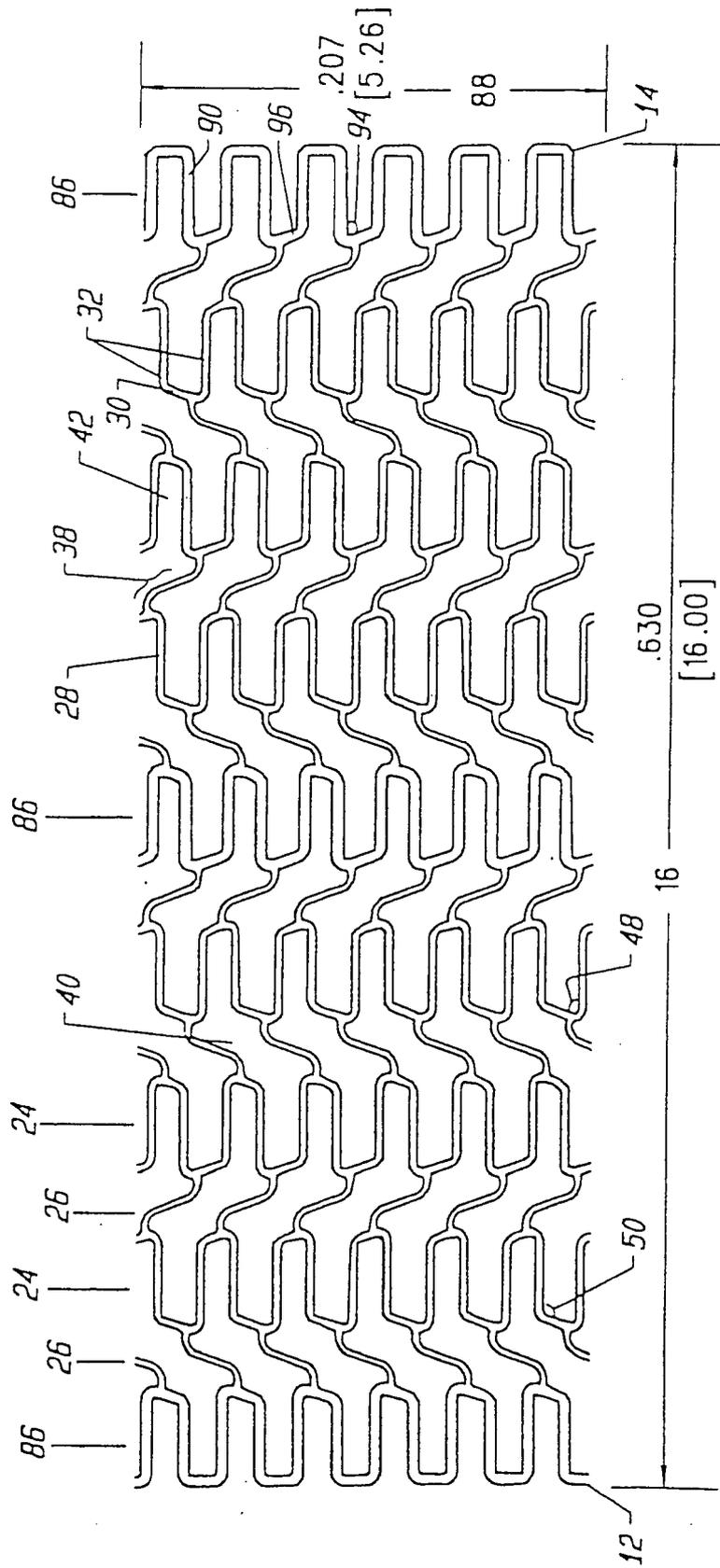


FIG. 9F

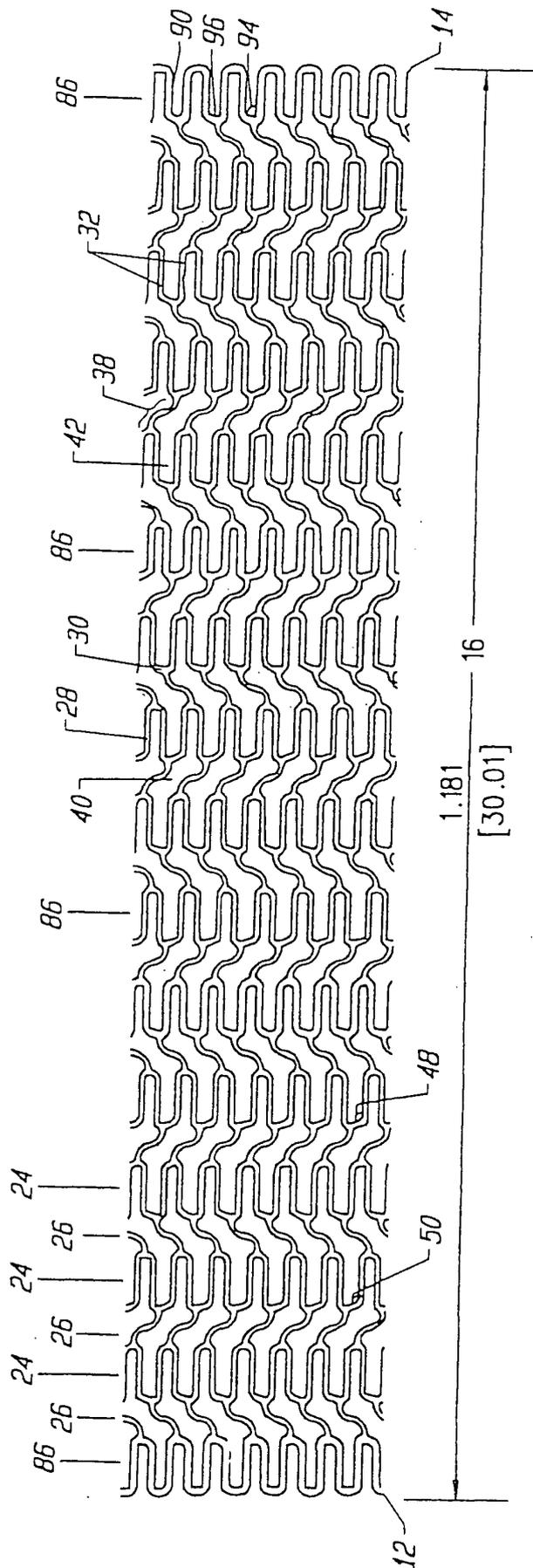


FIG. 96

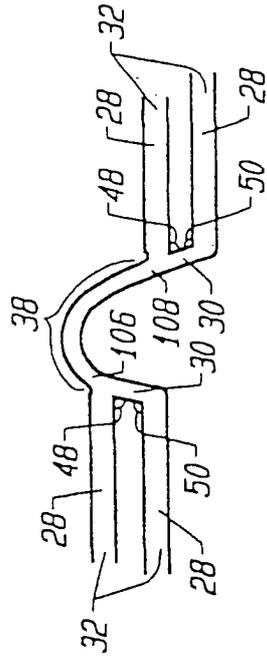


FIG. 10A

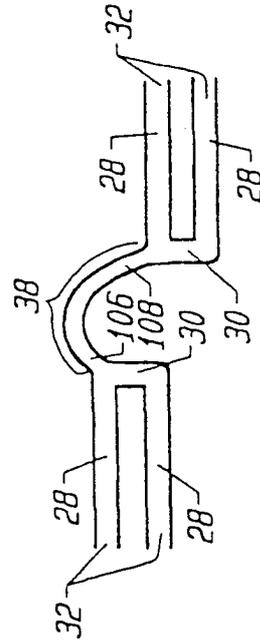


FIG. 10B

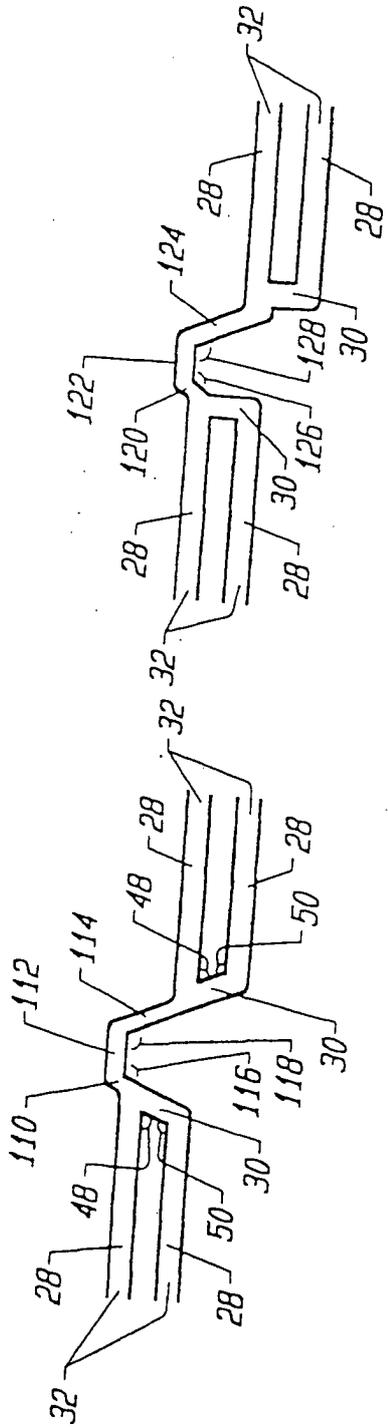


FIG. 10C

FIG. 10D

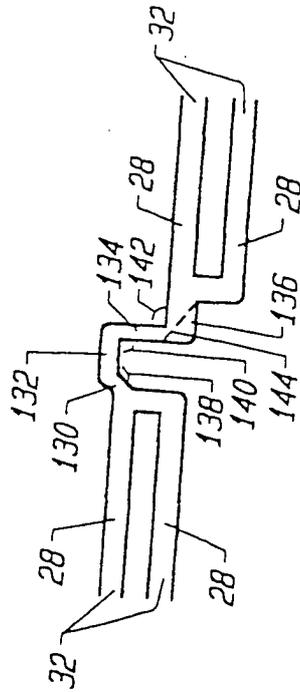


FIG. 10E

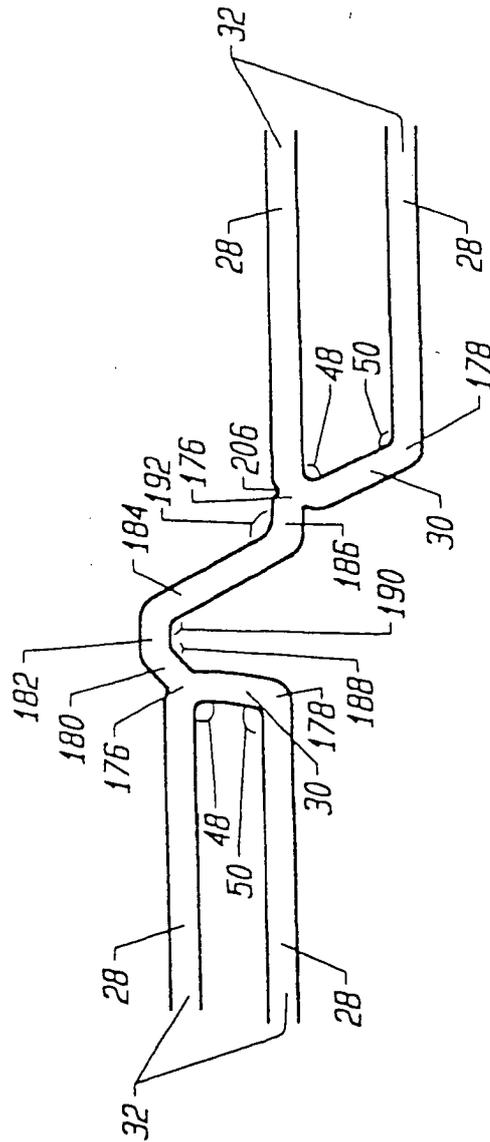


FIG. 10F.

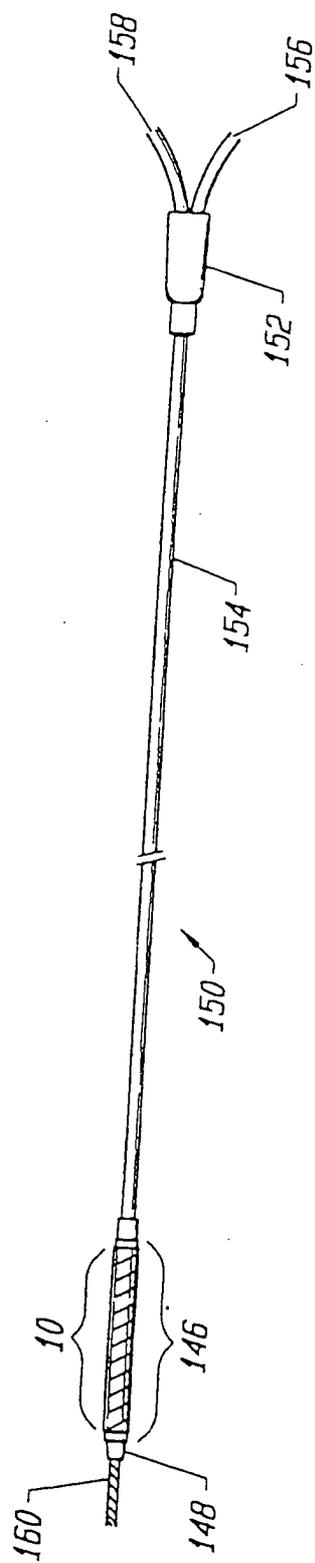


FIG. 11