



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 30 572 T2** 2008.07.03

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 332 503 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H01F 27/28** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 30 572.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB01/04883**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 980 699.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/039467**

(86) PCT-Anmeldetag: **05.11.2001**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **16.05.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.08.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **19.09.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.07.2008**

(30) Unionspriorität:
0027007 04.11.2000 GB

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

(73) Patentinhaber:
Profec Technologies Oy, Nummela, FI

(72) Erfinder:
**SIPPOLA, Mika Matti, FIN-00150 Helsinki, FI;
McGRANE, Kevin, Bury St. Edmunds IP33 3SA, GB**

(74) Vertreter:
Maikowski & Ninnemann, Pat.-Anw., 10707 Berlin

(54) Bezeichnung: **INDUKTIVE BAUELEMENTE**

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

[0001] Diese Erfindung betrifft induktive und induktiv-kapazitive Bauelemente, wie zum Beispiel Transformatoren, Induktoren und LC-Resonatoren, Konstruktionsprinzipien solcher Bauelemente und Verfahren zum Herstellen solcher Bauelemente.

[0002] Transformatoren dienen zum Übertragen eines elektrischen Stromes von einem Schaltkreis zu einem anderen mittels eines elektrischen Induktionseffekts zwischen benachbarten Strom transportierenden Spulen. Transformatoren können große Ströme transportieren, wobei man sie in diesem Fall oft als "Leistungstransformatoren" bezeichnet, oder sie können kleine Ströme transportieren, die keinen Strom, sondern Signale übertragen sollen, und solche Transformatoren nennt man "Signaltransformatoren". Die vorliegende Erfindung betrifft sämtliche Arten von Transformatoren, einschließlich sowohl Leistungs- als auch Signaltransformatoren sowie alle sonstigen induktiven Bauelemente, wie zum Beispiel Induktoren, Funkentstördrosseln oder kernlose induktive Bauelemente.

[0003] Beim herkömmlichen Transformatorenbau müssen Drahtspulen gewickelt werden, und diese Spulen müssen nebeneinander angeordnet werden, und zwischen den jeweiligen Spulen muss eine entsprechende Isolierung angeordnet werden.

[0004] Es ist auch möglich, Wicklungen mittels eines gedruckten Verfahrens unter Verwendung mehrschichtiger gedruckter Leiterplatten (GLPs) herzustellen. Bei einer mehrschichtigen GLP muss man Schichten mit Hilfe von Durchkontakten miteinander verbinden. Die Anzahl an Schichten, die in einer GLP zusammengefasst werden können, beträgt etwa 12, weil es unwirtschaftlich teuer wäre, mehr als 12 Schichten hinzuzufügen.

[0005] In jüngerer Vergangenheit ist vorgeschlagen worden, die Spulen herzustellen, indem man schlangenförmige leitfähige Bahnen auf ein flexibles, faltbares Substrat druckt und dann das Substrat vorwärts und rückwärts auf sich selbst faltet, so dass die einzelnen Faltungen einen Stapel bilden. In den Stapel werden dann Ferritkerne eingesetzt (die im Allgemeinen durch vorgeformte Löcher in dem Substrat verlaufen), so dass ein Transformator entsteht. Solche Transformatoren nennt man Z-förmig gefaltete Transformatoren.

[0006] Beispiele von Z-förmig gefalteten Transformatoren sind im US-Patent Nr. 4,959,630 beschrieben. Solche Transformatoren werden aus einem flachen, faltbaren Substrat aus Isoliermaterial hergestellt, worauf schlangenförmige leitfähige Bahnen gedruckt werden. Nach dem Drucken dieser Bahnen wird das Substrat (das als ein "Flexband" be-

zeichnet wird) um vorgegebene Falzlinien herum gefaltet, so dass aufeinanderfolgende Teile von primären und sekundären leitfähigen Bahnen einander überlagern, so dass ein Stapel aus ineinander gelegten primären und sekundären Wicklungen entsteht.

[0007] Ein Vorteil von Z-förmig gefalteten Transformatoren im Vergleich zu herkömmlichen Drahtwicklungstransformatoren ist, dass sie einfach herzustellen sind und relativ wenig Platz beanspruchen und so konstruiert werden können, dass sie eine geringe Bauhöhe aufweisen. Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Transformatoren einen sehr hohen Wirkungsgrad (geringe Verluste) bei hoher Frequenz haben können.

[0008] Ein Vorteil von Z-förmig gefalteten Transformatoren im Vergleich zu herkömmlichen GLP-Transformatoren mit Schichtaufbau ist, dass das Z-förmig gefaltete System keinerlei Beschränkung hinsichtlich seiner Schichten unterliegt und vergrabene Durchkontakte aufweisen kann, um Verbindungen zwischen Bahnen auf verschiedenen Blättern herzustellen. Verbindungen zwischen Blättern können um die Faltungen herum hergestellt werden.

[0009] Ein Nachteil von bekannten Z-Falttechniken ist, dass der Bereich der leitfähigen Schicht auf dem Substrat, der tatsächlich Elektrizität leitet, begrenzt ist, wodurch die Leistung des Transformators eingeschränkt wird. Weitere Probleme betreffen die Ausführung des Transformators als ein stabiles, steifes Paket, was erforderlich ist, damit der Transformator mit anderen Bauelementen auf einer Leiterplatte montiert werden kann, sowie das Anbieten der Transformatoranschlüsse in einer Position, wo es einfach ist, elektrische Verbindungen mit einer Leiterplatte oder anderen elektrischen Bauelementen herzustellen.

[0010] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein induktives Bauelement bereitgestellt, das ein Isoliersubstrat mit leitfähigen Bahnen aufweist, die auf dem Substrat verlegt und mit einer Isolierschicht bedeckt sind, wobei das Substrat zu mehreren verbundenen, überlappenden Blättern gefaltet und mit einem magnetischen Kern kombiniert ist, um das induktive Bauelement zu bilden, und wobei Teile der Bahnen leitfähige Flächen haben, die durch die Isolierung hindurch freiliegen, wobei diese Teile der Bahn in elektrischem Kontakt mit anderen freiliegenden leitfähigen Flächen auf benachbarten Blättern stehen.

[0011] Die Erfindung stellt des Weiteren ein flexibles, faltbares Isoliersubstrat bereit, auf dem leitfähige Bahnen verlegt sind und das Löcher zur Aufnahme eines magnetischen Kerns aufweist, und wobei Teile der Bahnen freiliegende leitfähige Flächen haben, die mit anderen freiliegenden Flächen auf benach-

barten Blättern in elektrischem Kontakt stehen, wenn das Substrat zu mehreren verbundenen, überlappenden Blättern gefaltet wird.

[0012] Indem man gegenüberliegende leitfähige Flächen an ausgewählten Positionen einen Kontakt zwischen einer Schicht und einer anderen herstellen lässt, kann sich ein viel größerer Bereich der leitfähigen Schicht an der Leitung von Strom beteiligen, was zu einer höheren elektromagnetischen Leistung führt.

[0013] Das Substrat (Flexband), das bevorzugt für Z-förmig gefaltete Transformatoren verwendet wird, ist als Kapton bekannt, was ein flexibler, elektrisch isolierender Polyimidfilm ist. (KAPTON ist ein eingetragenes Warenzeichen von E. I. Du Pont de Nemours and Company). Der Film wird mit einer Schicht aus leitfähigem Kupfer auf beiden Seiten vorbeschichtet geliefert. Um die gewünschten leitfähigen Bahnen in dem gewünschten Muster auszubilden, wird ein Resist in einem entsprechenden Muster auf die Kupferflächen aufgebracht, um jenen Teil des Kupfers zu schützen, der an dem Leiten von Elektrizität beteiligt ist. Der ungeschützte Teil des Kupfers wird dann mit Hilfe bekannter Techniken entfernt, so dass das durch den Resist geschützte Kupfer zurückbleibt, das einem schlangelinienförmigen Pfad über das Substrat hinweg folgt. Durch das Substrat hindurch werden Löcher ausgebildet, die aufeinander ausgerichtet werden, wenn das Substrat gefaltet wird, um Ferritkerne aufzunehmen. Das Substrat wird dann auf sich selbst gefaltet und mit Ferritkernen kombiniert, um den Transformator zu bilden. Um einen elektrischen Kontakt zwischen Bahnen auf Flächen, die nach diesem Falten miteinander in Kontakt stehen, zu verhindern, verbleibt entweder der Resist auf dem Kupfer (wenn der Resist nicht-leitfähig ist), und/oder die Bahnen werden mit einem Isolierlack oder dergleichen überzogen, oder es wird Isolierband auf dem Kupfer befestigt oder auf das Kupfer laminiert.

[0014] Es gibt jedoch noch viele weitere mögliche Verfahren zum Herstellen leitfähiger Bahnen auf einem Substrat. Zum Beispiel können leitfähige Bahnen aus Folien aus leitfähigem Material ausgestanzt und auf ein Band aufgebracht werden, das dann auf ein Substrat laminiert wird; oder das Substrat wird in Bereichen bedruckt, wo eine Bahn angeordnet werden soll, woraufhin eine leitfähige Schicht auf den gedruckten Bereich elektroplattiert wird.

[0015] Die elektrisch leitfähige Verbindung zwischen Bahnen auf benachbarten Blättern kann die Bahnen auf den Blättern entweder in Reihe oder parallel verbinden. Jede Bahn kann sich über nur ein einziges Blatt, über ein Paar benachbarte Blätter oder über alle Blätter eines Flexbandes hinweg erstrecken. Die Verbindungen zwischen benachbarten

Blättern können sich auf einer beliebigen Stelle auf den Blättern und/oder an ihren Rändern befinden. Es können mehrere Verbindungen zwischen einem jeweiligen Paar benachbarter Blätter vorhanden sein.

[0016] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Substrat zur Verwendung als Teil eines Z-förmig gefalteten Transformators bereitgestellt, wobei das Substrat Folgendes aufweist: eine Basisbahn aus einem nicht-leitfähigen Kunststoffmaterial; eine Schicht aus Kupfer auf mindestens einer Fläche der Basisbahn, und Streifen aus einem anderen Kunststoffmaterial entlang beiden Längsrändern der Basisbahn, wobei der andere Kunststoff einen höheren Schmelzpunkt aufweist als das Material der Basisbahn.

[0017] Die Erfindung stellt des Weiteren ein Verfahren zum Herstellen eines Flexbandes zur Verwendung bei der Herstellung eines Z-förmig gefalteten Transformators bereit, wobei das Verfahren aufweist, das Band von einem Substrat, wie oben dargelegt, durch Schneiden des Substrats quer zu seiner Länge abzuschneiden, um von dem Substrat ein Band mit einer Abmessung abzutrennen, die in der Richtung quer zu der Bahn größer ist als in der Richtung der Länge der Bahn.

[0018] Die Basisbahn besteht vorzugsweise aus Polyester. Die Längsrandstreifen bestehen vorzugsweise aus Polyimid.

[0019] Die Erfindung stellt des Weiteren ein Flexband zur Verwendung bei der Herstellung eines Z-förmig gefalteten Transformators bereit, wobei das Band eine längliche Bahn aus einem ersten Kunststoffmaterial und an den Enden der Bahn Abschnitte aus einem anderen Kunststoffmaterial aufweist, das einen höheren Schmelzpunkt als das Material der länglichen Bahn aufweist.

[0020] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Z-förmig gefalteter Transformator bereitgestellt, der ein Isoliersubstrat mit leitfähigen Bahnen aufweist, die auf dem Substrat verlegt und mit einer Isolierschicht bedeckt sind, wobei das Substrat zu mehreren verbundenen, überlappenden Blättern gefaltet und mit einem Ferritkern kombiniert ist, um einen Transformator zu bilden, und wobei Teile der Bahnen leitfähige Flächen haben, die durch die Isolierung hindurch freiliegen, wobei diese Teile der Bahn in elektrischem Kontakt mit anderen freiliegenden leitfähigen Flächen auf benachbarten Blättern stehen.

[0021] Die Erfindung wird nun weiter beispielhaft anhand der begleitenden Zeichnungen beschrieben, in denen Folgendes dargestellt ist:

[0022] [Fig. 1](#) zeigt ein Substrat mit einer darauf be-

findlichen leitfähigen Bahn, das zum Falten bereit ist, um einen Transformator gemäß dem Stand der Technik zu bilden.

[0023] [Fig. 2](#) ist eine Ansicht ähnlich [Fig. 1](#), die aber ein Substrat gemäß der Erfindung zeigt.

[0024] [Fig. 3](#) zeigt das Substrat von [Fig. 2](#) mit Anmerkungen.

[0025] [Fig. 4](#) ist ein schematischer Querschnitt durch einen Teil eines Transformators, der gemäß der Erfindung hergestellt wurde.

[0026] [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) zeigen gegenüberliegende Seiten einer zweiten Ausführungsform eines Substrats gemäß der Erfindung.

[0027] [Fig. 6](#) zeigt einen Teil einer dritten Ausführungsform des Substrats gemäß der Erfindung.

[0028] [Fig. 7](#) zeigt die Ausführungsform von [Fig. 6](#), die teilweise zu einem Transformator gefaltet ist.

[0029] [Fig. 8](#) bis [Fig. 12](#) zeigen weitere Ausführungsformen des Substrats gemäß der Erfindung.

[0030] [Fig. 13](#) veranschaulicht ein Schema zum Herstellen einer Substratbahn.

[0031] [Fig. 14](#) zeigt einen Querschnitt durch eine Bahn, die gemäß [Fig. 13](#) hergestellt wurde.

[0032] [Fig. 15](#) ist eine Draufsicht auf die Bahn von [Fig. 14](#), die zeigt, wie Bänder von der Bahn abgeschnitten werden.

[0033] [Fig. 16](#) ist eine Seitenansicht eines Transformators gemäß der Erfindung.

[0034] [Fig. 17](#) ist eine Ansicht ähnlich [Fig. 16](#) eines anderen Transformators gemäß der Erfindung.

[0035] [Fig. 18](#) ist eine Endansicht des Transformators von [Fig. 17](#).

[0036] [Fig. 19](#) zeigt ein Gehäuse zum Aufnehmen eines Transformators.

[0037] [Fig. 20](#) ist ein Querschnitt durch einen Transformator, der in dem Gehäuse von [Fig. 19](#) untergebracht ist.

[0038] [Fig. 21](#) und [Fig. 22](#) zeigen alternative Bauformen, in denen Transformator-Bauelemente zusammengesetzt sind.

[0039] [Fig. 23](#) und [Fig. 24](#) zeigen zwei alternative Möglichkeiten, wie die Transformator-Anschlüsse auf dieselbe Fläche des fertigen Transformators ge-

bracht werden können.

[0040] [Fig. 25](#) ist eine perspektivische Ansicht des Transformators von [Fig. 23](#).

[0041] [Fig. 26](#) zeigt einen Umriss eines Flexbandes.

[0042] [Fig. 27](#) zeigt die Anordnung von Anschlüssen auf einem Ferritkörper.

[0043] [Fig. 28](#) ist eine auseinandergezogene Ansicht eines Transformators gemäß der Erfindung.

[0044] [Fig. 29](#) zeigt den Transformator von [Fig. 28](#) in zusammengebauter Form.

[0045] [Fig. 30](#) ist eine Unteransicht des Transformators der [Fig. 28](#) und [Fig. 29](#).

[0046] [Fig. 31](#) bis [Fig. 35](#) zeigen Ansichten ähnlich denen der [Fig. 26](#) bis [Fig. 30](#), aber von einer alternativen Ausführungsform.

[0047] [Fig. 36](#) zeigt eine alternative Form des Flexbandes gemäß der Erfindung.

[0048] [Fig. 37](#) und [Fig. 38](#) zeigen verschiedene ineinander gelegte Anordnungen für Z-förmig gefaltete Transformatoren.

[0049] [Fig. 39](#) zeigt ein Flexband vor dem Falten.

[0050] [Fig. 40](#) zeigt das Band von [Fig. 39](#) nach einer ersten Stufe des Faltens.

[0051] [Fig. 41](#) bis [Fig. 45](#) zeigen aufeinanderfolgende Stufen beim Zusammenbau eines Transformators aus dem Band der [Fig. 39](#) und [Fig. 40](#).

[0052] [Fig. 46](#) ist eine perspektivische, auseinandergezogene Ansicht einer Z-förmig gefalteten Transformatorwicklung mit einer zweiteiligen Buchse für das Ferritkernloch.

[0053] [Fig. 47](#) zeigt einen Schnitt durch die zusammengebaute Transformatorwicklung von [Fig. 46](#).

[0054] [Fig. 48](#) zeigt ein Flexband gemäß dem Stand der Technik.

[0055] [Fig. 49](#) und [Fig. 50](#) zeigen alternative Flexband-Gestaltungen.

[0056] [Fig. 51](#) ist eine auseinandergezogene Ansicht eines Transformators mit einem Ferritkern und einem Band, wie in den [Fig. 49](#) oder [Fig. 50](#) gezeigt.

[0057] [Fig. 52](#) und [Fig. 53](#) zeigen zwei weitere alternative Flexband-Gestaltungen.

[0058] [Fig. 54](#) zeigt eine Seitenansicht eines Flexband-Trägers.

[0059] [Fig. 55](#) und [Fig. 56](#) zeigen den Träger von [Fig. 54](#), nachdem ein Flexband an dem Träger montiert wurde.

[0060] [Fig. 57](#), [Fig. 58](#) und [Fig. 59](#) zeigen Details der Montage eines Transformators gemäß der Erfindung.

[0061] [Fig. 60](#), [Fig. 61](#) und [Fig. 62](#) zeigen Details der Montage eines weiteren Transformators gemäß der Erfindung.

[0062] [Fig. 63](#) zeigt eine ineinander gelegte Komponente im flachen Zustand.

[0063] [Fig. 64a](#), [Fig. 64b](#), [Fig. 64c](#) und [Fig. 64d](#) zeigen jeweils Kupfer- und Resist-Schichten, die auf gegenüberliegende Seiten eines Substrats aufgebracht wurden.

[0064] [Fig. 65](#) zeigt einen typischen Querschnitt durch das Substrat der [Fig. 64](#).

[0065] [Fig. 1](#) zeigt ein einfaches hergestelltes Substrat, das eine Kapton-Lage aufweist, das eine rechteckige Umrisslinie **10** hat (die mit Punktlinien angedeutet ist). Zu Beginn ist im Wesentlichen auf der gesamten Oberfläche jeder Seite der Lage eine Beschichtung aus elektrisch leitfähigem Kupfer aufgebracht. Um die Lage herzustellen, wird das Kupfer selektiv entfernt, zum Beispiel mittels eines Ätzprozesses. Die Kupferbahn, die zurückbleibt, sobald das Substrat hergestellt wurde, ist mit **12** bezeichnet. Falzlinien in dem Substrat sind mit **14** bezeichnet, und Löcher, in denen in dem fertigen Transformator ein Ferritkern angeordnet wird (die Löcher sind alle aufeinander ausgerichtet, sobald das Substrat auf sich selbst gefaltet wurde), sind mit **16** bezeichnet. Es ist zu sehen, dass (a) mehr als 50% der anfänglichen Kupferbeschichtung entfernt wurden, um die schlangenförmige Bahn **12** zu bilden, und dass (b) die Breite der Bahn **12** an den Positionen, wo sie die Falzlinien **14** kreuzt, größer ist als zwischen den Falzlinien.

[0066] Diese Transformator-Komponente wird manchmal auch als das "Flexband" bezeichnet.

[0067] [Fig. 2](#) zeigt ein Flexband, das gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung modifiziert ist. Es ist zu sehen, dass zusätzliche Bereiche aus Kupfer **12a** auf dem Band **10** vorhanden sind, welche die Kernpositionen **16** nahezu vollständig umgeben. Um diese Bereiche **12a** in den Stromkreis einzubinden, liegen an den mit X markierten Positionen (siehe [Fig. 3](#)) leitfähige Flächen frei, so dass, wenn das Flexband auf sich selbst gefaltet ist, die zwei Bereiche X, die mit A

markiert sind, einen elektrischen Kontakt miteinander herstellen und die zwei Bereiche X, die mit B markiert sind, ebenfalls einen elektrischen Kontakt miteinander herstellen. Infolge dessen wird der Bereich aus leitfähigem Kupfer, der die Bahn bildet, verdoppelt.

[0068] [Fig. 4](#) zeigt einen Querschnitt durch ein gefaltetes Flexband an einer dieser Positionen X. [Fig. 4](#) zeigt nur zwei Blätter, aber in der Praxis liegt eine viel größere Anzahl übereinander und bildet einen Stapel von Blättern. Die Dicken der Kupferschichten **12** sind in dieser Figur stark übertrieben dargestellt, um den Aufbau zu erläutern.

[0069] Jedes der Flexbandblätter **10** hat eine Kupferbahn **12** auf jeder Seite. In der Figur stimmen die Kupferbahnen auf der Ober- und der Unterseite jedes Blattes alle überein, aber das muss nicht unbedingt der Fall sein. Die Kupferbahnen **12** sind durch eine Isolierschicht **18** geschützt, bei der es sich um eine Schicht aus Lötresist handeln kann. Am Punkt X wird der Lötresist sowohl auf der oberen als auch auf der unteren Bahn entfernt, und es wird ein elektrisch leitfähiger Kontakt zwischen den Bahnen hergestellt. Um diesen Kontakt zu bewerkstelligen, kann man Lot über die Bereiche fließen lassen, wo Resist entfernt wurde. Die Flächen der Kupferbahnen können mit Zinn elektroplattiert werden, um einen guten Kontakt zwischen dem Lot und dem Kupfer zu gewährleisten.

[0070] Auf diese Weise steht ein größerer Bereich an Kupferbahn zur Verfügung, um Strom um den Ferritkern herum zu transportieren, der durch die Löcher **16** geschoben wird. Dadurch erhöht sich die Kapazität des Transformators, und der Wicklungsstapel wird ebenfalls mechanisch stabilisiert.

[0071] [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) zeigen zwei gegenüberliegende Seiten eines Flexbandes. Das Band ist allgemein mit **30** bezeichnet und hat Löcher **32**, durch die der Ferritkern geschoben wird. Der durchgängige Bereich, der mit der Bezugszahl **34** bezeichnet ist, ist vollständig mit Kupfer beschichtet, wobei das Kupfer nur in den Bereichen entfernt wird, die mit **36** bezeichnet sind. Kupfer wird auch in den Bereichen entfernt, die mit **38** markiert sind, weil diese Bereiche mit den gewünschten Falzlinien übereinstimmen, und dies hilft deshalb dabei zu gewährleisten, dass das Flexband an den richtigen Positionen gefaltet wird. Nach dem Falten kann der elektrische Kontakt in den entsprechenden Bereichen von zwei gegenüberliegenden Flächen der Blätter hergestellt werden. Ein Paar gegenüberliegender Flächen trägt die Markierungen "X", um zu zeigen, wo ein Kontakt hergestellt werden kann.

[0072] In der gezeigten Ausführungsform ist es notwendig, eine Isolierung in den schattierten Bereichen **39** hinzuzufügen, um ein Kurzschließen zwischen den leitfähigen Bahnen an Faltungen auf der Außen-

seite zu verhindern.

[0073] Im Vergleich zu [Fig. 2](#) hat die Ausführungsform von [Fig. 5](#) einen viel größeren leitfähigen Bereich.

[0074] [Fig. 6](#) zeigt, wie bei einer mittig abgegriffenen, aus einer einzigen Windung bestehenden Wicklung die Windungen unter Verwendung dieses Verfahrens parallel geschaltet sein können. Die Figur zeigt ein Flexband **20**, das Löcher **22** zum Aufnehmen eines Ferritkerns, Falzlinien **24** und gedruckte Kupferbahnen **26** hat. Die Kupferbahnen sind in der Figur mit rechteckigen Vergrößerungen **28** an den Enden und in der Mitte jeder Bahn, wo sie die Falzlinien **24** kreuzen, gezeigt.

[0075] [Fig. 7](#) zeigt das Band von [Fig. 6](#) teilweise gefaltet. Auf der Rückseite des Bandes sind keine Bahnen gezeigt, aber es können dort ebenfalls Bahnen angeordnet sein, und es ist auch wahrscheinlich, dass sich dort Bahnen befinden. Aus dieser Figur ist zu sehen, dass, wenn das Band gefaltet wird, die Löcher **22** übereinander zu liegen kommen, so dass ein Ferritkern durch sie hindurchgeschoben werden kann, und dass die Vergrößerungen **28** auf einer einzelnen Falzlinie über den Vergrößerungen auf der nächsten benachbarten Falzlinie zu liegen kommen. Durch Entfernen der Isolierbeschichtung auf den Bahnen an den Falzlinien können die Bahnen an diesen Punkten elektrisch miteinander verbunden werden. Auf diese Weise werden alle Bahnen **26** (die in dem flachen Zustand von [Fig. 5](#) voneinander unabhängig sind) miteinander parallel geschaltet, wobei die mittige Vergrößerung **28** einen Mittenabgriff bietet. Die Position an den Falzlinien, wo ein Kontakt zwischen benachbarten Windungen hergestellt wird, braucht nicht wie gezeigt vergrößert zu werden. Die Breite der Bahn könnte entlang der gesamten Länge gleichmäßig sein, und der notwendige Kontakt könnte immer noch hergestellt werden.

[0076] Mit dieser Anordnung ist es auch möglich, einen Kontakt zwischen benachbarten Bahnen an einigen der Falzlinien herzustellen, an anderen hingegen nicht.

[0077] In einer weiteren Anordnung ([Fig. 8](#)) wird dasselbe Prinzip verwendet, um Wicklungen in Reihe zu schalten. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass eine spiralförmige Bahn auf jeder gefalteten Sektion des Substrats ausgebildet werden kann, wodurch eine größere Anzahl von "Windungen" je Faltung in dem fertigen Transformator möglich ist.

[0078] In [Fig. 8](#) hat das Flexband **40** Löcher **42** für den Ferritkern, und auf jedem Blatt des Bandes ist eine spiralförmige leitfähige Bahn ausgebildet. Auf dem Blatt **40a** beginnt die Bahn **44** an einem Anschluss **46** und endet an einem Punkt **48** auf dem

Blatt **40a**. Auf der nächsten Bahn **40b** beginnt die Spirale am Punkt **50** und folgt dann einem spiralförmigen Pfad nach außen und kreuzt dann auf das nächste Blatt **40c**, wo sich die Bahn auf einem spiralförmigen Pfad fortsetzt und nun einen spiralförmigen Weg nach innen nimmt, um an einem Punkt **52** zu enden. Auf dem Blatt **40d** erstreckt sich die Bahn von einem Punkt **54** zu einem anderen Anschluss **56**. Mindestens eine der gegenüberliegenden Flächen des Bandes wird mit einem Resist beschichtet, so dass sie zwischen den Spulen auf gegenüberliegenden Flächen keinen Kurzschluss verursachen. Jedoch wird der Resist an den Punkten **48**, **50**, **52**, **54** entfernt.

[0079] Wenn dieses Flexband um die mit Punktlinien angedeuteten Falzlinien herum gefaltet wird, so wird ein Kontakt zwischen der Bahn auf dem Blatt **40a** und der Bahn auf dem Blatt **40b** hergestellt, weil die Punkte **48** und **50** miteinander in Kontakt kommen und in der in [Fig. 4](#) gezeigten Weise in elektrischen Kontakt miteinander gebracht werden. Das gleiche geschieht zwischen den Punkten **52** und **54** auf den Blättern **40c** und **40d**. Alternativ kann der Kontakt dadurch hergestellt werden, dass man die Punkte **48** und **50** oder **52** und **54** mit Kontakthügeln versieht, so dass sie sich ein wenig über die Ebene des Bandes hinaus erheben, um in Kontakt miteinander zu gelangen. Dies hilft dabei zu gewährleisten, dass die Dicke des Resists nicht den gewünschten Kontakt verhindert.

[0080] Auf diese Weise wird effektiv eine einzelne Wicklung in dem gesamten Transformator ausgebildet, und es ist nun möglich, mehrere Windungen auf jedem Blatt des Bandes anzuordnen und dann die Windungen auf einem Band mit den Windungen auf einem anderen Band zu verbinden, so dass alle Windungen in Reihe geschaltet sind. Dies kann besonders für einen Induktor mit vielen Windungen nützlich sein.

[0081] [Fig. 9](#) zeigt eine Anordnung ähnlich der in [Fig. 8](#), aber dieses Mal sind zwei Spulen auf demselben Flexband **60** ausgebildet. Die Bahn **62** bildet eine halbe Windung auf jedem Blatt **60a**, **60b** bis **60f**. Die Bahn **64** bildet zwei Windungen auf dem Blatt **60a**, eine Windung auf dem Blatt **60b**, eine halbe Windung auf dem Blatt **60c**, eine Windung auf dem Blatt **60d**, eine Windung auf dem Blatt **60e** und eine halbe Windung auf dem Blatt **60f**. Wo sich mehr als eine halbe Windung auf einem Blatt befindet, so werden die Windungen mit den Windungen auf dem benachbarten Blatt verbundenen, indem ein elektrischer Kontakt in dem gefalteten Band hergestellt wird, wie er zwischen den Punkten **66** und **68** und zwischen den Punkten **70** und **72** stattfindet.

[0082] In [Fig. 10](#) ist eine Anordnung gezeigt, die praktisch die gleiche ist wie in [Fig. 8](#). Jedoch sind in

diesem Fall die Bahnen spiralförmig gewickelt, und die Verbindungen sind zwischen den Punkten A-A und B-B hergestellt.

[0083] In [Fig. 11](#) ist eine komplexere Mischung aus Bahnmustern veranschaulicht. Eine Bahn **82** erstreckt sich über die volle Länge des Flexbandes, ähnlich der Bahn **62** von [Fig. 9](#). Jedoch nimmt die Spule **84** die Form einer Spirale auf dem Blatt **80b**, einer halben Windung über das nächste Blatt **80c** hinweg und einer Spirale auf dem Blatt **80d** an. Wenn das Flexband gefaltet wird, so entsteht ein Kontakt zwischen der Spule **84**, wo sie auf dem Blatt **80d** erscheint, und einer Spule **86**, wo sie auf dem Blatt **80c** erscheint (B-B). Gleichermaßen entsteht ein Kontakt zwischen der Spule **84**, wo sie auf dem Blatt **80b** erscheint, und einer weiteren Spule **85** auf dem Blatt **80a** (A-A). Somit verläuft in dem fertigen Transformator der Strompfad (immer in der gleichen Drehrichtung) spiralförmig in verschiedene Blätter hinein und aus verschiedenen Blättern heraus und aufwärts und abwärts zwischen den Blättern.

[0084] Es ist klar, dass die Fähigkeit, auf diese Weise einen Durchkontakt zwischen Bahnen auf zwei benachbarten Flächen auszubilden, die Herstellung einer sehr breiten Vielfalt verschiedener Windungsmuster gestattet.

[0085] [Fig. 12](#) zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung. In dieser Ausführungsform verbleibt ein zusätzlicher Bereich aus Kupfer auf dem Flexband bei **90**, **92**. Dieser Bereich aus Kupfer hat keinen Anteil an den elektrischen Eigenschaften des fertigen Transformators (er ist von dem Strompfad isoliert), sondern diese zwei Bereiche **90**, **92** sind statt dessen so eingerichtet, dass sie in dem fertigen Band aneinander gelötet werden können, um die Blättern des Bandes physisch in ihrer gefalteten Konfiguration zu fixieren.

[0086] Anstelle des in [Fig. 12](#) gezeigten rechteckigen Bereichs könnte es zum Beispiel möglich sein, einen kleinen Bereich aus Kupfer an jeder Ecke jedes Blattes eines rechteckigen Flexbandes zu belassen, wobei das Kupfer in diesen Bereichen so frei liegt, dass sie in der in [Fig. 4](#) gezeigten Weise mit entsprechenden Bereichen auf dem benachbarten Blatt verbunden – zum Beispiel verlötet – werden können.

[0087] [Fig. 13](#) zeigt einen möglichen Aufbau für ein Substrat, das in einem Z-förmig gefalteten Transformator verwendet werden soll. Das Substrat ist als eine durchgängige Bahn ausgebildet, wobei ein Polyester-"Kern" **100** auf jeder Seite mit einer Schicht aus Kupfer **102**, **104** (wodurch die Bahnen **12**, **26** gebildet werden) versehen ist und entlang jedes Randes ein Streifen **106** aus einem Polyimid-Material, wie zum Beispiel Kapton, angeordnet ist. Das fertige Laminat ist mit **108** bezeichnet.

[0088] Die Flexbänder **10**, **20** werden quer von dieser Bahn geschnitten (siehe [Fig. 15](#)), dergestalt, dass sie Polyimid **106** an den beiden Enden des Bandes (wovon Verbindungen zu externen Schaltkreis-komponenten hergestellt werden) und kostengünstiges Polyester als den Hauptteil der Struktur aufweisen. Polyester ist beträchtlich preisgünstiger als Polyimid und weist ein besseres Feuchtigkeitsaufnahmevermögen auf als Polyimid. Allerdings weist Polyester nicht die notwendige Hitzebeständigkeit auf, um ein Anlöten von externen Bauelementen an den Bahnen auf dem Substrat zu gestatten, und das höherwertige Polyimidmaterial ist an jenen Punkten von Vorteil, wo das Löten stattfindet.

[0089] Die Polyimidfilme können Klebebeschichtungen aufweisen, um sie an dem Polyester zu befestigen.

[0090] Ein weiteres Problem, das Z-förmig gefalteten Transformatoren eigen ist, ist das Ausführen der Baugruppe als ein steifes Bauelement, das zum Beispiel auf einer Leiterplatte montiert werden kann oder an dem andere Bauelemente befestigt werden können.

[0091] In den folgenden [Fig. 16](#) bis [Fig. 47](#) sind verschiedene Bauformen gezeigt, in denen ein gefaltetes Transformatorsubstrat und zugehörige Ferritkerne miteinander verbunden sind, um ein Bauelement zu bilden, das als eine einzelne steife Einheit betrachtet werden kann und das darum problemlos in der gleichen Weise wie ein herkömmliches drahtgewickltes induktives Bauelement an einer Leiterplatte montiert werden kann.

[0092] [Fig. 16](#) zeigt eine Seitenansicht eines zusammengebauten Transformators mit einem Z-förmig gefalteten Flexband **120**, das zwischen zwei Ferritkörpern **122**, **124** angeordnet ist. Obgleich in dieser Figur nicht gezeigt, weisen die Ferritkörper Vorsprünge auf, die sich durch Löcher in dem Flexband **120** erstrecken, wie zuvor beschrieben.

[0093] Die Ferritkörper **122** und **124** sind massive, steife Körper. Zwei Endanschlussabschnitte **126** und **128** des auf dem Flexband **120** ausgebildeten Leiters werden von dort, wo das Flexband auf sich selbst gefaltet ist, herausgeführt und liegen auf der Unterseite des Körpers **124** frei, wie bei **126** und **128** angedeutet. Durch Montieren dieser zwei Endabschnitte auf der steifen Oberfläche des Körpers **124** werden die Anschlüsse **126** und **128** starr im Raum fixiert. Die Anschlüsse **126**, **128** können mittels Leim oder auf sonstige Weise an ihrer Position auf dem Körper **124** befestigt werden, aber in [Fig. 17](#) kommt ein zusätzliches Bauelement in Form einer Klammer **130** während der Montage zum Einsatz. Die Klammer **130** greift um die beiden Ferritkörper **122**, **124a** herum, um die zwei Körper zusammenzuhalten und um das

Flexband in seiner gefalteten Konfiguration zwischen den Körpern zu halten. Zusätzlich hält die Klammer **130** die Enden **126a**, **128a** des Flexbandes **120** so, dass diese äußersten Enden des Bandes festgehalten werden. **Fig. 18** zeigt dies in einer Endansicht, wo die Klammer **130** Flansche **132** aufweist, die über die Oberseite des Ferritkörpers **122** hinweg greifen, und ein durchgängiges Glied **134** aufweist, das sich unterhalb des Körpers **124a** erstreckt.

[0094] In dieser Ausführungsform ist der Körper **124a** mit knollenartigen Vorsprüngen an seiner Unterseite versehen, um die herum die Anschlussenden (**126a**, **128a**) des Flexbandes verlaufen. Die eigentlichen Anschlüsse des Transformators zum Verbinden mit anderen Bauelementen werden an den untersten Teilen dieser knollenartigen Vorsprünge ausgebildet. **Fig. 17** zeigt, wie die freien Enden dieser Anschlussabschnitte **126a**, **128a** unterhalb eines durchgängigen unteren Gliedes **134** der Klammer **130** erfasst werden.

[0095] **Fig. 19** und **Fig. 20** zeigen eine weitere Ausführungsform, wo ein im Wesentlichen durchgängiges Gehäuse **140** anstelle einer Klammer **130** verwendet wird. **Fig. 19** zeigt das Gehäuse, bevor die Transformator-Komponenten in seinem Inneren montiert wurden, und **Fig. 20** ist ein Schnitt durch das Gehäuse mit dem an seinem Platz befindlichen Transformator.

[0096] Das Gehäuse hat elastische Laschen **142** nahe seinem oberen Rand, Endausschnitte **144** und Basisschlitze **146**. Der in diesem Gehäuse zu montierende Transformator ähnelt dem, der in **Fig. 16** gezeigt ist, und für seine Bauelemente werden die gleichen Bezugszahlen verwendet.

[0097] Die Größe des Gehäuses **140** ist so bemessen, dass, wenn der Transformator vollständig eingesetzt ist, die Oberseite des oberen Ferritkörpers **122** unter den Laschen **142** einrastet, wodurch die Laschen effektiv die Ferritkörper in einem in das Gehäuse hineingedrückten Zustand halten und das Flexband **120** dazwischen zusammengedrückt halten.

[0098] Die Anschlussenden **126**, **128** des Flexbandes erstrecken sich an jedem Ende durch die Ausschnitte **144** aus dem Gehäuse heraus, verlaufen um die Außenfläche des Gehäuses herum und dann durch die Schlitze **146** hindurch zurück in das Gehäuse. Sobald sie sich wieder in dem Gehäuse befinden, kann der obere Ferritkörper endgültig nach unten eingerastet werden, um die freien Enden der Anschlussenden **126**, **128** zwischen dem unteren Ferritkörper und der Basis **148** des Gehäuses zu erfassen. In dieser Figur ist festzustellen, dass die knollenartige Gestalt an dem unteren Ferritkörper **124a** von **Fig. 17** in diesem Fall durch Formen des Gehäuses **140** und nicht durch Formen des unteren Ferritkörpers hergestellt

ist.

[0099] **Fig. 21** zeigt eine ähnliche Anordnung, wo ein Transformator, der aus Ferritkörpern **150**, **152** und einem Flexband **154** besteht, in einen rechteckigen Kasten **156** eingerastet ist. Der Kasten **156** hat Laschen **158**, und wenn der Transformator richtig eingesetzt ist, so sind die Laschen **158** in einem Schlitz **160** auf der Oberseite des oberen Ferritkörpers **150** aufgenommen. Die Art und Weise, wie die Anschlussenden **162** des Flexbandes mit externen Bauelementen verbunden sind, ist nicht in dieser Figur veranschaulicht.

[0100] **Fig. 22** zeigt eine Abfolge von Schritten beim Zusammenbau eines Transformators gemäß der Erfindung. In **Fig. 22a** sind die drei Hauptbauelemente in auseinandergezogener Ansicht gezeigt, und zwar der obere Ferritkörper **150**, das Z-förmig gefaltete Flexband **154** und der untere Ferritkörper **152**. In dieser Figur ist zu sehen, dass der untere Ferritkörper Kernstücke **164** aufweist, die sich von der Innenfläche des Körpers nach oben erstrecken und die sich durch Löcher in dem gefalteten Flexband erstrecken (zum Beispiel die Löcher **22** in **Fig. 7**). Diese Kernstücke können sich direkt durch das gefaltete Flexband hindurch bis zu einer flachen Unterseite des oberen Körpers **150** erstrecken, oder der obere Körper **150** kann ähnliche Kernstücke aufweisen, und die Kernstücke des oberen und des unteren Körpers können sich auf halbem Weg durch das gefaltete Flexband treffen.

[0101] **Fig. 22b** zeigt die drei Bauelemente im zusammengebauten Zustand, wobei ein Anschlussende **162** des Flexbandes **154** frei liegt. Obgleich in dieser Figur nicht gezeigt, gibt es ein ähnliches freiliegendes Anschlussende an dem gegenüberliegenden (verborgenen) Ende der Baugruppe. Dieses Anschlussende ist unter dem unteren Ferritkörper **152** (**Fig. 22c**) in einer ähnlichen Weise gefaltet, wie in **Fig. 16** gezeigt. Um die Baugruppe in diesem Zustand zu halten, greift eine U-förmige Klammer **166** in entsprechende Nuten **168**, **170** auf der Ober- und der Unterseite des Körpers **150**, **152** ein. **Fig. 22e** zeigt den fertigen Zustand des Transformators.

[0102] **Fig. 23** und **Fig. 24** zeigen zwei alternative Konfigurationen, bei denen beide Enden des Flexbandes auf derselben Fläche aus dem Bauelement herausführen, um eine Verbindung mit externen Anschlüssen herzustellen. In diesen Figuren sind die Ferritkörper **322** voneinander beabstandet gezeigt, um das Faltpattern der Flexbänder **410**, **412** zeigen zu können.

[0103] In **Fig. 23** haben die Punkte des Bandes **410**, zu denen eine Verbindung hergestellt wird, die Form von "Höckern" **411**, **413**, die aus der Ebene des Bandes herausgedrückt sind. Die Höcker werden zu-

nächst in entgegengesetzte Richtungen herausgedrückt, und dann, wenn das Band gefaltet ist, ragt der Höcker **413** durch ein Loch **415** in dem Band hindurch, so dass beide "Höcker" in dieselbe Richtung ragen. Bahnen an einem Rand jedes Blattes stehen mit Bahnen an einer Endregion **417** des Bandes **410** in elektrischem Kontakt (bei **419**).

[0104] In [Fig. 24](#) ist ein anderes Faltmuster für das Band **412** gezeigt. Hier befinden sich die "Höcker" an entgegengesetzten Enden des Bandes, liegen aber nach dem Falten des Bandes nebeneinander.

[0105] Es ist klar, dass das Muster der Bahnen auf dem Band so eingerichtet wird, dass jede gewünschte leitfähige Anordnung hergestellt werden kann, wobei die Bahnen und ihre Anschlüsse nach Wunsch über die Breite jeder Fläche des Bandes hinweg angeordnet werden können.

[0106] [Fig. 25](#) zeigt eine Unteransicht des Bauelements von [Fig. 23](#).

[0107] [Fig. 36](#) zeigt ein modifiziertes Flexband **200**. Dieses Band **200** ähnelt dem Band **20** von [Fig. 6](#), hat aber Terminierungsbereiche **202**. Wenn das Band **200** gefaltet wird, so stellen die Bereiche **202** einen Kontakt (wie mit Bezug auf [Fig. 6](#) beschrieben) mit den Vergrößerungen **28** her. Weil die Terminierungsbereiche **202** relativ groß und gleichmäßig geformt sind, können sie einen großen Bereich aufweisen, mit dem externe Verbindungen hergestellt werden können.

[0108] [Fig. 26](#) bis [Fig. 30](#) und [Fig. 31](#) bis [Fig. 35](#) zeigen zwei alternative Anordnungen, bei denen die Anschlussenden eines flexgefalteten Transformators (mit Mittenabgriffen) zuverlässig und exakt zum Beispiel mit einer gedruckten Leiterplatte verbunden werden können.

[0109] [Fig. 26](#) zeigt ein Flexband **170** mit Terminierungsbereichen, die mit **172** bezeichnet sind, an beiden Enden und an Positionen entlang jedes länglichen Randes des Bandes. [Fig. 26](#) zeigt das Band **170**, bevor es gefaltet ist, wobei einige der Linien, entlang denen es gefaltet wird, mit **175** bezeichnet sind. [Fig. 27](#) zeigt die Unterseite des unteren Ferritkerns, nachdem das Band gefaltet und zwischen einem oberen und einem unteren Ferritkörper montiert wurde. Es ist zu sehen, dass sich die Anschlussabschnitte **172**, **174**, **176**, **178** nun voneinander beabstandet an der Unterseite des Körpers **152** befinden. Als nächstes wird der zusammengebaute Transformator in ein Gehäuse **180** eingesetzt, das eine Kugeligitteranordnung in der Basis aufweist, so dass die Anschlüsse **172**, **174**, **176** und **178** einen Kontakt mit jeweiligen der Kugeln herstellen. [Fig. 30](#) zeigt die Unterseite des Gehäuses **180** mit einer 4 × 4-Anordnung der Kugeln. Zum Beispiel kann der Anschluss

178 in Kontakt mit den vier Kugeln **178a** stehen; der Anschluss **172** kann in Kontakt mit den vier Kugeln **172a** stehen; der Anschluss **174** kann in Kontakt mit den vier Kugeln **174a** stehen; und der Anschluss **176** kann in Kontakt mit den vier Kugeln **176a** stehen. In dem Gehäuse werden zwischen den Anschlüssen und den Kugeln entsprechende Lötverbindungen hergestellt. Nachdem das Bauelement zusammengebaut ist, d. h. in dem Zustand, der in [Fig. 29](#) gezeigt ist, kann es exakt an eine Leiterplatte gelötet werden, indem festgelegt wird, welche der Kugeln in der Anordnung an welche Verbindungen auf der Leiterplatte zu löten sind.

[0110] [Fig. 31](#) zeigt eine ähnliche Anordnung, aber in diesem Fall sind die Kugeln **190** an die Anschlüsse gelötet, und es sind nur Kugeln vorhanden, wo Verbindungen herzustellen sind. Somit zeigt [Fig. 35](#) eine Anordnung ähnlich der von [Fig. 30](#), wobei aber nur einige der Kugelstellen besetzt sind. Endgültige Verbindungen brauchen nur zwischen den besetzten Kugelstellen und den entsprechenden Verbindungen auf der Leiterplatte hergestellt zu werden.

[0111] Wenn das Flexband gefaltet wird, so kann es mit oder ohne Ineinanderlegen gefaltet werden. [Fig. 37](#) zeigt ein nicht ineinander gelegtes Faltmuster mit Ferritkernen **201**, **203**, wo sich alle aus einem Satz **204** aus gefalteten Blättern über allen des anderen Satzes **206** aus gefalteten Blättern befinden. [Fig. 38](#) zeigt ein vollständig ineinander gelegtes Faltmuster, wo ein Paar gefalteter Blätter aus einem Satz **204** zwischen jedes Paar gefalteter Blätter aus dem anderen Satz **206** gelegt ist. Die Ferritkerne werden dann zusammengepresst, um die Z-förmig gefalteten Blätter dicht aneinander zu bringen.

[0112] [Fig. 39](#) zeigt ein Flexband **210**, das zu einem Transformator gefaltet werden kann. Das Band hat primäre Wicklungssektionen **212** an einem Ende des Bandes und sekundäre Wicklungssektionen **214** an dem anderen Ende des Bandes. Die GLP-Terminierungen **216** befinden sich in der Mittelsektion. Die Wicklungsmuster sind so gestaltet, dass die Wicklungen an dem Terminierungsbereich **216** beginnen und enden.

[0113] Das Flexband **210** ist Z-förmig gefaltet, wie in [Fig. 40](#) gezeigt. Die primäre Sektion hat eine Region **218**, wo Blätter voneinander beabstandet sind und in die hinein der Sekundärwicklungsstapel später verschachtelt wird. [Fig. 41](#) to [Fig. 45](#) zeigen den Einbau dieses Bandes in einen Transformator. In [Fig. 41](#) ist der Terminierungsbereich **216** gegen (unter) eine Ferritbodenplatte **220** angeordnet. Die Wicklungssektionen **212**, **214** sind über die Ferritbodenplatte geklappt ([Fig. 42](#)) und ineinander gelegt ([Fig. 43](#)). Eine Ferritdeckplatte **222** ist mittels Leim, Klammern oder ähnlichem befestigt ([Fig. 45](#))

[0114] Ein attraktiver Nutzeffekt dieser Bauweise ist, dass es keine "Enden" gibt, die zu leimen oder zu arretieren wären. Der Ferrit selbst hält nach dem Fixieren der beiden Hälften an ihrem Platz die Baugruppe vollständig fest, wobei die freien Enden des Flexbandes effektiv ergriffen sind. Die Anordnung der Terminierungsteile **216** unterhalb der Ferritbodenplatte **220** macht es einfach, die Bauelemente an anderen Verbindungen, zum Beispiel auf einer GLP, zu befestigen.

[0115] Das Ineinanderlegen von primären und sekundären Wicklungen kann flexibler gestaltet werden als bei herkömmlichen Z-förmig gefalteten Transformatoren, wo die primären und sekundären Schichten einander folgen (vollständiges Verschachteln) und die Wicklungskapazität zu groß werden kann. In Vorwärtskonvertern kann ein zwei- oder dreifaches Ineinanderlegen die beste Wahl als ein Kompromiss zwischen Streuinduktivität und Wicklungskapazität sein.

[0116] Es kann ein einseitiges Flexband verwendet werden. Statikabschirmungen können auf der gegenüberliegenden Seite unter Verwendung einer dünnen Kupferschicht angeordnet werden.

[0117] [Fig. 46](#) zeigt Z-förmig gefaltete sekundäre Transformatorwicklungen **226** zusammen mit einer zweiteiligen Buchse oder Hülse **224a**, **224b**. Die zwei Hälften dieser Buchse passen von oben und von unten her in ein Loch **225** und klammern zusammen, um eine Auskleidung für das Loch **225** zu bilden und um ein Loch **228** bereitzustellen, durch das ein Ferritkern **230** eingeschoben werden kann. Die Buchse **224** schafft verlängerte Kriechpfade **232**, **234** (zum Beispiel können diese Pfade 6 mm lang sein) zwischen primären und sekundären Wicklungen.

[0118] Die Verwendung der Buchse **224** macht es möglich, bestimmte Mindestvorgaben für Kriechstrecken und Spielräume einzuhalten. Nehmen wir an, dass sich die Bahnen der Primärwicklung nahe dem Ferritmittelpol befinden. Dann muss ein Mindestkriechabstand vom Mittelpol zur Sekundärwicklung eingehalten werden, was problemlos entlang des Labyrinthweges **232**, der in [Fig. 47](#) veranschaulicht ist, und über die Flansche **238** der Buchse, wie bei **234** gezeigt, erreicht werden kann. Die Buchse besteht vorzugsweise aus zwei Kunststoffformteilen.

[0119] Alternative Wicklungsmuster für Z-förmig gefaltete Transformatoren gemäß der Erfindung sind in den [Fig. 49](#), [Fig. 50](#), [Fig. 52](#) und [Fig. 53](#) gezeigt. Bei den hier gezeigten Wicklungsgestaltungen wird kein Lötresist, keine Laminierung oder sonstige Isolierung auf dem Flexband nach der Anordnung der Bahnen und vor der Z-Faltung benötigt.

[0120] [Fig. 48](#) zeigt ein herkömmliches Wicklungs-

muster mit einer Bahn **300** auf einem Flexband **302** mit Löchern **305** für einen Ferritkern und Falzlinien **304**. Es wird eine Isolierschicht (Lötresist, Farbe, Epoxid, Band usw.) benötigt, um zu verhindern, dass sich die Leiterbahnen **300** gegenseitig kurzschließen, wenn das Band gefaltet wird.

[0121] [Fig. 49](#) zeigt ein alternatives Leitermuster auf einem Flexband **302** mit zwei Reihen von Kernlöchern **305**. Dieses Band kann an den Falzlinien **304** Z-förmig gefaltet werden, ohne dass sich Kupferleiter gegenseitig kurzschließen, weil die Wicklungswindungen an Z-förmig gefalteten Sektionen **306** ausgebildet sind, die durch das Isoliersubstrat getrennt sind. Das Falten an den drei Falzlinien **304** erzeugt eine Konzertina mit zwei Löchern für Ferritkerne, aber ohne kurzgeschlossene Bahnen. Es wird in Betracht gezogen, dass dies auch für einen zweiteiligen Ferrit **308** mit zwei Mittelpolen **310**, **312** passt, wie in [Fig. 51](#) gezeigt.

[0122] Im gefalteten Zustand verlaufen die Bahnen immer im Uhrzeigersinn um einen Pol herum und entgegen dem Uhrzeigersinn um einen anderen herum, so dass der Magnetkreis geschlossen ist. Zum Beispiel kann die Magnetflussrichtung an einem Glied nach unten und an dem anderen nach oben verlaufen, wodurch sich der Magnetfluss in einem Kreis bewegen kann.

[0123] Das Band von [Fig. 50](#) hat ein Basisleitermuster, das dem von [Fig. 49](#) entspricht, dem aber zusätzliche Kupferleiterbereiche **301** hinzugefügt sind, wie mit Bezug auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dieser Spezifikation beschrieben. Wenn das Band um die Linien **304** gefaltet wird, so entsteht ein Kontakt zwischen Punkten auf der Bahn, wie zum Beispiel den Punkten A-A und B-B, wie in Verbindung mit [Fig. 3](#) beschrieben. Die zusätzlichen Leiterteile **301** kontaktieren die ursprüngliche Leiterbahn **301**, wodurch die Kupferdicke erhöht wird.

[0124] Die [Fig. 52](#) und [Fig. 53](#) zeigen Leitermuster mit vier Kernlöchern **305** auf jedem Blatt. Die Anordnung von [Fig. 52](#) erzeugt nach dem Falten vier Windungen um die Kerne in den Löchern **305**. Die Anordnung von [Fig. 53](#) wendet die Prinzipien von [Fig. 50](#) auf das Band von [Fig. 52](#) an.

[0125] Es ist auch möglich, eine oder mehrere Längsfaltungen im Anschluss an das Querfalten auszuführen. So hätten zum Beispiel die [Fig. 49](#) und [Fig. 50](#) drei Querfaltungen **304** und eine abschließende Längsfaltung **314**. Dadurch würde ein einzelnes mittiges Loch in dem Stapel für einen herkömmlichen Mittelpol entstehen. Der Vorteil dabei ist, dass keine Isolierung auf dem Kupfer benötigt wird, um ein Kurzschließen von Bahnen zu verhindern. Die Bänder der [Fig. 52](#) und [Fig. 53](#) könnten auch längs gefaltet werden. Es ist auch durchaus möglich, zuerst die

Längsfaltung und dann die Quersfaltung auszuführen, wobei sich jedoch in diesen Fällen die zusätzlichen Kupfersegmente **301** in den [Fig. 50](#) und [Fig. 53](#) an anderen Stellen befinden müssten.

[0126] Die Verwendung der Wicklungsmuster der [Fig. 49–Fig. 50](#) oder [Fig. 52–Fig. 53](#) ermöglicht die Verwendung eines Substrats ohne zusätzliche Isolierung, das einfacher herzustellen ist und weniger kostet.

[0127] Die [Fig. 54](#) bis [Fig. 57](#) sind schematische Illustrationen verschiedener Terminierungstypen, die es ermöglichen, Z-förmig gefaltete Transformatoren mittels herkömmlicher Montagetechnologie an einer Leiterplatte zu montieren.

[0128] [Fig. 54](#) zeigt einen Sockel **500**, der in der Regel aus einem isolierenden Kunststoffmaterial geformt ist, wobei Anschlussstifte **502** von dem Sockel nach oben abstehen. Die Stifte **502** erstrecken sich unterhalb des Sockels in einer Konfiguration, die entweder für eine Oberflächenmontagetechnologie (durchgezogene Linien) oder für eine Durchgangslochmontagetechnologie (Strichlinien) vorgesehen ist. Der Sockel besteht notwendigerweise aus Isoliermaterial und hat zu gewährleisten, dass das fertige, Z-förmig gefaltete Bauelement eine steife Struktur hat.

[0129] [Fig. 55](#) zeigt ein Z-förmig gefaltetes Band **508**, das auf dem Sockel montiert ist, und mit elektrischen Terminierungen zwischen leitfähigen Bahnen auf dem Band und dem Anschlussstift **502b** bei **504**. Das Band **508** kann Löcher haben, die über den Stiften **502** angeordnet werden können. Einige der Löcher können von leitfähigen Bahnen umgeben sein, so dass eine elektrische Verbindung zwischen dem Band und den Bahnen hergestellt werden kann, zum Beispiel durch Lötens. Weitere Löcher brauchen möglicherweise nur eine physische Stelle bereitzustellen, um zu gewährleisten, dass das Band korrekt auf dem Sockel positioniert ist. Um das Bauelement fertigzustellen, muss ein Ferritkörper montiert werden, und dieser erstreckt sich über den Teil des Flexbandes, der durch den Doppelpfeil **506** angedeutet ist. Diese Länge entspricht dem dickenreduzierten Bereich **509** des Sockels. Um die Höhe des fertigen Bauelements über der Leiterplatte, auf der es montiert werden soll, zu minimieren, passt das Ferrit teilweise unter den Sockel, und der Sockel sollte entsprechend der Anordnung der notwendigen Isolierung an diesem Punkt so dünn wie möglich sein.

[0130] Es ist auch möglich ([Fig. 56](#)), elektrischen Verbindungen zwischen Bahnen auf dem Band und den Anschlussstiften **502** herzustellen, indem man Teile der Bänder an den Stiften anliegen lässt und dann Lot aufbringt, um die Verbindung herzustellen. Dies ist bei **510** gezeigt.

[0131] [Fig. 57](#) zeigt einen Transformator mit Merkmalen, wie sie in den [Fig. 54](#) bis [Fig. 56](#) gezeigt sind, in teilweise zusammengebauter Form. Die leitfähigen Bahnen **512**, ein mittiges Loch **514** für einen Ferritkern und Löcher **516** zum Montieren über den Stiften **502** sind alle in dieser Figur zu sehen. Das Band **508** ist Z-förmig gefaltet, um das in [Fig. 58](#) gezeigte kompakte Paket zu bilden, und dieses Paket wird dann an dem Sockel montiert, wobei die Löcher **516** über die Stifte **502** geschoben werden. Ein zweiteiliger Ferritkern **518a**, **518b** mit einem mittigen Kern **522** wird dann an der Baugruppe installiert, wobei der Kern **522** durch das Loch **514** hindurch verläuft, um ein fertiges Produkt zu bilden, wie in [Fig. 59](#) gezeigt. Die zwei Hälften des Kerns können zum Beispiel durch Leimen zusammengehalten werden.

[0132] Das obere Blatt **520** des in den [Fig. 57](#) bis [Fig. 59](#) gezeigten Bandes hat keine leitfähigen Bahnen. Dieses Blatt wird auf dem Stapel umgefaltet und bildet eine Isolierschicht zwischen Bahnen auf dem Blatt darunter und der Oberfläche des Ferrits.

[0133] Die [Fig. 60](#) bis [Fig. 62](#) zeigen einen ähnlichen Aufbau, aber diesmal ist das Z-förmig gefaltete Band mit anderen, leitenden, Blättern **540** ineinander gelegt. Diese Blätter **540** sind aus Kupferfolie gestanzt und haben zu Beginn die in [Fig. 63](#) gezeigte Form. Sie werden um eine Falzlinie **542** gefaltet, bevor sie mit dem Flexband **508** ineinander gelegt werden. Die Blätter **540** stellen einen elektrischen Kontakt mit den Pfosten **502** her, wie insbesondere in [Fig. 61](#) zu erkennen ist. Das Verwenden ineinander gelegter Leiter auf diese Weise erweitert die Bandbreite möglicher "Wicklungs" und Abgriffskonfigurationen, die realisiert werden können.

[0134] [Fig. 62](#) zeigt eine Unteransicht dieses fertigen Bauelements, wobei die Stifte **502** an Positionen gesetzt sind, die für die Oberflächenmontage des Bauelements auf einer Leiterplatte geeignet sind. Diese Figur zeigt auch Ausnehmungen **544** in dem Sockel **500** neben der Position, wo der Ferritkörper **518a** installiert wird. Als ein abschließender Herstellungsschritt werden diese Ausnehmungen mit einer härtbaren Masse, wie zum Beispiel einem Epoxidharz, gefüllt, um den Sockel **500** fest mit dem Ferritkörper **518a** zu vereinen, um Steifigkeit zu verleihen.

[0135] [Fig. 65](#) zeigen vier Ansichten desselben Flexbandes **600** vor dem Falten. Die Falzlinien sind bei **602** angedeutet. [Fig. 65a](#) zeigt das Muster aus Kupferleitern **604** auf der Oberseite. [Fig. 65b](#) zeigt das Muster aus Kupferleitern **606** auf der Unterseite. [Fig. 65c](#) zeigt das Muster des Resists **608**, der über dem Kupfer auf der Oberseite aufzubringen ist, und [Fig. 65d](#) zeigt das Muster des Resists **610**, der über dem Kupfer auf der Unterseite aufzubringen ist. [Fig. 66](#) zeigt einen beispielhaften Schnitt durch das Band und veranschaulicht die relativen Positionen

der Schichten.

[0136] Es ist zu erkennen, dass die Falzlinien in einigen Fällen Kupferbereiche der Kupferbahnen kreuzen und in einigen Fällen kupferfreie Bereiche kreuzen. Wo die Falzlinien Kupferbereiche kreuzen, liegt die Kupferbahn am Rand der Faltung frei, so dass elektrische Verbindungen an diesem Punkt hergestellt werden können. Zu diesem Zweck wird der Resist entfernt, wo solche Verbindungen herzustellen sind, und das kann man zum Beispiel erkennen, wenn man die Region, die bei A in **Fig. 65b** eingekreist ist, mit der Region vergleicht, die bei B in **Fig. 65d** eingekreist ist. Die Resistbeschichtung ist in Bereichen unterbrochen, wo sie nicht benötigt wird, um zu vermeiden, dass die Dicke des gefalteten Bandes unnötig vergrößert wird.

Patentansprüche

1. Induktives Bauelement, das ein Isoliersubstrat mit leitfähigen Bahnen (**12**) umfasst, die auf dem Substrat (**10**) verlegt sind, wobei das Substrat zu mehreren verbundenen, überlappenden Blättern gefaltet und (bei **16**) mit einem magnetischen Kern kombiniert ist, um das induktive Bauelement zu bilden, **dadurch gekennzeichnet**, dass Teile der Bahnen freiliegende leitfähige Flächen (X) haben und mit anderen freiliegenden leitfähigen Flächen (X) auf benachbarten Blättern in elektrischem Kontakt stehen.
2. Bauelement nach Anspruch 1, wobei die Bahnen auf den Blättern durch die elektrisch leitfähige Verbindung zwischen den Bahnen (**12**) auf benachbarten Blättern in Reihe geschaltet werden.
3. Induktives Bauelement nach Anspruch 1, wobei die Bahnen auf den Blättern durch die elektrisch leitfähige Verbindung zwischen den Bahnen (**12**) auf benachbarten Blättern parallel geschaltet werden.
4. Induktives Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die leitfähige Bahn (**12**) auf mindestens einer der gegenüberliegenden Flächen benachbarter Blätter mit Isolierung (**18**) versehen ist, um elektrischen Kontakt zwischen den Bahnen (**12**) auf den gegenüberliegenden Flächen zu verhindern.
5. Induktives Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich jede Bahn (**12**) nur über ein Blatt erstreckt.
6. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei sich jede Bahn (**12**) über ein Paar benachbarter Blätter erstreckt.
7. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei sich jede Bahn (**12**) über alle Blätter eines Flexbands erstreckt.
8. Induktives Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verbindungen (**28**) zwischen benachbarten Blättern an den Rändern der Blätter angeordnet sind.
9. Induktives Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen irgendeinem jeweiligen Paar benachbarter Blätter mehr als eine Verbindung besteht.
10. Induktives Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das Anschlüsse (**46**, **56**) zur Herstellung elektrischer Verbindungen mit anderen Bauelementen, die auf ein und derselben Fläche des Bauelements angeordnet sind, aufweist.
11. Flexibles, faltbares Isoliersubstrat (**10**), auf dem leitfähige Bahnen (**12**) verlegt sind und das Löcher (**16**) zur Aufnahme eines magnetischen Kerns aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass Teile der Bahnen freiliegende leitfähige Flächen (X) haben, die mit anderen freiliegenden leitfähigen Flächen (X) auf benachbarten Blättern in elektrischem Kontakt stehen, wenn das Substrat zu mehreren verbundenen, überlappenden Blättern gefaltet ist.
12. Substrat nach Anspruch 11, wobei sich jede Bahn (**12**) nur über ein Blatt erstreckt.
13. Substrat nach Anspruch 11, wobei sich jede Bahn (**12**) über ein Paar benachbarter Blätter erstreckt.
14. Substrat nach Anspruch 11, wobei sich jede Bahn (**12**) über alle Blätter eines Flexbands erstreckt.
15. Substrat nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die Verbindungen (**28**) zwischen benachbarten Blättern an den Rändern der Blätter angeordnet sind.
16. Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen irgendeinem jeweiligen Paar benachbarter Blätter mehr als eine Verbindung besteht.
17. Z-förmig gefalteter Transformator, der ein Isoliersubstrat (**10**) mit leitfähigen Bahnen (**12**) umfasst, die auf dem Substrat verlegt sind, wobei das Substrat zu mehreren verbundenen, überlappenden Blättern gefaltet und mit einem magnetischen Kern kombiniert ist, um einen Transformator zu bilden, dadurch gekennzeichnet, dass Teile der Bahnen freiliegende leitfähige Flächen (X) haben und mit anderen freiliegenden leitfähigen Flächen (X) auf benachbarten Blättern in elektrischem Kontakt stehen.
18. Transformator nach Anspruch 17, wobei das gefaltete Substrat durch einen magnetischen Körper (**122**, **124**, **130**), der das Substrat zum Zusammen-

klammern der Falten umgibt, in seinem gefalteten Zustand befestigt wird.

19. Transformator nach Anspruch 17 oder 18, wobei Mittenabgriffe (**28**) zwischen den Enden einer leitfähigen Bahn (**12**) liegen.

20. Transformator nach einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei das Isoliersubstrat (**10**) mehrere getrennte, darauf verlegte leitfähige Bahnen (**12**) hat und zu mehreren verbundenen, überlappenden Blättern gefaltet ist, wobei eine leitfähige Bahn tragende Blätter zwischen eine andere leitfähige Bahn tragenden Blättern liegen.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

FIG 1

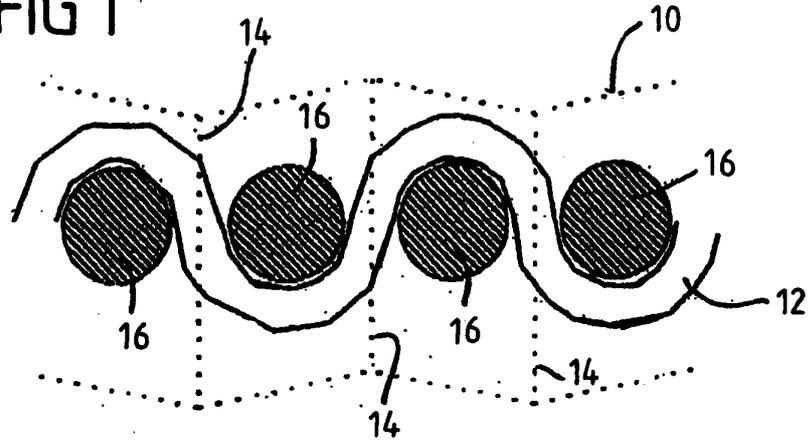


FIG 2

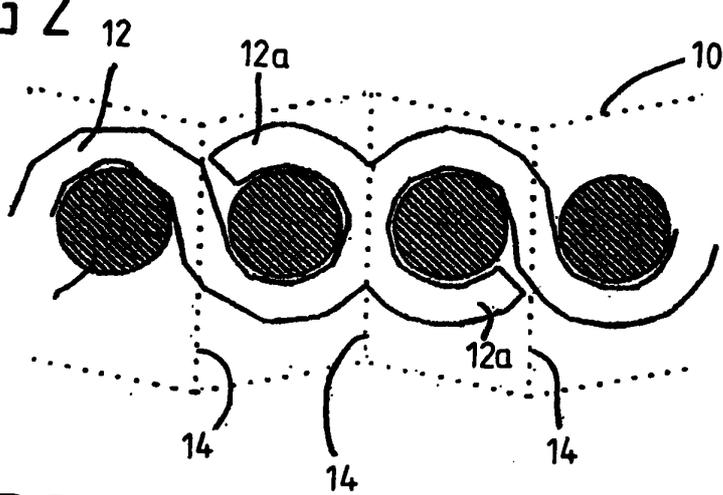
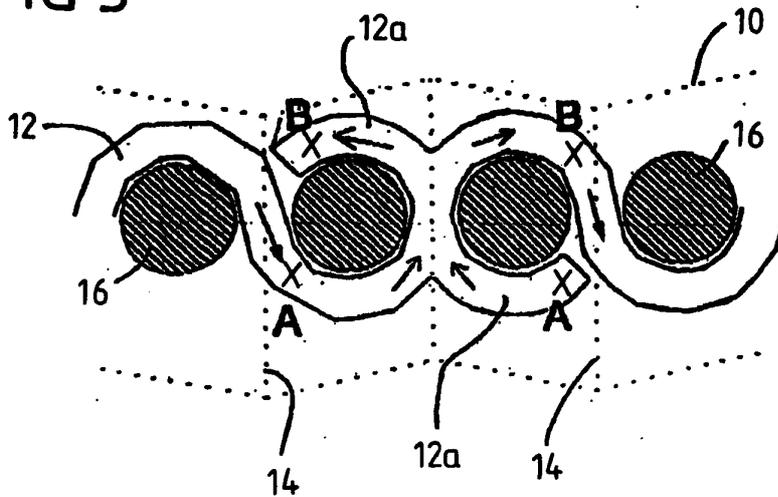


FIG 3



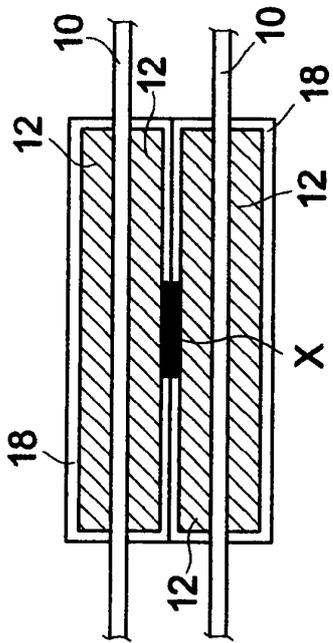


FIG 4

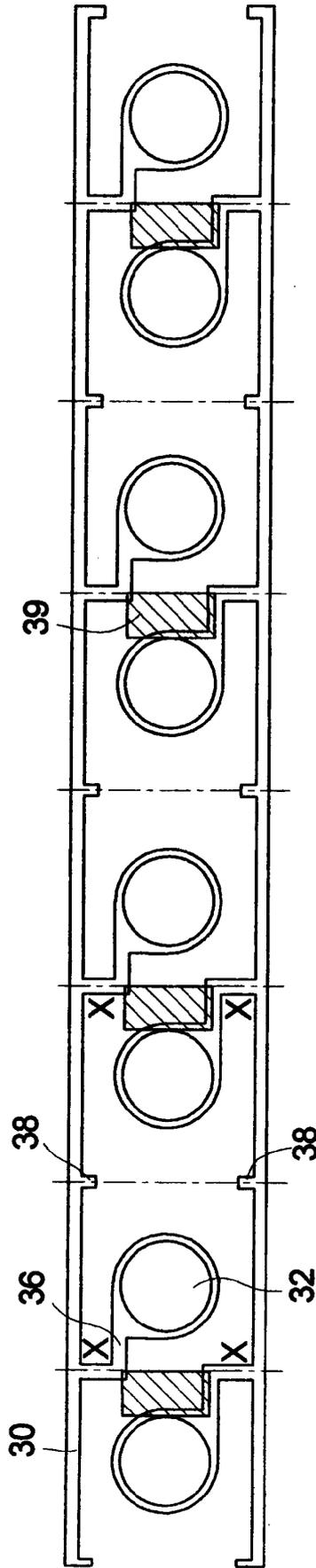


FIG 5A

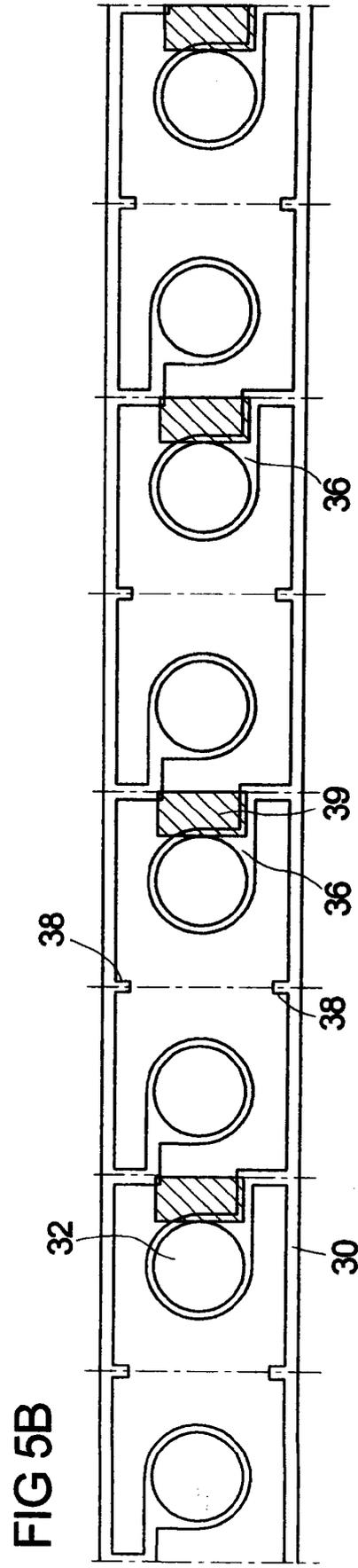


FIG 5B

FIG 6

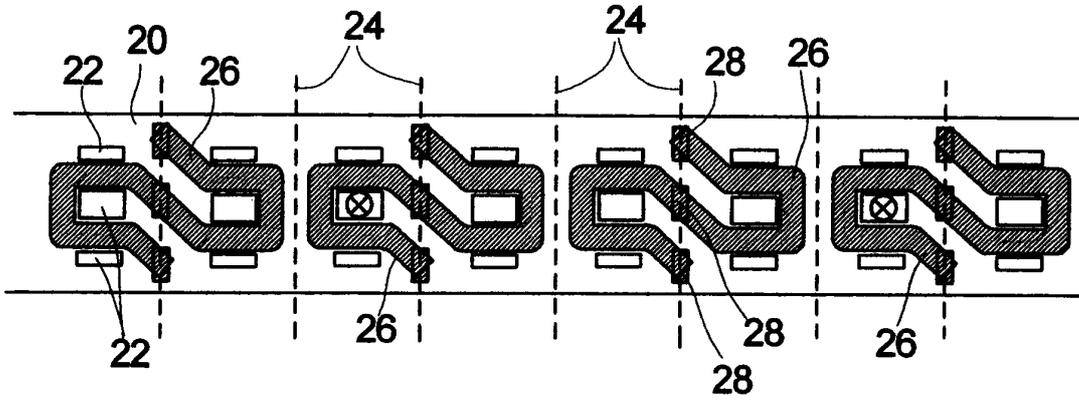


FIG 7

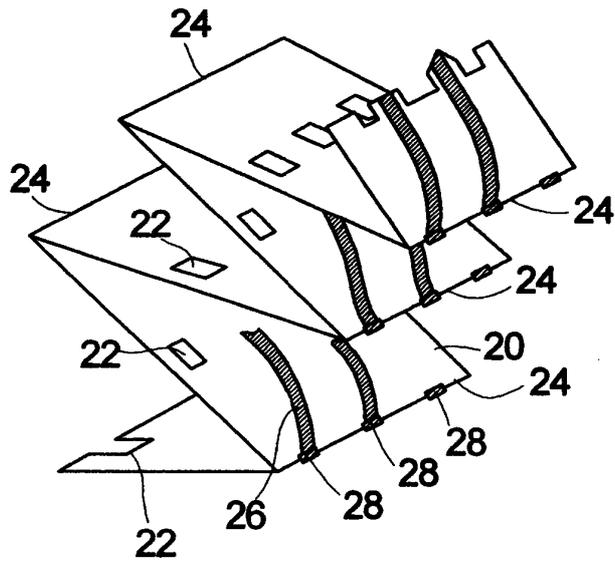


FIG 8

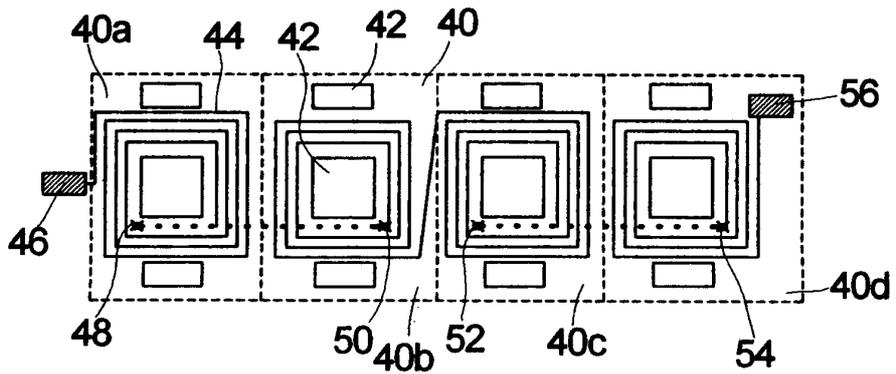


FIG 9

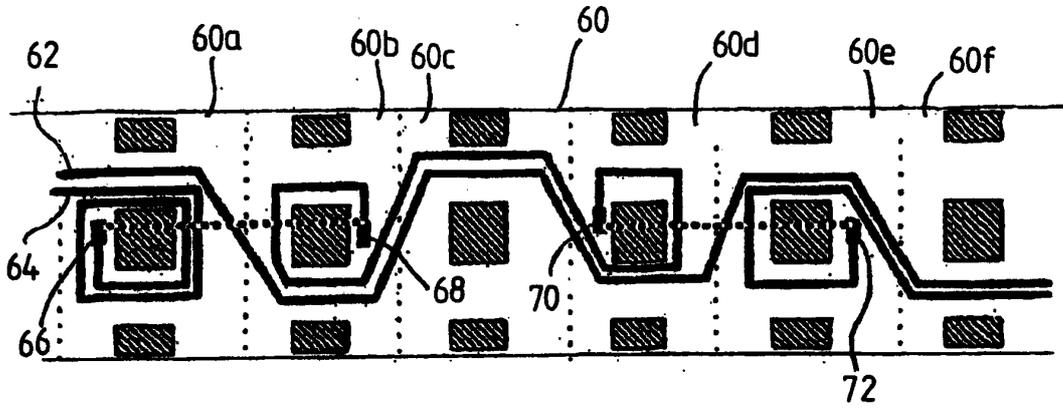


FIG 10

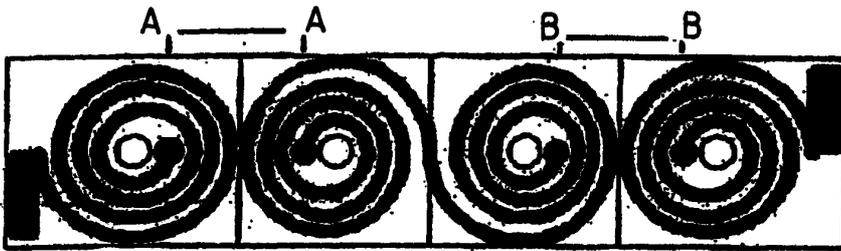


FIG 11

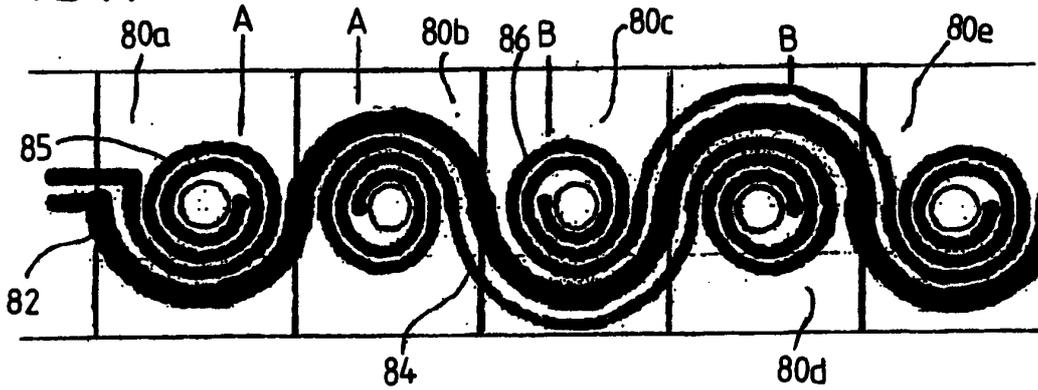


FIG 12

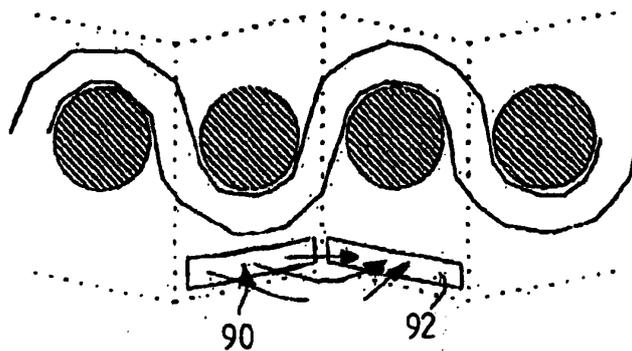


FIG 13

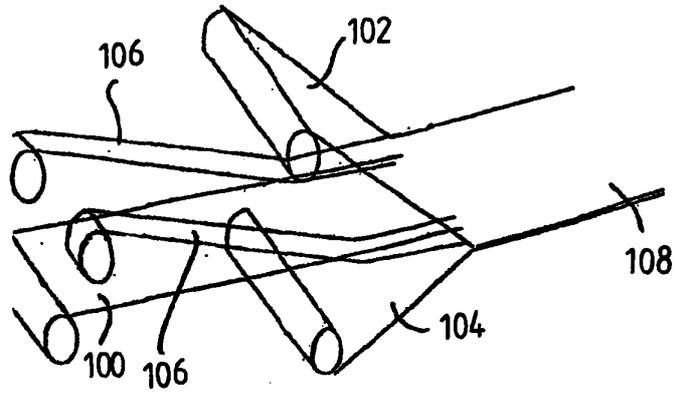


FIG 14

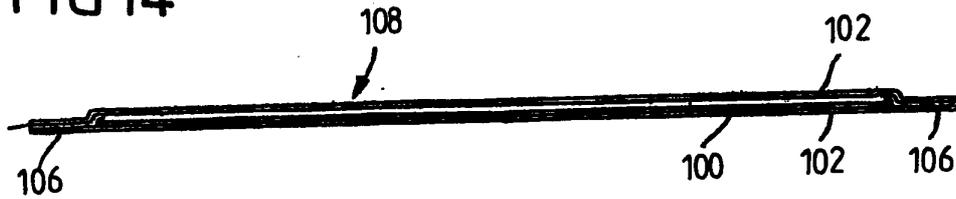


FIG 15

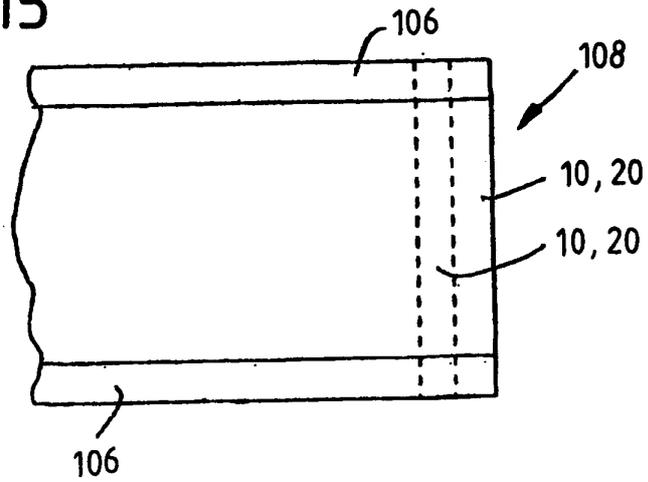


FIG 16

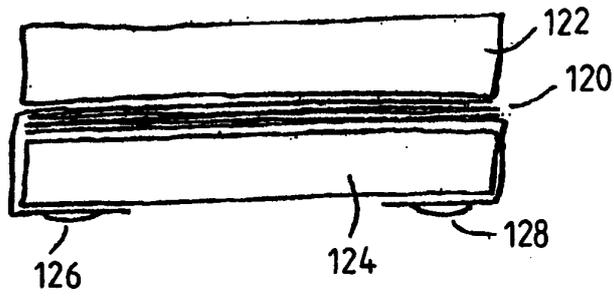


FIG 18

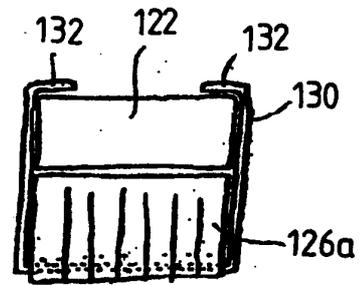


FIG 17

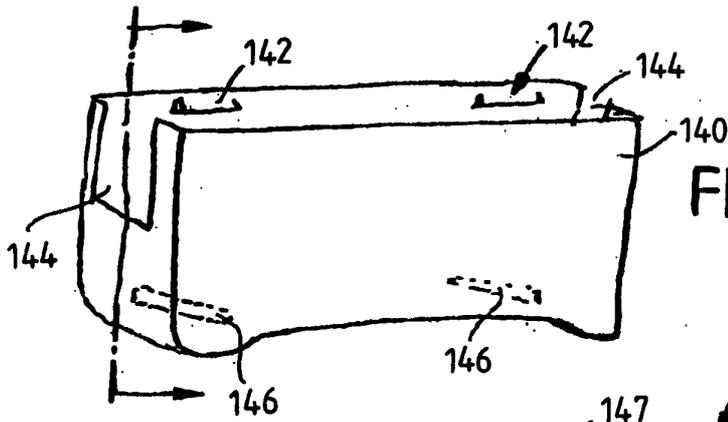
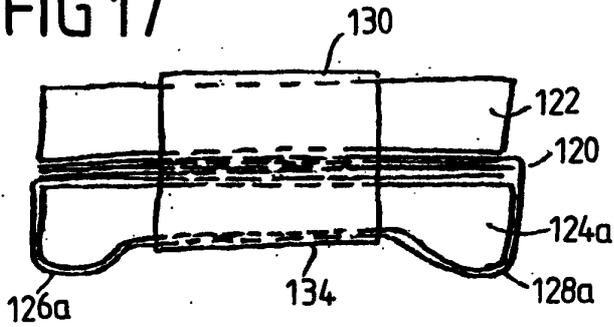


FIG 19

FIG 20

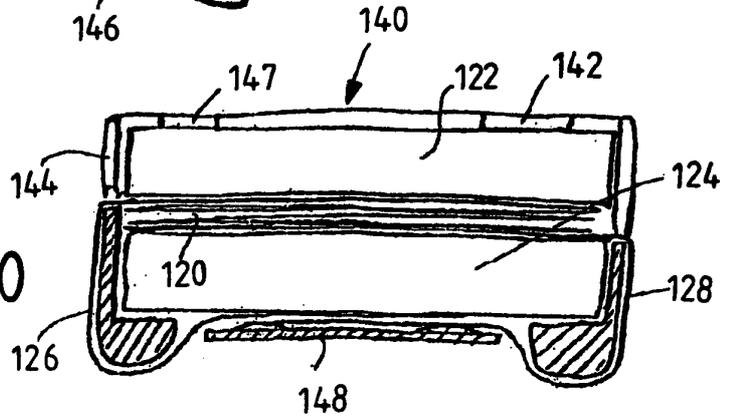


FIG 23

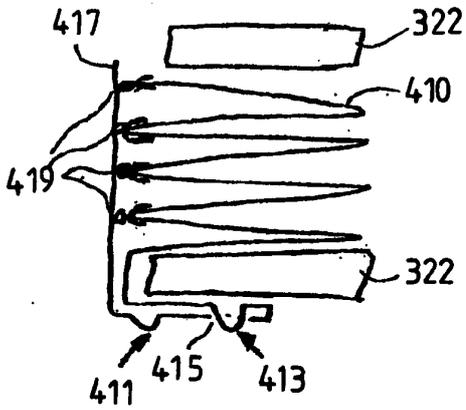


FIG 24

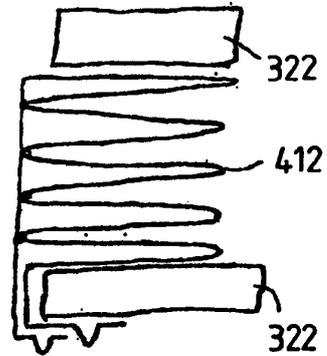


FIG 25

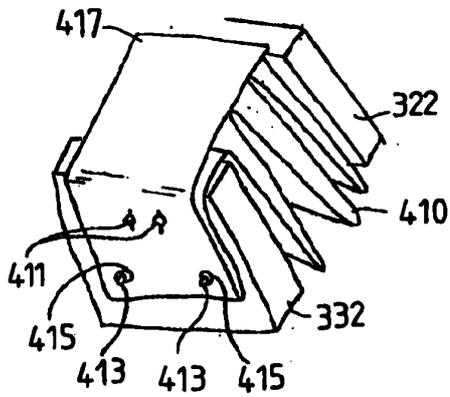


FIG 21

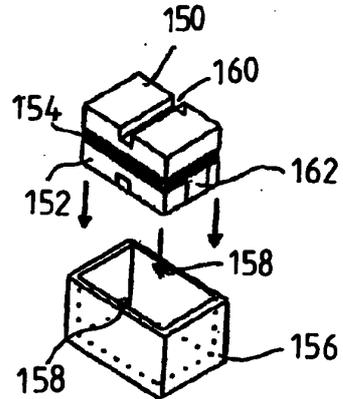
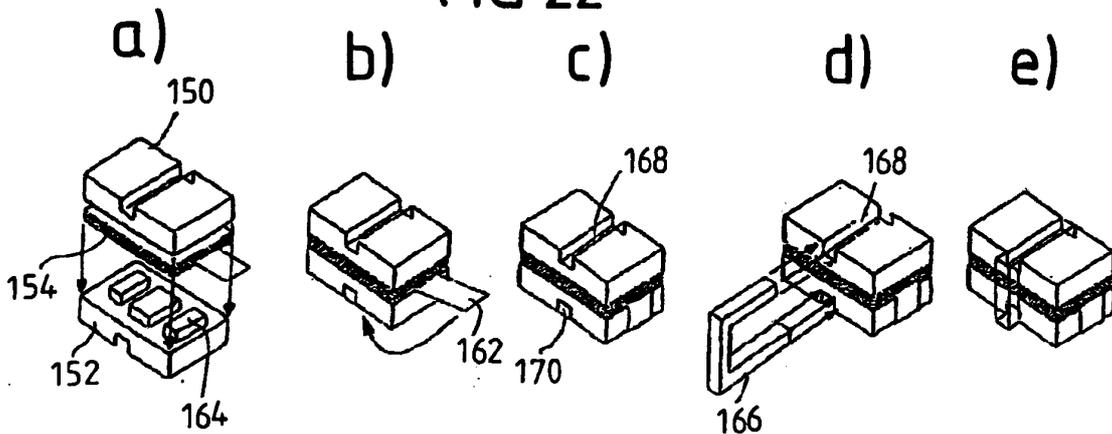


FIG 22



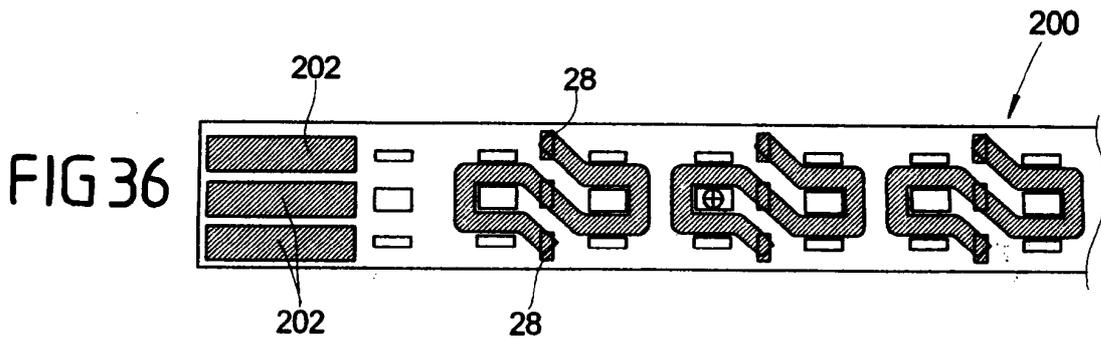
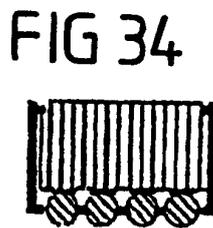
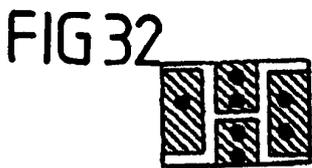
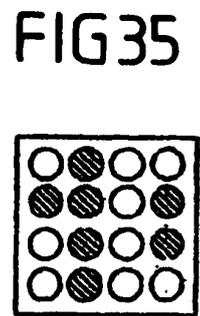
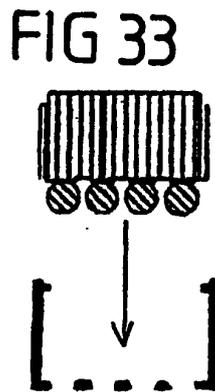
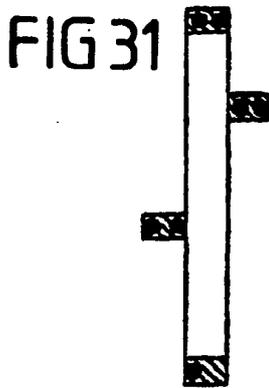
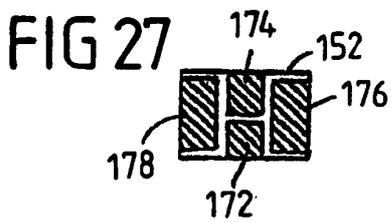
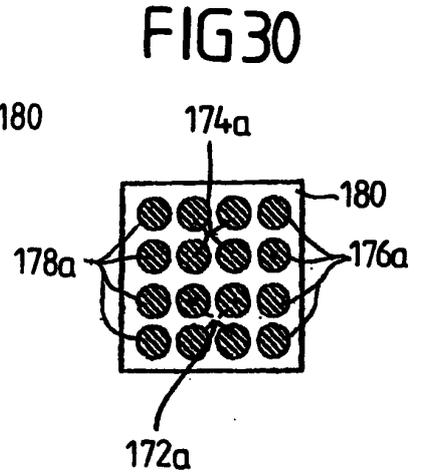
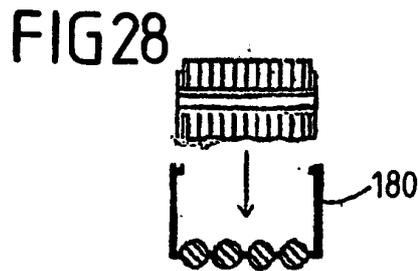
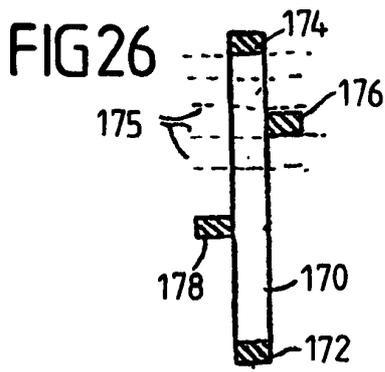


FIG 37

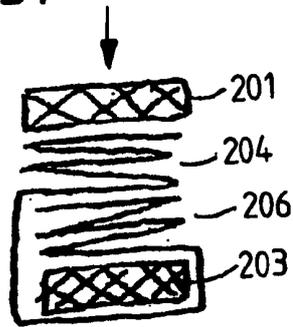


FIG 38

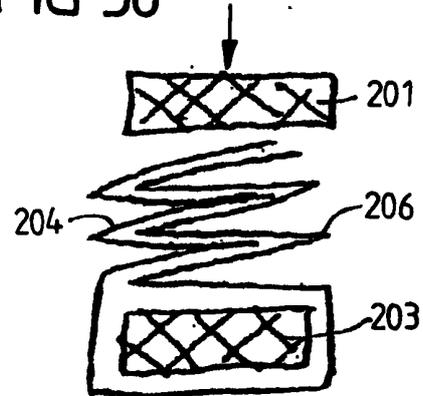


FIG 39

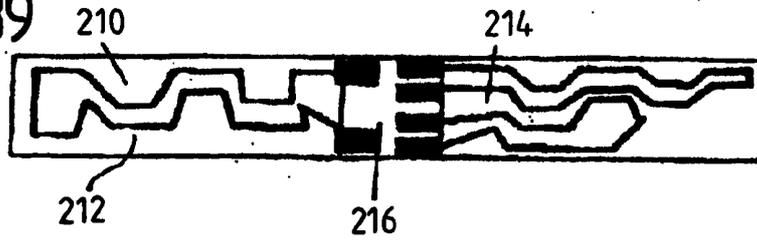


FIG 40

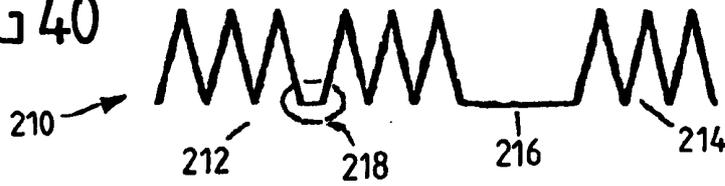


FIG 41

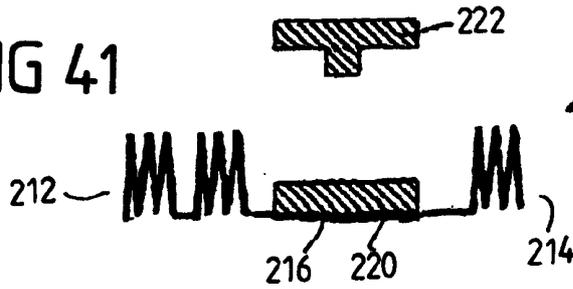


FIG 42

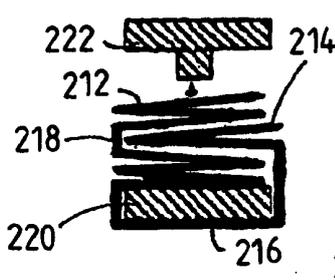
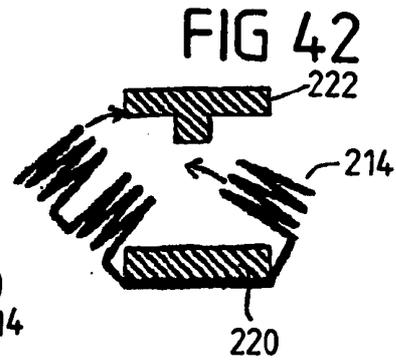


FIG 43

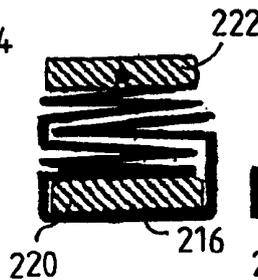


FIG 44

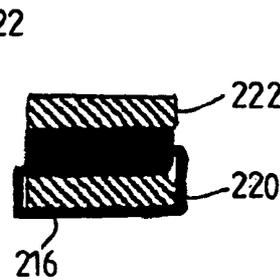


FIG 45

FIG 46

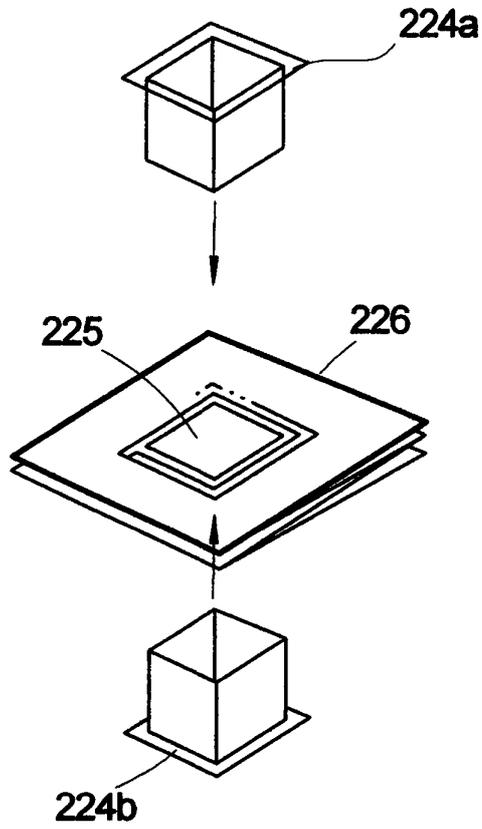


FIG 47

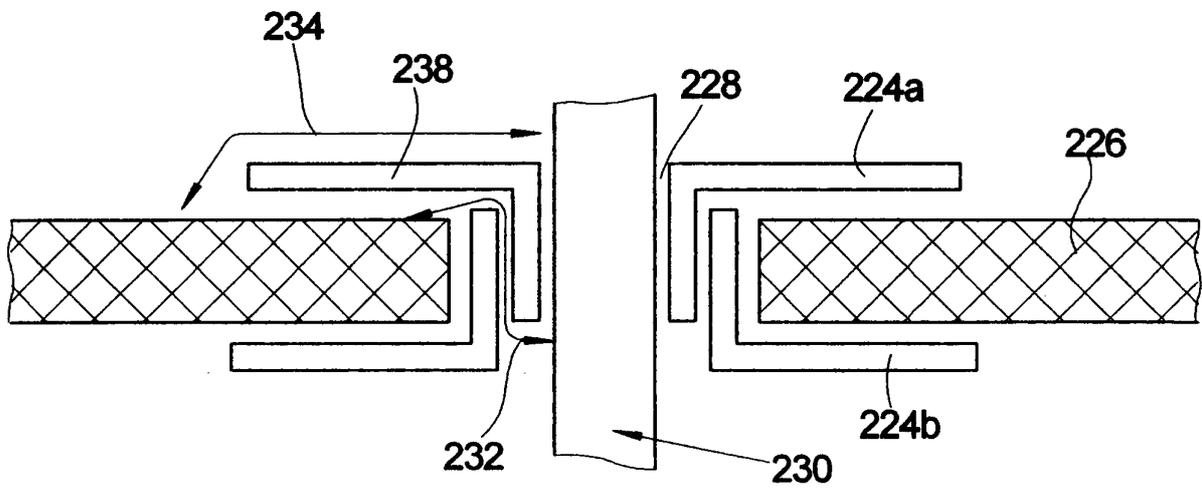


FIG 48

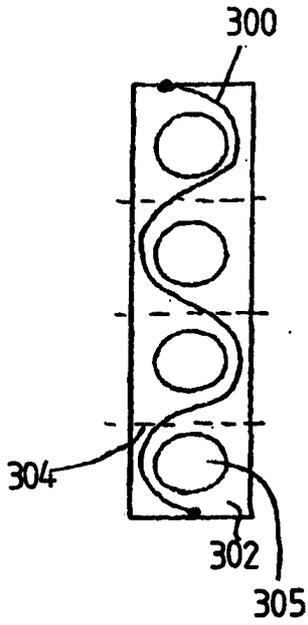


FIG 49

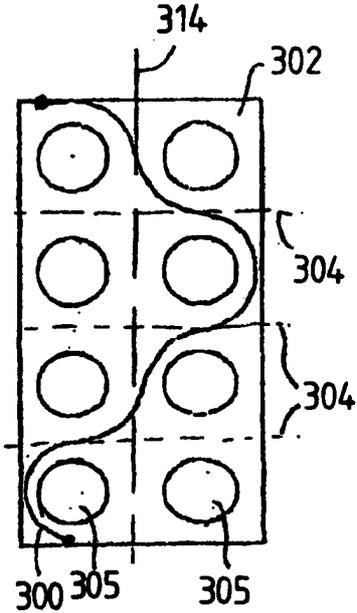


FIG 50

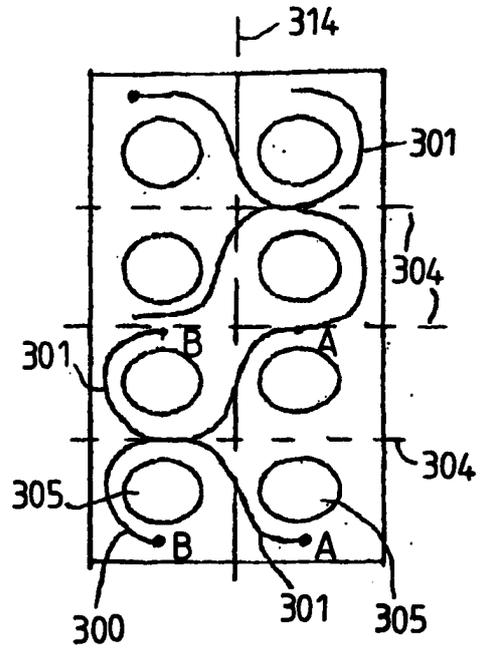


FIG 51

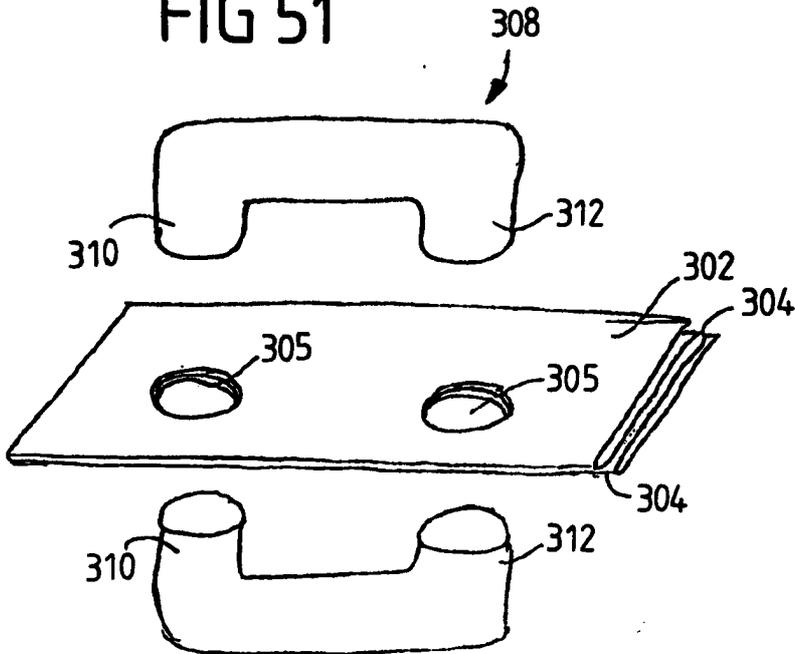


FIG 52

FIG 53

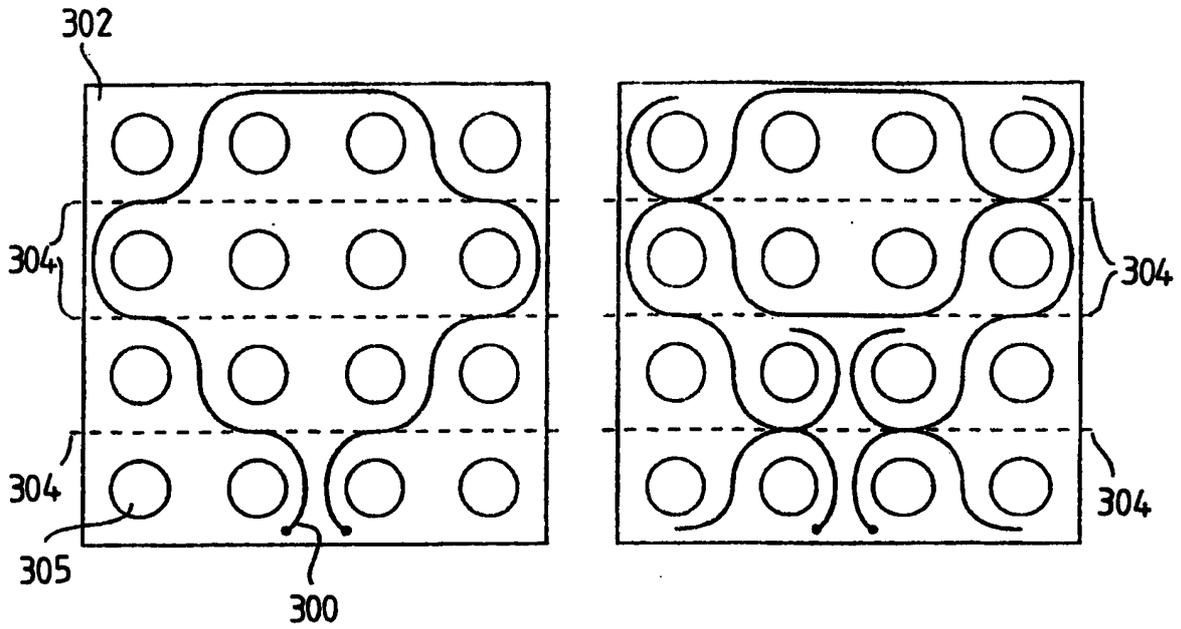


FIG 63

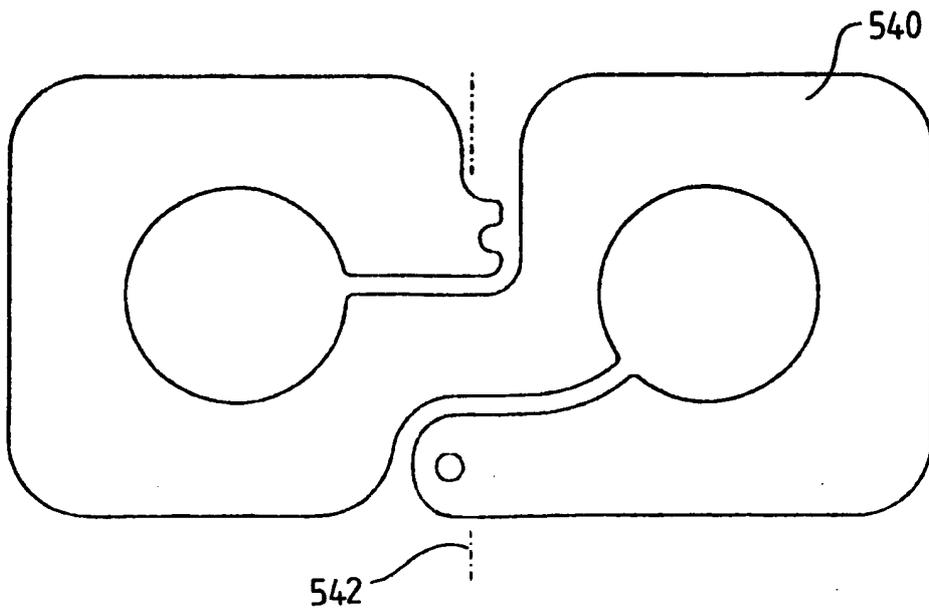


FIG 54

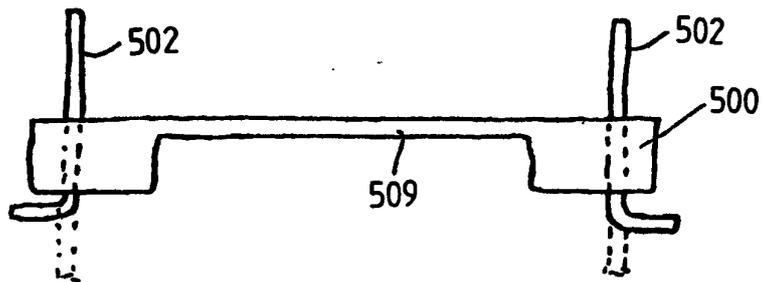


FIG 55

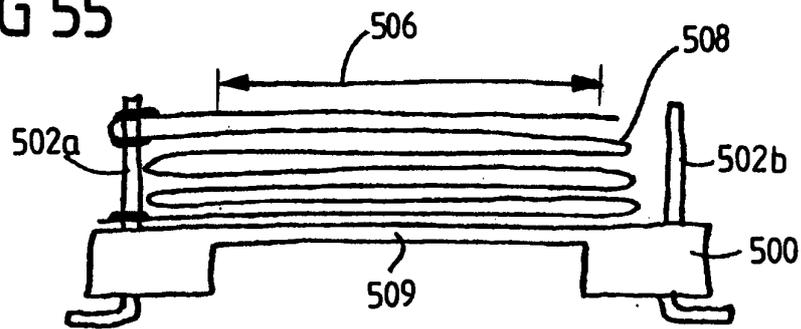
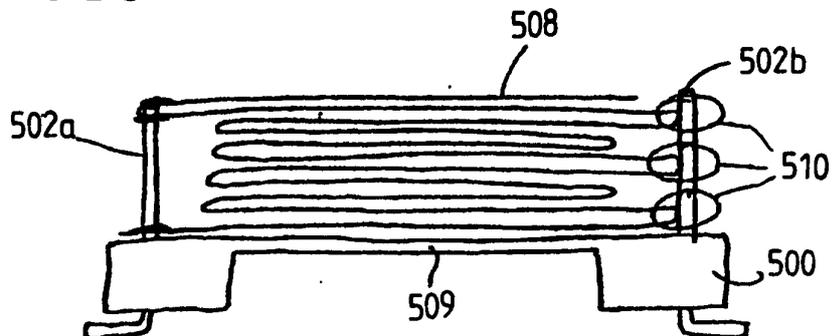


FIG 56



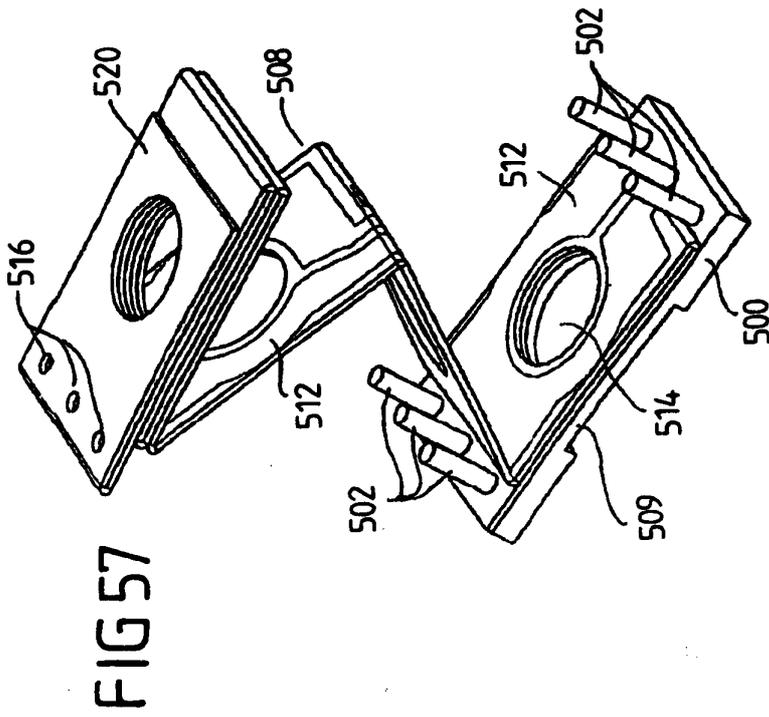


FIG 57

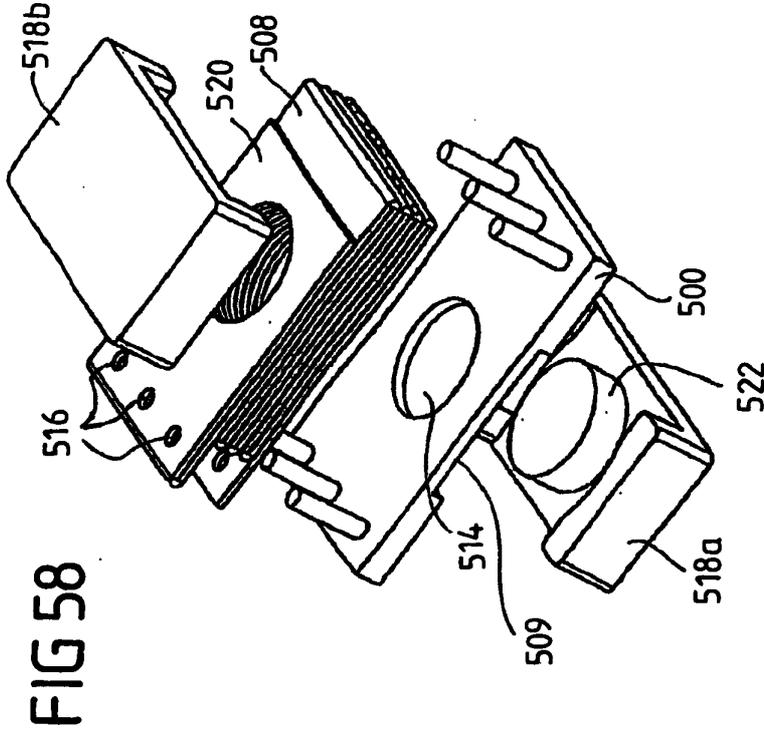


FIG 58

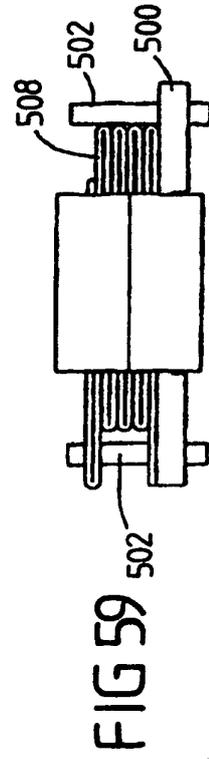
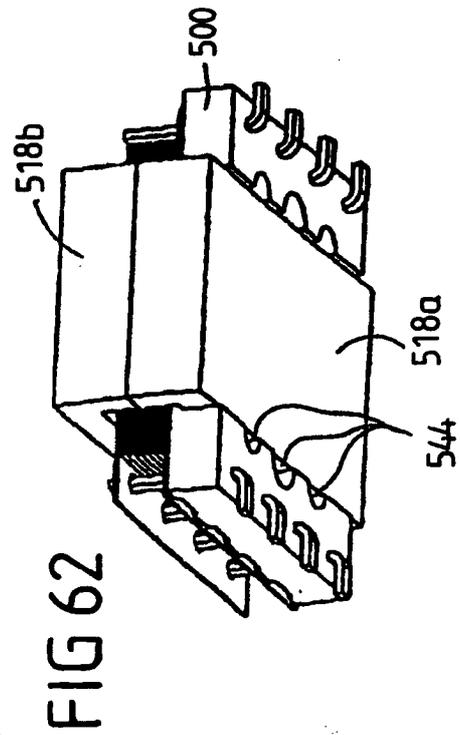
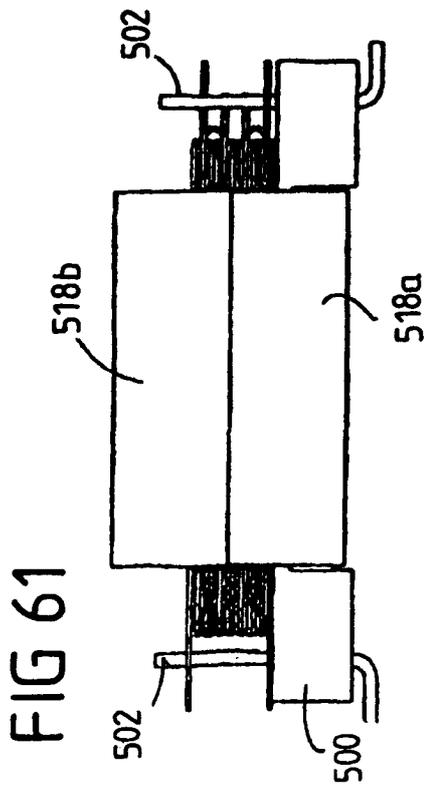
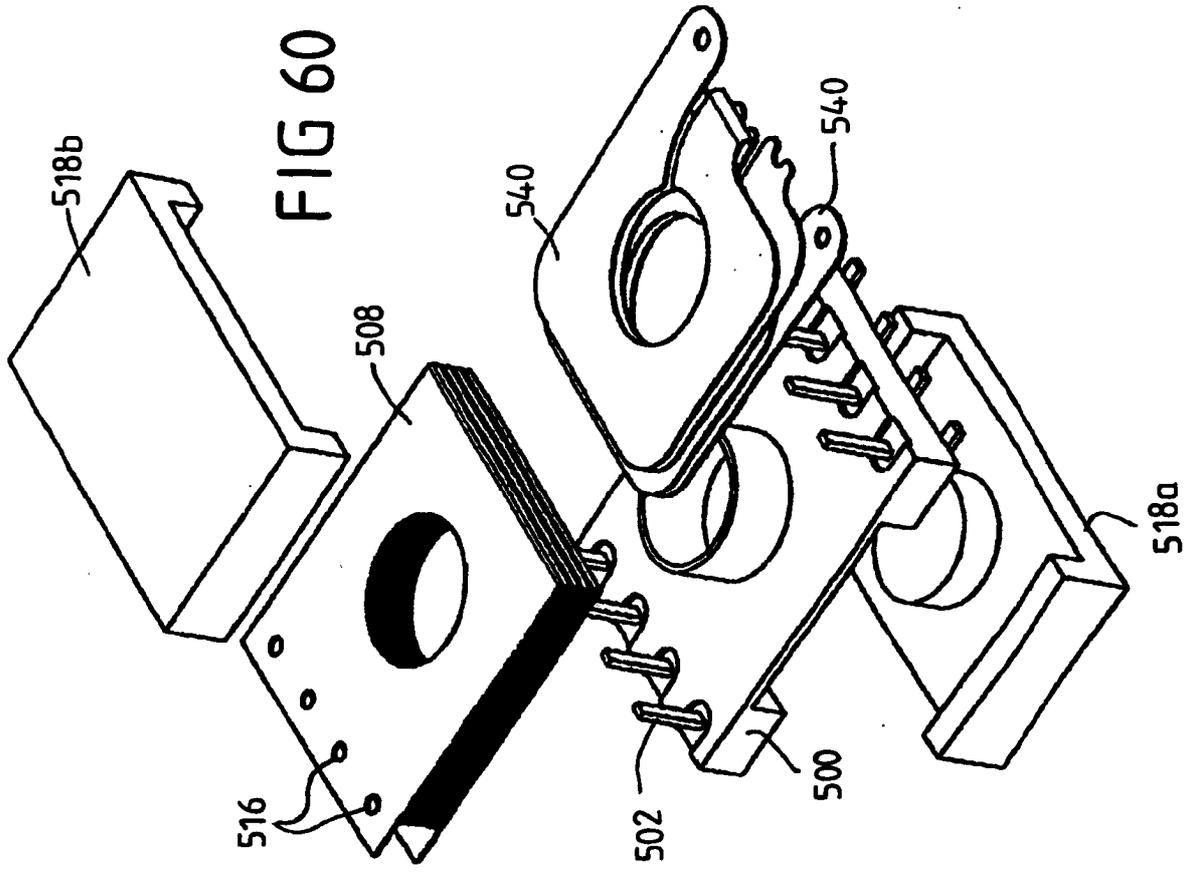


FIG 59



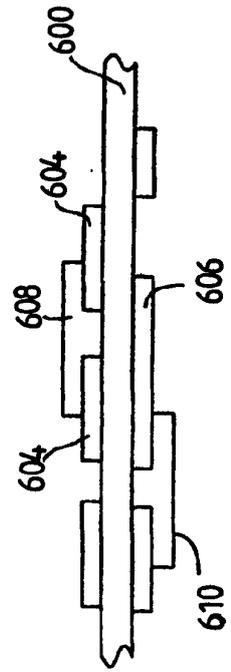
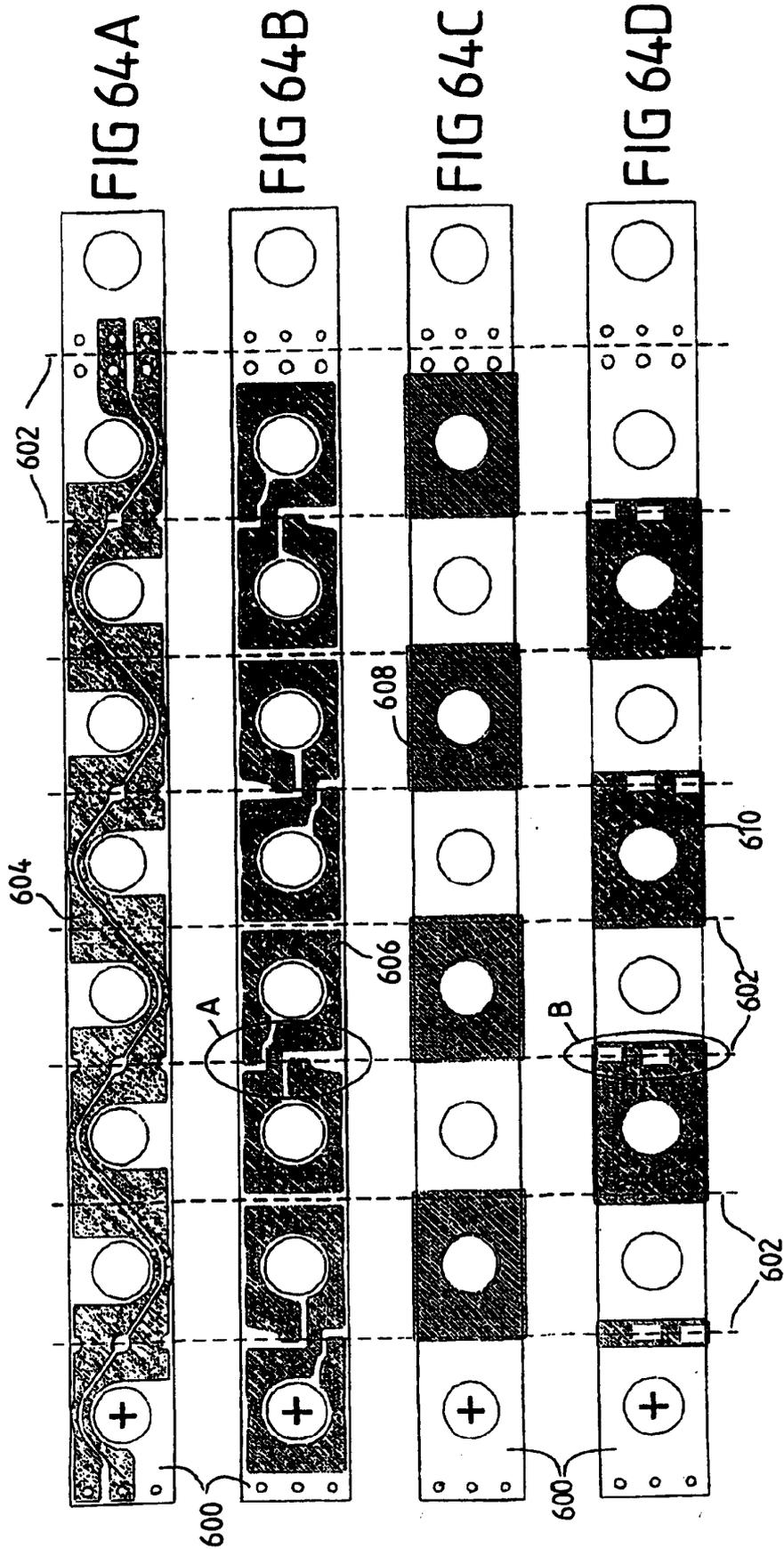


FIG 65