

(12)

Patentschrift

(21)

Anmeldenummer:

A 340/2018

(22)

Anmeldetag:

08.11.2018

(45)

Veröffentlicht am:

15.12.2020

(51)

Int. Cl.:

H01R 24/64 (2011.01)

H01R 13/6466 (2011.01)

H01R 13/6469 (2011.01)

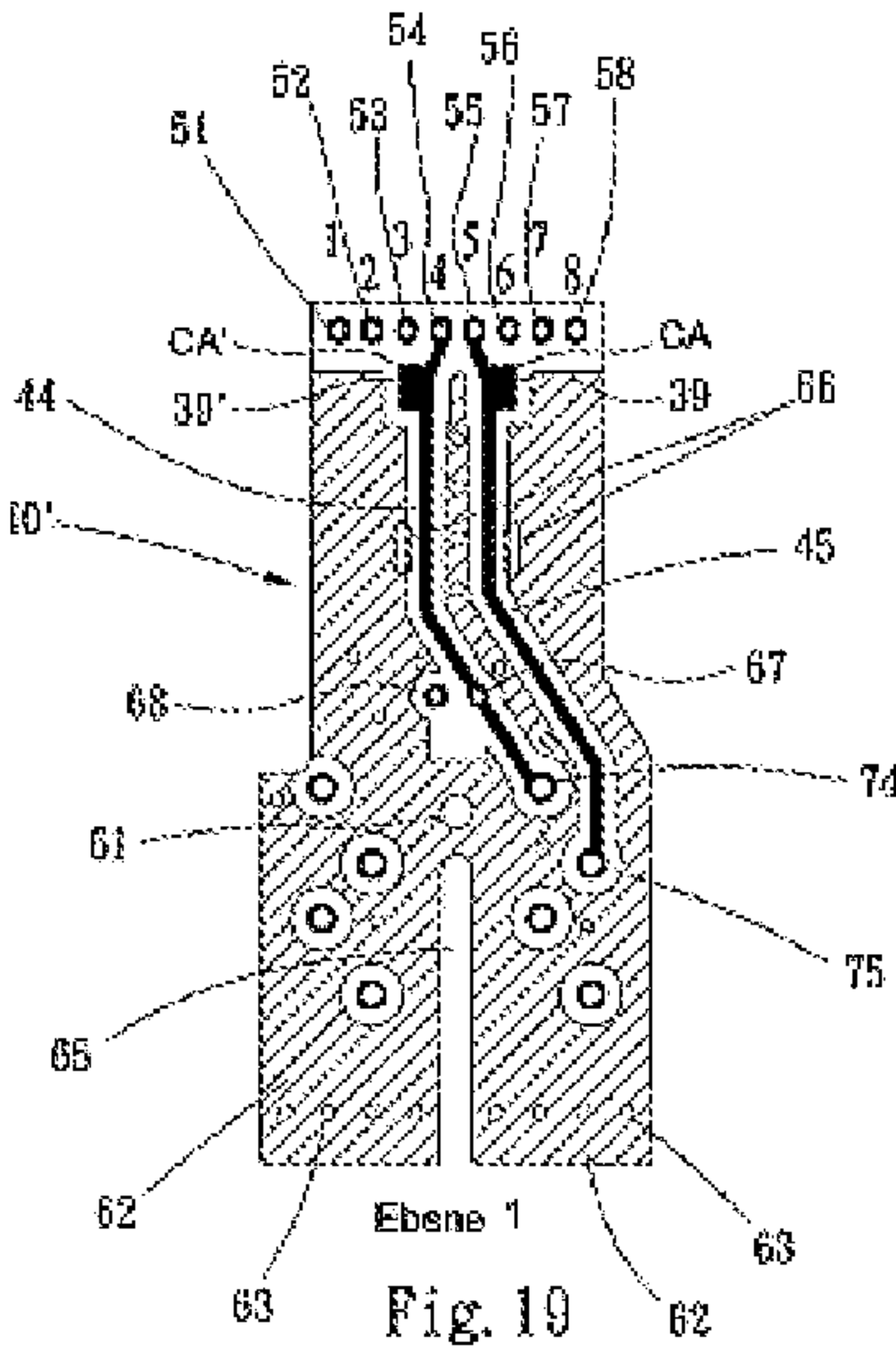
<div><div>(30)</div><div>Priorität:</div><div>13.11.2017 US 15/810,538 beansprucht.</div></div> <div><div>(56)</div><div>Entgegenhaltungen:</div><div>WO 2011056491 A1</div><div>US 2010136835 A1</div><div>WO 2017132697 A1</div><div>US 2004092154 A1</div></div>	<div><div>(73)</div><div>Patentinhaber:</div><div>Surtec Industries, Inc.</div><div>20647 Keelung City (TW)</div></div> <div><div>(72)</div><div>Erfinder:</div><div>Chen Chou-Hsing</div><div>20647 Keelung City (TW)</div></div> <div><div>(74)</div><div>Vertreter:</div><div>BEER &amp; PARTNER PATENTANWÄLTE KG</div><div>1070 Wien (AT)</div></div>
---	---

(54)

RJ-45 Stecker für Hochfrequenzanwendungen

(57)

Ein Kommunikationsstecker für Hochfrequenzanwendungen enthält ein Gehäuse, eine Vielzahl von Kontaktleitungen und Isolierungsverdrängungskontakte. Eine gedruckte Leiterplatte (40') weist eine Vielzahl von Übertragungspfaden auf, die entsprechende Zungen und Isolierungsverdrängungskontakte verbindet. Der Stecker weist eine Hauptkopplung (M1) auf, die eine Kopplung zwischen den Zungen enthält. Die PCB (40') enthält ferner eine Kompensationskopplungsanordnung, die eine kleinere Kopplung im Vergleich zur Hauptkopplung (M1) bietet. Die Kompensationskopplung beträgt maximal eine Hälfte der Hauptkopplung (M1) und weist eine von der Polarität der Hauptkopplung (M1) entgegengesetzte Polarität auf. Die Kompensationskopplung ist mit einem Satz von Übertragungspfaden an einer Position zwischen der Hauptkopplung (M1) und den Isolierungsverdrängungskontakten verbunden.



## Beschreibung

### GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft elektrische Verbinder und betrifft genauer einen RJ-45-Stecker für Hochfrequenzanwendungen.

### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Elektrische Verbindungsstecker wie RJ-45-Stecker sind für Netzwerkanwendungen eingesetzt worden. Diese Stecker enthalten Leiter, wobei für jeden Übertragungspfad Paare von Leitern vorgesehen sind. Stecker wie RJ-45-Stecker weisen acht Leiter oder vier Paare für vier verschiedene Übertragungsleitungen auf. Diese können ein inneres Paar und das geteilte Paar enthalten. Bei Standard-RJ-45-Steckern besteht eine enorme kapazitive Kopplung zwischen den Zungen des inneren Paares und den Zungen des geteilten Paares sowie den entsprechenden verdrehten Leitungsadern.

**[0003]** Bei Hochgeschwindigkeits- oder Hochfrequenzanwendungen kann eine kapazitive Kopplung die Leistung des Stecker-Buchsen-Paares mindern. Eine kapazitive Kopplung oder ein kapazitiver Blindwiderstand ist eine Komponente der Impedanz ( $Z$ ) des Steckers, wobei  $Z$  (Impedanz) =  $R$  (Widerstand) +  $jx$  (kapazitiver Blindwiderstand + induktiver Blindwiderstand). Ein Grund für die leistungsmindernde kapazitive Kopplung ist insbesondere die Anordnung von Übertragungspfaden mit einem inneren Leiterpaar, das von einem sogenannten geteilten Leiterpaar umgeben ist, nämlich ein Leiter an einer Seite des inneren Paares und ein anderer Leiter auf einer anderen Seite des inneren Paares, die Teil eines einzigen Übertragungspfades sind. Eine Kopplung (ein kapazitiver Blindwiderstand) ist insbesondere im Bereich des inneren Paares und des geteilten Paares an den Steckerkontakten problematisch.

**[0004]** Aufgrund der wesentlichen kapazitiven Schwankung, die durch die Anordnung von normalen verdrehten Paaren von Drähten und benachbarten Zungen verursacht wird, ist es schwierig, mit einer Anordnung aus normalen verdrehten Paaren und Zungen eine hohe Leistung zu erzielen. Immer mehr Hochleistungsstecker verwenden eine gedruckte Leiterplatte (PCB), um verdrehte Paare beim Herstellen einer Verbindung mit den Zungen zu ersetzen. Derartige Zungen weisen Montage- und elektrische Verbindungspins auf, die jede Zunge verbinden, mit Pinhalterungen auf der PCB, die dann mit individuellen Drähten eines Kabels verbunden werden. Auf diese Weise ist die Unsicherheit von Zungen und verdrehten Adern beseitigt. Die Leiterplatten können eine zusätzliche Kopplung verwenden, um eine Kopplung zu erhöhen, die an den Steckerleitern auftritt. Bei Hochfrequenzanwendungen, nämlich bei auf 2 GHz erhöhten Frequenzen, zum Beispiel bei einer Anwendung der Kategorie 8, kann die Kopplung zwischen Zungen nicht mehr als ein zusammengelegter Kondensator behandelt werden; sie verhalten sich vielmehr wie gekoppelte Übertragungsleitungen. Das bedeutet, dass die Kopplungen in Bezug auf die Frequenz nicht mehr linear sind. Der Standard (TIA-568-C.2-1) verlangt jedoch ein lineares Verhalten der Steckerkopplungen. Das Problem verstärkt sich, falls es Kopplungen in den PCB-Schaltkreisen gibt, die sich zu den Zungenkopplungen addieren.

Ein RJ-45-Stecker ist beispielsweise aus WO 2017/132697 A1 bekannt.

### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen RJ-45-Stecker für Hochfrequenzanwendungen mit einer besseren Regelung der Linearität der Steckerkopplung (des kapazitiven Blindwiderstands) in Bezug auf die Frequenzen bereitzustellen. Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen RJ-45-Stecker für Hochfrequenzanwendungen bereitzustellen, der Probleme beseitigt, die mit der Kompensierung von Phasenänderungen aufgrund der Übertragungsleitungswirkung der Steckern verbunden sind. Insbesondere für Anwendungen bei höheren Frequenzen, wie zum Beispiel Frequenzen bis in den 2-GHz-Bereich.

**[0006]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen RJ-45-Stecker für Hochfrequenzanwendungen

bereitzustellen, der bessere Leistungsmerkmale im Vergleich zu Steckern nach dem Stand der Technik aufweist, insbesondere eine bessere Leistung bei höheren Frequenzen.

**[0007]** Nach der Erfindung umfasst ein Kommunikationsstecker für Hochfrequenzanwendungen ein Gehäuse, eine Vielzahl von Kontaktleiterzungen und Isolierungsverdrängungskontakte. Eine gedruckte Leiterplatte (PCB) weist eine Vielzahl von Übertragungspfaden auf, die entsprechende Zungen und Isolierungsverdrängungskontakte verbindet. Der Stecker enthält eine Hauptkopplung, die zumindest die Kopplung zwischen unmittelbar benachbarten Kontaktleiterzungen und entsprechenden verbundenen Schaltkreisteilen der PCB umfasst. Die PCB umfasst ferner eine Kompensationskopplungsanordnung, die eine kleinere Kopplung im Vergleich zur Hauptkopplung bietet. Die Kompensationskopplung beträgt maximal eine Hälfte der Hauptkopplung und weist eine der Polarität der Hauptkopplung entgegengesetzte Polarität auf. Die Kompensationskopplung ist mit einem Satz von Übertragungspfaden an einer Position zwischen der Hauptkopplung und den Isolierungsverdrängungskontakten verbunden.

**[0008]** Ein Betrag der Kompensationskopplungsanordnung beträgt vorteilhafterweise weniger als 1/10-ten eines Betrags der Hauptkopplung. Die Kompensationskopplungsanordnung kann vorteilhafterweise in einem Pfadabstand von den Kontaktleiterzungen, der größer als 5 mm ist, mit der Kontaktleiterzunge elektrisch verbunden sein.

**[0009]** Die entsprechenden verbundenen Schaltkreisteile der PCB umfassen vorteilhafterweise ferner eine Kopplungsanordnung neben der Vielzahl der Kontaktleiterzungen. Die Kopplungsanordnung bildet einen Abschnitt der Hauptkopplung. Der Standard der Telecommunications Industry Association (TIA) verlangt einen bestimmten Kopplungsbetrag. Die Kopplungsanordnung wird verwendet, um diese Anforderung angesichts der Kopplung an den Leiterzungen zu erfüllen. Alternativ kann die Hauptkopplung jedoch gänzlich oder im Wesentlichen von den Leiterzungen bereitgestellt werden, wie durch ein Vorsehen von großen Zungen, die die Anforderung der TIA in Bezug auf einen spezifischen Kopplungsbetrag erfüllen.

**[0010]** Die PCB kann eine Vielzahl von Zungenleiterkontaktbereichen aufweisen, die jeweilige Kontaktleiterzungen mit den jeweiligen, damit assoziierten Übertragungspfaden verbinden. Die Kontaktleiterzungen können ein inneres Paar von Leiterzungen umfassen, die nebeneinander und in elektrischem Kontakt mit einem inneren Paar von Zungenleiterkontaktbereichen der Vielzahl von Zungenleiterkontaktbereichen angeordnet sind. Die Kontaktleiterzungen können ferner ein geteiltes Paar von Leiterzungen umfassen, wobei jedes Paar von geteilten Leiterzungen neben einem jeweiligen des inneren Paares der Leiterzungen und in elektrischem Kontakt mit einem geteilten Paar von Zungenleiterkontaktbereichen der Vielzahl von Zungenleiterkontaktbereichen angeordnet ist. Die Kopplungsanordnung kann einen ersten Kopplungsabschnitt von einem geteilten Paar zu einem inneren Paar umfassen, der auf der PCB vorgesehen ist und elektrisch mit einem des inneren Zungenleiterkontaktbereichspaars verbunden ist und elektrisch mit dem benachbarten geteilten Zungenleiterkontaktbereichspaar verbunden ist, wobei er eine kapazitive Kopplung zwischen diesen bereitstellt. Die Kopplungsanordnung kann ferner einen zweiten Kopplungsabschnitt von einem geteilten Paar zu einem inneren Paar umfassen, der auf der PCB vorgesehen ist und elektrisch mit einem anderen des inneren Zungenleiterkontaktbereichspaars verbunden ist und elektrisch mit dem benachbarten geteilten Zungenleiterkontaktbereichspaar verbunden ist, wobei er eine kapazitive Kopplung zwischen diesen bereitstellt. Der erste Kopplungsabschnitt von einem geteilten Paar zu einem inneren Paar ist mit dem einen des inneren Zungenleiterkontaktbereichspaars verbunden und das benachbarte geteilte Zungenleiterkontaktbereichspaar ist in einem Abstand D davon beabstandet. Der zweite Kopplungsabschnitt von einem geteilten Paar zu einem inneren Paar ist mit dem anderen des inneren Zungenleiterkontaktbereichspaars verbunden und das benachbarte geteilte Zungenleiterkontaktbereichspaar ist in einem Abstand D davon beabstandet. Die Kompensationskopplungsanordnung umfasst einen Kompensationskopplungsabschnitt vom geteilten Paar zum inneren Paar, der elektrisch mit einer der mit einem Bereich des inneren Zungenleiterkontaktbereichspaars verbundenen Spuren verbunden ist und elektrisch mit einer der mit einem Bereich des benachbarten geteilten Zungenleiterkontaktbereichspaars verbundenen Spuren verbunden ist, die neben der einen der mit einem Bereichs des inneren Zungenleiterkontaktbereichspaars verbundenen Spuren liegt, wodurch



eine kapazitive Kopplung zwischen diesen bereitgestellt wird. Die Kompensationskopplungsanordnung ist in einem Abstand  $d$  entlang der zugehörigen Spur von der Kompensationskopplungsanordnung zu den Leiterkontaktbereichen beabstandet, wobei  $d \gg D$ .

**[0011]** Die Zungenleiterkontaktbereiche verbinden jeweilige Kontaktleiterzungen mit den jeweiligen, mit der PCB assoziierten Übertragungspfaden. Jede Zunge kann eine vorteilhafte Form aufweisen, die einen Steckerkontaktlängsabschnitt mit einer Zungenkontaktlänge für einen Kontakt mit Kontaktleitern einer Aufnahmebuchse und einen verlängerten Abschnitt enthält, der in einem Winkel relativ zum Steckerkontaktlängsabschnitt verläuft. Der verlängerte Abschnitt endet an einem Leiterkontaktabschnitt, der eine Kontaktfläche aufweist, die den jeweiligen Zungenleiterkontaktbereich elektrisch und physisch kontaktiert.

**[0012]** Das Gehäuse kann einen oder mehrere Gehäuseteile umfassen, die die Vielzahl der Leiterkontaktzungen tragen und die PCB tragen und die Kontaktleiterzungen und die PCB einklemmen, um jede der Vielzahl der Kontaktleiterzungen mit einer Druckkraft in Kontakt mit dem zugehörigen der Leiterkontaktbereiche der PCB zu drücken, um eine lötfreie elektrische und physische Verbindung zwischen jeder der Kontaktleiterzungen und einem entsprechenden der Übertragungspfad-Zungenleiterkontaktbereiche bereitzustellen.

**[0013]** Alternativ umfasst das Gehäuse einen oder mehrere Gehäuseteile, die die Vielzahl der Kontaktleiterzungen tragen und die PCB tragen, wobei jede der Kontaktleiterzungen einen Steckerkontaktabschnitt und einen mit dem Steckerkontaktabschnitt integralen Leiterstift umfasst. In diesem Fall umfassen die Leiterkontaktbereiche metallisierte Durchgangsöffnungen der PCB, die einen der Leiterstifte aufnehmen, um einen elektrischen Kontakt zwischen jedem Steckerkontaktbereich und der zugehörigen Kontaktleiterzunge bereitzustellen. Die in den metallisierten Durchgangsöffnungen aufgenommenen Leiterstifte stecken die jeweilige Kontaktleiterzunge in die PCB.

**[0014]** Das Gehäuse kann einen oder mehrere Gehäuseteile umfassen, die die Vielzahl der Kontaktleiterzungen tragen und die PCB tragen.

**[0015]** Durch Hinzufügen einer kleinen Kompensationskopplung, die weit genug von der Hauptkopplung entfernt ist - zum Beispiel  $d \gg D$ , reduziert die kleine Kompensierung die Kopplung bei niedriger Frequenz, hat jedoch eine geringe zusätzliche Auswirkung zu dieser bei hoher Frequenz. Dies verbessert die Linearität der Kopplung. Insbesondere können die Zungen eines herkömmlichen Steckers bei niedrigeren Frequenzen (zum Beispiel unter 250 MHz) wie zusammengelegte Kondensatoren behandelt werden. Als solche ist ihre Auswirkung (Impedanzwirkung  $Z_c$ ) im Schaltkreis zur Frequenz proportional  $Z_c = 1/j\omega c$ , wenn  $\omega = 2\pi F$ . Bei einer Hochfrequenzanwendung gilt die Behandlung als zusammengelegte Kondensatoren (diese Annahme) nicht mehr. Die Kontaktzungen müssen wie Übertragungsleitungen behandelt werden, d. h. als kleine Kondensatoren, die in kleinen Abständen in Reihe geschaltet sind. Jeder kleine Kondensator weist eine Phase auf. Dies macht eine Phasenzeigeranalyse erforderlich. Wenn man nur zwei kleine Kondensatoren zur Erklärung der Situation der Zungen bei hoher Frequenz, bei 100 MHz, betrachtet, verursacht die kleine Distanz zwischen zwei Kondensatoren eine kleine Phasendifferenz, zum Beispiel  $0,5^\circ$ , deshalb liegt eine Vektorsummierung sehr nahe bei einer einfachen Summierung des Betrags dieser zwei Vektoren. Bei viel höheren Frequenzen, zum Beispiel 2 GHz, erhöht sich die Phasendifferenz jedoch auf das 20-fache, zum Beispiel  $10^\circ$ . Als solche muss die Vektorsummierung eine Vektorsummierung und nicht einfach den addierten Betrag dieser zwei Vektoren einsetzen.

**[0016]** Die Erfindung löst dieses Problem durch Addieren eines kleinen kompensierenden Kondensators (in entgegengesetzter Polarität) mit weniger als  $1/10$  des Betrags der Hauptkopplung. Die Hauptkopplung wird auch auf Grundlage davon gesteuert, dass sie die Kopplung der Kopplungsanordnung und der Kopplung zwischen den Kontaktleiterzungen ist. Die Kompensationskopplung wird durch den kleinen kompensierenden Kondensator bereitgestellt, der in einer Distanz von mehr als 5 mm von den Zungen weg vorgesehen ist. Der kleine kompensierende Kondensator kann die Kombinationswirkung der Hauptkopplung bei niedrigen Frequenzen (parallel) kompensieren, hat aber einen geringeren Effekt bei hohen Frequenzen. Daher kann die Differenz der Kombination der Kondensatorkopplungen zwischen niedrigen Frequenzen und hohen Fre-

quenzen reduziert werden und ist linearer zur Frequenz proportional.

**[0017]** Die verschiedenen Merkmale der Neuheit, die die Erfindung kennzeichnen, sind insbesondere in den Ansprüchen dargelegt, die dieser Offenbarung beigefügt sind und einen Teil davon bilden. Zum besseren Verständnis der Erfindung, ihrer Betriebsvorteile und spezifischer Aufgaben, die durch ihre Verwendungen erfüllt werden, wird auf die beigefügten Zeichnungen und die Beschreibung Bezug genommen, in denen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung dargestellt sind.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0018]** In den Figuren:

- [0019]** Figur 1 ist eine perspektivische Ansicht eines RJ-45- Steckers nach der Erfindung;
- [0020]** Figur 2 ist eine Explosionsansicht des Steckers nach Figur 1;
- [0021]** Figur 3 ist eine Querschnittsansicht entlang einer Längsrichtung des Steckers von Figur 1;
- [0022]** Figur 4 ist eine Detailansicht von Detail A von Figur 3 ;
- [0023]** Figur 5 ist eine Unteransicht, die eine Unterseite zeigt, die auf Ebene 1 mit einer leitenden Schichtfläche der gedruckten Leiterplatte des Steckers von Figur 1 liegt;
- [0024]** Figur 6 ist eine Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 2 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 1 angeordnet ist;
- [0025]** Figur 7 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 3 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 1 angeordnet ist;
- [0026]** Figur 8 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 4 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 1 angeordnet ist;
- [0027]** Figur 9 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 5 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 1 angeordnet ist;
- [0028]** Figur 10 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 6 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 1 angeordnet ist;
- [0029]** Figur 11 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 7 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 1 angeordnet ist;
- [0030]** Figur 12 ist eine Draufsicht, die die obere Unterseite zeigt, die auf Ebene 8 mit einer leitenden Schichtfläche der gedruckten Leiterplatte des Steckers von Figur 1 liegt;
- [0031]** Figur 13 ist eine Querschnittsansicht entlang einer Schnittlinie XIII-XIII von Figur 3;
- [0032]** Figur 14 ist eine Querschnittsansicht in einer Ebene, die durch ein leitendes Metallelement und entlang einer Längsrichtung des Steckers von Figur 1 führt;

- [0033]** Figur 15 ist eine perspektivische Ansicht eines weiteren RJ-45-Steckers nach der Erfindung;
- [0034]** Figur 16 ist eine Explosionsansicht des Steckers nach Figur 15;
- [0035]** Figur 17 ist eine Querschnittsansicht entlang einer Längsrichtung des Steckers von Figur 15;
- [0036]** Figur 18 ist eine Detailansicht von Detail B von Figur 17;
- [0037]** Figur 19 ist eine Unteransicht, die eine Unterseite zeigt, die auf Ebene 1 mit einer leitenden Schichtfläche der gedruckten Leiterplatte des Steckers von Figur 15 liegt;
- [0038]** Figur 20 ist eine Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 2 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 15 angeordnet ist;
- [0039]** Figur 21 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 3 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 15 angeordnet ist;
- [0040]** Figur 22 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 4 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 15 angeordnet ist;
- [0041]** Figur 23 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 5 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 15 angeordnet ist;
- [0042]** Figur 24 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 6 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 15 angeordnet ist;
- [0043]** Figur 25 ist eine weitere Querschnittsansicht durch die PCB zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB, die eine Ebene 7 mit einer leitenden Schichtfläche zeigt, die zwischen der Oberseite und der Unterseite der PCB des Steckers von Figur 15 angeordnet ist;
- [0044]** Figur 26 ist eine Draufsicht, die die obere Unterseite zeigt, die auf Ebene 8 mit einer leitenden Schichtfläche der gedruckten Leiterplatte des Steckers von Figur 15 liegt;
- [0045]** Figur 27 ist eine Querschnittsansicht entlang einer Schnittrlinie XXVII-XXVII von Figur 17;
- [0046]** Figur 28 ist eine Querschnittsansicht in einer Ebene, die durch ein leitendes Metallelement und entlang einer Längsrichtung des Steckers von Figur 15 führt;
- [0047]** Figur 29A ist ein Diagramm, das Vektoren zeigt, die zu einer kapazitiven Gesamtkopplung (einem kapazitiven Blindwiderstand) des RJ-45-Steckers bei niedrigen Frequenzen beitragen - 100 MHz;
- [0048]** Figur 29B ist ein Diagramm, das Vektoren zeigt, die zu einer kapazitiven Gesamtkopplung (einem kapazitiven Blindwiderstand) des RJ-45-Steckers bei hohen Frequenzen beitragen - 2 GHz;



**[0049]** Figur 29C ist ein vergrößertes Diagramm (100 MHz, hineingezoomt), das Vektorsummierungen für den RJ-Stecker der Erfindung bei niedrigen Frequenzen zeigt - 100 MHz; und

**[0050]** Figur 29D ist ein vergrößertes Diagramm (2 GHz, hineingezoomt), das Vektorsummierungen für den RJ-Stecker der Erfindung bei hohen Frequenzen zeigt - 2 GHz.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0051]** Unter Bezugnahme auf die Zeichnungen zeigt Figur 1 einen RJ-Stecker, der allgemein mit 10 gekennzeichnet ist. Der Stecker 10 umfasst einen Hauptgehäuseteil 12, der mit einer Gehäusabdeckung 16 zusammenwirkt. Eine Arretierung 14 ist mit einer Oberseite des Hauptgehäusekörpers 12 verbunden und wird verwendet, um den Stecker 10 in eine Steckdose (Buchse) einzurasten. Eine Mutter 18 bietet eine Aufnahme für Drähte eines Kabels (nicht gezeigt) und bietet eine Verbindung des Kabels mit dem Stecker 10.

**[0052]** Figur 2 zeigt den Stecker 10 in einer Explosionsansicht. Der Hauptgehäuseteil 12 wirkt mit der Abdeckung 16 zusammen, um einen Innenraum bereitzustellen, um eine gedruckte Leiterplatte (PCB) 40 und eine Drahtführungsanordnung 30 zu tragen. Die Drahtführungsanordnung 30 trägt und führt Verbindungen der Drähte des Kabels mit Drahtanschlüssen. Die Drahtanschlüsse sind Isolierungsverdrängungskontakte (IDCs), die in die Löcher der Anschlusskontakte 72-78 der PCB 40 eingeführt (eingesteckt) sind und dort mit einer lötfreien Druckverbindung fixiert sind. Die Leiterdrähte durchlaufen die Mutter 18, durchlaufen eine Stellschraube 32 und durchlaufen eine Erdungsfeder 34. Die Drähte sind durch die Drahtführungsanordnung 30 geführt. Die Drahtführungsanordnung 30 ist dann nach unten auf die PCB gedrückt, um die Verbindung der Drähte des Kabels mit den IDCs herzustellen.

**[0053]** Wie in Figur 2 ersichtlich ist, trägt die Drahtführungsanordnung 30 die PCB 40. Die Drahtführungsanordnung trägt auch ein Metallstück 36. Das Metallstück 36 wird relativ zur PCB 40 in Position gehalten und verläuft von einem Metallstück-Erdungskontakttrand 35 nach unten und verläuft in einen Durchgangsspalt 65 der PCB 40 zwischen Abschnitten der PCB 40. Der Durchgangsspalt 65 trennt zumindest einige der Drahtanschlusskontakte 71-78. Das zugehörige Metallstück 36 trennt zumindest einige der Drahtanschlüsse, die mit den Drahtanschlusskontakten 71-78 der PCB 40 verbunden sind.

**[0054]** Zungenleiter 50 werden zusammenwirkend mit einer Leitersatzabdeckung 38 in einem Leitersatzsockel 37 gehalten. Der Leitersatzsockel 37 hält und positioniert jeden der Zungenleiter 50 in einer Abstandsbeziehung zueinander und in einer Position im Inneren des Gehäuses 12.

**[0055]** Der Leitersatzsockel 37 und die Leitersatzabdeckung 38 sind miteinander verbunden, um die Zungenleiter 50 relativ zur PCB 40 zu positionieren und zu halten. Die PCB 40 weist eine Unterseite (Ebene 1) mit einer Reihe von Zungenleiterkontaktbereichen 51-58 (Figur 5) auf. Wie am besten aus Figur 4 ersichtlich ist, weist jeder der Zungenleiter 50 eine Oberseite auf, die einen Leiterkontaktabschnitt 59 definiert. Die Anordnung der Kontakte mit dem Leiterkontaktabschnitt 59 der Zungen 50 ist so, dass der Leiterkontaktabschnitt 59 zum jeweiligen Zungenleiterkontaktbereich 51-58 hin gedrückt oder getrieben wird. Die Drahtführungsanordnung 30 hält und trägt die PCB 40. Die Zungen 50 weisen jeweils den zugehörigen eingesteckten/gedrückten Abschnitt 85 in Durchlässe 88 im Leitersatzsockel 37 gedrückt auf. Die Zungen 50 werden dadurch jeweils vom Leitersatzsockel 37 getragen. Die Drahtführungsanordnung 30 befindet sich an der Ober- und der Unterseite in getragendem Kontakt mit den Gehäuseteilen 12, 16. Der steife Gehäuseteil 12 sitzt auf der Oberseite der Drahtführungsanordnung 30 und sitzt auf der Oberseite des Leitersatzabdeckungselements 38. Der steife Gehäuseteil 16 sitzt auf der Unterseite der Drahtführungsanordnung 30 und sitzt auf der Unterseite des Leitersatzsockels 37. Die Zungenleiter 50 sind an den Leitersatzsockel 37 gedrückt, um einen kraftvorgespannten Kontakt (Klemmkontakt) jedes Leiterkontaktbereichs 59 mit dem jeweiligen Zungenleiterkontaktbereich 51-58 bereitzustellen. Der kraftvorgespannte Kontakt oder Klemmkontakt (auch als Vorspannkraft, Vorspannung oder Vorbelastung bekannt) wird durch die Klemmwirkung bereitgestellt, die durch den Verbund des Leitersatzsockels 37, der den eingesteckten/gedrückten Abschnitt 85 hält, mit dem Leiter-

satzabdeckungselement 38 bereitgestellt wird. Die Klemmwirkung tritt ein, wenn die PCB 40 und die Zungenleiter 50 zwischen den Gehäuseteilen 12, 16 zusammengedrückt werden. Dieses Klemmen mit dem Sockel 37, der Abdeckung 38 und den Gehäuseteilen 12, 16 hält und trägt die Position der Zungenleiter 50 mit einer Druckkraft, die zwischen den einzelnen Leiterkontaktabschnitten 59 der Zungenleiter 50 und dem jeweiligen Zungenleiterkontaktbereich 51-58 ausgeübt wird. Der Leiterkontaktabschnitt 59 jeder der Zungen 50 ist nicht elastisch deformierbar und in einen physischen und elektrischen Kontakt und insbesondere einen lötfreien elektrischen Kontakt mit einem der Zungenleiterkontaktbereiche 51-58 der PCB 40 gedrückt.

**[0056]** Figuren 5-12 verwenden die Bezeichnungen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8, um mit Übertragungsleitungen assoziierte Übertragungspfade anzuzeigen. Jede Übertragungsleitung ist aus einem Paar von Übertragungspfaden gebildet, die als von unterschiedlicher Polarität angesehen werden können. Das Übertragungsleitungspaar 4, 5 wird als das innere Paar einer inneren Übertragungsleitung 80 bezeichnet und das Paar 3, 6 wird als das geteilte Paar einer geteilten Übertragungsleitung 90 bezeichnet (siehe Figur 13). Die peripheren Paare sind die Paare 1, 2 und 7, 8. Die Übertragungspfade sind entlang des Steckers 10 durch die Zungenleiter 50, die Leiterkontaktbereiche 51-58, die Durchkontakte (Durchkontaktierungslöcher) 21, 22, 23, 26, 27 und 28 (für das Paar 1, 2, für das geteilte Paar 3, 6 und für das Paar 7, 8), die Spuren 41-48, die Drahtanschlusskontakte 71-78 und die Drahtanschlüsse und Drähte (nicht gezeigt) gebildet.

**[0057]** Figuren 5-12 zeigen die verschiedenen Schichten mit Leitermaterial (Abschirmungsmaterial) 60, 62 und 64, die eine Erdungsebene bilden, in Querschnittsansichten der PCB 40. Die Leitermaterialflächen 60, 62 und 64 sind aus miteinander verbundenem Leitermaterial gefertigt, wie unten ausführlicher besprochen wird. Figuren 5-12 zeigen verschiedene Ebenen (Ebenen 1-8) der PCB 40. Die Ebenen enthalten Leiterspuren oder andere Elemente, wie Kopplungs-/Kompensationselemente und Erdungsebenenelemente, die unten beschrieben werden. Ebene 1 wird als die Unterseite oder erste Seitenfläche bezeichnet und Ebene 8 wird als die Oberseite oder zweite Seitenfläche bezeichnet. Ebene 1 und Ebene 8 können auch interne Ebenen sein, wobei die Ebene im Wesentlichen von FR4 bedeckt ist oder mit Außenschichten aus FR4-Material versehen ist. Ebene 1 enthält jedoch die Leiterkontaktbereiche 51-58, die in Übereinstimmung mit der Ausführungsform des Steckers 10 der Figuren 1-14 an einer Außenfläche der PCB 40 positioniert sind, nämlich an der Unterseite der PCB 40. Die Leiterkontaktbereiche 51-58 sind relativ zu den Zungen 50 positioniert, um den Druckkontakt bereitzustellen, wie oben beschrieben.

**[0058]** Figur 5 zeigt metallisierte Durchgangsöffnungen (Durchkontaktierungslöcher, Durchkontakte) 21, 22, 23, 26, 27 und 28, die zum Verbinden der Zungenleiterkontaktbereiche 51, 52, 53, 56, 57 bzw. 58 mit Spuren auf einer der anderen Ebenen der PCB 40 vorgesehen sind. Die Unterseite der PCB 40 mit den Zungenleiterkontaktbereichen 51-58 enthält einen ersten Zungenleiterkontaktbereich des geteilten Paares 53, einen ersten inneren Zungenleiterkontaktbereich des inneren Paares 54, einen zweiten Zungenleiterkontaktbereich des inneren Paares 55 und einen zweiten Zungenleiterkontaktbereich des geteilten Paares 56, die von besonderem Interesse sind.

**[0059]** Auf der Oberseite (ersten Seite) der PCB 40 verläuft eine erste Spur des inneren Paares 44 vom Zungenleiterkontaktbereich 54 zum Drahtanschlusskontakt 74. Die zweite Spur des inneren Paares 45 verläuft vom Zungenleiterkontaktbereich 55 zum Drahtanschlusskontakt 75. Die erste Spur des inneren Paares 44 und die zweite Spur des inneren Paares 45 sind Teil der inneren Übertragungsleitung 80 (siehe Figur 13). Die Spuren 47 und 48 verlaufen auch auf Ebene 1 (der Unterseite der PCB 40) vom jeweiligen Zungenleiterkontaktbereich 57, 58 zu den jeweiligen Drahtanschlusskontakten 77 und 78.

**[0060]** Eine Kopplungsanordnung CA/CA' ist sehr nahe an den jeweiligen Zungenleiterkontaktbereichen 53, 54, 55 und 56 vorgesehen, in einem Abstand D beabstandet, und bildet zusammen mit der Kopplung an den Zungenleitern 50 die Hauptkopplung M1. Die Kopplungsanordnung CA/CA' wird verwendet, um die TIA-Anforderung nach einer definierten Kopplung M1 angesichts der Kopplung an den Leiterzungen zu erfüllen. Alternativ kann die Hauptkopplung M1 jedoch gänzlich oder im Wesentlichen von den Leiterzungen 50 bereitgestellt werden, wie durch ein Vorsehen von großen Zungen 50, die die Anforderung der TIA in Bezug auf einen spezifischen Kopp-



lungsbetrag erfüllen. Die Kopplungsanordnung CA/CA' enthält eine erste Kopplung CA zwischen dem geteilten Paar und dem inneren Paar, die durch einen durch die Spur 45 mit dem Zungenleiterkontaktbereich 55 verbundenen Kopplungsabschnitt 39 und einen durch eine Spur 79 und durch den Durchkontakt 26 mit dem Zungenleiterkontaktbereich 56 verbundenen Kopplungsabschnitt 49 gebildet wird. Diese Kopplung zwischen den Übertragungspfaden 5 (des inneren Paares) und 6 (des geteilten Paares) hat die gleiche Kopplungspolarität wie die Polarität der Kopplung, die zwischen benachbarten Zungenleitern 50 des Übertragungspfads 5 (des inneren Paares) und 6 (des geteilten Paares) auftritt. Die Kopplungsanordnung CA/CA' enthält eine zweite Kopplung CA' zwischen dem geteilten Paar und dem inneren Paar, die durch einen durch die Spur 44 mit dem Zungenleiterkontaktbereich 54 verbundenen Kopplungsabschnitt 39' und einen durch eine Spur 79' und durch den Durchkontakt 23 mit dem Zungenleiterkontaktbereich 53 verbundenen Kopplungsabschnitt 49' gebildet wird. Diese Kopplung zwischen dem Übertragungspfad 4 (des inneren Paares) und dem Übertragungspfad 3 (des geteilten Paares) hat die gleiche Kopplungspolarität wie die Polarität der Kopplung, die zwischen benachbarten Zungenleitern 50 des Übertragungspfads 4 (des inneren Paares) und 3 (des geteilten Paares) auftritt. Die Kopplung, die zwischen den Zungen 50, insbesondere beim inneren Paar 4, 5 und beim geteilten Paar 3, 6, auftritt, und die von der Kopplungsanordnung CA/CA' bereitgestellte Kopplung stellen gemeinsam die Hauptkopplung M1 des Steckers 10 bereit. Diese Hauptkopplung tritt im Wesentlichen vollständig im Bereich der Zungen 50 auf.

**[0061]** Ebene 1 enthält auch eine leitende Schicht 62. Die leitende Schicht verläuft über einen Großteil der Ebene 1, mit Ausnahme von nichtleitenden Bereichen neben den Spuren 44, 45, neben den Durchgangslöchern 21, 22, 23, 26, 27 und 28 und den Zungenleiterkontaktbereichen 51, 52, 53, 56, 57 und 58, neben den Durchgangslöchern 68 und 67 und neben den Drahtanschlusskontakten 71-78. Die Anschlusskontakte 71-78 sind metallisierte Durchgangsöffnungen, die durch jedes der Löcher in den Schichten 1-4 verlaufen. In den Figuren 6 und 7 sind die Anschlusskontakte 71-78 (die elektrischen Kontakte) in einem Abstand von den leitenden Materialflächen 60 gezeigt. Der Bereich zwischen dem großen Kreis (einer Unterbrechung in den leitenden Materialflächen 60) und dem kleinen Kreis (den Anschlusskontakten 71-78) ist nichtelektrisch, was verhindert, dass die Pins der IDCs zur Erde kurzgeschlossen sind. Die leitenden Materialflächen 60 stehen in elektrischer Verbindung mit den elektrischen Durchkontakten 63. Die elektrischen Durchkontakte (Durchkontaktierungslöcher) 63 verlaufen durch die PCB 40 und sind elektrisch mit leitenden Materialzwischenflächen 60 mit leitenden Materialflächen 62 an der Unterseite der PCB 40 (Figur 5) und leitenden Materialflächen 64 an einer Oberseite der PCB 40 (Figur 8) verbunden. Die Kontaktbereiche 62, 64 stellen in den Ebenen 2, 3, 4, 5, 6 und 7 elektrische Kontakte mit den leitenden Materialflächen 60 her und stellen auch elektrischen Kontakt mit der Erdungsfeder 34 her, um die PCB 40 und die Erdungsfeder 34 vollständig auf Erdpotenzial (die Erdungsebene) zu setzen. Die leitende Materialfläche 66 kann auch auf die Innenfacette der Öffnungen 20 und auch die Innenfacette des Spalts 65 aufgebracht sein.

**[0062]** Ebene 2 (Figur 6) enthält auch eine leitende Materialzwischenfläche 60. Die PCB 40 kann viele derartige leitende Materialzwischenflächen 60 enthalten. In der gezeigten Ausführungsform sind sechs Zwischen-/interne Schichten mit leitendem Material 60 zwischen der unteren leitenden Materialfläche 62 in der oberen leitenden Materialfläche 62 vorgesehen. Auf Ebene 2 gibt es auch nichtleitende Bereiche, zum Beispiel neben den Durchgangslöchern 21, 22, 23, 26, 27 und 28 und neben der Spur und Gegenkopplungsabschnitten 49. Nichtleitende Bereiche sind auch neben den Durchkontakten 68 und 67 und neben den Drahtanschlusskontakten 71-78 vorgesehen. Die leitenden elektrischen Durchkontakte 63 können wie unten beschrieben selektiv positioniert sein, um jede der leitenden Zwischenschicht-Materialflächen 60 mit den anderen leitenden Zwischenschicht-Materialflächen 60 und mit den oberen und unteren leitenden Materialflächen 62 und 64 elektrisch zu verbinden.

**[0063]** Ebene 3 (Figur 7) enthält auch eine leitende Zwischenschicht-Materialfläche 60 sowie nichtleitende Bereiche. Ein nichtleitender Bereich ist insbesondere an den leitenden Durchgangslöchern 68 und 67 vorgesehen. Das leitende Durchgangsloch 67 ist über eine kurze Spur mit dem Kompensationskopplungsabschnitt 69 der Nebenkompensationskopplung C verbunden. Wie in

Figur 8 gesehen werden kann, enthält die Ebene 4 auch einen leitenden Zwischenschicht-Materialfläche 60 mit einem nichtleitenden Bereich an den Leiterdurchgangslöchern 68 und 67. Das leitende Durchgangsloch 68 ist über eine kurze Spur mit dem Gegenkompensationskopplungsabschnitt 70 in der Ebene 4 verbunden. Der Kopplungsabschnitt 68 und der Gegenkopplungsabschnitt 70 bilden eine Nebenkompensationskopplung C, die eine Nebenkopplung zwischen der Leitung 4 des inneren Paares 4, 5 (Figur 5) und der Leitung 6 des geteilten Paares 3, 6 (Figur 12) bereitstellt. Diese Kopplung an der Nebenkompensationskopplung C (zwischen den Übertragungspfaden 4 und 6) kann von einer von der der Hauptkopplung M1 (die zwischen den Übertragungspfaden 5 und 6 bereitgestellt wird) verschiedenen Polarität (oder zu dieser entgegengesetzten Polarität) angesehen werden.

**[0064]** Auf Ebene 4 (Figur 8) sind die Spuren 47 und 48 mit den Durchkontakten 27 und 28 verbunden und verlaufen zu den Drahtanschlusskontakten 77 bzw. 78. Ebene 5 (Figur 9) enthält auch eine leitende Zwischenschicht-Materialfläche 60 mit nichtleitenden Bereichen, die nichtleitende Bereiche mit den Spuren 41, 42 enthalten, die den Leitungen 1, 2 entsprechen, die mit den Durchkontakten 21 und 22 verbunden sind und zu den Drahtanschlusskontakten 71 bzw. 72 verlaufen. Ebene 6 (Figur 10) enthält auch eine leitende Zwischenschicht-Materialfläche 60 mit nichtleitenden Bereichen, die nichtleitende Bereiche für die Spuren 41, 42 enthalten. Ebene 7 (Figur 11) enthält eine leitende Zwischenschicht-Materialfläche 60 mit nichtleitenden Bereichen, die den verschiedenen leitenden Durchgangslöchern entsprechen.

**[0065]** Figur 12 zeigt Ebene 8 mit einer ersten Spur des geteilten Paares 43, die vom Durchkontakt 23 zum Drahtanschlusskontakt 73 verläuft. Die andere, zweite Spur des geteilten Paares 46 verläuft vom Durchkontakt 26 zum Drahtanschlusskontakt 76. Die Spur des geteilten Paares 46 ist mit dem Durchkontakt 68 verbunden, um an den Gegenkopplungsabschnitt 70 der Nebenkopplung C anzubinden. Wie angemerkt, enthält die Hauptkopplung M1 die von der Kopplungsanordnung CA/CA' bereitgestellte Kopplung und die von den Zungen 50 bereitgestellte Kopplung, wobei die gesamte Hauptkopplung M1 im Bereich der Zungen 50 auftritt. Die Nebenkompensationskopplung C ist im Vergleich zur Hauptkopplung M1 klein, insbesondere beträgt die Nebenkompensationskopplung C nicht mehr als eine Hälfte der Hauptkopplung und vorteilhafter stellt die Kompensationskopplungsanordnung C einen Betrag der Nebenkopplung bereit, der weniger als 1/10-ten eines Betrags der Hauptkopplung M1 ist. Die Nebenkompensationskopplung C ist in einem Abstand von den Zungen 50 angeordnet, insbesondere ist sie im Beispiel mehr als 5 mm von den Zungen 50 beabstandet (siehe Figur 7). Insbesondere ist die Pfadlängendistanz d zu einem Mittelpunkt der Kompensationskopplung C größer als 5 mm und die Pfadlänge D von den Zungenleiterkontaktbereichen 53 und 56 (sowie von den Durchkontakten 23 und 26) zu einer Mittelpunktkopplungsanordnung CA/CA' ist viel kürzer als d ( $D \ll d$ ).

**[0066]** Die PCB 40 enthält Öffnungen 20. Eine der Öffnungen 20 bietet eine Trennung zwischen einerseits den Spuren des inneren Paares 44, 45 und andererseits den Spuren 47 und 48. Die andere der Öffnungen 20 bietet eine Trennung zwischen einerseits den Spuren des geteilten Paares 43, 46 und andererseits den Spuren 41, 42. An einer Rückseite der PCB 40 (der Drahtaufnahmeseite) bietet der Spalt 65 eine Trennung zwischen einerseits den zu den Anschlusskontakten 71, 72 führenden Spuren und andererseits den Anschlusskontakten 77 und 78. Wie angemerkt wird das Metallstück 36 im Spalt 65 gehalten. Die elektrischen Durchkontakte 63 verbinden jede der verschiedenen leitenden Schichtmaterialbereiche 60, 62 und 64. Die Durchkontakte 63 können in Mustern verteilt sein, um eine zusätzliche Trennung zwischen den Übertragungsleitungen und der Kopplung der leitenden Flächen 60, 62 und 64 und insbesondere der leitenden Flächen 60, 62 und 64 zwischen bestimmten Spuren zu bieten. Die Durchkontakte 63, die die leitenden Flächen 60, 62 und 64 verbinden, folgen zum Beispiel dem leitenden Material 62 zwischen den Pfaden der Spuren 44 und 45 (Figur 5). Die Durchkontakte 63 verknüpfen die leitenden Materialbereiche zwischen den Spuren 41 und 42 mit den anderen Schichten (Figur 9). Die leitende Fläche 62 zwischen den Spuren 43 und 46 ist durch zahlreiche Durchkontakte 63 mit den verschiedenen anderen Schichten 62, 60 verbunden. Sowohl die Position der Durchkontakte 63 als auch das Muster der leitenden Flächen 60 und 62 werden eingesetzt, um die Erdungsebene zu erstellen und um eine weitere Kopplung zwischen den Leitungen zu vermeiden.



**[0067]** Wie in Figur 13 ersichtlich ist, trug die Nähe der Leiter 50 der Übertragungsleitung des inneren Paares 80 und der Übertragungsleitung des geteilten Paares 90 zur Hauptkopplung M1 bei. Da sich insbesondere die eine oder mehreren Schichten der leitenden Materialflächen 60, 62 und 64 und die Spuren des inneren Paares 44 und 45 auf einer Seite (auf der Unterseite - Figur 5) der PCB 40 und die Spuren des geteilten Paares 43 und 46 auf einer anderen Ebene (auf der Oberseite - Figur 12) der PCB 40 befinden, sind die Übertragungssignale auf der Übertragungsleitung 80 des inneren Paares (4, 5) zumindest im Bereich der PCB 40 nicht an Übertragungssignale auf der Übertragungsleitung 90 des geteilten Paares gekoppelt. Die leitenden Materialflächen 60, 62 und 64 und 66 unterdrücken oder entfernen eine wesentliche Schwankung der dielektrischen Merkmale des FR4 der PCB 40, um Kopplungseffekte zu regeln und zu reduzieren. Die leitende Schicht 66 ist auf der Innenfläche der Öffnung 20 und auch am Spalt 65 vorgesehen.

**[0068]** Die Form der Zungen 50 mit dem Leiterkontaktabschnitt 59 ist ebenfalls besonders vorteilhaft zum Reduzieren der Kopplung im Bereich der Zungen 50. Die Zungen enthalten jeweils einen Steckerkontaktlängsabschnitt 84 (der als horizontal verlaufend gezeigt ist) und einen erweiterten Abschnitt, eingesteckten/eingedrückten Abschnitt 85 (der als vertikal verlaufend gezeigt ist), der am Leiterkontaktabschnitt 59 abschließt, der eine Kontaktfläche aufweist, die elektrisch und physisch den jeweiligen Zungenleiterkontaktbereich 51, 52, 53, 56, 57 oder 58 berührt. Der horizontal verlaufende Abschnitt 84 befindet sich in einem Winkel (einem 90-Grad-Winkel) zum vertikal verlaufenden Steckerkontaktlängsabschnitt 85. Der vertikal verlaufende Abschnitt 85 ist vorteilhafterweise viel kürzer als der horizontal verlaufende Abschnitt 84. Eine Länge des vertikal verlaufenden Abschnitts 85 muss nur hinreichend lang sein, um durch den Leitersatzsockel 37 zu verlaufen (und vorzugsweise in diesen eingesteckt zu sein) und um den Kontakt am Kontaktabschnitt 59 bereitzustellen. Der horizontal verlaufende Steckerkontaktabschnitt 84 ist hinreichend lang, um die Steckerkontaktfläche der jeweiligen Zungen 50 für einen Kontakt mit Kontaktleitern einer Aufnahmebuchse bereitzustellen.

**[0069]** Der Stecker 10 kann aus Metall gefertigte Gehäuseteile 12, 16 aufweisen. Die Leitersatzabdeckung 38, der Leitersatzsockel 37 und die Drahtführungsanordnung 30 sind aus einem geeigneten Kunststoff wie Polycarbonat (PC), Polyethylen (PE) oder Flüssigkristallpolymer (FKP) gebildet. Die leitenden Schichtmaterialflächen 60, 62, 64 und 66 sind leitende Metallschichten, wie ein Kupferfilm oder anderer leitender Film oder eine andere leitende Materialschicht.

**[0070]** Wie oben angemerkt, kann die PCB 40 aus mehreren Schichten gebildet sein. Die Schichten der PCB 40 enthalten zumindest eine Schicht, die die Oberseite und die Unterseite bildet. Die PCB-Schichten mit den Spuren 41-48 können FR4-Substratschichten (glasverstärkte Epoxylaminatblattschichten) sein. Eine oder mehrere FR4- oder PC-Schichten können vorgesehen sein. Mehr als eine leitende Zwischenschichtfläche 60 kann vorgesehen sein, wie zum Beispiel Schichten aus leitendem Material 60 mit dazwischen liegenden Schichten aus FR4 oder PC. Mindestens eine leitende Zwischenschichtfläche 60, eine Schicht aus leitendem Material, wie Kupferfilm, ist zwischen der Schicht mit der oberen leitenden Materialfläche 64 und der unteren leitenden Materialfläche 62 der PCB 40 vorgesehen.

**[0071]** Die Verbindung der Drahtführungsanordnung 30, um die PCB 40 zu halten und zu tragen, trägt die Verbindung des Metallstücks 36 mit der PCB 40. Das Metallstück 36 weist Leiterpins 33 auf, die durch die leitenden Durchgangsöffnungen 61 in der PCB 40 führen und elektrischen und physischen Kontakt mit diesen herstellen (Figur 14). Die leitenden Durchgangsöffnungen 61 stehen in elektrischem Kontakt mit den Leiterschichtflächen 60 und durch Durchkontaktierungen (Durchkontakte) 63 mit den Leiterschichtflächen 62 und 64 verbunden. Die Leiterpins 33 bieten eine leitende Verbindung aller Leiterschichtflächen 60, elektrischen Durchkontakte 63, Leiterschichtflächen 62, 64 und dem Innenfacettenleiterschichtmaterial der Öffnungen 66 mit dem Metallstück 36. Die Konfiguration bildet eine vollständige und verbundene Erdungsebene. Das Metallstück 36 ist elastisch deformierbar und steht am Erdungskontakttrand 35 mit dem leitenden Metallgehäuseteil 12 in elektrischem Kontakt (Figur 14). Die Erdungsfeder 34 kontaktiert das Gehäuse 12. Das Metallstück 36 kontaktiert das Leiterschichtsystem der PCB, indem es den leitenden geschichteten Spalt 65 berührt und auch auf den zwei Pins 33 in den zwei elektrisch leitenden Durchgangslöchern 61 basierend. Dies bildet die vollständige verbundene Erdungsebene. Die



vollständige Erdungsebene ist über die Erdungsfeder 34 mit einer Erdabschirmung des Kabels verbunden, das die Drähte trägt.

**[0072]** Figuren 15-28 zeigen eine weitere Ausführungsform eines Steckers 10' nach der Erfindung. Es werden dort die gleichen Bezugsziffern verwendet, wo die Elemente in jeder der Ausführungsformen sehr ähnlich oder im Wesentlichen gleich sind. Der Stecker 10' enthält jedoch mehrere Elemente, die sich von den oben in Bezug auf den Stecker 10 beschriebenen Elementen unterscheiden. Die unterschiedlichen Elemente beziehen sich im Wesentlichen auf die Gesichtspunkte in Bezug auf Form und Kontakt der Zungenleiter 50' und auf damit verbundene geringfügige Unterschiede an den Zungenleiterkontaktbereichen 51'-58' der PCB 40'.

**[0073]** Der Stecker 10' weist auch die aus der Kopplungsanordnung CA/CA' plus der an den Zungen 50' auftretenden Kopplung bestehende Hauptkopplung M1 auf. Die Hauptkopplung M1 befindet sich wiederum physisch sehr nahe an den Zungen 50'. Insbesondere ist die elektrische Pfaddistanz D von den Kopplungsabschnitten (Spurkondensatorflächen) 39/39' und 49/49' der Kopplungsanordnung CA/CA' zu den Zungenleiterkontaktbereichen 53, 54, 55 und 56 sehr kurz und insbesondere viel kürzer als eine Übertragungspfadlänge d der Kompensationskopplungsabschnitte 69, 70 der Kompensationskopplung C und der zugehörigen Spuren von den Zungen 50' gestaltet. Im Beispiel des Steckers 10' ist die Pfadlängendistanz d zu einem Mittelpunkt der Kompensationskopplung C größer als 5 mm und die Pfadlänge D von den Zungenleiterkontaktbereichen 53 und 56 (sowie von den Durchkontakten 23 und 26) zu einem Mittelpunkt der Kopplungsanordnung CA/CA' ist viel kürzer als d ( $D \ll d$ ). Die Kompensationskopplung C bietet eine kleinere Kopplung im Vergleich zur Hauptkopplung, die aus der Hauptkopplung M1 plus der an den Zungen 50' auftretenden Kopplung besteht. Insbesondere beträgt die Kompensationskopplung C nicht mehr als die Hälfte der Hauptkopplung (die aus der Hauptkopplung M1 plus der an den Zungen 50' auftretenden Kopplung besteht).

**[0074]** Der Stecker 10' weist Zungen 50' auf, die beide einen Presskontakt der Leiterkontaktabschnitte 59' aufweisen, der die Zungenleiterkontaktabschnitte 51'-58' auf der PCB 40' kontaktieren. Die Zungen 50' weisen auch integral gebildete Leiterstifte 87 in elektrischem und physischem Kontakt mit der leitenden Beschichtung der leitenden Durchgangsöffnungen 21'-28' auf der PCB 40' auf. Die leitenden Durchgangsöffnungen 21'-28' nehmen jeweils einen Leiterzungenstift 87 der Leiterzungen 50' auf. Wie in Figur 18 gesehen werden kann, ist jede Leiterzunge 50' in das Leitersatzsockelelement 37 gedrückt oder eingegossen. Dadurch wird der Steckerkontaktabschnitt 84' positioniert (als horizontal verlaufend gezeigt) und auch ein eingesteckter/geodrückter Abschnitt 85' (als vertikal verlaufend gezeigt) gehalten. Der horizontal verlaufende Steckerkontaktlängsabschnitt 84' befindet sich in einem Winkel (einem 90-Grad-Winkel) zum vertikal verlaufenden Abschnitt 85'. Jede Leiterzunge 50' enthält den Leiterkontaktabschnitt 59' und die Zungenleiterkontaktbereiche 51'-58' auf der PCB 40' und jede Leiterzunge 50' enthält einen Leiterstift 87, der in einer der leitenden Durchgangsöffnungen 21', 22', 23', 24', 25', 26', 27' und 28' aufgenommen wird. Dies bietet einen verbesserten elektrischen Kontakt.

**[0075]** Figuren 29A-D zeigen Vektorsummierungen für die RJ-Stecker 10 und 10' der Erfindung. Dies zeigt eine reduzierte Differenz in Gesamtkapazitätskopplungen bei niedriger Frequenz und bei hoher Frequenz, sodass die Differenz linearer zur Frequenz proportional ist. In den Figuren 29A-D besteht die Hauptkopplung M1 aus der Kopplung der Zungen 50 und wird durch Vb1 angezeigt und besteht gegebenenfalls (um die Anforderung eines bestimmten Kopplungsbetrags des TIA-Standards zu erfüllen) ferner aus der Kopplungsanordnung CA/CA' und wird durch Vb2 angezeigt und wird zusammen mit M1 durch Kopplung Vb angezeigt. Die zusätzliche Kopplung des kleinen Kompensationskondensators (Nebenkompensationskopplung) C wird bei Vc gezeigt. Figur 29A zeigt den Vektor Vb mit den Komponentenvektoren Vb1 und Vb2 und den Vektor Vc bei einer Frequenz von 100 MHz. Figur 29C zeigt in einer vergrößerten Ansicht der Vektorsummierung bei einer Frequenz von 100 MHz die Vektorsummierung  $Vb = Vb1 + Vb2$  im oberen Abschnitt und zeigt auch den Vektor mit entgegengesetzter Polarität Vc. Im unteren Abschnitt von Figur 29C wird die Vektorsummierung  $V = Vb + Vc$  bei einer Frequenz von 100 MHz gezeigt. Figur 29B zeigt den Vektor Vb mit den Komponentenvektoren Vb1 und Vb2 und den Vektor Vc bei einer Frequenz von 2 GHz. Figur 29D zeigt in einer vergrößerten Ansicht der Vektorsummie-

runge bei einer Frequenz von 2 GHz die Vektorsummierung  $V_b = V_{b1} + V_{b2}$  im oberen Abschnitt und zeigt auch den Vektor mit entgegengesetzter Polarität  $V_c$ . Im unteren Abschnitt von Figur 29D wird die Vektorsummierung  $V = V_b + V_c$  bei einer Frequenz von 2 GHz gezeigt. Die Gesamtkopplung (der kapazitive Blindwiderstand)  $V = V_b + V_c$  ist für die Frequenz von 100 MHz und für die Frequenz von 2 GHz ähnlich. Die Änderung  $V = 1,80$  bei 100 MHz und  $V = 1,82$  bei 2 GHz ist bei dieser Konfiguration, die eine bei  $V_c$  angezeigte Nebenkompensationskopplung C enthält, linearer proportional zur Frequenzänderung.

**[0076]** Während spezifische Ausführungsformen der Erfindung im Detail gezeigt und beschrieben wurden, um die Anwendung der Prinzipien der Erfindung zu veranschaulichen, wird klar sein, dass die Erfindung anderweitig ausgeführt werden kann, ohne von diesen Prinzipien abzuweichen.

## LISTE DER BEZUGSZEICHEN:

10	RJ-Stecker
10'	RJ-Stecker
12	Hauptgehäuseteil
14	Arretierung
16	Gehäuseabdeckung
17	Aufnahmeabschnitte
18	Kabelmutter
19	Stifte
20	zusätzliche leitende Beschichtung/Öffnung in der PCB
21	Durchkontakt
21'	Durchkontakt
22	Durchkontakt
22'	Durchkontakt
23	Durchkontakt
23'	Durchkontakt
24	Durchkontakt
25	Durchkontakt
26	Durchkontakt
26'	Durchkontakt
27	Durchkontakt
27'	Durchkontakt
28	Durchkontakt
28'	Durchkontakt
29	Einsteckabschnitte
30	Drahtführungsanordnung
31	Aufnahmeabschnitte
32	Stellschraube
33	Leiterpins des Metallstücks
34	Erdungsfeder
35	Erdungsfeder des Metallstücks
36	Metallstück
37	Leitersatzsockelelement
38	Leitersatzabdeckungselement
39	Kopplungsabschnitt
39'	Kopplungsabschnitt



40	PCB
40'	PCB
41	Schaltkreisspur
42	Schaltkreisspur
43	erste Spur des geteilten Paars
44	erste Spur des inneren Paars
45	zweite Spur des inneren Paars
46	zweite Spur des geteilten Paars
47	Schaltkreisspur
48	Schaltkreisspur
49	Kopplungsabschnitt
49'	Kopplungsabschnitt
50	Zungenleiter
50'	Zungenleiter
51/51'	Zungenleiterkontaktbereich
52/52'	Zungenleiterkontaktbereich
53/53'	erster Zungenleiterkontaktbereich des geteilten Paars
54/54'	erster Zungenleiterkontaktbereich des inneren Paars
55/55'	zweiter Zungenleiterkontaktbereich des inneren Paars
56/56'	zweiter Zungenleiterkontaktbereich des geteilten Paars
57/57'	Zungenleiterkontaktbereich
58/58'	Zungenleiterkontaktbereich
59	Leiterkontaktabschnitt
59'	Leiterkontaktabschnitt
60	leitende Schichtmaterialfläche
61	leitende Durchgangslöcher
62	leitende Schicht/leitende Kontaktmaterialfläche der Oberseite
63	elektrische Durchkontakte
64	leitende Schicht/leitende Kontaktmaterialfläche der Unterseite
65	Spalt in der PCB
66	Innenfacettenleiterschichtmaterial der Öffnungen
67	Durchkontakt
68	Durchkontakt
69	Kompensationskopplungsabschnitte
70	Kompensationskopplungsabschnitte
71	Drahtanschlusskontakt
72	Drahtanschlusskontakt

73	Drahtanschlusskontakt
74	Drahtanschlusskontakt
75	Drahtanschlusskontakt
76	Drahtanschlusskontakt
77	Drahtanschlusskontakt
78	Drahtanschlusskontakt
79	Spur
79'	Spur
80	Übertragungsleitung des inneren Paares
84	Steckerkontaktabschnitt
84'	Steckerkontaktabschnitt
85	eingesteckter/gedrückter verlängerter Abschnitt
85'	eingesteckter/gedrückter verlaufender Abschnitt
87	Leiterstift
88	Durchlässe
90	Übertragungsleitung des geteilten Paares
M1	Hauptkopplung
CA/CA'	Kopplungsanordnung
C	Nebenkompensationskopplung

## Patentansprüche

1. RJ-45-Stecker (10) für Hochfrequenzanwendungen, wobei der Stecker umfasst:  
ein Gehäuse (12, 16);  
eine Vielzahl von Kontaktleiterzungen (50);  
Isolierungsverdrängungskontakte (71-78);  
eine gedruckte Leiterplatte (PCB) (40) mit einer Vielzahl von Übertragungspfaden (41-48),  
die entsprechende Zungen (50) und Isolierungsverdrängungskontakte (71-78) verbindet, wo-  
bei:  
der Stecker (10) eine kapazitive Hauptkopplung (M1) aufweist, die eine kapazitive Kopplung  
zwischen unmittelbar benachbarten Kontaktleiterzungen (50) und entsprechenden verbun-  
denen Schaltkreisteilen der PCB (40) umfasst;  
die PCB (40) ferner eine Kompensationskopplungsanordnung (C) umfasst, die eine kleinere  
Kopplung im Vergleich zur Hauptkopplung (M1) bietet;  
die Kompensationskopplung (C) maximal eine Hälfte der Hauptkopplung (M1) beträgt und  
eine der Polarität der Hauptkopplung (M1) entgegengesetzte Polarität aufweist; die Kompen-  
sationskopplung (C) mit einem Satz von Übertragungspfaden (44/67, 46/68) an einer Posi-  
tion zwischen der Hauptkopplung (M1) und den Isolierungsverdrängungskontakten verbun-  
den (71-78) ist.
2. Stecker (10) nach Anspruch 1, wobei ein Betrag der Kompensationskopplungsanordnung  
(C) weniger als 1/10-tel eines Betrags der Hauptkopplung (M1) beträgt.
3. Stecker (10) nach Anspruch 2, wobei die Kompensationskopplungsanordnung (C) in einem  
Pfadabstand von den Kontaktleiterzungen (50), der größer als 5 mm ist, mit der Kontakt-  
leiterzunge (50) elektrisch verbunden ist.
4. Stecker (10) für Hochfrequenzanwendungen nach Anspruch 1, wobei entsprechende ver-  
bundene Schaltkreisteile der PCB (40) ferner eine Kopplungsanordnung (CA/CA') neben der  
Vielzahl der Kontaktleiterzungen (50) umfassen und die Kopplungsanordnung (CA/CA') die  
kapazitive Hauptkopplung (M1) bildet.
5. Stecker (10) nach Anspruch 4, wobei:  
die PCB (40) eine Vielzahl von Zungenleiterkontaktbereichen (51-58/51'-58') aufweist, die  
jeweilige Kontaktleiterzungen (50) mit den jeweiligen, damit assoziierten Übertragungspfa-  
den (41-48) verbinden;  
die Kontaktleiterzungen (50) ein inneres Paar von Leiterzungen umfassen, die nebeneinan-  
der und in elektrischem Kontakt mit einem inneren Paar von Zungenleiterkontaktbereichen  
(54, 55) der Vielzahl von Zungenleiterkontaktbereichen (51-58/51'-58') angeordnet ist; die  
Kontaktleiterzungen (50) ferner ein geteiltes Paar von Leiterzungen umfassen, wobei jedes  
geteilte Paar von Leiterzungen neben einem jeweiligen des inneren Paares der Leiterzungen  
und in elektrischem Kontakt mit einem geteilten Paar von Zungenleiterkontaktbereichen (53,  
56) der Vielzahl von Zungenleiterkontaktbereichen (51-58/51'-58') angeordnet ist;  
die Kopplungsanordnung (CA/CA') einen ersten Kopplungsabschnitt von einem geteilten  
Paar zu einem inneren Paar (39, CA) umfasst, der auf der PCB (40) vorgesehen ist und  
elektrisch mit einem des inneren Paares von Zungenleiterkontaktbereichen (55) verbunden ist  
und elektrisch mit dem benachbarten, geteilten Paar von Zungenleiterkontaktbereichen (56)  
verbunden ist, wobei er eine kapazitive Kopplung zwischen diesen bereitstellt; die Kopp-  
lungsanordnung (CA/CA') ferner einen zweiten Kopplungsabschnitt von einem geteilten Paar  
zu einem inneren Paar (39', CA') umfasst, der auf der PCB (40) vorgesehen ist und elektrisch  
mit einem anderen des inneren Paares von Zungenleiterkontaktbereichen (54) verbunden ist  
und elektrisch mit dem benachbarten, geteilten Paar von Zungenleiterkontaktbereichen (53)  
verbunden ist, wobei er eine kapazitive Kopplung zwischen diesen bereitstellt; der erste  
Kopplungsabschnitt von einem geteilten Paar zu einem inneren Paar (39, CA) mit dem einen  
des inneren Paares von Zungenleiterkontaktbereichen (55) verbunden ist und das benach-  
barte Paar von Zungenleiterkontaktbereichen (56) in einem Abstand D davon beabstandet  
ist;



der zweite Kopplungsabschnitt von einem geteilten Paar zu einem inneren Paar (39', CA') mit dem anderen des inneren Paares von Zungenleiterkontaktbereichen (54) verbunden ist und das benachbarte Paar von Zungenleiterkontaktbereichen (53) in einem Abstand D davon beabstandet ist; die Kompensationskopplungsanordnung (C) einen Kompensationskopplungsabschnitt vom geteilten Paar zum inneren Paar umfasst, der elektrisch mit einer der mit einem des inneren Paares von Zungenleiterkontaktbereichen (54) verbundenen Spuren (44) verbunden ist und elektrisch mit einer der mit einem des benachbarten, geteilten Paares von Zungenleiterkontaktbereichen (56) verbundenen Spuren (46) verbunden ist, die neben der einen der mit einem des inneren Paares von Zungenleiterkontaktbereichen (54) verbundenen Spuren (44) liegt, wodurch eine kapazitive Kopplung zwischen diesen bereitgestellt wird; die Kompensationskopplungsanordnung (C) in einem Abstand d entlang der assoziierten Spur von der Kompensationskopplungsanordnung (C) zu den Leiterkontaktbereichen (51-58/51'-58') beabstandet ist; und  $d \gg D$ .

6. Stecker (10) nach Anspruch 1, wobei:  
die PCB (40) eine Vielzahl von Zungenleiterkontaktbereichen (51-58/51'-58') aufweist, die jeweilige Kontaktleiterzungen (50) mit den jeweiligen, damit assoziierten Übertragungspfaden (41-48) verbinden;  
jeder Zungenleiter (50) einen Steckerkontaktlängsabschnitt (84, 84') mit einer Zungenkontaktlänge für einen Kontakt mit Kontaktleitern einer Aufnahmebuchse und einen verlängerten Abschnitt (85, 85') umfasst, der in einem Winkel relativ zum Steckerkontaktlängsabschnitt (84, 84') verläuft; und der verlängerte Abschnitt (85, 85') an einem Leiterkontaktabschnitt (59, 59') endet, der eine Kontaktfläche aufweist, die den jeweiligen Zungenleiterkontaktbereich (51-58/51'-58') elektrisch und physisch kontaktiert.
7. Stecker (10) nach Anspruch 6, wobei das Gehäuse (12, 16) einen oder mehrere Gehäuseteile umfasst, die die Vielzahl der Kontaktleiterzungen (50) tragen und die PCB (40) tragen und die Kontaktleiterzungen (50) und die PCB (40) einklemmen, um den Leiterkontaktabschnitt (59, 59') jeder der Vielzahl der Leiterkontaktzungen (50) mit einer Druckkraft in Kontakt mit dem zugehörigen der Leiterkontaktbereiche (51-58) der PCB (40) zu drücken, um eine lötfreie elektrische und physische Verbindung zwischen jeder der Kontaktleiterzungen (50) und einem entsprechenden der Übertragungspfad-Zungenleiterkontaktbereiche (51-58) bereitzustellen.
8. Stecker (10) nach Anspruch 6, wobei:  
das Gehäuse (12, 16) einen oder mehrere Gehäuseteile umfasst, die die Vielzahl der Kontaktleiterzungen (50) tragen und die PCB (40) tragen;  
jede der Kontaktleiterzungen (50) einen mit dem verlängerten Abschnitt (85') integralen Leiterstift (87) umfasst; und jeder der Leiterkontaktbereiche (51'-58') metallisierte Durchgangsöffnungen der PCB (40) umfassen, die einen der Leiterstifte (87) aufnehmen, um einen elektrischen Kontakt zwischen dem Leiterkontaktbereich (51'-58') und der zugehörigen Kontaktleiterzunge (50) bereitzustellen.
9. Stecker (10) nach Anspruch 8, wobei die in den metallisierten Durchgangsöffnungen (51'-58') aufgenommenen Leiterstifte (87) die jeweilige Kontaktleiterzunge (50) in die PCB stecken.
10. Stecker (10) nach Anspruch 1, wobei das Gehäuse (12, 14) einen oder mehrere Gehäuseteile umfasst, die eine Vielzahl von Kontaktleiterzungen (50) tragen und die PCB (40) tragen.

**Hierzu 29 Blatt Zeichnungen**

1/29

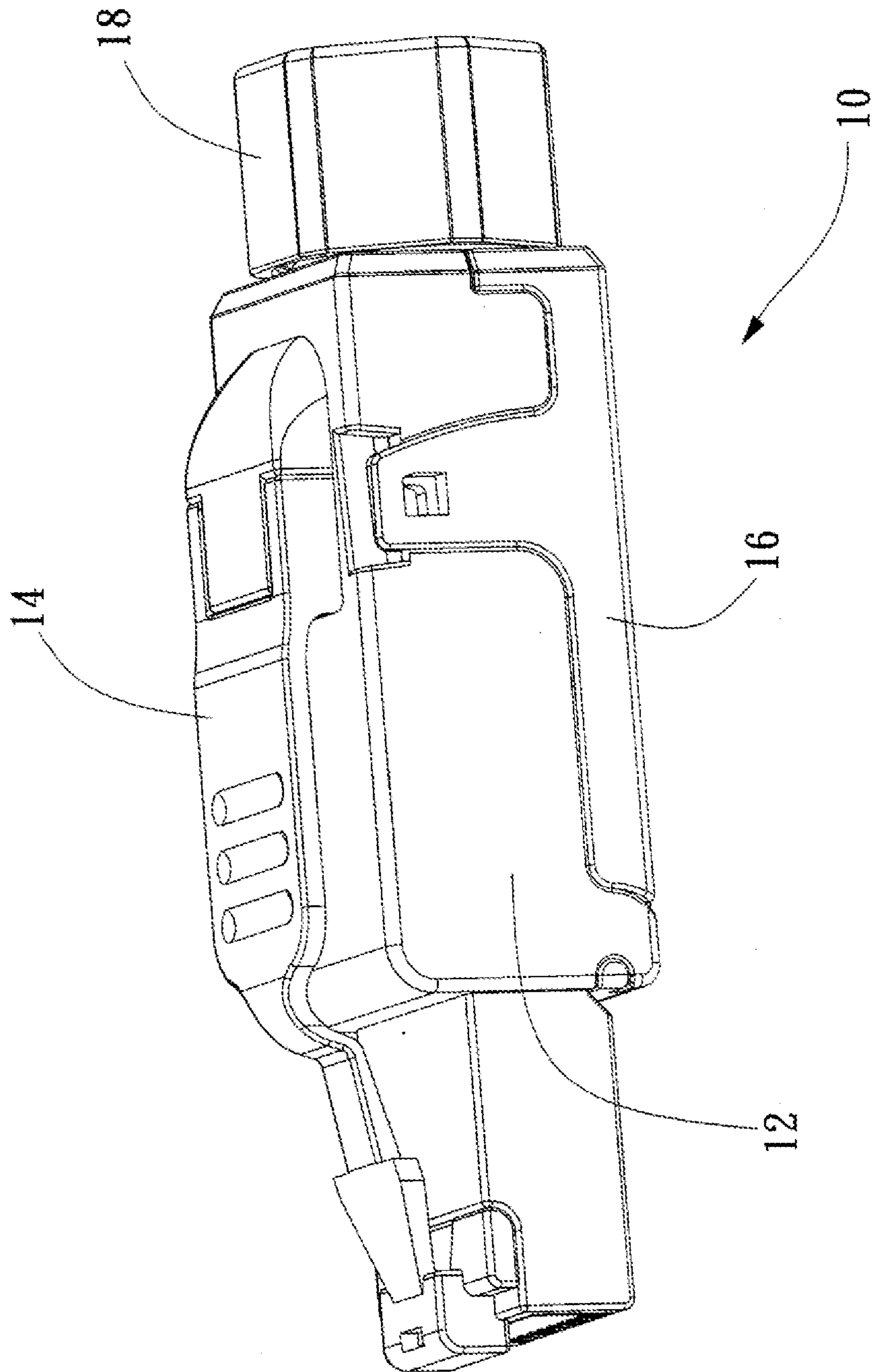


Fig. 1

2/29

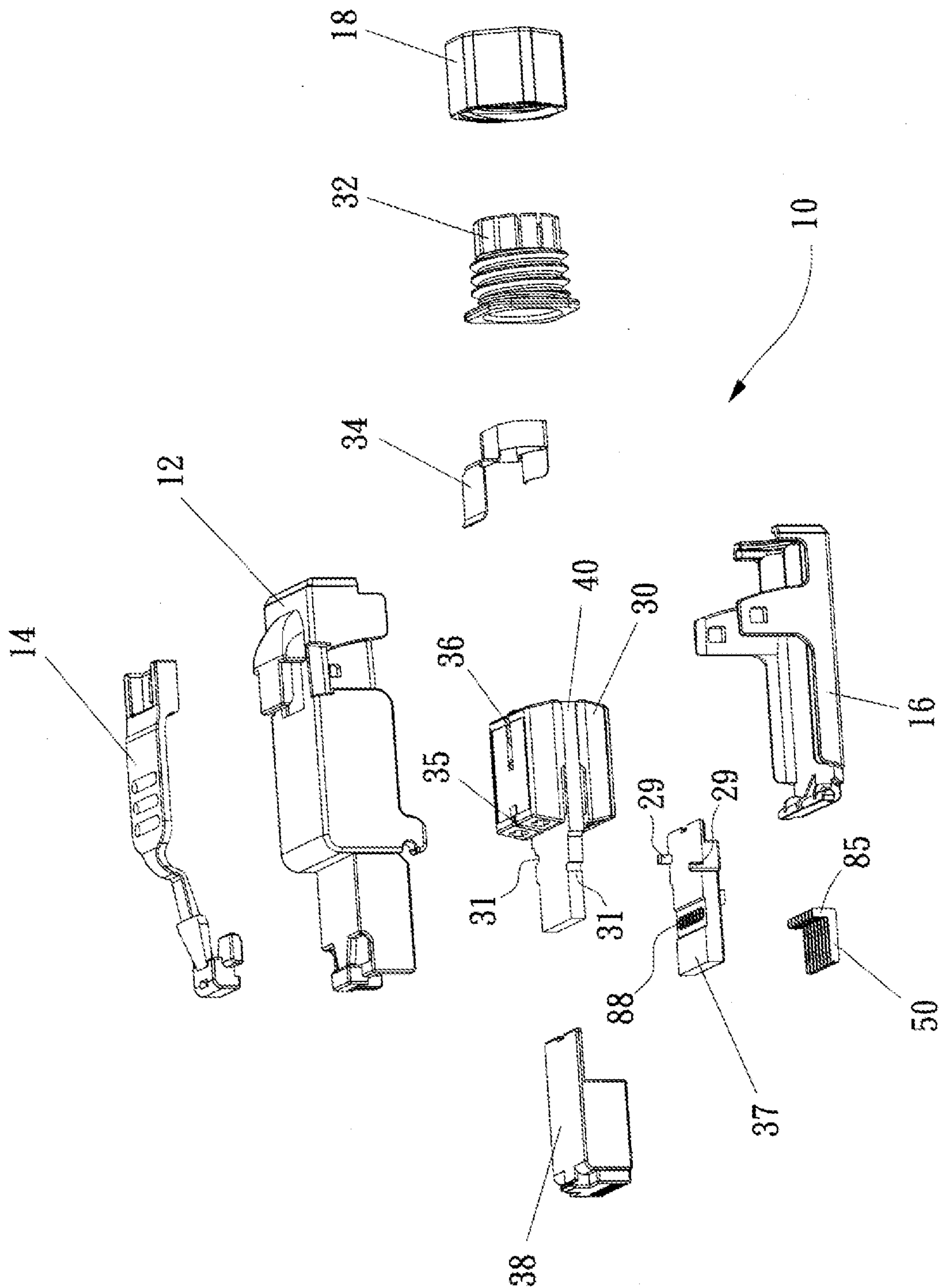


Fig. 2



3/29

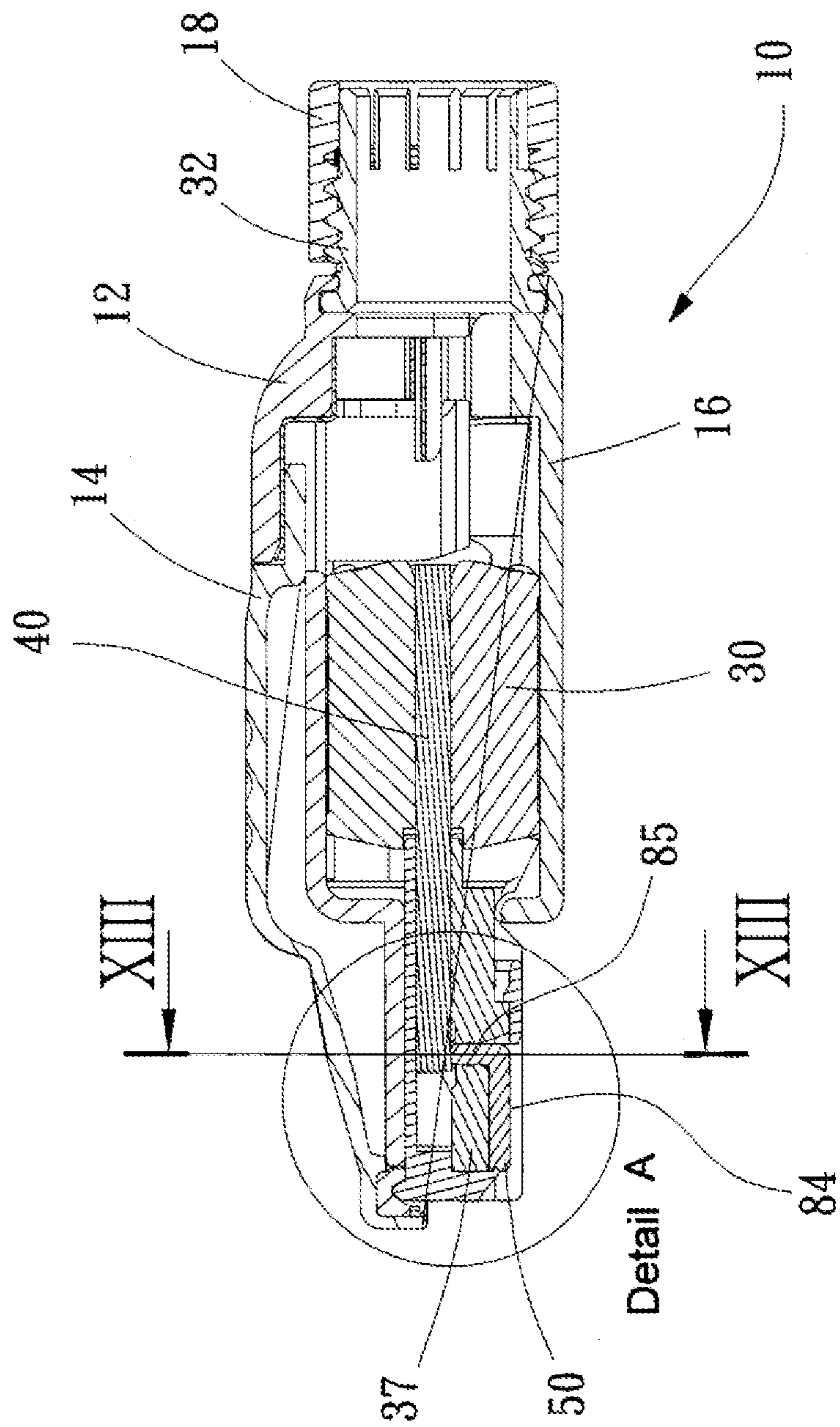


Fig. 3

4/29

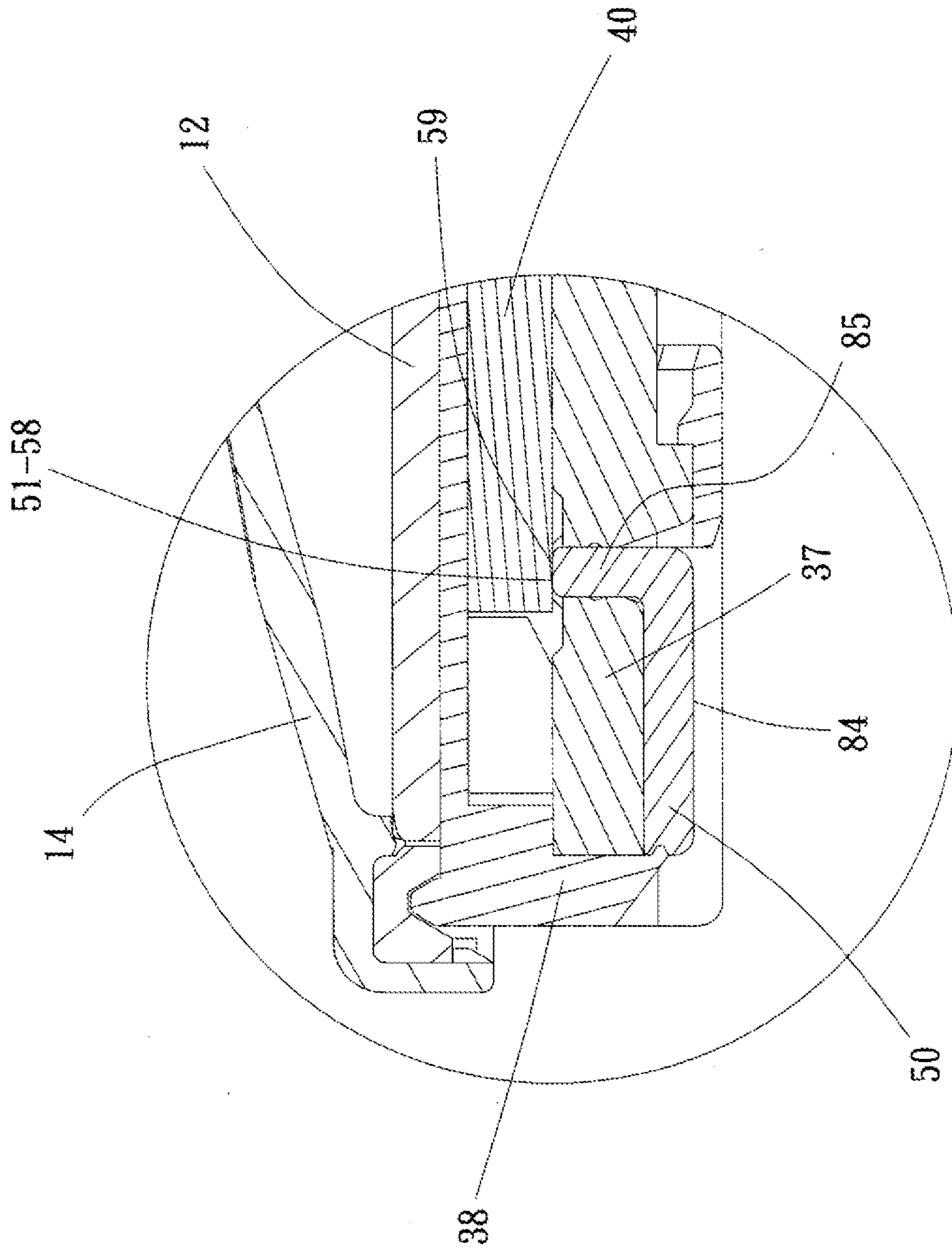
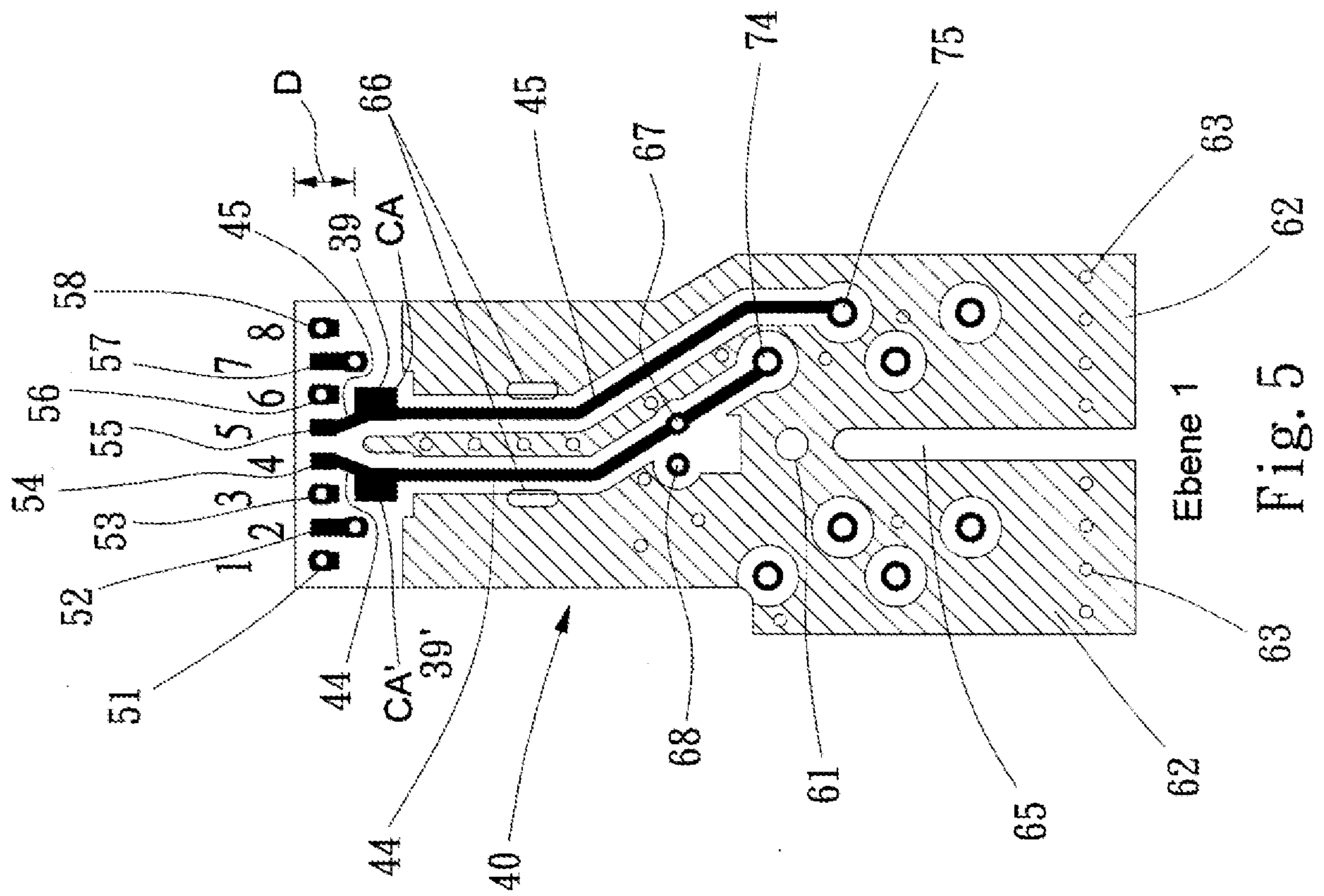


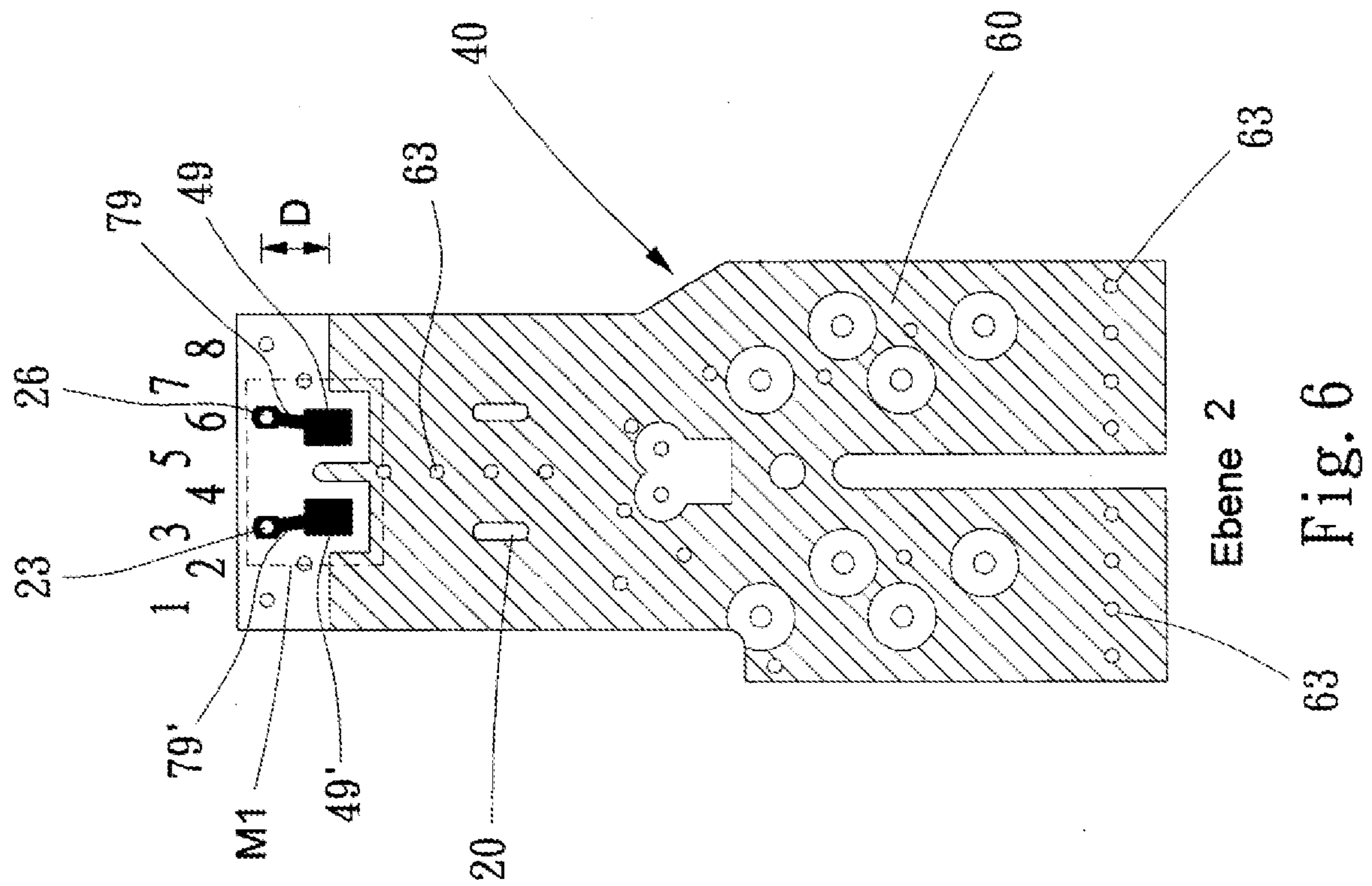
Fig. 4

5/29

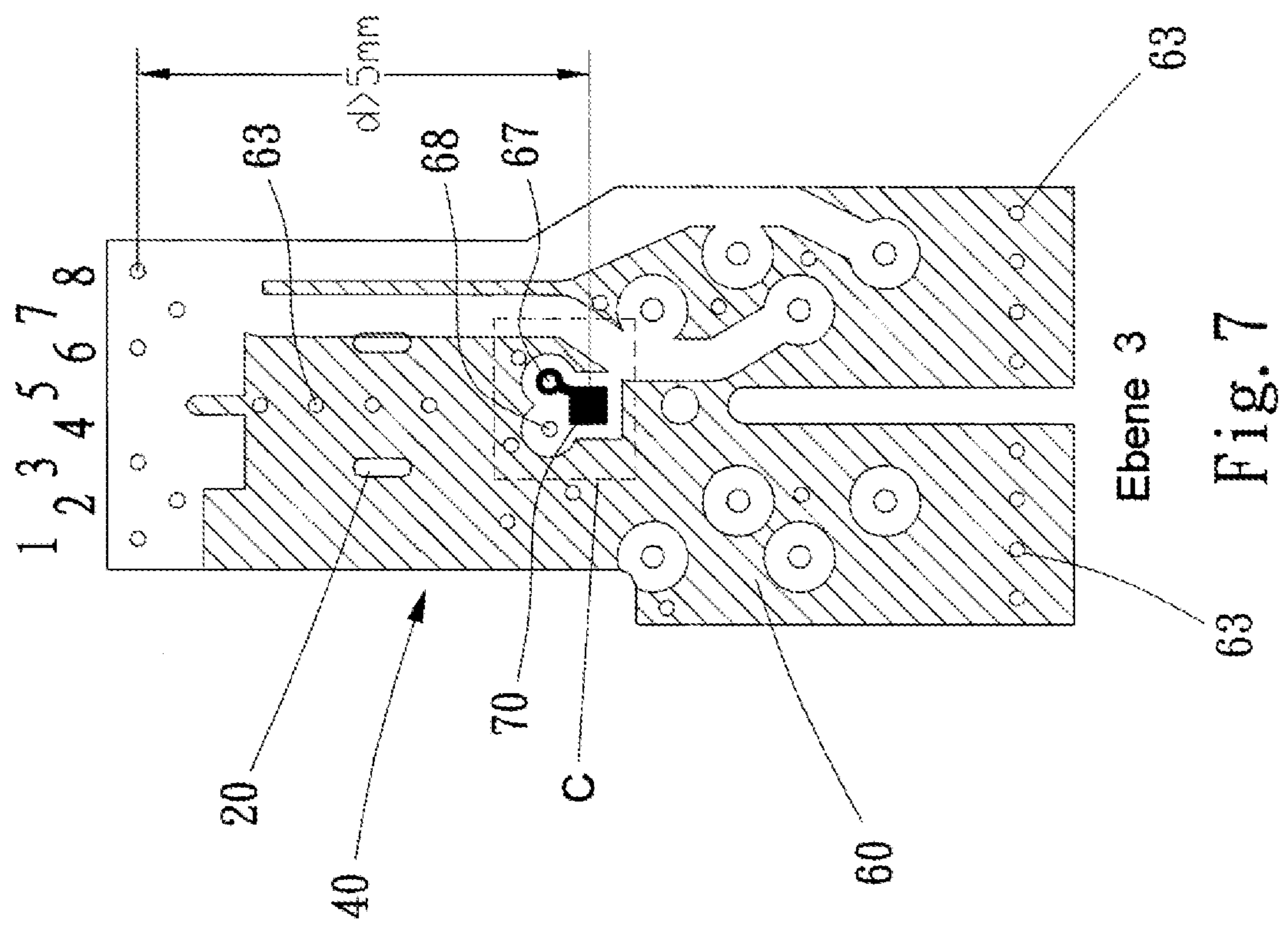




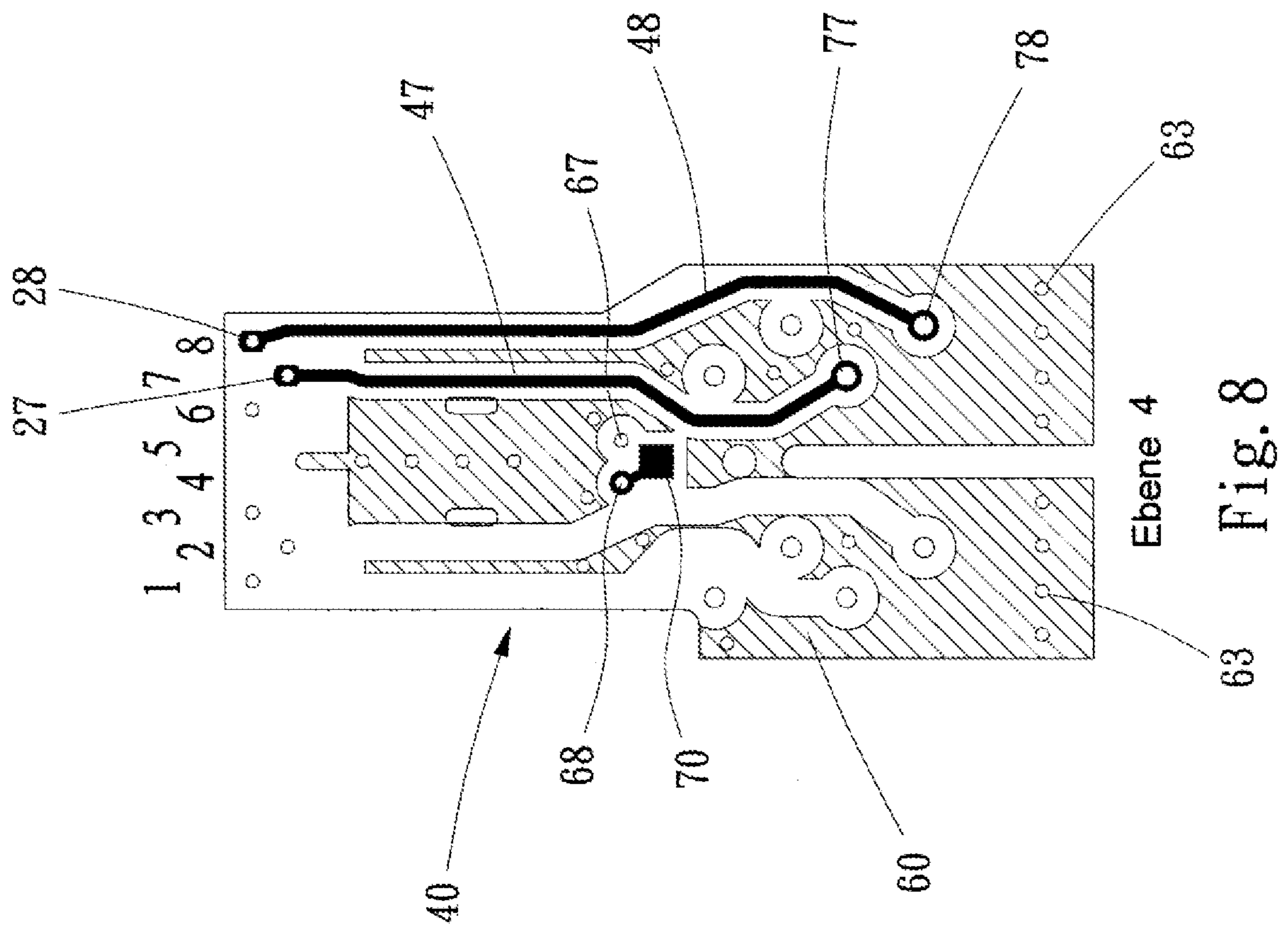
6/29



7/29

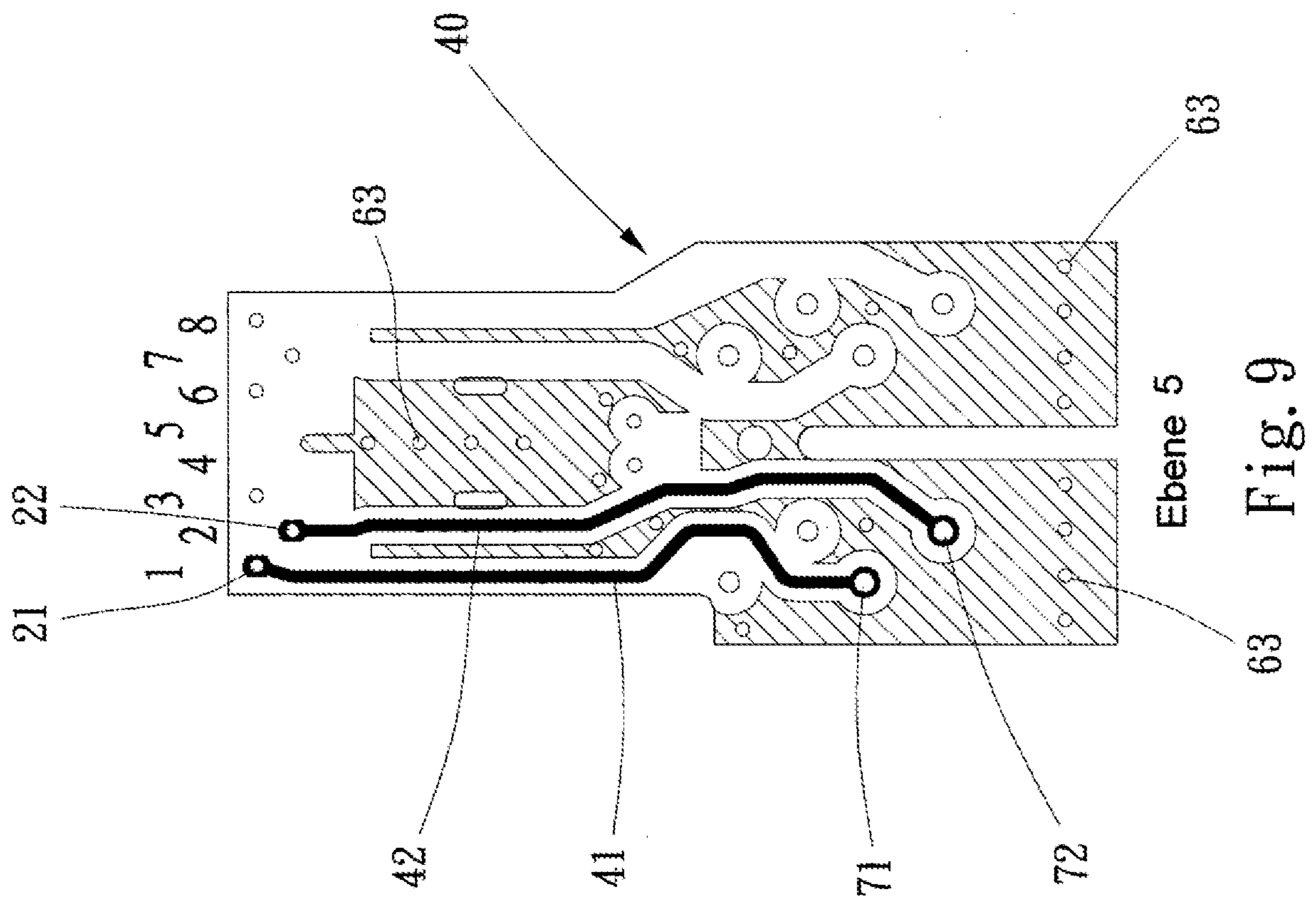


8/29

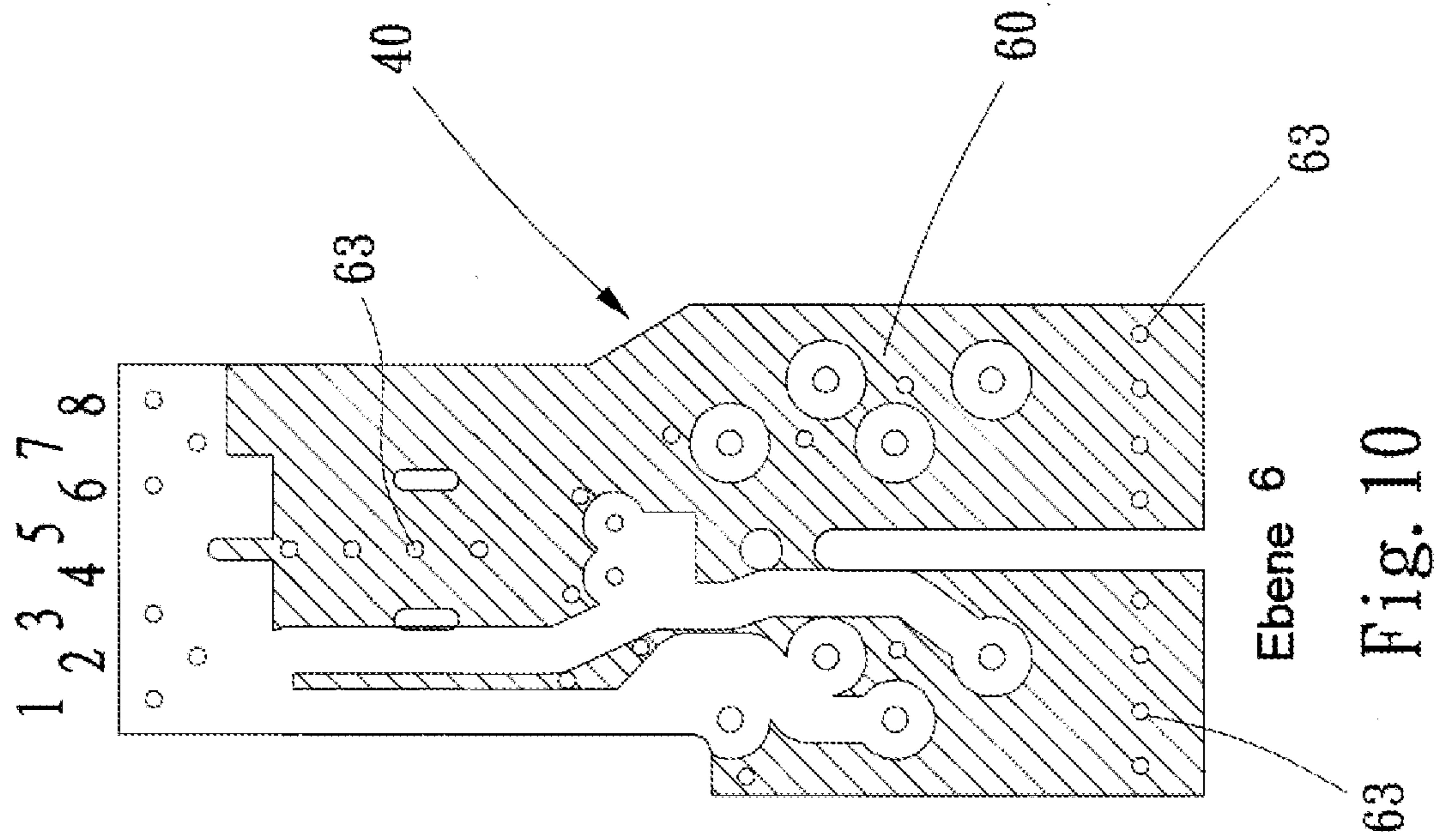




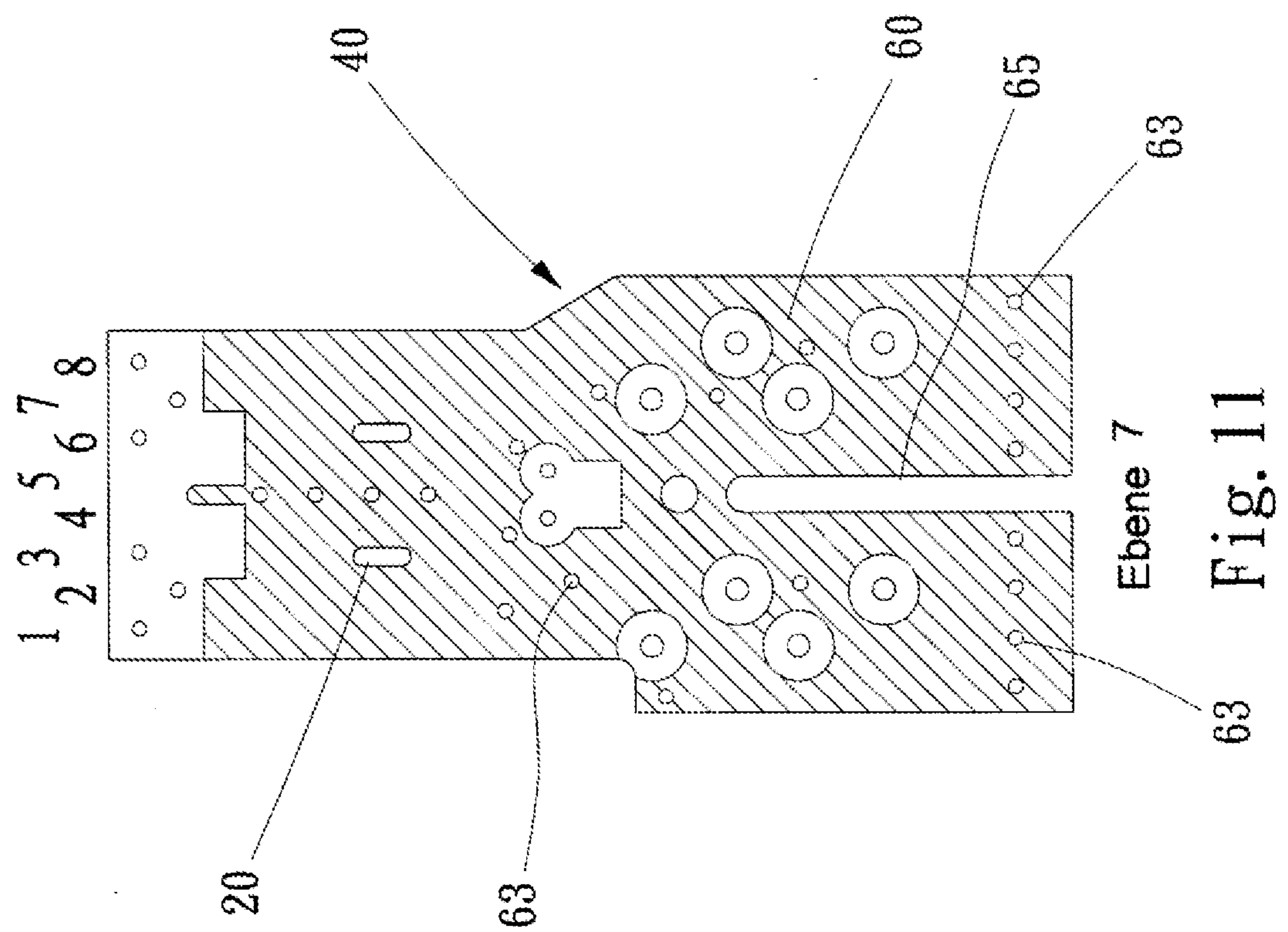
9/29



10/29

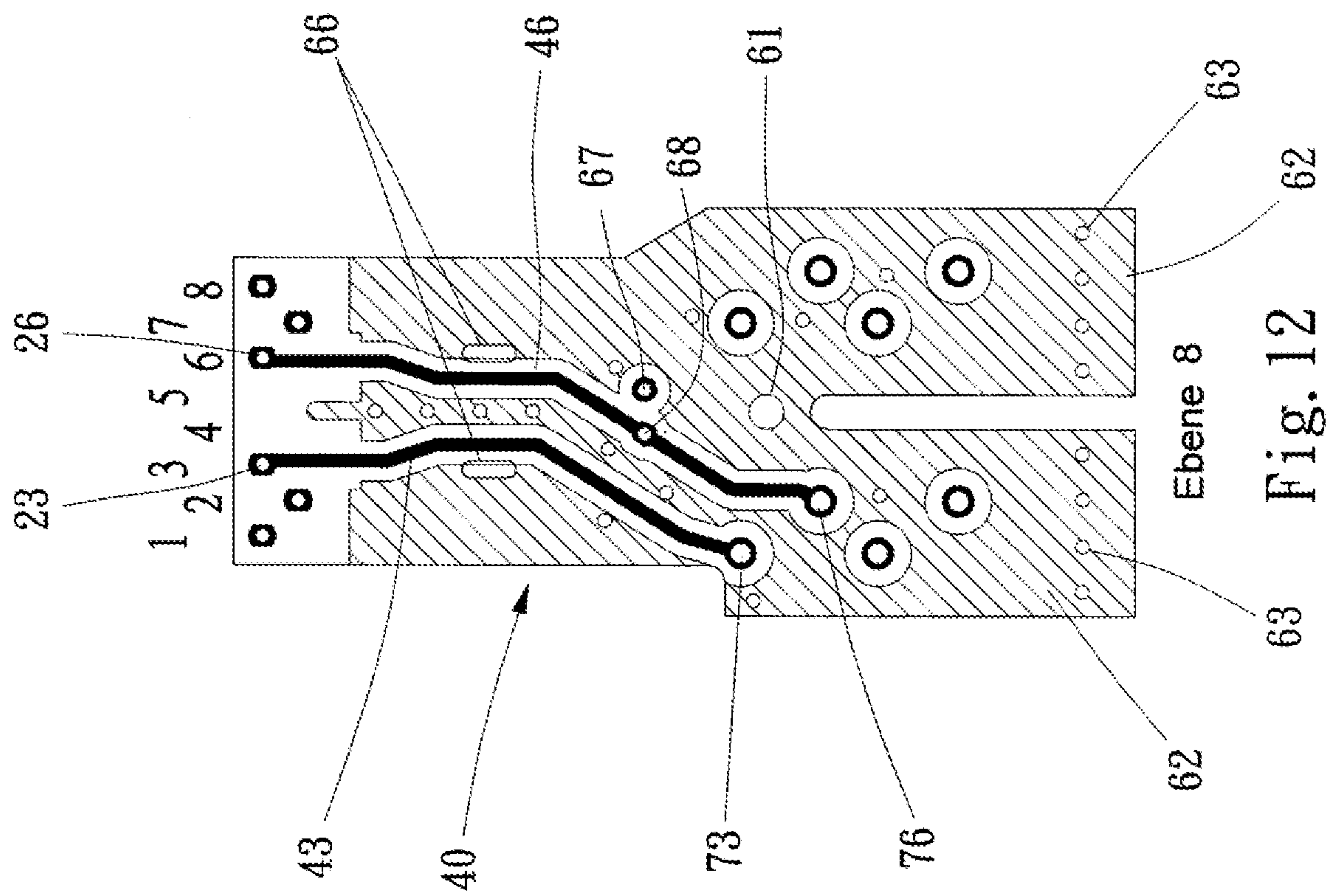


11/29





12/29



13/29

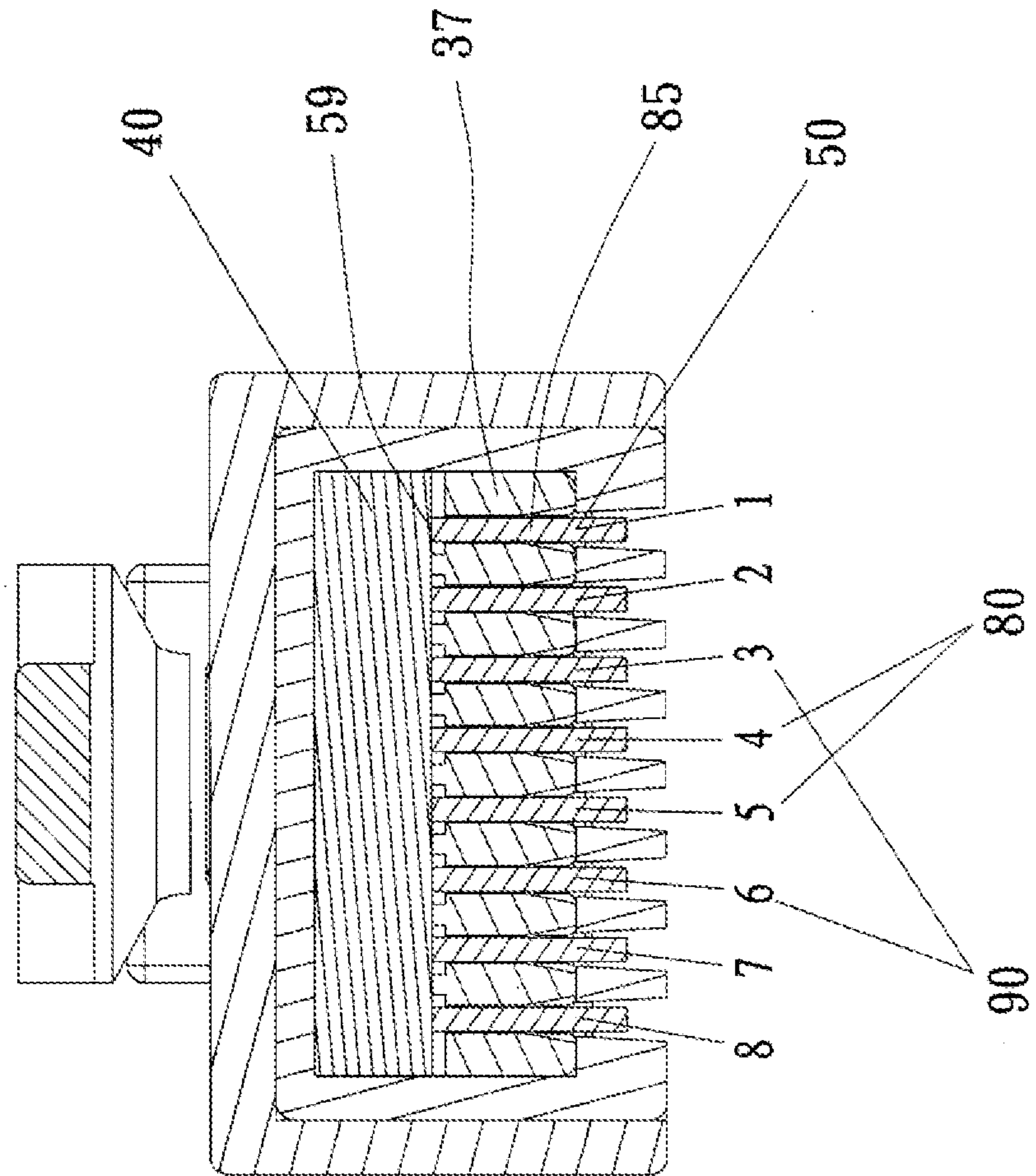


Fig. 13

14/29

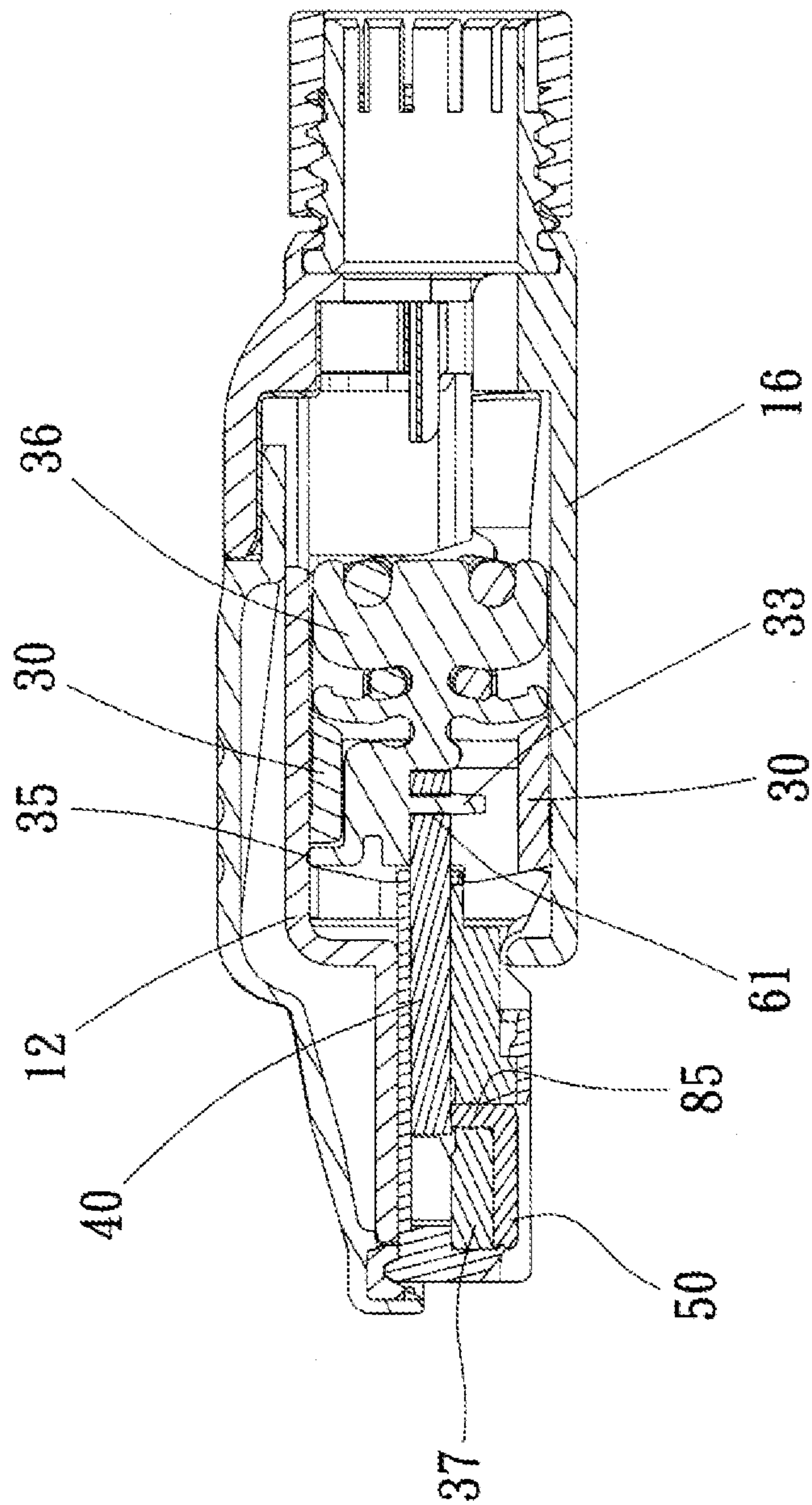


Fig. 14



15/29

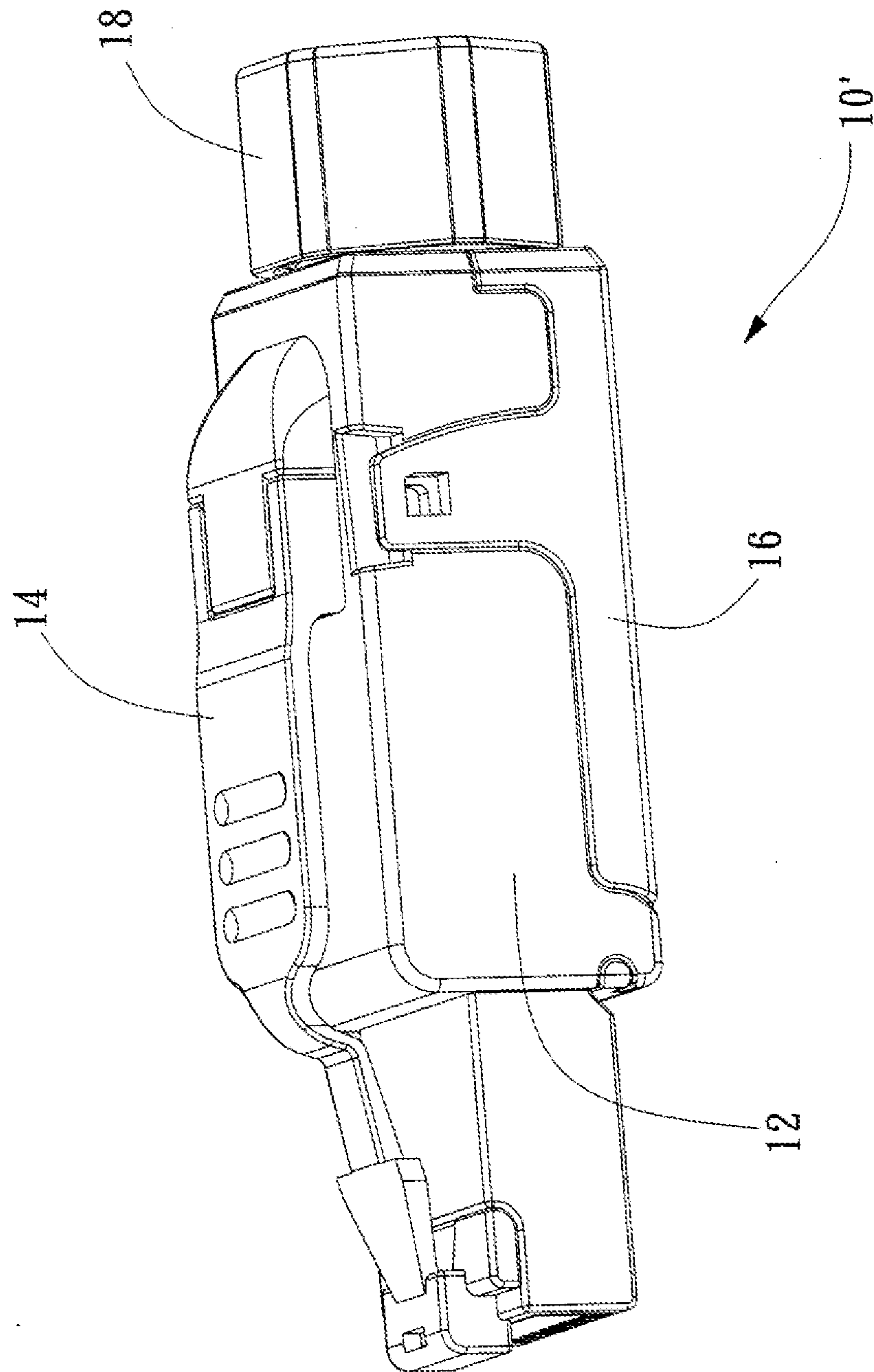


Fig. 15

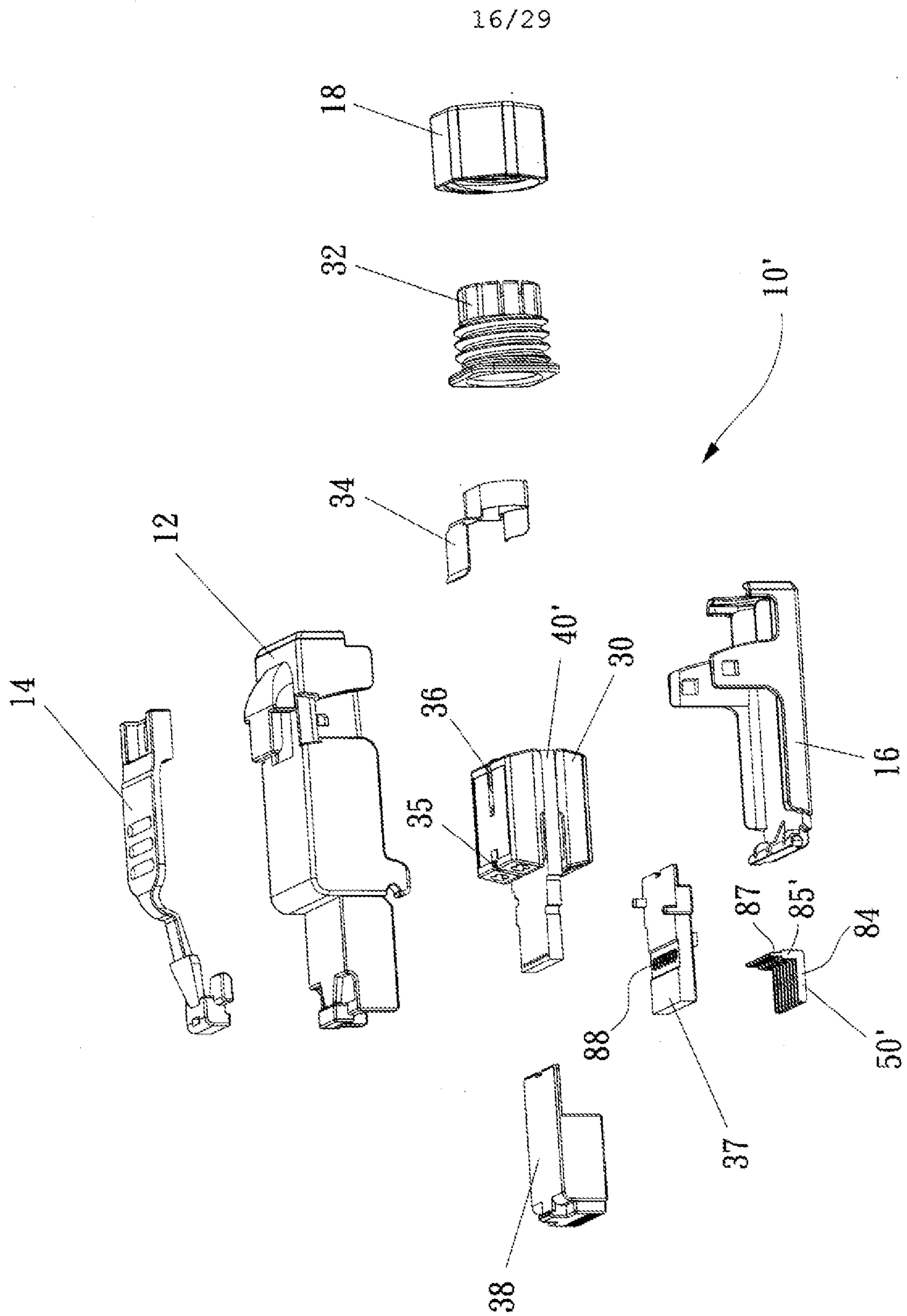


Fig. 16

17/29

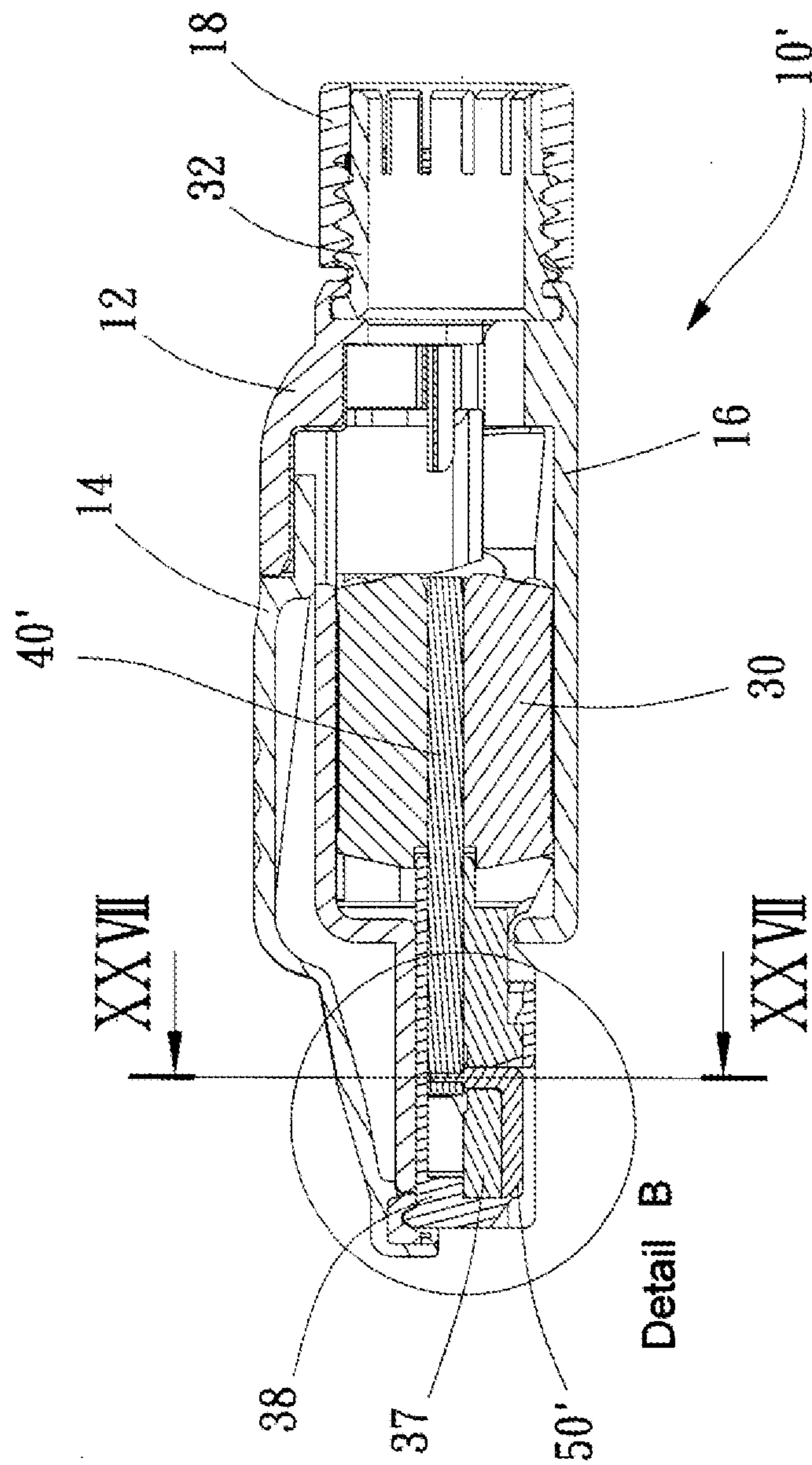


Fig. 17

18/29

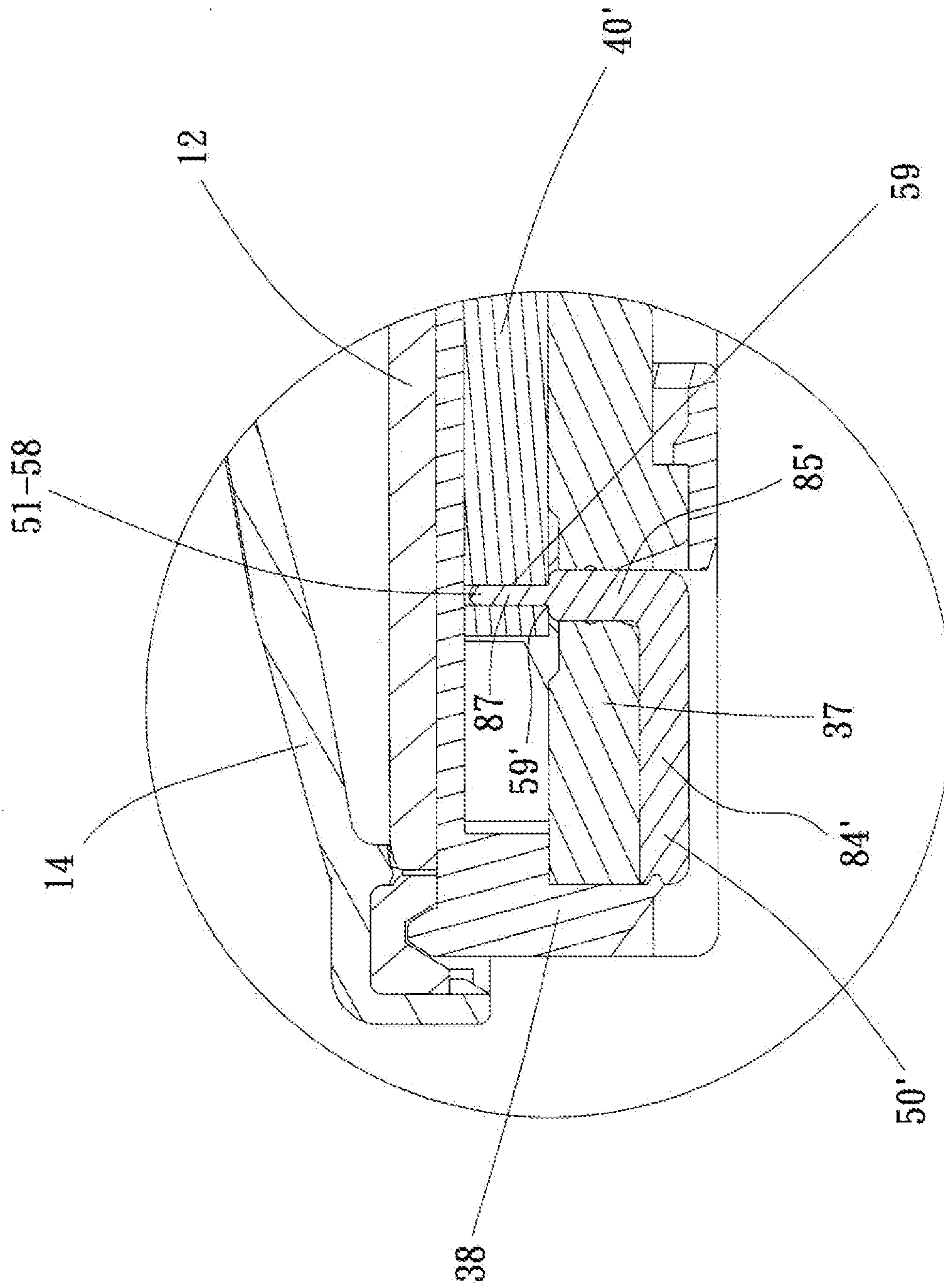
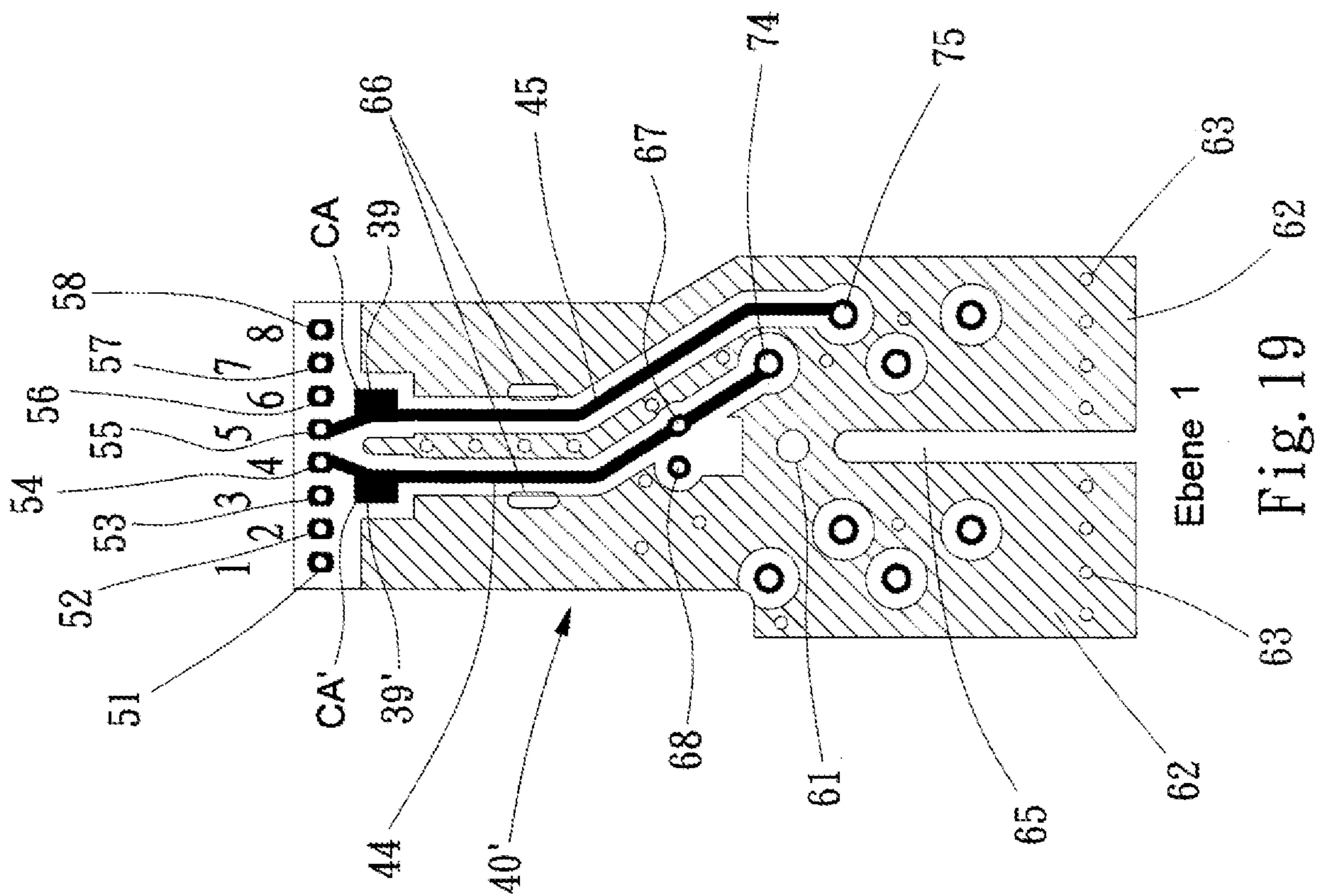


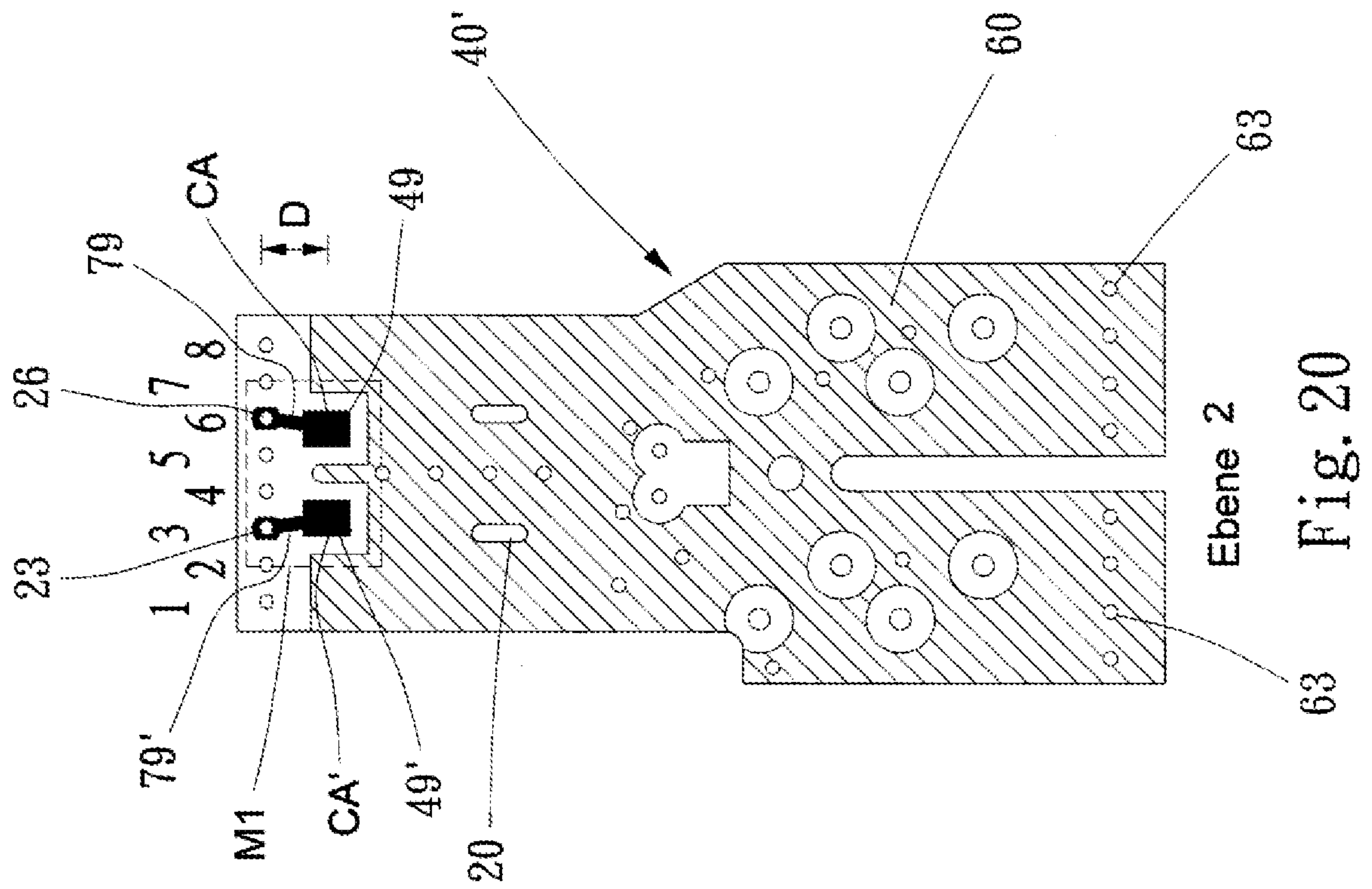
Fig. 18



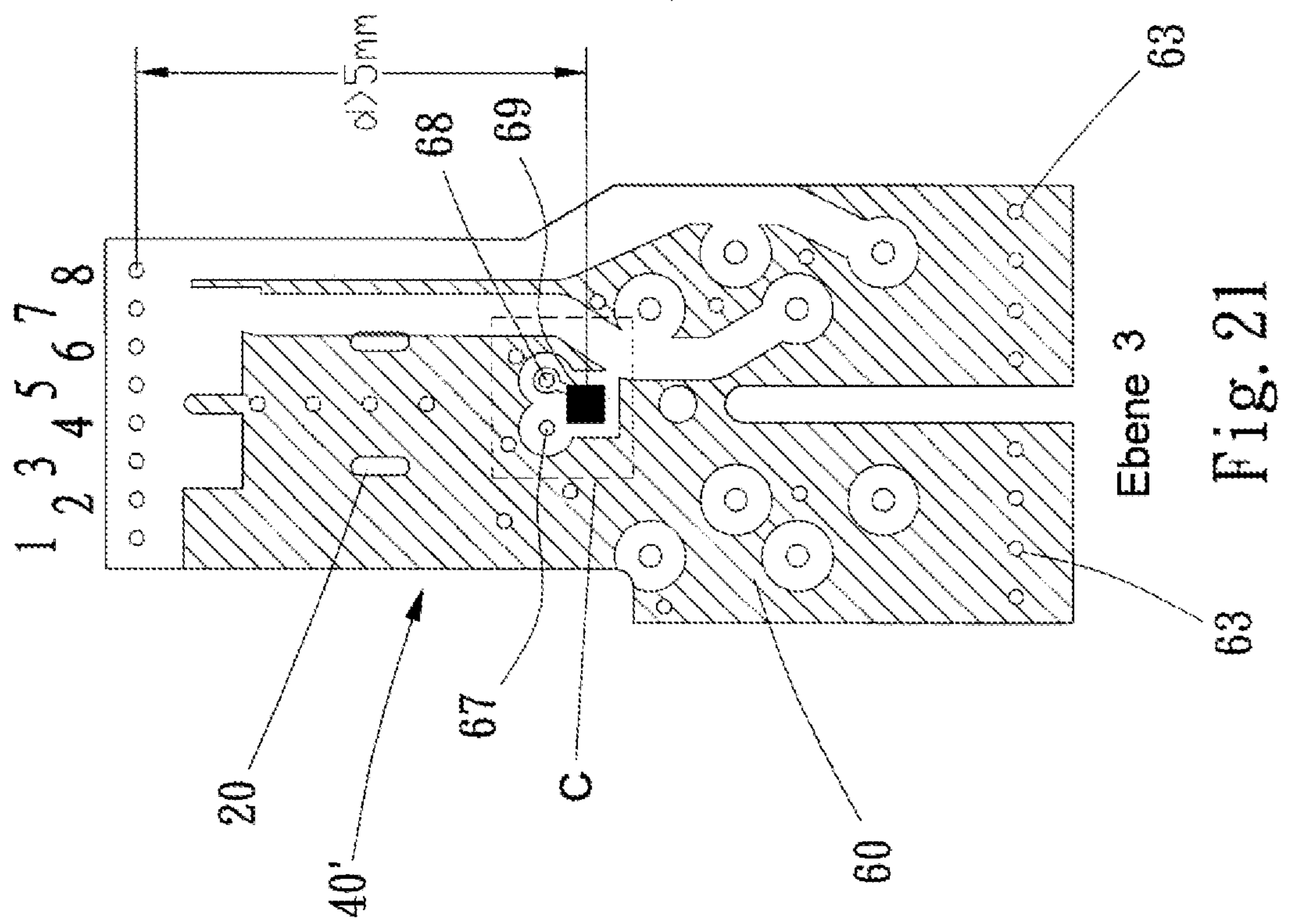
19/29



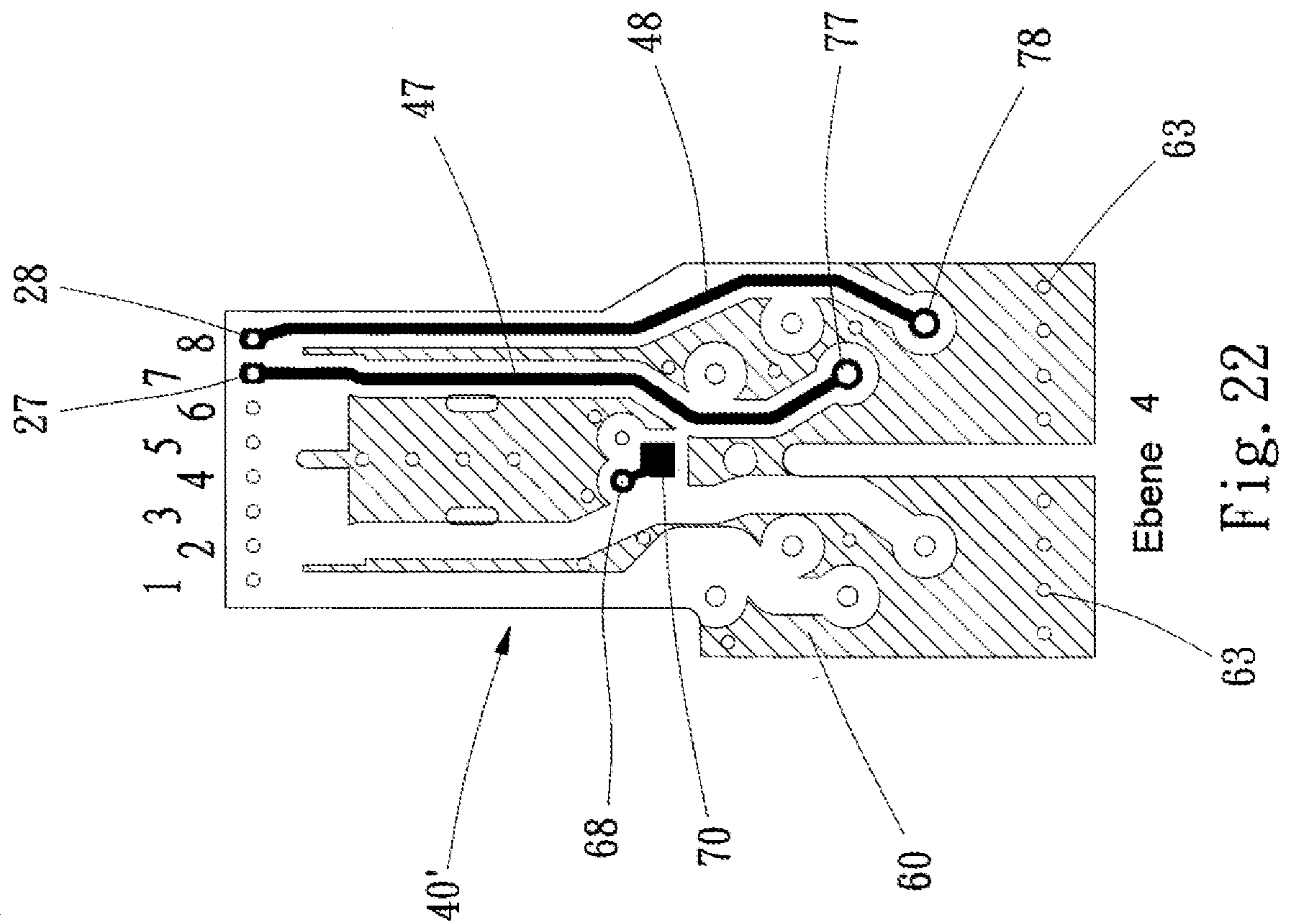
20/29



21/29

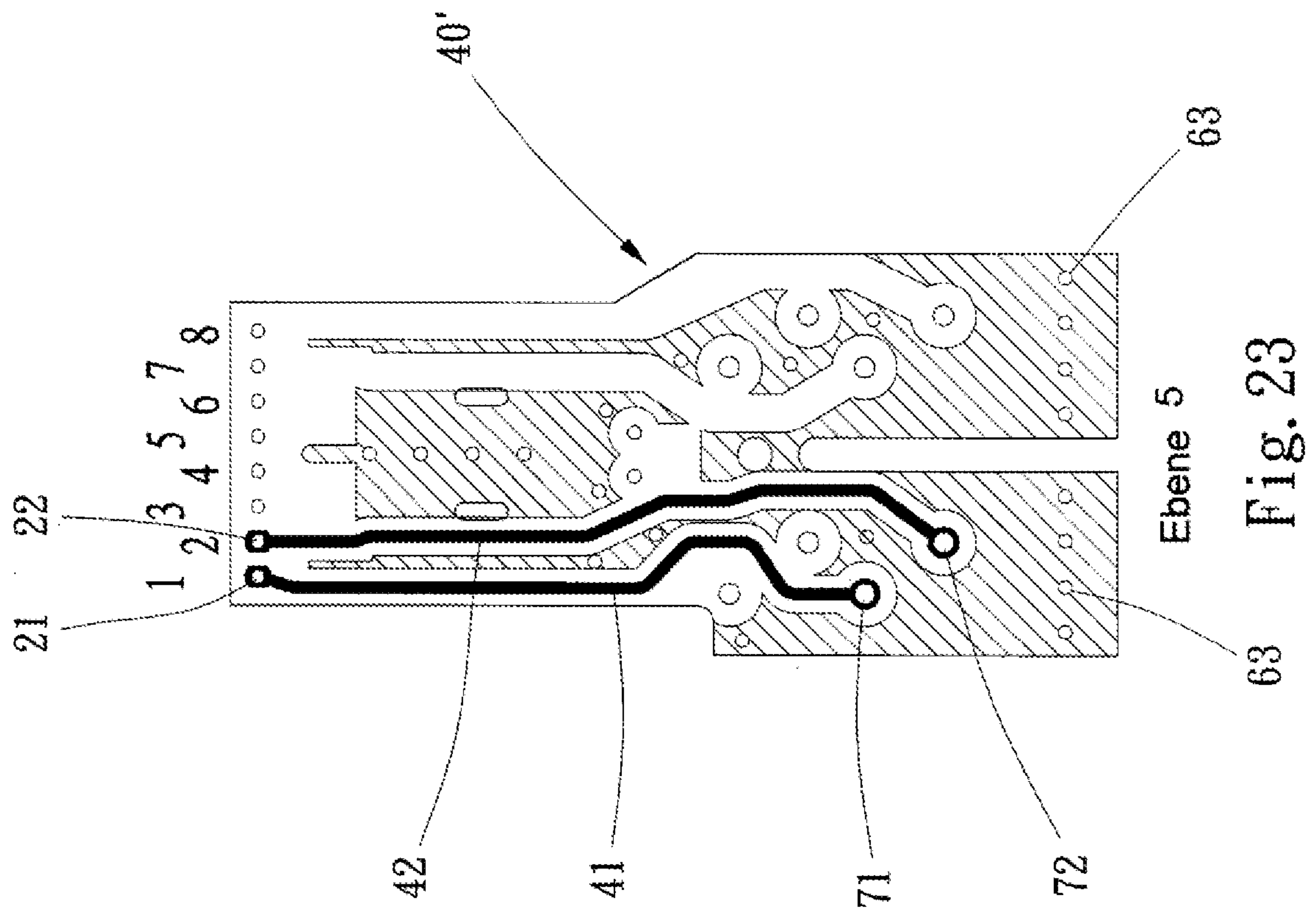


22/29

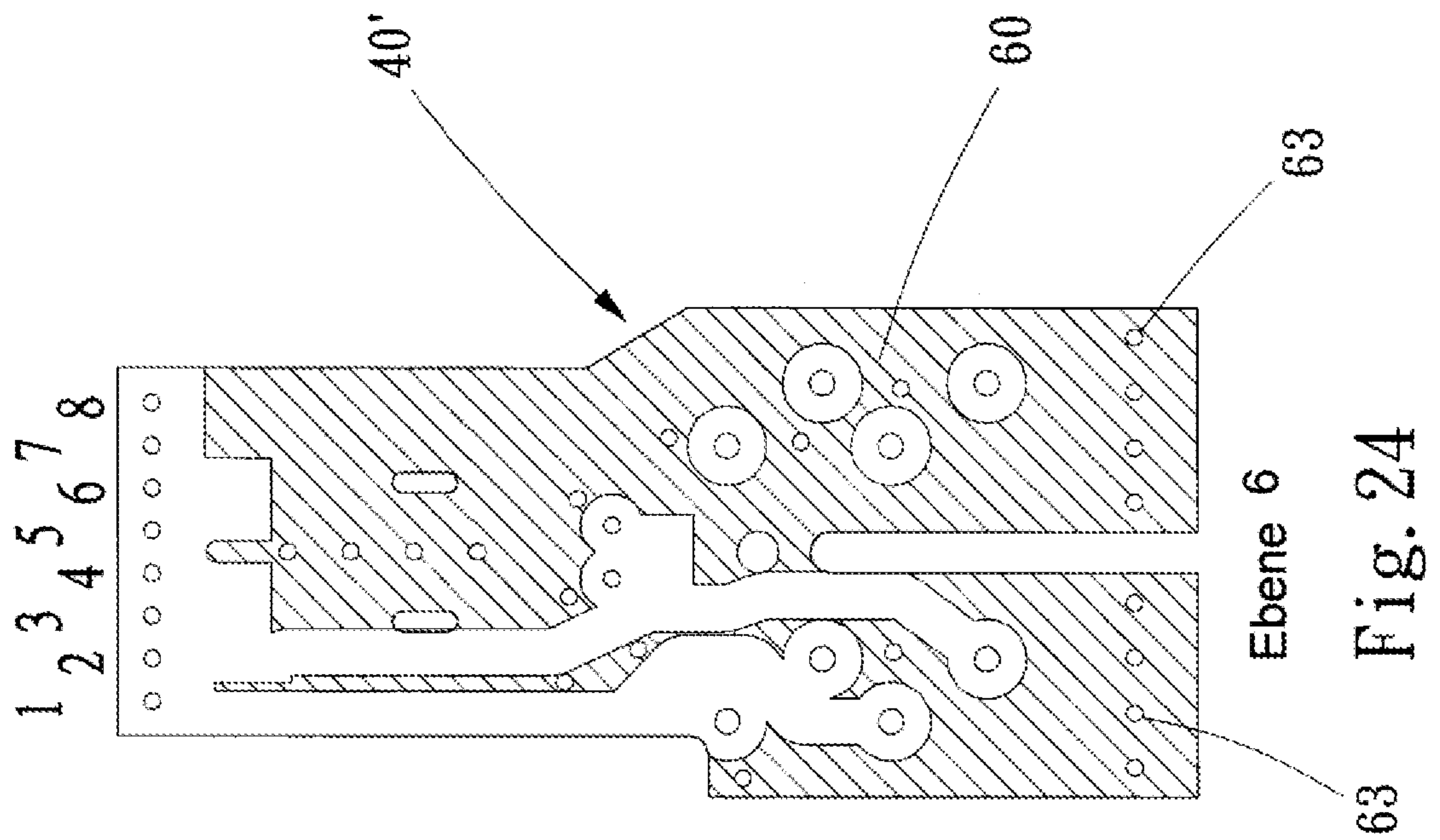




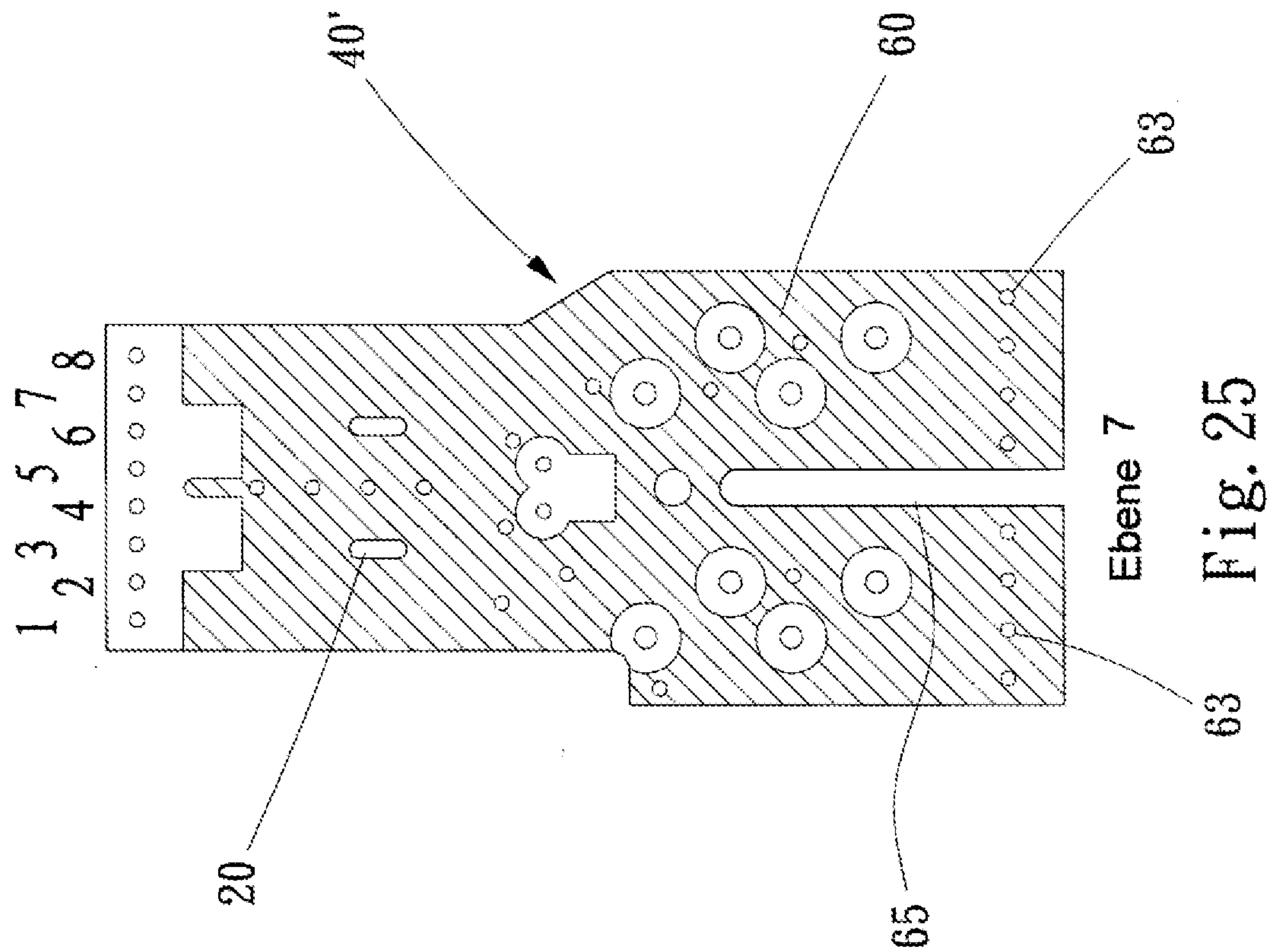
23/29



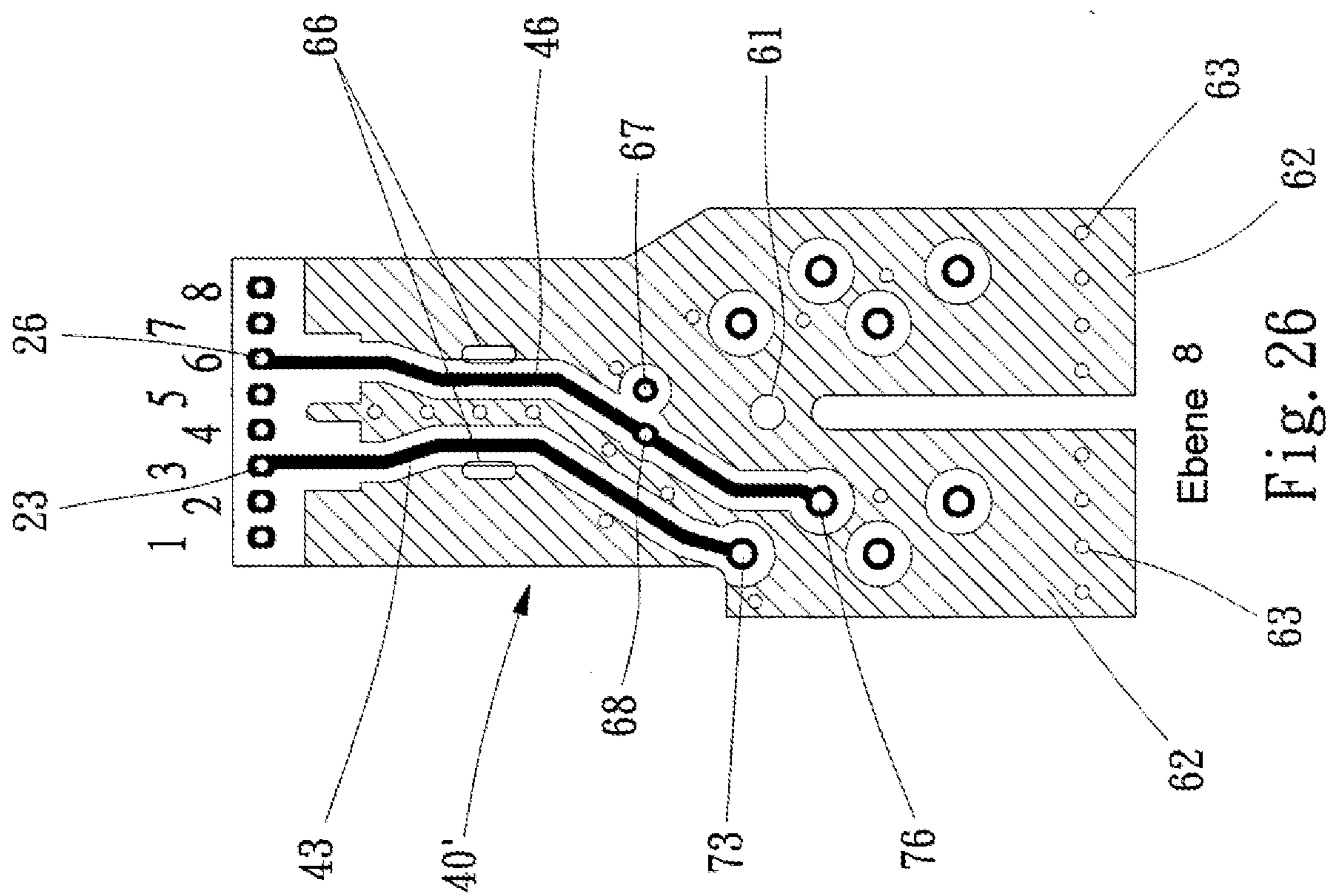
24/29



25/29



26/29





27/29

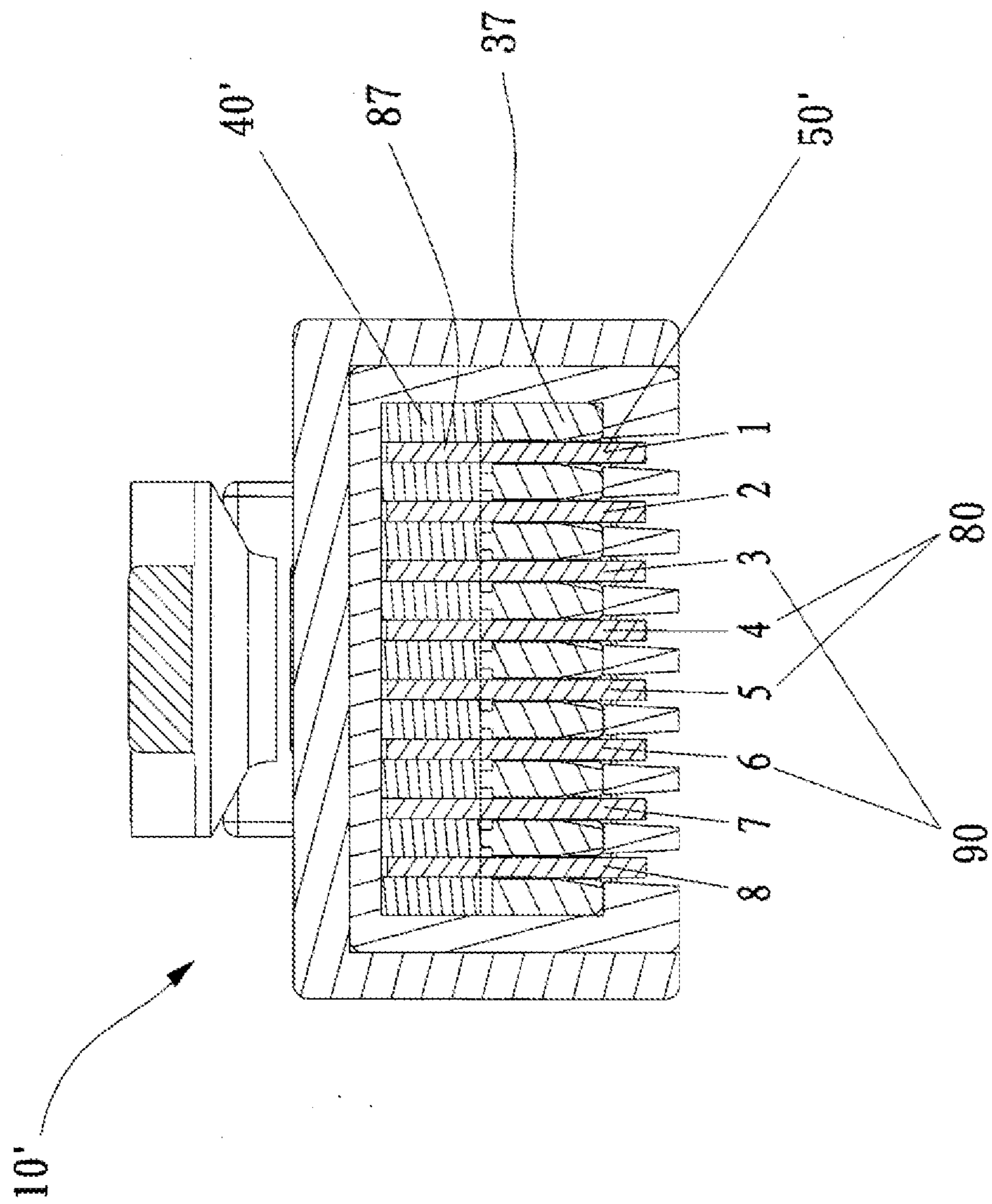


Fig. 27

28 / 29

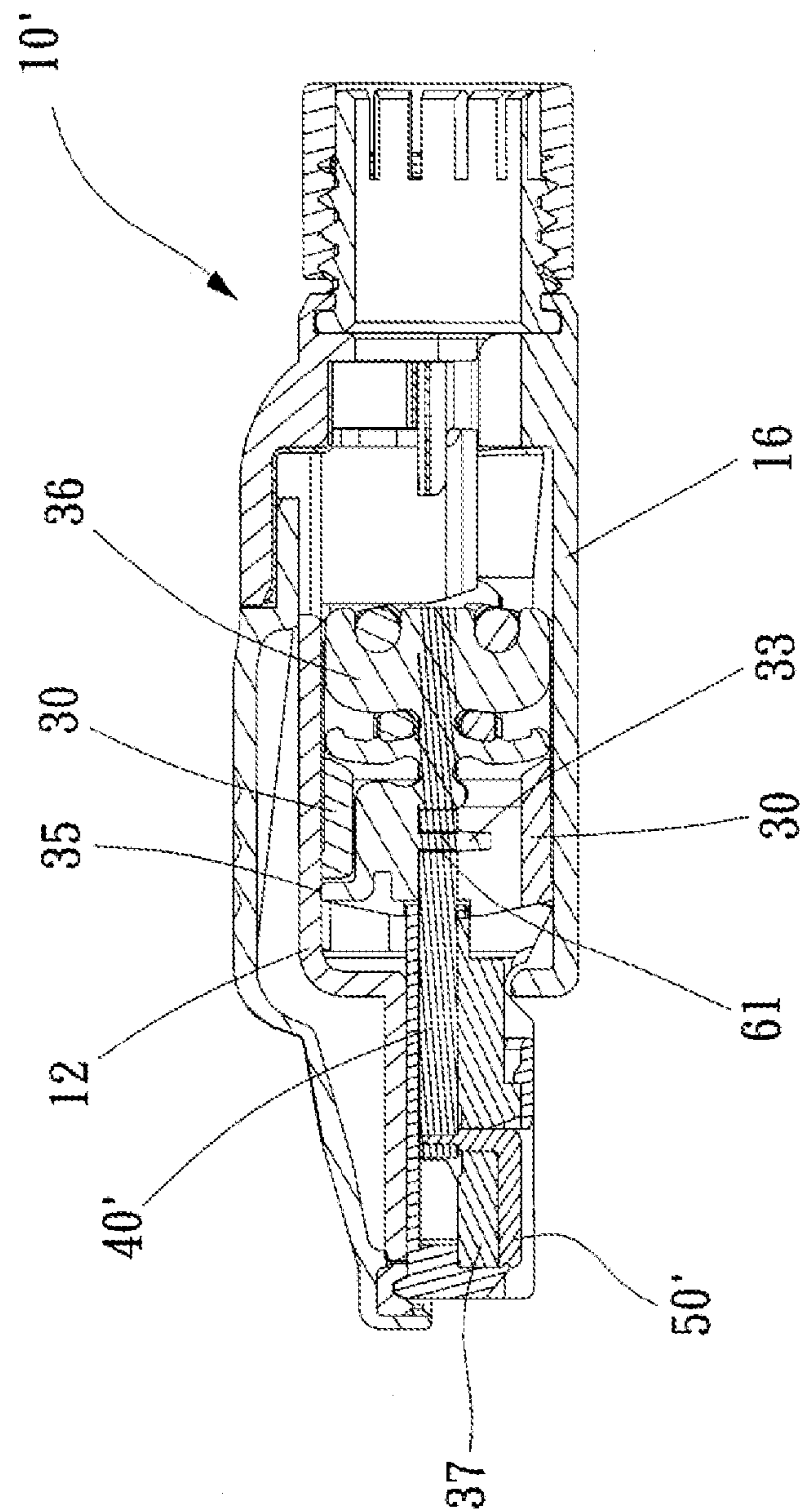
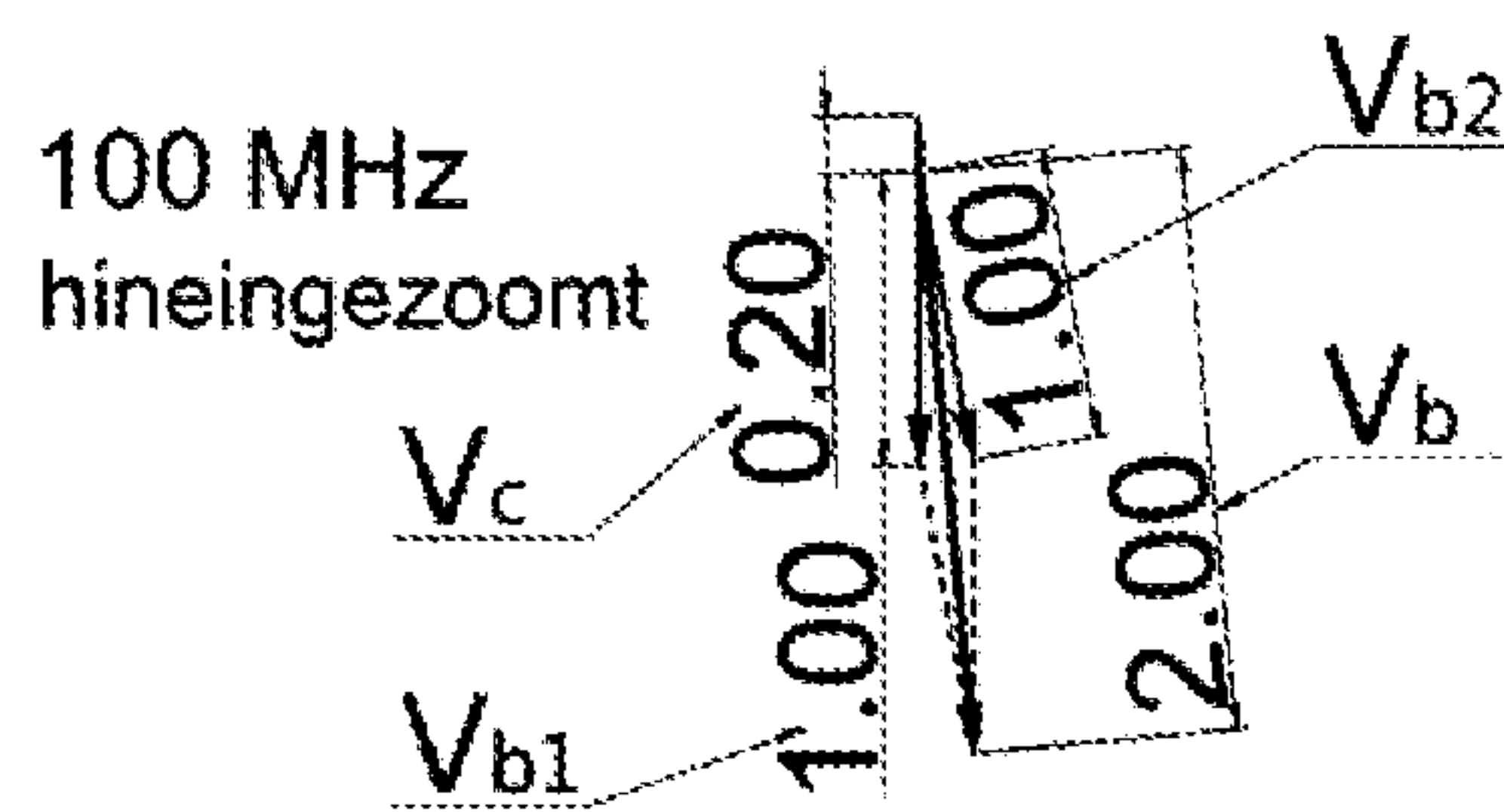
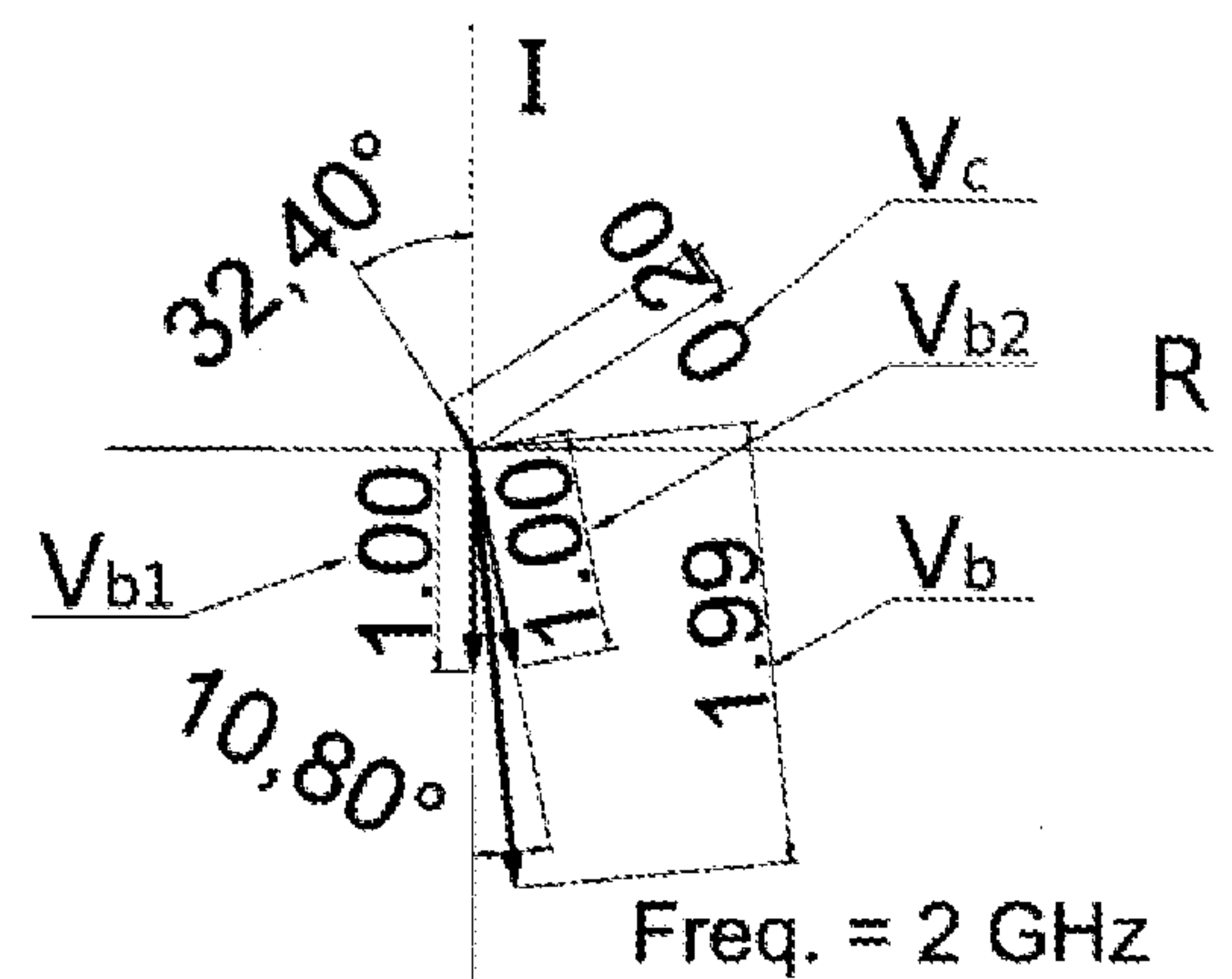
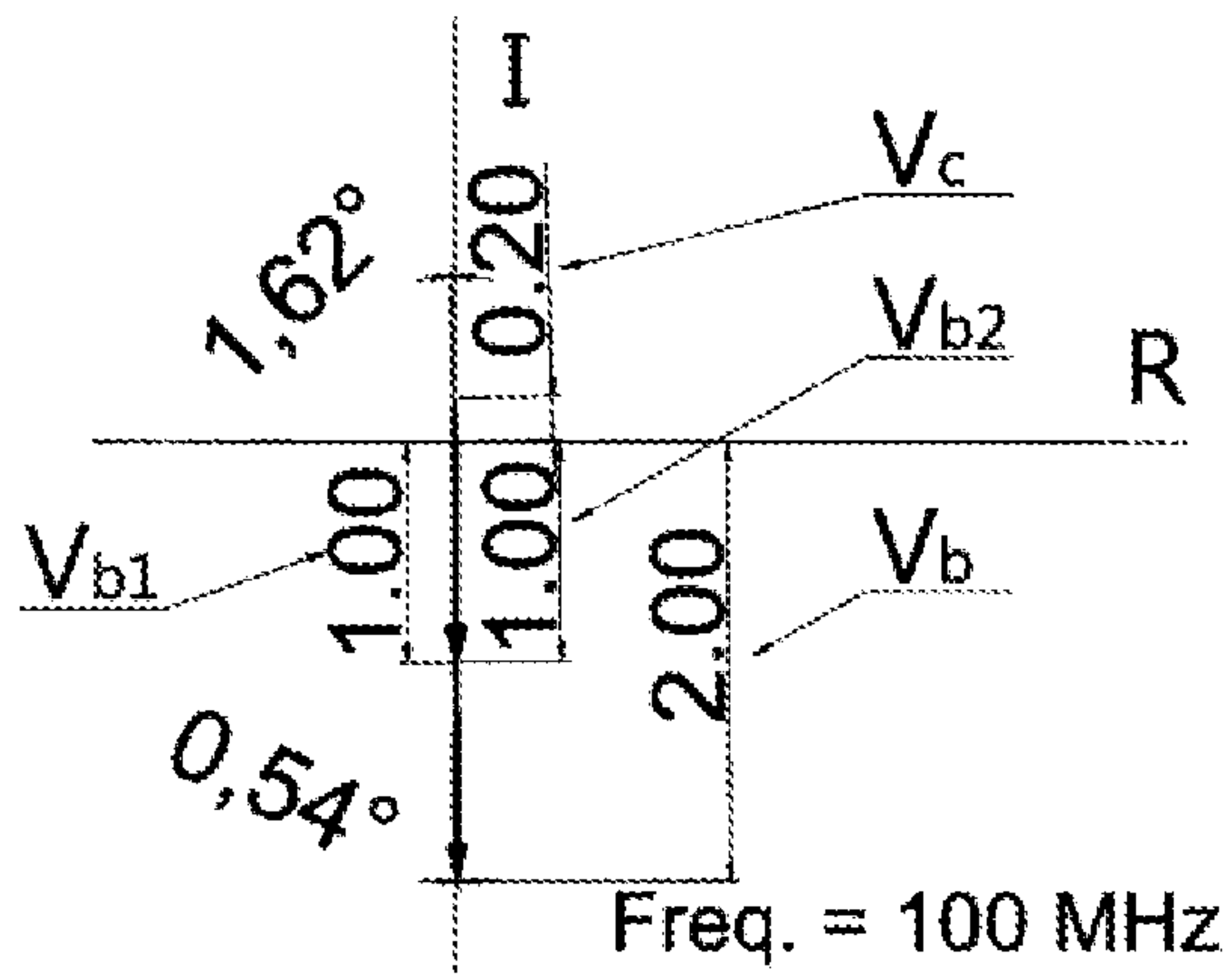
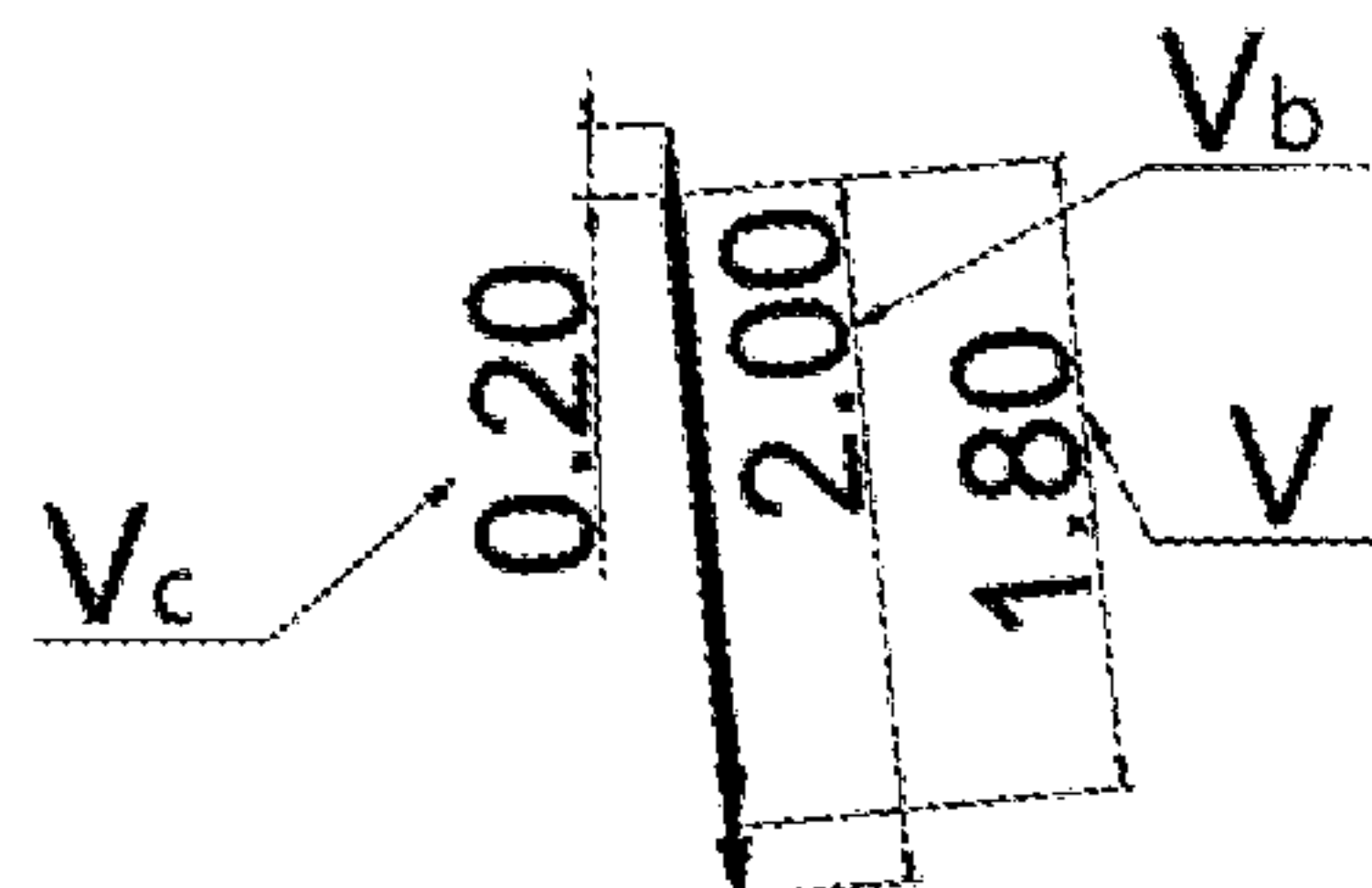


Fig. 28

29/29



$$V_b = V_{b1} + V_{b2} \downarrow$$



$$V = V_b + V_c \downarrow$$

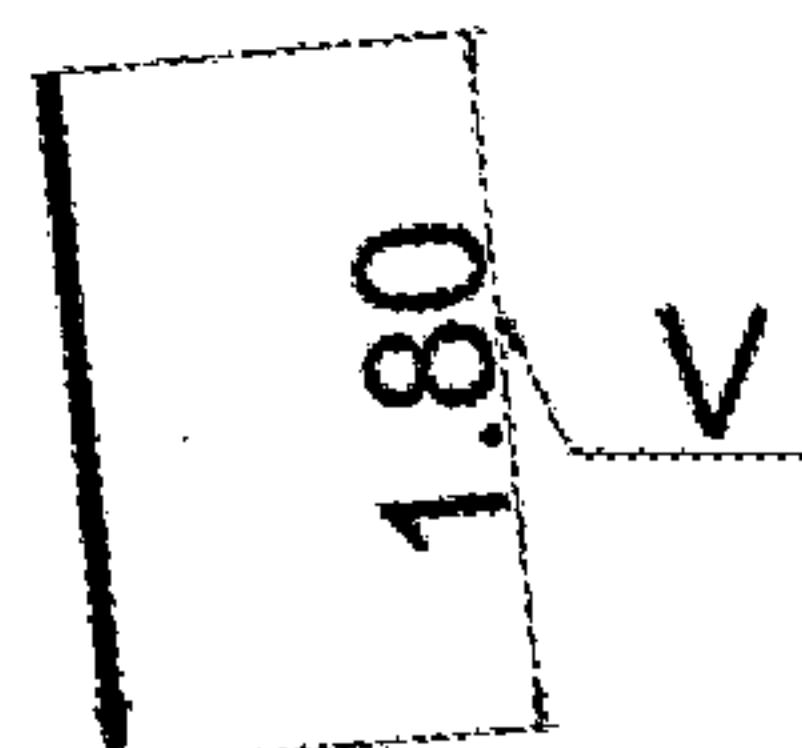
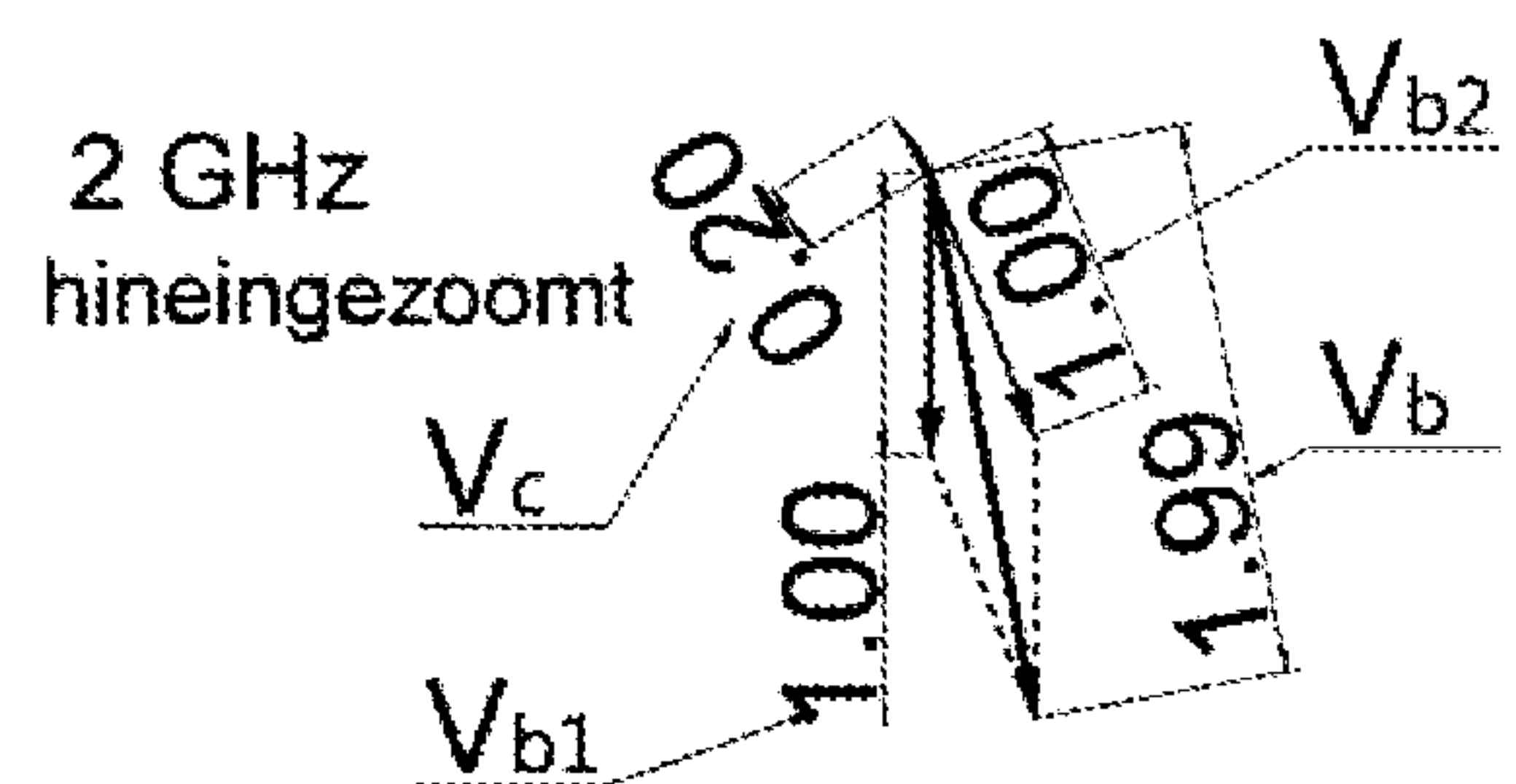
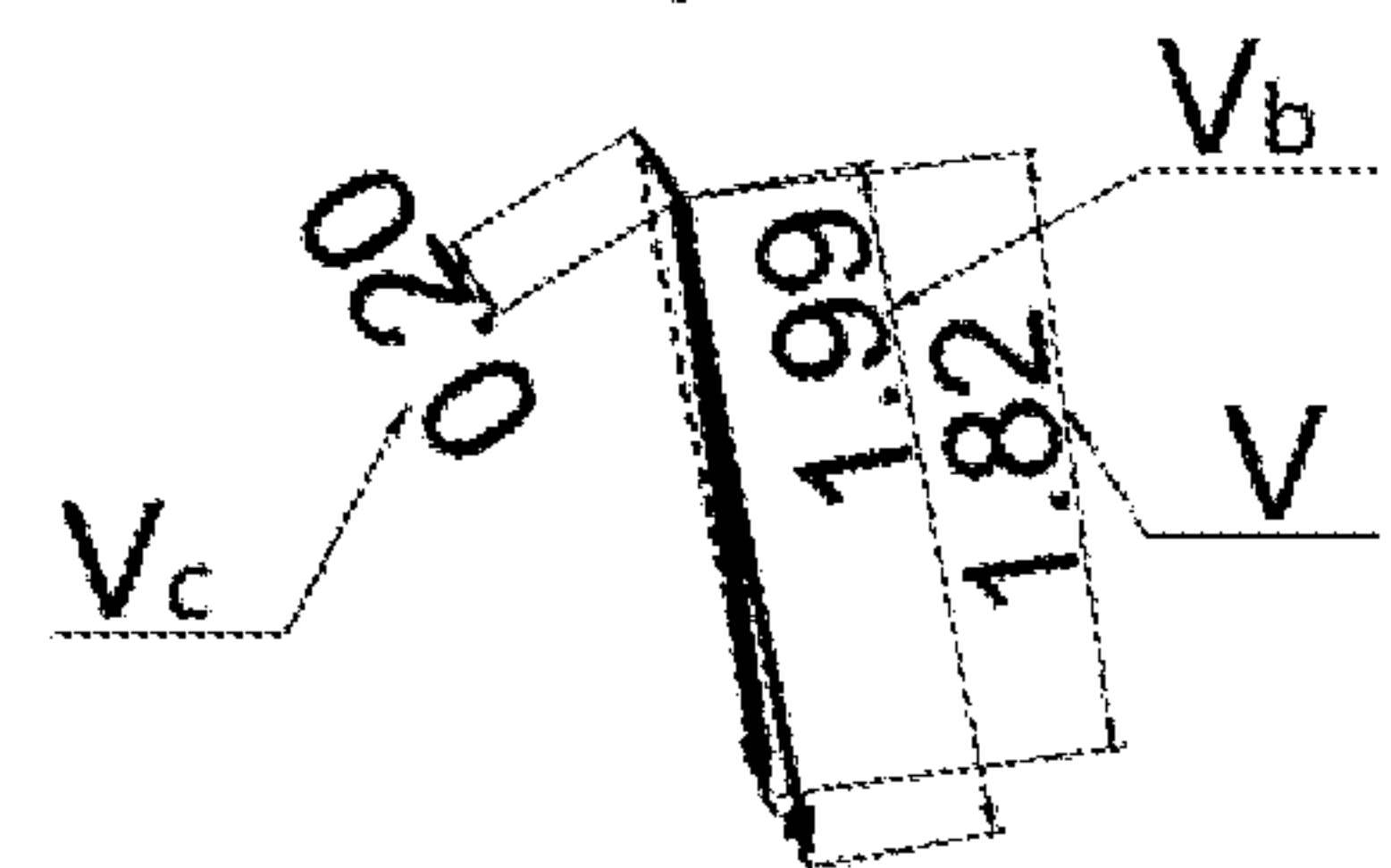


Fig. 29C



$$V_b = V_{b1} + V_{b2} \downarrow$$



$$V = V_b + V_c \downarrow$$

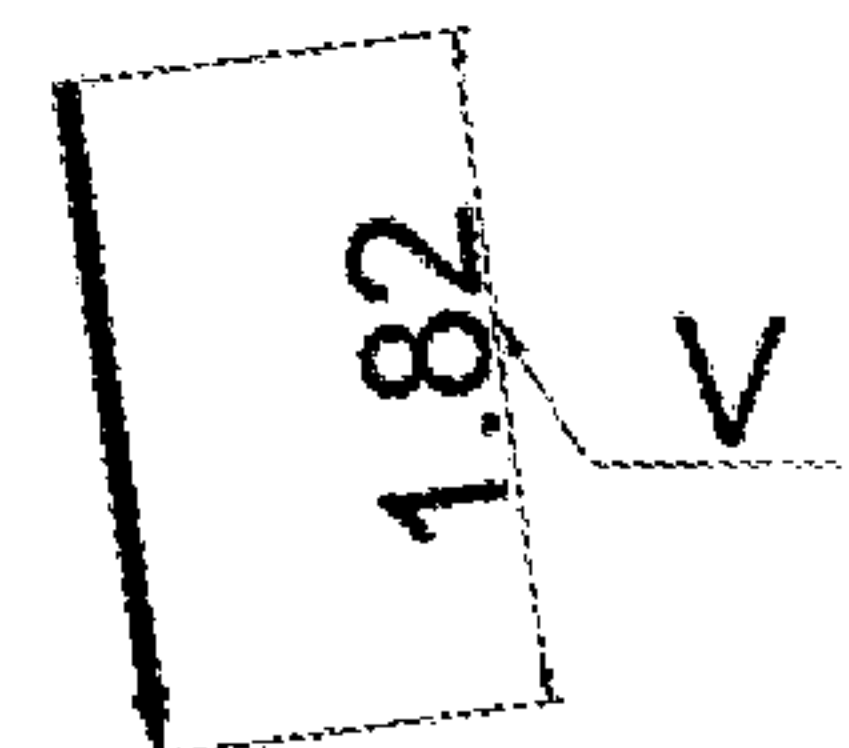


Fig. 29D