

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 88105478.7

Int. Cl.⁴ **H01Q 1/02**

Anmeldetag: 06.04.88

Priorität: 09.04.87 DE 3711954

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.10.88 Patentblatt 88/41

Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB NL

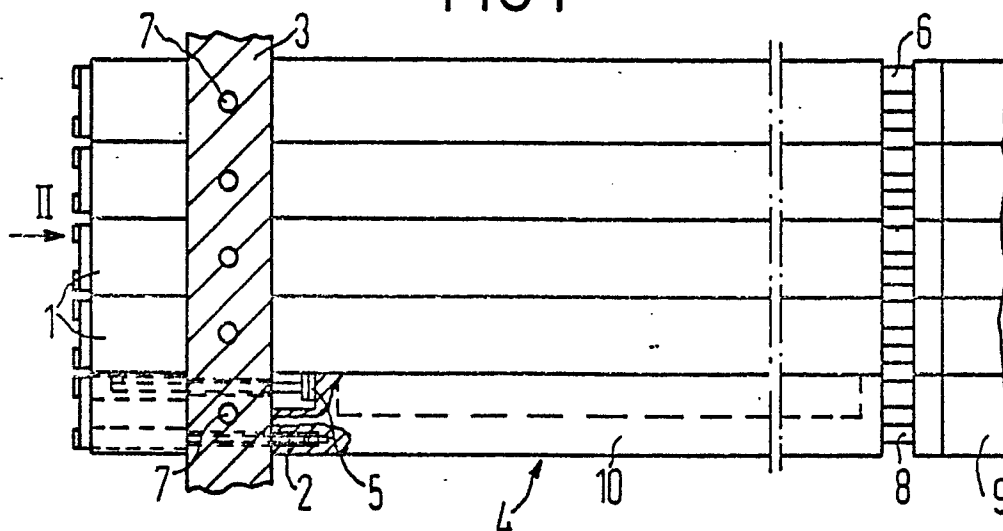
Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

Erfinder: Köthmann, Wolfgang, Dr. Ing.
 Lindemoosweg 17
 D-8132 Tutzing-Traubing(DE)
 Erfinder: Maschen, Rainer, Dr. Ing.
 Klauslingweg 4
 D-8000 München 40(DE)
 Erfinder: Schuh, Gerhard, Dipl.-Ing.
 Hansastrasse 138
 D-8000 München 70(DE)

Phasengesteuerte Antenne.

Zur Abführung hoher Verlustleistungen sind die S.E.-Module (4.4a) an einer flüssigkeitsgekühlten Montageplatte (3.3a) befestigt. Neben einer wirkungsvollen Kühlung der S.E.-Module wird durch die Anordnung der Montageplatte (3.3a) hinter den Strahlelementen (1) ein kompaktes und hinsichtlich der Leitungsführung optimales Konzept sowie Schutz gegen Ortungssysteme mit auf Wärmestrahlung ansprechenden Sensoren erreicht.

FIG 1



EP 0 286 069 A2

Phasengesteuerte Antenne.

Die Erfindung betrifft eine phasengesteuerte Antenne mit einer Vielzahl von in einem bestimmten gegenseitigen Abstand angeordneten aktiven Antennenmodulen mit jeweils einem Sende-Empfangsmodul (S/E-Modul) und mindestens einem Strahlerelement. Derartige phasengesteuerte Antennen (Phased Array) sind bereits allgemein bekannt und werden hauptsächlich in der Radartechnik angewendet (NTZ Bd.39, 1986, H.9, Seiten 630-635).

Eine phasengesteuerte Antenne besteht aus einer großen Anzahl von gleichartigen Strahlerelementen, die auf einer meist ebenen Fläche von bestimmter geometrischer Form in äquidistanten Zeilen und Spalten angeordnet sind. Die elektronische Schwenkung des Richtdiagramms der Antenne erfolgt im allgemeinen durch elektronisch veränderbare, in die Speiseleitung eines jeden Strahlerelementes eingeschaltete Phasenschieber. Damit ist es möglich, den Antennenstrahl schnell und ohne mechanische Bewegung der Antenne zu schwenken. Außerdem kann man mit solchen Antennen auch sehr große Leistungen abstrahlen. Dabei muß aber für eine ausreichende Ableitung der auftretenden Verlustwärme gesorgt werden. Bei bisher bekannten Phased-Array-Antennen ist es üblich (a.a.O. Seite 635), die Verlustwärme vertikal abzuführen, indem Frischluft durch die Spaltenzwischenräume von unten nach oben durchgeblasen wird, wobei die Frischluft von der Verteilerseite her über die Leitungsführungen für Hochfrequenz und Stromversorgung hinweg den aktiven jeweils mit einem S/E-Modul ausgebildeten Antennenmodulen zugeführt wird. Bei dieser Art der Kühlmittelführung verhindert insbesondere der für einen genügend großen Luftdurchlaß freizuhalten Querschnitt eine kompakte und hinsichtlich der Leitungsführung optimale Anordnung von zugehörigen Baugruppen. Die erwärmte Kühlluft wird an der Strahlerseite der Antennenmodule, also an der Vorderseite der Antenne, abgeführt. Dies hat zur Folge, daß die Antenne als wärmestrahlendes Objekt von Ortungssystemen mit auf Wärmestrahlung ansprechenden Sensoren erfaßt werden kann. Außerdem lassen sich mit Luftkühlung hohe Verlustleistungen in der Größenordnung von etwa 50 kW nur schwierig oder gar nicht mehr abführen. Der Kühlung kommt bei phasengesteuerten Antennen aber eine sehr große Bedeutung zu, weil davon die Größe der produzierbaren Ausgangsleistung, die Funktionssicherheit und Zuverlässigkeit der Anlage sowie der Schutz gegen ortende IR-Sensoren in entscheidendem Maße abhängen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bei einer phasengesteuerten Antenne der

eingangs genannten Art bei möglichst kompakter und hinsichtlich der Leitungsführung optimaler Anordnung der zugehörigen Baugruppen insbesondere die Kühlung der S/E-Module gegenüber bisher bekanntgewordenen Lösungen deutlich zu verbessern.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß jeder S/E-Modul für sich an seinem strahlerseitigen Ende an einer in Empfangsrichtung gesehen hinter den Strahlerelementen liegenden gemeinsamen Montageplatte befestigt ist, und daß die Montageplatte über ihre gesamte Fläche mit Kühlkanälen für eine Kühlflüssigkeit ausgebildet ist.

Bei einer derartigen Antenne wird unter gleichzeitiger Beachtung der übrigen Forderungen insbesondere die Kühlung der S/E-Module gegenüber der bekannten Luftkühlung wesentlich verbessert. Allgemein lassen sich mit der vorgeschlagenen Flüssigkeitskühlung höhere Verlustleistungen als bei Luftkühlung in der Größenordnung von etwa 50 kW und mehr abführen. Ferner kann die Bauteiltemperatur bei den S/E-Modulen infolge eines besseren Wärmeübergangs zwischen Metall und Kühlflüssigkeit und erheblich größeren Wärmeaufnahmevermögens der Kühlflüssigkeit wesentlich niedriger gehalten werden. Ein weiterer Vorteil der vorgeschlagenen Lösung besteht darin, daß der sonst für eine Kühlluftführung erforderliche Raum frei wird und nunmehr für die Unterbringung von elektrischen Leitungen und Verteilern zur Verfügung steht. Aus diesem Grunde und infolge der Anordnung der gleichzeitig eine Montageplatte darstellenden Kühlplatte im Bereich des strahlerseitigen Endes der S/E-Module und der Strahlerelemente läßt sich eine kompakte und hinsichtlich der Leitungsführung optimale Anordnung von zum Phased-Array-Radar gehörender Baugruppen realisieren. Außerdem tritt bei einer erfindungsgemäßen Antenne keine Erwärmung an der Vorderseite der Strahlerelemente infolge Abführung erwärmter Kühlluft auf (Warmluftschicht), so daß gegenüber der bekannten Luftkühlung ein besserer Schutz gegen Ortungssysteme mit auf Wärmestrahlung ansprechenden Sensoren gegeben ist. Die Erfindung führt somit für die Entwicklung eines z.B. für ein Phased-Array-Radar bestimmten aktiven S/E-Antennenmoduls zu einem Konfigurationskonzept, das hinsichtlich

a) der Anordnung der einzelnen Strahlerelemente,

b) der Anordnung der S/E-Module und der zugehörigen Steckverbinder,

c) der Leitungsführung und Verteilung für die HF, die Steuer- und Überwachungssignale und die Versorgungsspannungen,

d) der Anordnung von Stromversorgungsmodulen,

e) der Wartbarkeit, insbesondere der leichten Austauschbarkeit der S/E-Module,

f) der Entdeckungsmöglichkeit durch IR-Sensoren und

g) der Kühlung der S/E-Module eine optimale Lösung bietet.

Bei einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Antenne ist die Montageplatte zwischen den Strahlerelementen und den S/E-Modulen angeordnet, wobei die S/E-Module mit ihrer strahlerseitigen Stirnseite an der Montageplatte befestigt sind und die Montageplatte mit Querdurchbrüchen für die Befestigung und den HF-Anschluß der Strahlerelemente an den S/E-Modulen ausgebildet ist. Damit ist die Montageplatte so gestaltet, daß sie die Durchführung des zu jedem S/E-Modul gehörenden Strahlerelementes ermöglicht und die Anbringung einer ausreichenden Anzahl von Kühlkanälen gestattet.

Eine andere vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Antenne ist so aufgebaut, daß die Montageplatte derart mit Ausnehmungen zum Durchstecken der S/E-Module ausgebildet ist, daß sie eine wabenartige Struktur aufweist, daß die S/E-Module an ihrem strahlerseitigen Ende mit einem Ansatz versehen sind, dessen dem strahlerseitigen Ende der S/E-Module abgewandte Seite nach dem Durchstecken eines S/E-Moduls durch eine Ausnehmung der Montageplatte eine Befestigungs- und Kontaktfläche für die Befestigung eines S/E-Moduls an der Montageplatte bzw. für den Wärmeübergang vom S/E-Modul auf die Montageplatte bildet, und daß die Strahlerelemente direkt an der freien, strahlerseitigen Stirnseite der S/E-Module befestigt und angeschlossen sind.

Im Gegensatz zur ersten Ausführungsform ist hier die Montageplatte also nicht zwischen den Strahlerelementen und den S/E-Modulen angeordnet, sondern mit Ausnehmungen versehen, durch die die S/E-Module von der Frontseite der Antenne her durch die Montageplatte gesteckt werden können. Außerdem sind die Strahlerelemente nicht durch die Montageplatte gesteckt, sondern direkt am S/E-Modul angebracht. Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, daß die S/E-Module im Wartungsfall von der Frontseite der Antenne her ausgewechselt werden können, so daß keine Maßnahmen zur Herstellung der Zugänglichkeit der S/E-Module von der Antennenrückseite her, also von der Verteilerseite her, erforderlich sind.

Bei beiden Ausführungsformen ist es zweckmäßig, wenn jeder S/E-Modul für den Wärmetransport innerhalb des Moduls und zur Montageplatte

mit einer Grundplatte entsprechender Dicke ausgebildet ist, um den Temperaturunterschied längs des S/E-Moduls gering zu halten.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den übrigen Unteransprüchen angegeben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im folgenden anhand der schematischen Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 und 2 in Seitenansicht bzw. in Vorderansicht II eine erste Ausführungsform einer Kühlanordnung für eine phasengesteuerte Antenne,

Fig. 3 in Seitenansicht eine zweite Ausführungsform,

Fig. 4 und 5 in Seitenansicht bzw. im Schnitt IV-IV eine gleichzeitig als Kühlplatte ausgebildete Montageplatte und

Fig. 6 in perspektivischer Darstellung eine Hälfte einer Montageplatte nach den Figuren 4 und 5.

Die Anordnung in den Figuren 1 und 2 zeigt eine Anzahl von in einem bestimmten gegenseitigen Abstand (Raster) angeordneten aktiven Antennenmodulen für eine phasengesteuerte Antenne, wobei die Antennenmodule jeweils einen Sende-/Empfangsmodul (S/E-Modul) 4 mit mindestens einem Strahlerelement 1 aufweisen. Für die einzeln gespeisten Strahlerelemente werden in erster Linie Dipole, offene Hohlleiter und Streifenleitungsstrahler verwendet. Der Antennenmodul, der früher ein Strahlerelement und einen Phasenschieber enthielt, umfaßt nunmehr in bereits bekannter Weise darüber hinaus auch einen Teil des Senders und/oder des Empfängers als S/E-Modul, so daß der Antennenmodul zum aktiven Modul wird. Damit erzeugen die S/E-Module aber auch Verlustwärme. Jeder der S/E-Module 4 ist daher für sich an seinem strahlerseitigen Ende an einer gleichzeitig als Kühlplatte ausgebildeten gemeinsamen Montageplatte 3 befestigt, die in Empfangsrichtung gesehen hinter den Strahlerelementen 1 liegt und dadurch zur Kühlplatte wird, daß sie über ihre gesamte Fläche mit Kühlkanälen 7 für eine Kühlflüssigkeit ausgebildet ist. Die Montageplatte 3 ist bei der Ausführung nach Fig. 1 zwischen den Strahlerelementen 1 und den S/E-Modulen 4 angeordnet. Dabei ist die Montageplatte 3 mit Querdurchbrüchen für die Befestigung und den HF-Anschluß der Strahlerelemente an den S/E-Modulen ausgebildet. Die Strahlerelemente 1 sind also bei der Darstellung in Fig. 1 von der linken Seite der Montageplatte 3 her auf diese zugeführt und mit einem Entkoppelstift mit Befestigungsschraube 2 sowie einem antennenseitigem HF-Stecker 5 durch die Querdurchbrüche der Montageplatte geführt und mit den S/E-Modulen, die damit mit ihrer strahlerseitigen Stirnseite an der Montageplatte befestigt werden, mechanisch und elektrisch verbunden. Am anderen Ende sind die S/E-Module 4 über einen HF-Stecker 6 und

einen Führungsstift 8 mit einem demontierbaren Spaltenverteiler 9 verbunden. Im Wartungsfalle sind die S/E-Module 4 nach Entfernen dieses Spaltenverteilers 9 und Lösen der Befestigungsschraube 2 von der Montageplatte abnehmbar, d.h. von der Antennenrückseite oder der Verteilerseite her herausziehbar. Wie in Fig.1 bei dem untersten der S/E-Module 4 zu sehen ist, sind diese für den Wärmetransport innerhalb des Moduls und zur Montageplatte mit einer Grundplatte 10 entsprechender Dicke ausgebildet, um den Temperaturunterschied längs des S/E-Moduls gering zu halten.

Im Gegensatz zu der Ausführungsform nach Fig.1 ist bei der Anordnung in Fig.2 die Montageplatte 3a nicht zwischen den Strahlerelementen 1 und den S/E-Modulen 4a angeordnet, sondern lediglich im Bereich des strahlerseitigen Endes der S/E-Module vorgesehen und zusätzlich zu den Kühlkanälen 7 noch mit Ausnehmungen 11 versehen, durch welche die S/E-Module 4a von der Frontseite der Antenne her durch die Montageplatte 3a gesteckt werden können. Außerdem sind die S/E-Module 4a an ihrem strahlerseitigen Ende mit einem Ansatz 12 versehen, dessen dem strahlerseitigen Ende abgewandte Seite eine Befestigungs- und Kontaktfläche für die Befestigung eines S/E-Moduls 4a an der Montageplatte 3a bzw. für den Wärmeübergang vom S/E-Modul auf die Montageplatte bildet. Zur Befestigung der S/E-Module an der Montageplatte ist jeweils eine in die Montageplatte eindringende Befestigungsschraube 2a vorgesehen. Demzufolge sind hierbei also die Strahlerelemente 1 direkt an der freien strahlerseitigen Stirnseite der S/E-Module 4a befestigt bzw. mittels eines HF-Steckers 5 auf den S/E-Modul aufgesteckt.

Die nähere Ausbildung einer Montageplatte ergibt sich aus dem in den Figuren 4 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispiel. Die Montageplatte 3a (Fig.5) besteht aus zwei im wesentlichen gleich ausgebildeten und z.B. durch Lötten miteinander verbindbaren Hälften, die an den einander zugekehrten Flächen jeweils mit einem mäanderförmig verlaufenden Kühlkanal 7a bzw. 7b ausgebildet sind. Der dann von den beiden aneinanderliegenden Hälften der Montageplatte 3a gebildete Kühlkanal ist - wie Fig.5 zeigt - durch eine eingelegte Leiste 13 in zwei getrennte Kühlkanäle 7a und 7b aufgeteilt. Dabei sind - wie aus Fig.4 und 5 hervorgeht - Zu- und Ablauf der getrennten Kühlkanäle 7a und 7b jeweils so angeordnet, daß es zu einem Gegenstromlauf der Kühlflüssigkeit in den beiden Hälften der Montageplatte 3a kommt. Damit wird eine gleichmäßige Wärmeverteilung über die gesamte Montageplatte erreicht. Die Ausnehmungen 11 der Montageplatte 3a zum Durchstecken der S/E-Module 4a sind zwischen den einzelnen Mäanderschleifen des Kühlkanals 7a bzw. 7b an-

geordnet und hier als dicht hintereinander liegende, im Querschnitt rechteckförmige Durchbrüche (Fig.4 und 6) ausgebildet. Außerdem ist die Montageplatte 3a noch in nicht näher dargestellter Weise mit Gewindebohrungen für die Befestigungsschrauben 2a ausgebildet.

Der in den Fig.4 bis 6 gezeigte Aufbau einer Montageplatte ist im Prinzip auch für die in Fig.1 vorgeschlagene Lösung anwendbar. Es entfallen dann jedoch die rechteckigen Durchbrüche 11 und es treten an deren Stelle die Bohrungen für die Befestigungsschrauben 2.

15 Ansprüche

1. Phasengesteuerte Antenne, mit einer Vielzahl von in einem bestimmten gegenseitigen Abstand angeordneten aktiven Antennenmodulen mit jeweils einem Sende-Empfangsmodul (S/E-Modul) und mindestens einem Strahlerelement, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder S/E-Modul (4,4a) für sich an seinem strahlerseitigen Ende an einer in Empfangsrichtung gesehen hinter den Strahlerelementen (1) liegenden gemeinsamen Montageplatte (3,3a) befestigt ist, und daß die Montageplatte (3,3a) über ihre gesamte Fläche mit Kühlkanälen (7,7a,7b) für eine Kühlflüssigkeit ausgebildet ist.

2. Phasengesteuerte Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Montageplatte (3) zwischen den Strahlerelementen (1) und den S/E-Modulen (4) angeordnet ist, daß die S/E-Module (4) mit ihrer strahlerseitigen Stirnseite an der Montageplatte (3) befestigt sind, und daß die Montageplatte (3) mit Querdurchbrüchen für die Befestigung und den HF-Anschluß der Strahlerelemente (1) an den S/E-Modulen (4) ausgebildet ist.

3. Phasengesteuerte Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Montageplatte (3a) derart mit Ausnehmungen (11) zum Durchstecken der S/E-Module (4a) ausgebildet ist, daß sie eine wabenartige Struktur aufweist, daß die S/E-Module (4a) an ihrem strahlerseitigen Ende mit einem Ansatz (12) versehen sind, dessen dem strahlerseitigen Ende der S/E-Module (4a) abgewandte Seite nach dem Durchstecken eines S/E-Moduls (4a) durch eine Ausnehmung (11) der Montageplatte (3a) eine Befestigungs- und Kontaktfläche für die Befestigung eines S/E-Moduls (4a) an der Montageplatte (3a) bzw. für den Wärmeübergang vom S/E-Modul (4a) auf die Montageplatte (3a) bildet, und daß die Strahlerelemente (1) direkt an der freien, strahlerseitigen Stirnseite der S/E-Module (4a) befestigt und angeschlossen sind.

4. Phasengesteuerte Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkanäle (7,7a,7b) der Montageplatte (3,3a) mäanderförmig verlaufen.

5

5. Phasengesteuerte Antenne nach Anspruch 3 und 4,

dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (11) der Montageplatte (3a) zum Durchstecken der S/E-Module (4a) zwischen den einzelnen Mäanderschleifen dicht hintereinanderliegend angeordnet und als im Querschnitt rechteckige Durchbrüche ausgebildet sind.

10

6. Phasengesteuerte Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15

dadurch gekennzeichnet, daß die Montageplatte (3a) aus zwei z.B. durch Löten miteinander verbindbaren Hälften besteht, die an den einander zugekehrten Flächen jeweils mit einem Kühlkanal (7a,7b) ausgebildet sind.

20

7. Phasengesteuerte Antenne nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der von den beiden aneinanderliegenden Hälften der Montageplatte (3a) gebildete Kühlkanal durch eine eingelegte Leiste (13) in zwei getrennte Kühlkanäle (7a,7b) aufgeteilt ist.

25

8. Phasengesteuerte Antenne nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß Zu- und Ablauf der getrennten Kühlkanäle (7a,7b) jeweils so angeordnet sind, daß es zu einem Gegenstromlauf der Kühlflüssigkeit in den beiden Hälften der Montageplatte (3a) kommt.

30

9. Phasengesteuerte Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß jeder S/E-Modul (4,4a) für den Wärmetransport innerhalb des Moduls und zur Montageplatte (3,3a) mit einer Grundplatte (10) entsprechender Dicke ausgebildet ist, um den Temperaturunterschied längs des S/E-Moduls gering zu halten.

35

40

45

50

55

FIG 1

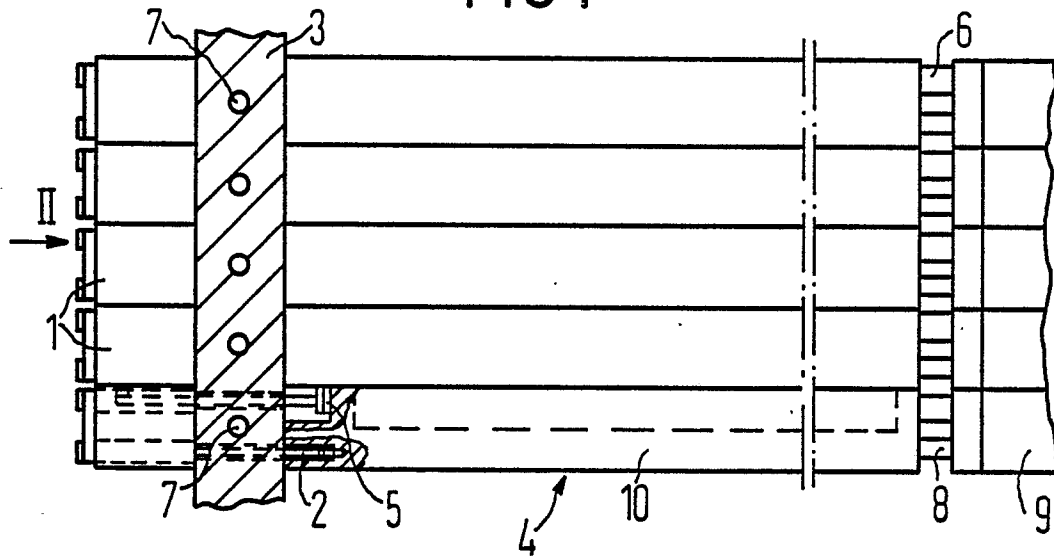


FIG 2

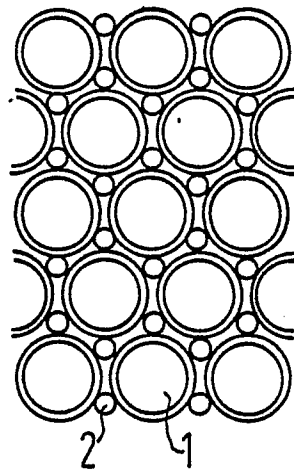


FIG 3

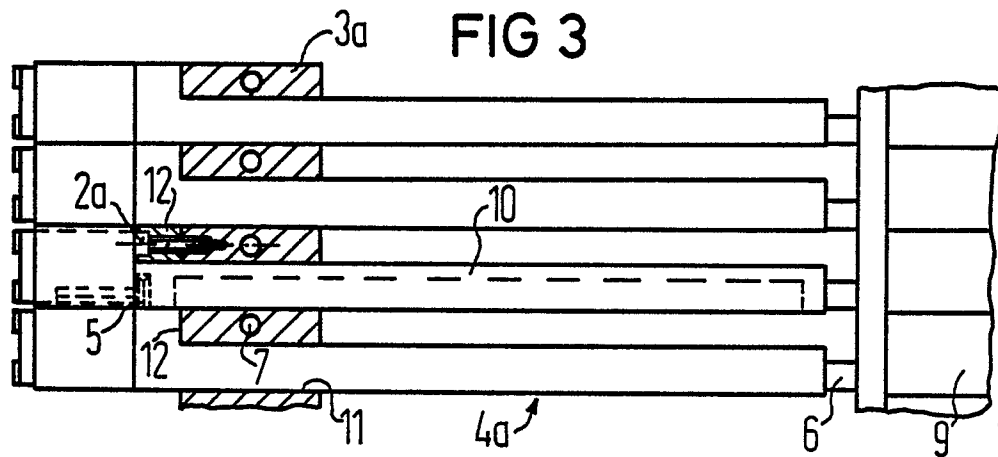


FIG 4

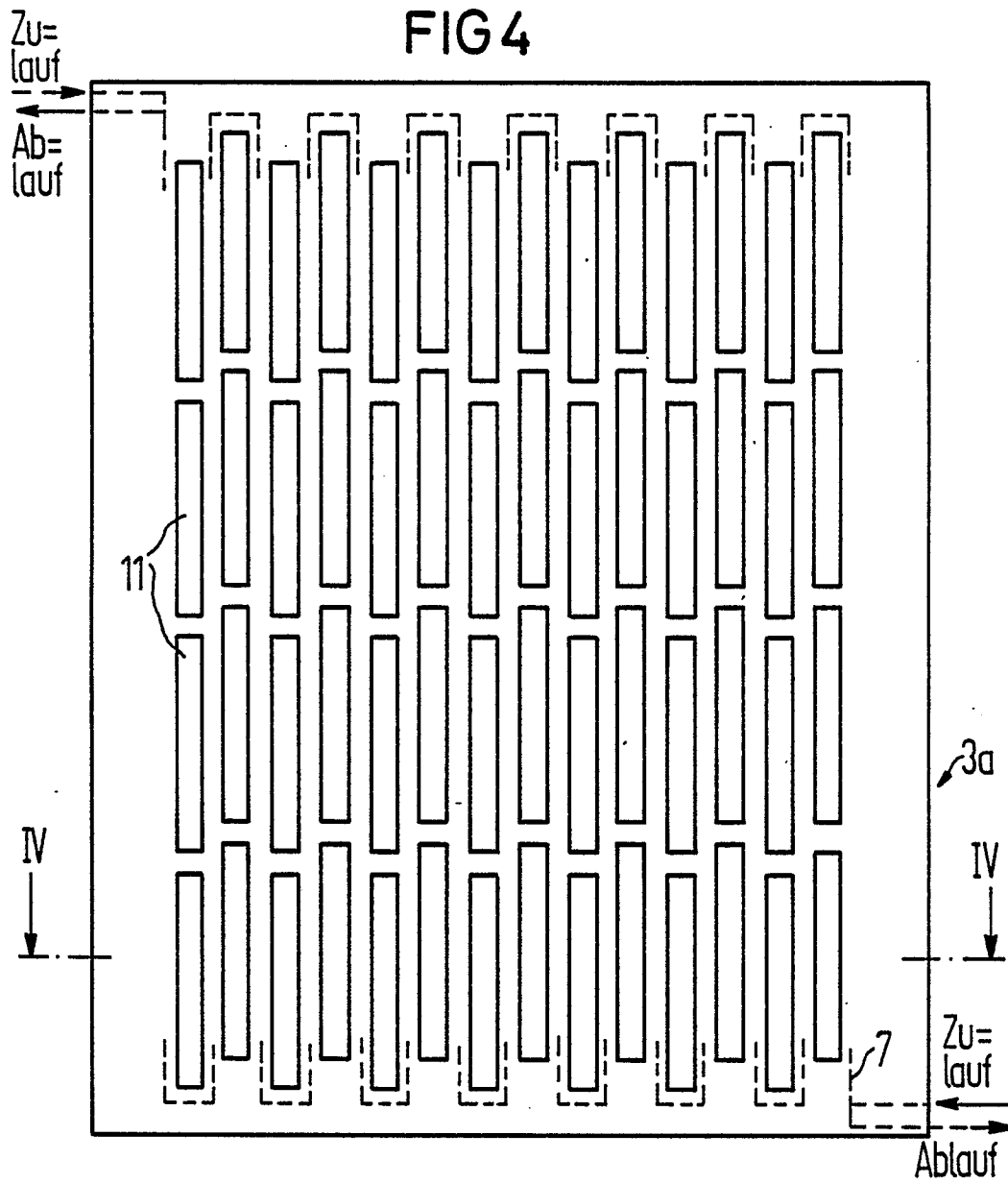


FIG 5

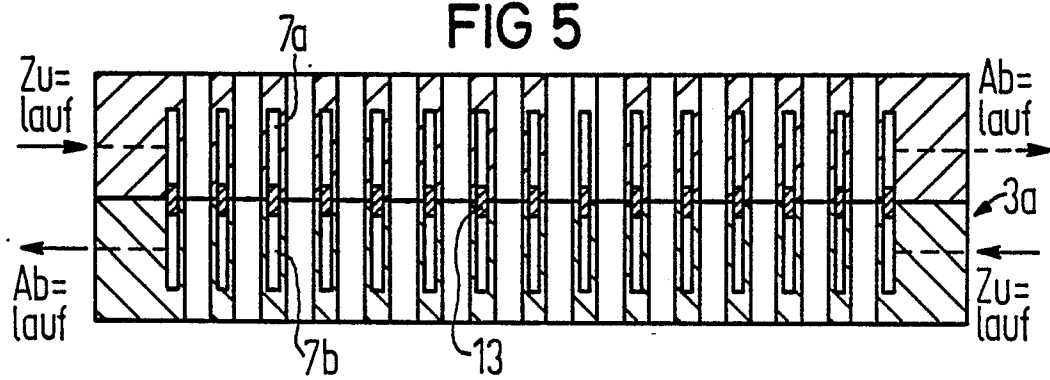


FIG 6

