



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 683777 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: C 23 C 14/35

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## ⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 2448/91

⑫② Anmeldungsdatum: 20.08.1991

⑫③ Priorität(en): 07.12.1990 DE 4039101

⑫④ Patent erteilt: 13.05.1994

⑫⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 13.05.1994

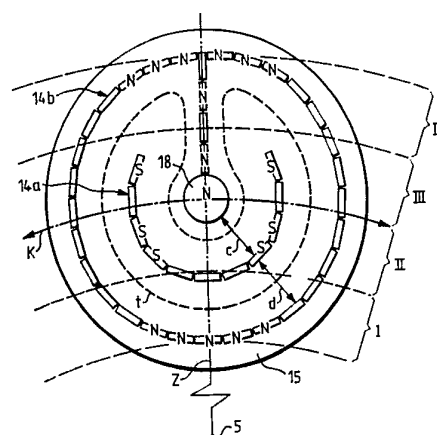
⑦③ Inhaber:  
Leybold Aktiengesellschaft, Hanau (DE)

⑦② Erfinder:  
Maass, Wolfram, Dr., Erlensee (DE)  
Patz, Ulrich, Dr., Linsengericht (DE)

⑦④ Vertreter:  
Patentanwaltsbüro Feldmann AG,  
Opfikon-Glattbrugg

### ⑤④ Ortsfeste Magnetron-Zerstäubungskathode für Vakuumbeschichtungsanlagen.

⑤⑦ Bei einer ortsfesten Magnetron-Zerstäubungskathode (Figur 3) für Vakuumbeschichtungsanlagen für sich vor der Kathode auf einer Kreisbahn (K) vorbeibewegende, auf einem drehbaren Substrathalter angeordnete Substrate ist die Jochplatte (15) kreisscheibenförmig ausgebildet und ist eine Gruppe oder Reihe von Magneten (14b) - im wesentlichen einen geschlossenen Kreisring bildend - im äusseren Randbereich der Jochplatte (15) und eine zweite Gruppe oder Reihe von Magneten (14a) - eine regellose, jedoch symmetrische Konfiguration bildend - im zentralen Bereich der Jochplatte (15) vorgesehen, wobei der Abschnitt des sich ausbildenden magnetischen Tunnels, der im Bereich der von der Drehachse (5) des Substrathalters abgewandten Hälfte (III + IV) der Jochplatte (15) verläuft, eine insgesamt grössere Länge aufweist als der Tunnelabschnitt, der auf der der Drehachse (5) zugewandten Hälfte (I + II) der Jochplatte (15) angeordnet ist.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine ortsfeste Magnetron-Zerstäubungskathode für Vakuumbeschichtungsanlagen für sich vor der Kathode auf einer Kreisbahn vorbeibewegenden, auf einem drehbaren Substrathalter angeordnete Substrate mit einer Targetplatte und einer zu dieser in einer parallelen Ebene angeordneten Tragplatte und mit einem hinter der Targetplatte vorgesehenen Magnetsystem, das aus einer Vielzahl von Permanentmagneten gebildet ist, von denen eine erste Gruppe oder Reihe von Magneten jeweils die gleiche und eine zweite Gruppe oder Reihe von Magneten eine entgegengesetzte Polage aufweist, derart, dass über der Targetplatte ein in sich geschlossener Tunnel aus von der ersten Gruppe oder Reihe ausgehender und zur zweiten Gruppe oder Reihe zurückkehrender magnetischer Feldlinien gebildet wird.

Magnetron-Zerstäubungskathoden zeichnen sich durch eine um den Faktor 10 bis 30 höhere Zerstäubungsrate gegenüber Zerstäubungssystemen ohne Magnetfeldunterstützung aus. Dieser Vorteil wird jedoch mit dem Nachteil einer äusserst ungleichförmigen Zerstäubung der Targetplatte erkauft, denn die bei Magnetrons durch den magnetischen Tunnel erzwungene Einschnürung des Plasmas äussert sich in einer entsprechenden räumlichen Begrenzung des Zerstäubungseffekts. Durch Ausbildung eines tiefen Erosionsgrabens, dessen tiefste Stelle unter den Kulminationspunkten der magnetischen Feldlinien liegt, muss der Zerstäubungsvorgang beendet werden, nachdem nur etwa 25 bis 30% des Targetmaterials zerstäubt sind. Bei stationären Beschichtungssystemen, d.h. bei solchen ohne Relativbewegung zwischen Kathode und den Substraten, hat dies sehr ungleichmässige Schichtdickenverteilungen zur Folge. Im Prinzip würde der Erosionsgraben quasi fotografisch auf den Substraten abgebildet.

Diese Problematik sowie eine Reihe von Lösungsversuchen werden in der DE-OS 2 707 144 und der DE-OS 3 619 194 angesprochen. Zu den Lösungsversuchen gehört insbesondere eine Magnetron-Zerstäubungskathode, bei der jeweils ein einziges, in sich geschlossenes Magnetsystem in exzentrischer Lage hinter einer kreisförmigen Targetplatte rotiert (Fig. 22 bis 25 der DE-OS 2 707 144), wobei die Magnete jeweils zwei ineinanderliegende, in sich geschlossene Reihen von Magneten bilden.

Durch die EP 0 365 249 A2 ist es weiterhin bekannt (Fig. 6), bei einer rotierenden Sputterkathode mit einer kreisscheibenförmigen Targetplatte einen Teil der Magnete hinter dieser Platte so in einer Reihe anzuordnen, dass die Magnete einen unsymmetrischen Ring bilden und den anderen Teil der Magnete etwa inselförmig und zusammenhängend im Zentrum der Targetplatte vorzusehen, wobei die den Ring bildende Reihe von Magneten alle mit ihrem Südpol und die zu einer Insel zusammengefügte Magnete sämtlich mit ihrem Nordpol auf die Targetplatte ausgerichtet sind.

Weiterhin ist es bekannt («Vakuum-Information» der VEB Hochvakuum Dresden, 31. Okt. 1983, Sei-

te 444, Bild 1), die Targetplatte einer Sputterkathode als ein etwa gleichseitiges Dreieck auszubilden und die Magnete auf ihrer Rückseite in einer Reihe anzuordnen, wobei diese Reihe von Magneten etwa parallel zweier Kanten dieser dreikantigen Platte und im Bereich der dritten Kante in einer nach innen zu geschlungenen Bucht verläuft. Diese als Dreieck-Plasmatron bezeichnete Kathode ermöglicht infolge ihrer besonderen Konfiguration bereits eine recht gute Schichtdickenverteilung bei einem vor der Targetplatte auf einem Kreisbogen vorbeibewegten Substrat.

Schliesslich ist es durch die US-Patentschrift 4 631 106 bekannt (Fig. 7), hinter einer kreisscheibenförmigen, sich drehenden Jochplatte in zwei spiralförmigen Reihen eine Vielzahl von Magneten so zu platzieren, dass der einen Reihe von Magneten mit gleicher Polung eine parallele Reihe von Magneten entgegengesetzter Polung gegenübersteht.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Magnetron-Zerstäubungskathode der eingangs angegebenen Gattung dahingehend zu verbessern, dass die Schichtdickenverteilung auf den zu beschichtenden Substraten weiter vergleichmässigt und gleichzeitig das Targetmaterial besser ausgenutzt wird.

Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei der eingangs angegebenen Magnetron-Zerstäubungskathode erfindungsgemäss dadurch, dass die Targetplatte kreisscheibenförmig ausgebildet ist und die erste Gruppe oder Reihe von Magneten – im wesentlichen einen geschlossenen Kreisring bildend – im Randbereich der Targetplatte und die zweite Gruppe oder Reihe von Magneten – eine regellose, jedoch symmetrische Konfiguration bildend – im zentralen Bereich der Targetplatte vorgesehen ist, wobei der Abschnitt des magnetischen Tunnels, der im Bereich der von der Drehachse des Substrathalters abgewandten Hälfte der Targetplatte verläuft, eine insgesamt grössere Länge aufweist als der Tunnelabschnitt, der auf der der Drehachse zugewandten Hälfte der Targetplatte vorgesehen ist.

Weitere Einzelheiten und Merkmale sind in den Patentansprüchen beschrieben und gekennzeichnet.

Die Erfindung lässt die verschiedensten Ausführungsmöglichkeiten zu; einige davon sind in den anhängenden Zeichnungen näher dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 das blosse Schema einer Vakuumbeschichtungsanlage in der Draufsicht,

Fig. 2 die stark vereinfachte Darstellung einer Vakuumbeschichtungsanlage in der Seitenansicht und im Schnitt und

Fig. 3–6 verschiedene Tragplatten mit jeweils unterschiedlichen Magnetanordnungen in der Draufsicht und in vergrösserter Darstellung.

Die Vakuumbeschichtungsanlage besteht im wesentlichen aus der kreiszylindrischen Prozesskammer 3, dem Substratteller 4, dessen Drehachse 5 durch das Bodenteil 8 hindurchgeführt ist und über ein Getriebe 6 von einem Elektromotor 7 angetrieben wird, der in einer Öffnung des Deckelteils 9 an-

geordneten Kathode 10, die mit Hilfe eines Isolier-  
rings 11 auf dem Rand der Öffnung 12 abgestützt  
und gehalten ist und die ein Target 13 mit dem zu  
zerstäubenden Material aufweist, wobei hinter dem  
Target 13 eine Vielzahl von Permanentmagneten  
14 angeordnet sind, die über eine kreisscheibenför-  
mige Jochplatte 15 miteinander verbunden sind,  
wobei das Target 13, die Magnete 14 und die Joch-  
platte 15 mit einem Kathodengrundkörper oder  
Tragplatte 16 verbunden sind, die ihrerseits mit ih-  
rem kreisringförmigen Kragenteil auf dem Isolier-  
ring 11 gelagert ist.

Während des Beschichtungsprozesses herrscht  
in der Prozesskammer 3 ein Vakuum, wobei das  
Gehäuse selbst die Anode und die Teile 13 bis 16  
die Kathode bilden, von der aus das Targetmaterial  
auf die Substrate 17, 17', ... fließt, die auf dem  
Substratteller 4 liegen und (wie Fig. 1 zeigt) auf ei-  
ner Kreisbahn K langsam vor der Kathode 10 vor-  
bewegt werden, und zwar mit Hilfe des Motors  
7, der über das Getriebe 6 und die im unteren  
Kammerteil 8 gelagerte Achse 5 den Substratteller  
4 antreibt.

Da nun die Kathode 10 eine kreisscheibenför-  
mige Querschnitts- bzw. Projektionsfläche aufweist,  
würde das sich auf der Kreisbahn K unter ihr vor-  
bewegende Substrat 17 eine ungleichförmige  
Beschichtung aufweisen, wenn auch der übrige Auf-  
bau der Kathode 10, insbesondere die Anordnung  
der Magnete 14, vollständig gleichmässig und sym-  
metrisch wäre, d. h. wenn der sich unterhalb des  
Targets 13 ausformende Plasmaschlauch einen  
Kreisring bilden würde. Diese ungleichförmige Be-  
schichtung ist insbesondere die Folge unterschied-  
lich langer Verweilzeiten einzelner Partien des Sub-  
strats 17 im Wirkungsfeld der Kathode 10 während  
seiner Vorbewegung auf der Kreisbahn K.

Bei der vorliegenden Erfindung ist die Anordnung  
(siehe Fig. 3 bis 6) der Magnete 14a, 14b, ... auf  
der Jochplatte 15, 15', ... jeweils so gewählt, dass  
der sich ausbildende, geschlossene magnetische  
Tunnel t auf der einen Partie IV der Jochplatte 15  
(auf der Zeichnung Fig. 3 ist es die obere Partie)  
länger bemessen ist als der auf der anderen Partie  
I (der gleich grossen Partie am unteren Rand der  
Zeichnung Fig. 3). Der vom magnetischen Tunnel t  
bestimmte Plasmaschlauch ist also auf der oberen  
Hälfte (der radial äusseren Hälfte III + IV) der Ka-  
thode 10 wirksamer als auf der unteren Hälfte (was  
man besonders gut bei der in Fig. 4 dargestellten  
Magnetanordnung 14a', 14b' erkennen kann), so  
dass die mit höherer Geschwindigkeit unter der Ka-  
thode 10 durchlaufende, radial aussenliegende Häl-  
fte a des Substrats 17 mit der gleichen Schichtdicke  
besputtert wird wie die untere Hälfte b des Sub-  
strats 17.

Bei der Darstellung der Ausführungsbeispiele ge-  
mäss den Fig. 5 und 6 wurde auf ein Einzeichnen  
der verschiedenen Partien bzw. Zonen verzichtet:  
es ist aber klar erkennbar, dass auch bei diesen  
Magnetanordnungen 14a'', 14b'' und 14a''', 14b'''  
die vorstehend geschilderte Bedingung erfüllt ist,  
dass nämlich die Plasmaschläuche auf der einen  
Hälfte des Targets bzw. der Jochplatte 15 sich je-  
weils länger ausbilden als auf der anderen Hälfte.

Die entsprechenden Verläufe der magnetischen  
Tunnels t'' bzw. t''' sind aber auch in dieser Darstel-  
lung als strichlierte Linien angedeutet.

Wie Fig. 3 deutlich zeigt, weist jeweils die erste  
Gruppe oder Reihe von Magneten, z.B. die in ei-  
nem Halbkreis angeordneten Magnete 14a, gegen-  
über der zweiten Reihe von Magneten 14b, die ei-  
nen geschlossenen Kreis bilden, an den sich eine  
weitere gerade Reihe von Magneten anschliesst,  
eine verschiedene Polung auf. Bei der ersten (in-  
nenliegenden) Reihe 14a sind jeweils die Südpole  
S dem Substrat 17 zugekehrt, während bei der  
zweiten Reihe die Nordpole N dem Substrat 17 zu-  
gekehrt sind. Selbstverständlich sind die einzelnen  
Magnete bei den Ausführungsformen gemäss den  
Fig. 4 bis 6 in der gleichen Weise, d.h. mit gegen-  
sinniger Polung angeordnet.

Wie insbesondere aus Fig. 5 zu ersehen ist, kön-  
nen die einzelnen Magnete einer Magnetreihe oder  
-gruppe (14a'' bzw. 14b'') auch verschieden gross  
bzw. leistungsfähig dimensioniert sein, was natürlich  
den Verlauf des Plasmaschlauchs bzw. seine Lei-  
stung beeinflusst.

Während bei der Magnetron-Rundkathode nach  
dem Stand der Technik die Anordnung der Perma-  
nentmagnete auf der Jochplatte rotationssymme-  
trisch ist, ist bei der Rundkathode nach der vorlie-  
genden Erfindung eine Anordnung von Permanent-  
magneten auf der Jochplatte vorgesehen, die  
entweder spiegelsymmetrisch in bezug auf einen  
Radialstrahl Z des Substrathalters ist oder aber  
ohne eine definierte Symmetrie auskommt.

Ziel ist es in jedem Fall, einen Verlauf des Plas-  
maeinschlusses (race-track) zu erzeugen, der die  
gewünschte Verteilung im Substratbereich ermög-  
licht. In Abhängigkeit vom verwendeten Targetmate-  
rial, von der verwendeten Sputtermethode (DC-  
Sputtern, RF-Sputtern) und von den speziellen An-  
lagen und deren Konfigurationen sind unterschiedli-  
che Magnetanordnungen erforderlich.

Darüber hinaus ist es erforderlich, bei einer ein-  
zelnen Anordnung einige «Kalibrier-Magnete» in ih-  
rer Lage und/oder ihrer Grösse in gewissem Rah-  
men unbestimmt zu belassen, um eine Feinkalibrie-  
rung der Schichtdickenhomogenität zu ermöglichen  
(siehe z.B. den Magneten 18 bei der Ausführung  
gemäss Fig. 3).

Bisher wird bei Magnetron-Rundkathoden die  
Schichtdickenhomogenität durch den Einbau sogen-  
annter Aperturblenden ermöglicht. Dabei wird aus  
dem von der Kathode kommenden Materialstrahl  
ein Teil so ausgeblendet, dass die gewünschte  
Schichtdickengleichmässigkeit erreicht wird. Nach-  
teilig ist dabei die Verringerung der effektiven Sput-  
terrate durch die Blenden und die auf den Blenden  
aufwachsenden Schichten. Diese Probleme werden  
durch die oben beschriebene Rundkathode nach  
der vorliegenden Erfindung vermieden.

Im Vergleich zu Segment- bzw. Trapezkathoden  
ist die Rundkathode nach der Erfindung auch we-  
sentlich einfacher und damit billiger zu fertigen,  
wobei der Einbau dieser Kathoden in bereits vor-  
handene Anlagen in der Regel problemlos mög-  
lich ist, was ebenfalls einen beachtlichen Vorteil  
darstellt.

## Bezugszeichenliste

- 3 Prozesskammer
- 4 Substratteller
- 5 Drehachse
- 6 Getriebe
- 7 Elektromotor
- 8 Bodenteil
- 9 Deckelteil
- 10 Kathode
- 11 Isolierung
- 12 Öffnung
- 13 Target
- 14a, 14b,
- 14a', 14b', ... Magnetgruppe oder -reihe
- 15 Jochplatte
- 16 Kathodengrundkörper, Tragplatte
- 17 Substrat
- 18 zylindrisch ausgeformter Magnet
- 19 zusätzliche Magnetreihe

## Patentansprüche

1. Ortsfeste Magnetron-Zerstäubungskathode für Vakuumbeschichtungsanlagen für sich vor der Kathode (10) auf einer Kreisbahn (K) vorbeibewegende, auf einem drehbaren Substrathalter (4) angeordnete Substrate (17), mit einer Targetplatte (13) und einer zu dieser in einer parallelen Ebene angeordneten Trag- oder Jochplatte (15) und mit einem hinter der Targetplatte (13) vorgesehenen Magnet-system, das aus einer Vielzahl von Permanentmagneten (14a, 14b) gebildet ist, von denen eine erste Gruppe oder Reihe von Magneten (14b, 14b', ...) jeweils die gleiche und eine zweite Gruppe oder Reihe von Magneten (14a, 14a', ...) eine entgegengesetzte Polage aufweist, derart, dass über der Targetplatte (13) ein in sich geschlossener Tunnel aus von der ersten Gruppe oder Reihe ausgehender und zur zweiten Gruppe oder Reihe zurückkehrender magnetischer Feldlinien gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Jochplatte (15) kreisscheibenförmig ausgebildet ist und die erste Gruppe oder Reihe von Magneten (14b, 14b', ...) – im wesentlichen einen geschlossenen Kreisring bildend – im Randbereich der Jochplatte (15) und die zweite Gruppe oder Reihe von Magneten (14a, 14a', ...) – eine regellose, jedoch im wesentlichen symmetrische Konfiguration bildend – im zentralen Bereich der Jochplatte (15) vorgesehen ist, wobei der Abschnitt des magnetischen Tunnels, der im Bereich (III + IV) der von der Drehachse (5) des Substrathalters (4) abgewandten Hälfte der Jochplatte (15) verläuft, eine insgesamt grössere Länge aufweist als der Tunnelabschnitt, der auf der der Drehachse (5) zugewandten Hälfte (I + II) der Jochplatte (15) vorgesehen ist.

2. Ortsfeste Magnetron-Zerstäubungskathode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die Magnete der ersten Gruppe oder Reihe (14b, 14b', ...) unterschiedliche Konfiguration und Grösse aufweisen als auch die Magnete der zweiten Gruppe oder Reihe (14a, 14a', ...).

3. Ortsfeste Magnetron-Zerstäubungskathode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

dass im Zentrum der Trag- oder Jochplatte (15) ein zylindrisch ausgeformter Magnet (18) vorgesehen ist, von dem aus sich eine erste Reihe von hintereinanderliegend angeordneten Magneten (14b) in radialer Richtung bis an eine kreisringförmig angeordnete äussere Reihe von Magneten gleicher Polage erstreckt, wobei der zentrale Magnet (18) von einer zweiten, einen offenen Kreisring bildenden Reihe von Magneten (14a) umschlossen ist, und der Abstand (c) vom zentralen Magneten (18) zur zweiten Reihe (14a) etwa dem Abstand (d) von dieser zweiten Reihe (14a) zur äusseren Reihe (14b) entspricht.

4. Ortsfeste Magnetron-Zerstäubungskathode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der zentralen Partie der Trag- oder Jochplatte (15) eine zweite Gruppe oder Reihe von Magneten (14a', 14a'') angeordnet ist, die zusammen eine etwa X- oder I-förmige, im wesentlichen aber symmetrische Konfiguration aufweisen, wobei sich die Symmetrieachse (Z) in etwa parallel einer Geraden, die von der Drehachse (5) aus durch das Zentrum der Jochplatte (15) verläuft, erstreckt und wobei die erste Gruppe oder Reihe von Magneten (14b', 14b'') die zweite Gruppe oder Reihe (14a', 14a'') ringförmig umschliesst.

5. Ortsfeste Magnetron-Zerstäubungskathode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der zentralen Partie der Trag- oder Jochplatte (15) eine zweite Gruppe oder Reihe von Magneten (14a''') in einer etwa U-förmigen Konfiguration angeordnet ist und eine erste Gruppe oder Reihe von Magneten (14b''') diese ringförmig umschliesst, wobei eine an diese ringförmige Anordnung sich anschliessende Reihe von zusätzlichen Magneten (19) vorgesehen ist, die sich in der Form eines gebogenen Fingers radial bis etwa in das Zentrum der Jochplatte (15) hinein erstreckt und wobei die U-förmig angeordneten Magnete (14a''') so ausgerichtet sind, dass die beiden Schenkel dieser U-Form etwa parallel einer Gerade verlaufen, die rechtwinklig zur Symmetrieachse (Z) ausgerichtet ist.

FIG.1

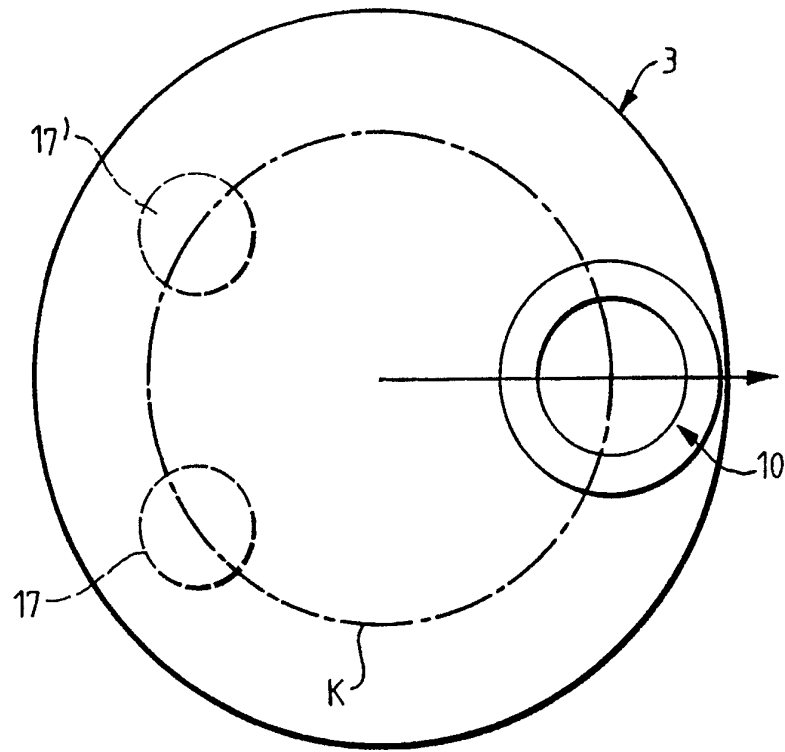


FIG.2

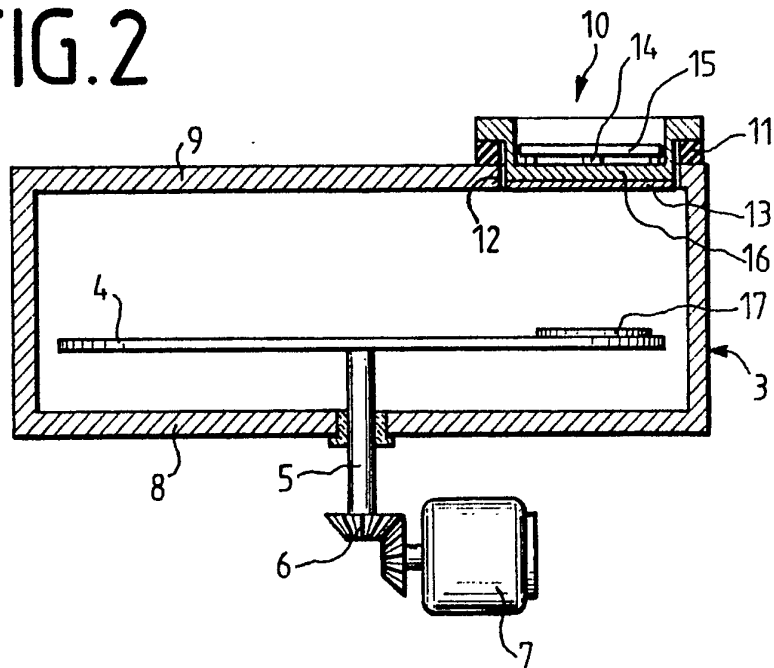


FIG.3

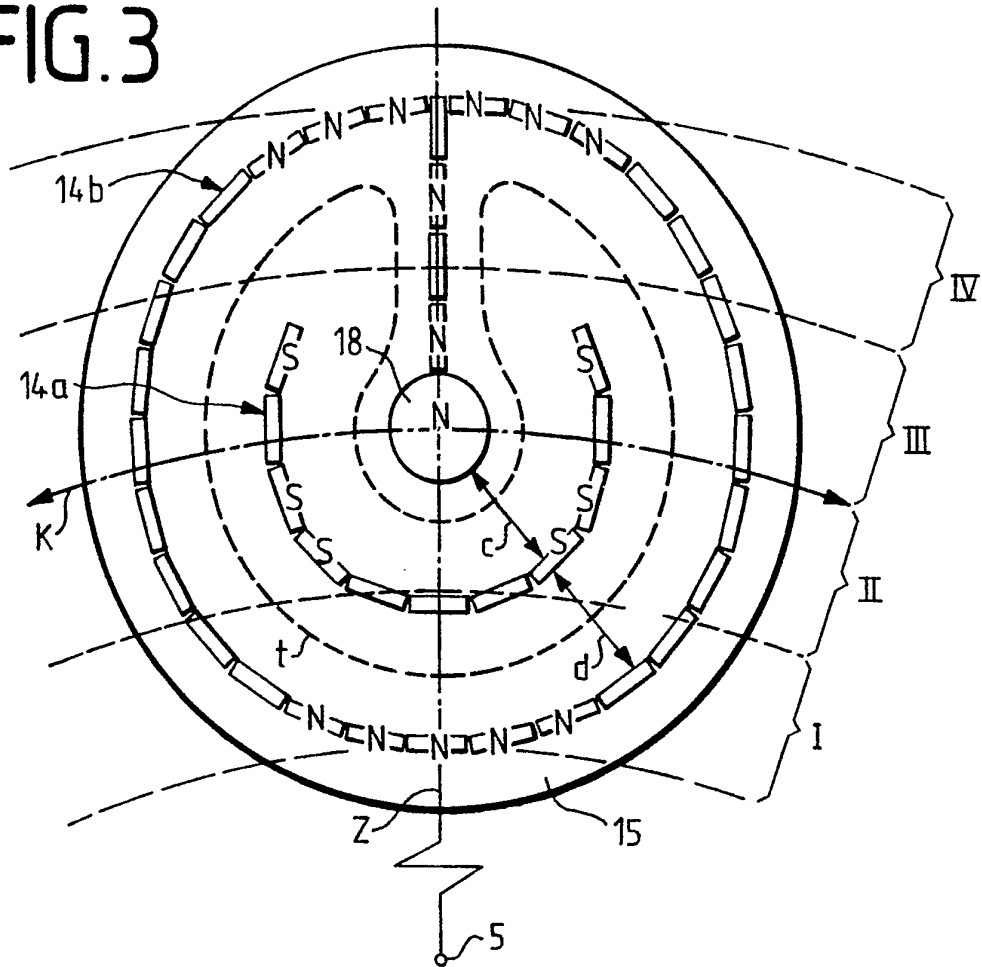


FIG.4

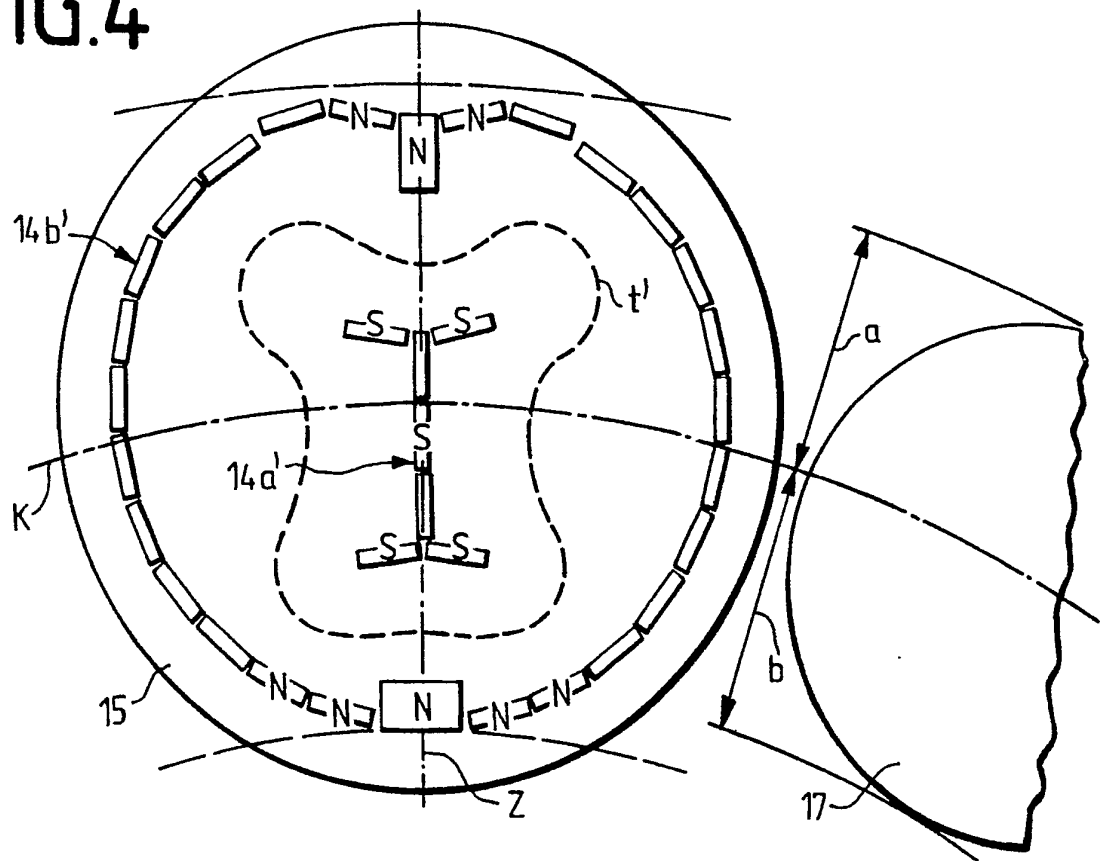


FIG.5

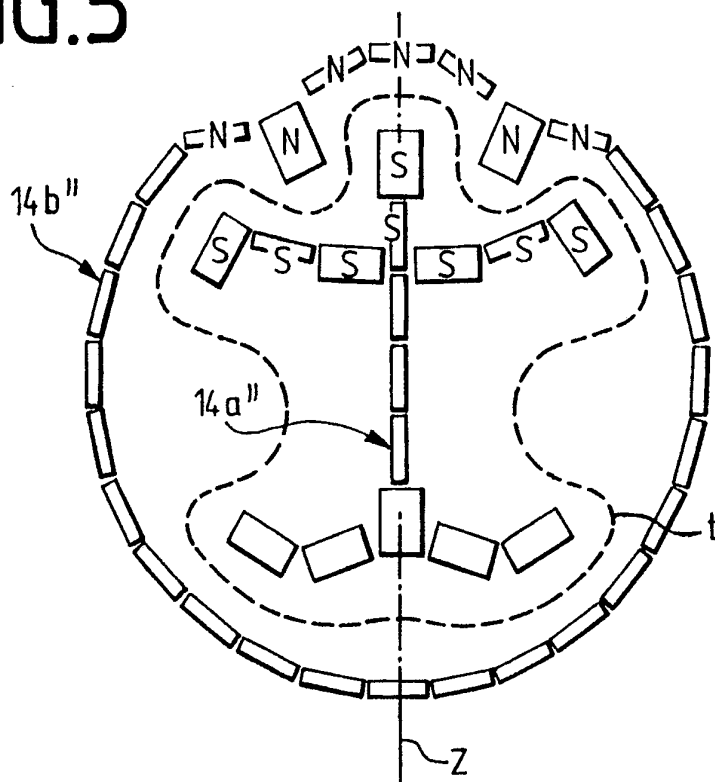


FIG.6

