



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 86101356.3

Int. Cl. 4: H01F 7/20, H05H 7/04,
G21K 1/08

Anmeldetag: 03.02.86

Priorität: 15.02.85 DE 3505281

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.08.86 Patentblatt 86/34

Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

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

Erfinder: Ries, Günter, Dr.
Schobertweg 2
D-8520 Erlangen(DE)

Magnetfelderzeugende Einrichtung.

Mit der Einrichtung ist in einem Nutzvolumen ein Magnetfeld mit räumlich vorgegebenem Feldverlauf zu erzeugen, wobei den Feldverlauf beeinflussende Körper aus ferromagnetischem Material vorgesehen sind. Dabei soll in dem Nutzvolumen ein räumlich vorgegebener Feldverlauf mit nur geringen Feldfehlern zu gewährleisten sein. Erfindungsgemäß ist deshalb vorgesehen, daß außerhalb und auf gegenüberliegenden Seiten des Nutzvolumens (V) jeweils mindestens ein dünner plattenförmiger Körper (7, 8) vorbestimmter geometrischer Ausdehnung aus einem Material mit hoher Permeabilität (μ_r) vorgesehen ist, dessen dem Nutzvolumen (V) zugewandte Oberfläche (F bzw. F') so geformt und angeordnet ist, daß diese auf einer magnetischen Äquipotentialfläche (6d bzw. 6'd) des in dem Nutzvolumen (V) zu erzeugenden Magnetfeldes (B) zu liegen kommt.

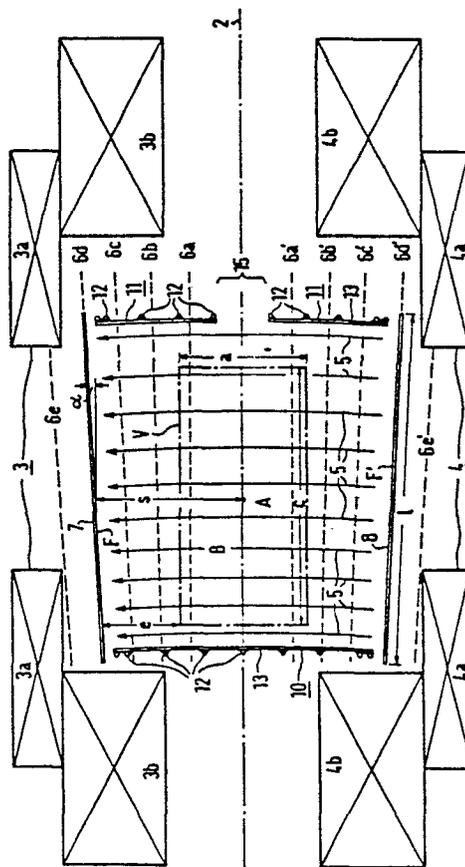


FIG 1

Magnetfelderzeugende Einrichtung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfeldes mit räumlich vorgegebenem Feldverlauf in einem Nutzvolumen, welche mit den Feldverlauf beeinflussenden Körpern aus ferromagnetischem Material versehen ist. Eine derartige Einrichtung geht z.B. aus DE-OS 25 26 845 hervor.

In Einrichtungen, mit denen Magnetfelder zu erzeugen sind, ist häufig ein räumlich vorgegebener Feldverlauf in einem Nutzvolumen mit nur geringen Abweichungen einzuhalten. Dies trifft z.B. für Teilchenbeschleuniger-Anlagen zu, bei denen Ablenkeinrichtungen für geladene Teilchen wie z.B. Elektronen aufgrund ihrer gekrümmten Teilchenbahnen entsprechend gekrümmte Dipolmagnete aufweisen (vgl. z.B. "IEEE Transactions on Nuclear Science", vol. NS-30, no. 4, August 1983, Seiten 2531 bis 2533). Der vorgegebene Feldverlauf wird dabei im allgemeinen durch geeignete Formgebung und Dimensionierung der stromdurchflossenen Wicklungen oder auch durch ferromagnetische Polschuhe erzeugt.

Bei niedrigen Magnetfeldstärken oder bei hohen Feldänderungsgeschwindigkeiten kann eine Reihe von feldverzerrenden Störquellen Bedeutung gewinnen, so daß dann die einzuhaltenden Feldfehlerschranken gegebenenfalls überschritten werden. So ist als Ursache unerwünschter Feldverzerrungen an externe Feldstörungen wie z.B. das Erdfeld oder magnetisierte Objekte zu denken. Daneben können auch Wirbelströme in metallischen Teilen des Magneten selbst bzw. in dem Leiter zu entsprechenden Störungen führen. Auch supraleitende Abschirmströme in den Filamenten einer supraleitenden Wicklung oder die Restmagnetisierung in einem Eisenjoch stellen derartige Störquellen dar. Schließlich können auch die Felder von magnetisierbaren, d.h. para-, ferri- bzw. ferromagnetischen Teilen einer Magneteinrichtung Ursache für Feldverzerrungen sein.

Zur Kompensation derartiger Feldverzerrungen lassen sich beispielsweise stromgespeiste Kompensationswicklungen vorsehen, die vielfach als Satz zylindrischer Multipolspulen um das vorbestimmte Nutzvolumen angebracht werden. Diese Spulen werden von Netzgeräten so gespeist, daß der vorher gemessene Feldfehler im Betrieb kompensiert wird. So ist z.B. eine Sextupolkorrekturspule in einem supraleitenden Ablenkmagneten aus der Veröffentlichung "Proc. 1972 Applied Supercond. Conf.", Annapolis (USA), Seiten 293 bis 299 bekannt.

Auch bei der aus der Veröffentlichung "Proc. 8th Int. Conf. on High-Energy Accelerators-CERN 1971", Genf (CH), 1971, Seiten 177 bis 182 ist die Kompensation von Feldverzerrungen bei einer supraleitenden, kurzgeschlossenen Multipolspule vorgesehen. Hierzu induziert der unerwünschte Multipolfehler beim Hochfahren des Magnetfeldes selbsttätig den für eine Kompensationspule benötigten Spulenstrom, welcher dann diese Komponente im Nutzvolumen weitgehend kompensiert. Dabei ist jedoch für jeden Multipol eine getrennte Spule erforderlich.

Aus der eingangs genannten DE-OS ist eine Magneteinrichtung zur Erzeugung inhomogener Magnetfelder bekannt, wie sie z.B. für magnetische Erzscheider zu verwenden ist. Diese Magneteinrichtung weist supraleitende Magnetspulen auf, um die vom Produkt $B \cdot \text{grad } B$ abhängigen Kräfte auf die abzuschleudenden Teilchen hervorzurufen. Um ein möglichst hohes Produkt $B \cdot \text{grad } B$ zu erzeugen, sind bei der bekannten Einrichtung in Zonen mit höherer Feldstärke Körper aus ferromagnetischem Material vorgesehen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, eine magnetfelderzeugende Einrichtung der eingangs genannte Art zu schaffen, bei der auf einfache Weise in einem Nutzvolumen ein räumlich vorgegebener Feldverlauf mit geringen Feldfehlern zu gewährleisten ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß außerhalb und auf gegenüberliegenden Seiten des Nutzvolumens jeweils mindestens ein dünner plattenförmiger Körper vorbestimmter geometrischer Ausdehnung aus einem Material mit hoher Permeabilität vorgesehen ist, dessen dem Nutzvolumen zugewandte Oberfläche so geformt und angeordnet ist, daß diese auf einer magnetischen Äquipotentialfläche des in dem Nutzvolumen zu erzeugenden Magnetfeldes zu liegen kommt.

Die mit dieser Ausgestaltung der magnetfelderzeugenden Einrichtung verbundenen Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, daß magnetische Störfeldflüsse innerhalb der plattenförmigen Körper ausgeglichen werden und nur noch der das Nutzvolumen durchsetzende Gesamtfluß vor den außerhalb des Nutzvolumens anzuordnenden magnetfelderzeugenden Einrichtungen vorgegeben ist. Die Ausdehnung der plattenförmigen Körper wird dabei in Abhängigkeit von den räumlichen Gegebenheiten zweckmäßigerweise so groß gewählt, daß von den Rändern her Störfelder nur noch stark gedämpft in das Nutzvolumen durchgreifen können.

Der Einfluß derartiger Störfelder auf das in dem Nutzvolumen zu erzeugende Magnetfeld kann insbesondere bei Verwendung von supraleitenden Magneten vorteilhaft dadurch unterbunden werden, daß außerhalb und auf gegenüberliegenden Seiten des Nutzvolumens jeweils eine flächenhafte, gitter- oder netzartige Struktur vorbestimmter Ausdehnung mit draht- oder bandförmigen Supraleitern vorgesehen ist, wobei jede Struktur so geformt und angeordnet ist, daß sie den Feldlinien des in dem Nutzvolumen zu erzeugenden Magnetfeldes folgt, und wobei die Supraleiter senkrecht zu den Feldlinien ausgerichtet und zumindest in ihren Enden mit in Richtung der Feldlinien verlaufenden elektrisch leitenden Teilen verbunden sind. Mit dieser netzartigen Struktur kann dann verhindert werden, daß zeitliche Änderungen einer Störfeldkomponente senkrecht zur Netzebene in das Nutzvolumen eindringen, indem in den draht- oder bandförmigen Supraleitern selbsttätig entsprechende Abschirmströme induziert werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Einrichtung gehen aus den restlichen Unteransprüchen hervor.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung und deren in den Unteransprüchen gekennzeichneten Weiterbildungen wird nachfolgend auf die Zeichnung Bezug genommen, deren Figur 1 eine erfindungsgemäße magnetfelderzeugende Einrichtung zeigt. In Figur 2 ist eine derartige magnetfelderzeugende Einrichtung als Teil einer Elektronenbeschleuniger-Anlage angedeutet. Dabei sind in den Figuren übereinstimmende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Figur 1 ist schematisch ein Querschnitt durch eine magnetfelderzeugende Einrichtung veranschaulicht, wie sie z.B. für einen Elektronenspeicher vorgesehen werden kann. Der hierzu erforderliche Dipolmagnet ist aufgrund der gekrümmten Teilchenbahn ebenfalls gekrümmt und kann insbesondere halbkreisförmig gebogen sein (vgl. z.B. die genannte Veröffentlichung "IEEE Trans. Nucl. Sci."). Wegen der erforderlichen hohen Feldstärken sind seine Wicklungen bevorzugt mit supraleitendem Material erstellt.

Mit der magnetischen Einrichtung soll in einem Nutzvolumen V um die Strahlführungsachse A ein Dipolmagnetfeld B vorbestimmter Stärke und mit vorbestimmtem Verlauf seiner Feldlinien zu erzeugen sein. Hierzu weist die Einrichtung zu beiden Seiten der die Strahlführungsachse A enthaltenden Strahlführungsebene 2 und symmetrisch zu dieser Ebene je eine Dipolwicklung 3 bzw. 4 mit jeweils einer Hauptwicklung 3a und einer Nebenwicklung 3b bzw. 4a und 4b auf. Diese Wicklungen dienen zur Erzeugung des Dipolfeldes \vec{B} , das in der Figur durch seine mit 5 bezeichneten gepfeilte Feldlinien sowie durch einige gestrichelt eingezeichnete Äquipotentiallinien 6a bis 6e bzw. 6'a bis 6'e veranschaulicht ist.

Um den geforderten Verlauf der Feldlinien 5 innerhalb geringer Fehlerfeldgrenzen von z.B. 1 % gewährleisten zu können, sind erfindungsgemäß um das Nutzvolumen V magnetische Randbedingungen geschaffen, welche den Feldverlauf im gesamten Innenraum des Nutzvolumens eindeutig bestimmen. Hierzu ist außerhalb des Nutzvolumens V auf gegenüberliegenden Seiten bezüglich dieses Volumens jeweils ein Flächenausschnitt bestimmt, welcher eine magnetische Äquipotentialfläche des gewünschten Feldes repräsentiert. Gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Äquipotentialflächen 6d bzw. 6'd ausgewählt. Jeder dieser Flächenausschnitte ist mit einem dünnen plattenförmigen Körper 7 bzw. 8 aus einem Material mit einer vorzugsweise hohen Permeabilität belegt. Bei diesen plattenförmigen Körpern 7 und 8 kann es sich z.B. um entsprechende ferromagnetische Bleche handeln. Die relative Permeabilität μ_r dieser beispielsweise 0,5 bis 10 mm dicken Bleche soll dabei mindestens 1500, vorzugsweise mindestens 2000 betragen. Ni-reiche NiFe-Legierungen wie Permalloy-Legierungen erfüllen z.B. diese Bedingung. Die dem Nutzvolumen V jeweils zugewandte Oberfläche F bzw. F' dieser Bleche soll also so geformt und angeordnet sein, daß sie jeweils auf einer magnetischen Äquipotentialfläche des in dem Nutzvolumen zu erzeugenden Magnetfeldes wie z.B. auf der Fläche 6d bzw. 6'd zu liegen kommt. Dabei sollen die Bleche 7 und 8 zweckmäßigerweise in der Nähe des Nutzvolumens V angebracht sein. Vorzugsweise ist ihre geringste Entfernung e von dem Nutzvolumen V kleiner als die entsprechende Ausdehnung a des Nutzvolumens in dieser Richtung. Außerdem wird die geometrische Ausdehnung der mit den Blechen 7 bzw. 8 zu belegenden Flächenausschnitte vorteilhaft so gewählt, daß zumindest weitgehend die das Nutzvolumen V durchsetzenden Feldlinien 5 des Feldes B durch diese Flächenausschnitte hindurchtreten.

Um das Durchgreifen von Störfeldern von den von den Blechen 7 und 8 nicht abgedeckten Seiten her auf das Nutzvolumen V auf ein minimales Maß zu begrenzen, müßte gegebenenfalls die Ausdehnung 1 der Bleche quer zur Strahlführungsachse A verhältnismäßig groß gewählt werden, d.h. z.B. mindestens der Summe aus der Ausdehnung c des Nutzvolumens V in dieser Querrichtung und aus dem durch die Strahlführungsachse A verlaufenden mittleren Abstand s zwischen den Blechen entsprechen. Eine derartige Größe der Ausdehnung 1 ist jedoch bisweilen aufgrund der Anordnung der einzelnen Wicklungen praktisch nicht möglich.

Um dennoch auch bei kleineren Ausdehnungen 1, wobei 1 stets zumindest geringfügig größer als die entsprechende Ausdehnung c des Nutzvolumens sein wird, das seitliche Eindringen von Störfeldern zu verhindern, können vorteilhaft zusätzliche flächenhafte, gitter- oder netzartige Strukturen vorbestimmter Ausdehnung mit draht- oder bandförmigen Supraleitern an den offenen Seiten des Nutzvolumens V vorgesehen werden. Jede dieser in der Figur

mit 10 bzw. 11 bezeichneten netzartigen Struktur ist dabei so geformt und angeordnet, daß sie den Feldlinien 5 des in dem Nutzvolumen V zu erzeugenden Magnetfeldes B folgt. Diese Strukturen 10 und 11 reichen vorteilhaft bis unmittelbar an die Bleche 7 und 8 heran, ohne diese jedoch zu berühren. Die mit 12 bezeichneten Supraleiter dieser Strukturen sind zueinander parallel angeordnet und verlaufen senkrecht zu den Feldlinien 5 des Magnetfeldes B. Zumindest an ihren Enden, gegebenenfalls in Abständen auch dazwischen, sind sie in Richtung der Feldlinien durch metallische Teile 13 elektrisch leitend verbunden. Mit der Auswahl des Materials für diese Teile 13 und deren Anzahl kann dann für jede so netzartig ausgebildete Struktur 10 bzw. 11 eine vorbestimmte L/R-Zeitkonstante τ gewählt werden. Da bei zeitlichen Änderungen einer Störfeldkomponente senkrecht zur Netzebene in den Supraleitern selbstständig entsprechende Abschirmströme induziert werden, werden insbesondere bei einem Start von einem Feld $B=0$ und einer L/R-Zeitkonstanten τ der netzartigen Struktur, falls τ sehr viel größer als die Feldanstiegszeit ist, Störfelder selbst weitgehend abgeschirmt.

Die in Figur 1 dargestellten Feldformungs- bzw. Abschirmmaßnahmen bestehen somit, im Querschnitt gesehen, aus einem den Nutzquerschnitt umgebenden Viereck, wobei zwei gegenüberliegende Seiten aus den ferromagnetischen Blechen 7 und 8 und die zwei anderen Seiten jeweils aus einer netzartigen Struktur 10 bzw. 11 mit Supraleitern 12 ausgebildet werden. Alle vier Seiten sind dabei elektrisch voneinander isoliert. Um Wirbelströme in den ferromagnetischen Blechen 7 und 8 zu vermeiden, können diese gegebenenfalls geschlitzt oder mit anderen hierfür geeigneten Maßnahmen versehen sein. An den jeweils zwischen einem Blech und einer netzartigen Struktur ausgebildeten Ecken stehen die Umrißkonturen senkrecht aufeinander. Bei einem geforderten homogenen Feld wird durch die Bleche und die Strukturen ein Rechteck mit parallelen Seiten ausgebildet. Ist jedoch ein Gradient bzw. ein höherer Multipol verlangt, so bilden die Seiten jeweils zwei Segmente von zueinander orthogonalen Hyperbelscharen. Bei kleinen Gradientenbeimischungen können sie auch mit guter Näherung durch zwei ebene ferromagnetische Platten mit einem Neigungswinkel zueinander sowie durch zwei Netze auf Kreissegmenten genähert werden. Ein solcher Fall ist für das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 zugrundegelegt, wobei ein negativer Feldgradient $\frac{dB}{dR} = -0,5$ angenommen wurde. Der Neigungswinkel α der Bleche 7 bzw. 8 gegenüber der Strahlführungsebene 2 beträgt dabei etwa 3° .

Wie ferner aus Figur 1 hervorgeht, kann die netzartige Struktur 11 noch mit einer seitlichen Öffnung 15 versehen sein, um so die im Bereich der gekrümmten Teilchenbahn emittierte Synchrotronstrahlung ungehindert nach außen treten zu lassen.

In Figur 2 ist in Schrägansicht ein gekrümmter Dipolblenmagnet einer Elektronenbeschleuniger-Anlage in teilweise aufgerissener Darstellung schematisch wiedergegeben. Dieser Magnet weist zwei große gekrümmte Dipolwicklungen 20 und 21 auf, die beiderseits eines längs der Strahlführungsachse A verlaufenden Elektronenstrahlrohres 22 parallel zueinander angeordnet sind. Längs der gekrümmten Innenseite des Magneten bzw. des Elektronenstrahlrohres 22 befindet sich noch eine zusätzliche Gradientenwicklung 23. Da die Leiter dieser Wicklungen 20, 21 und 23 aus supraleitendem Material bestehen, ist dies aus Gründen der Herausführung der Synchrotronstrahlung zweigeteilte, diese Wicklungen aufnehmende Strahlkammer 24 mit einem entsprechenden Heliumgehäuse 25 versehen. Wie aus dem Aufriß ersichtlich ist, ist oberhalb und unter-

halb des Elektronenstrahlrohres 22 jeweils ein ferromagnetisches Blech 7 bzw. 8 mit der Krümmung des Rohres 22 angepaßter Gestalt angeordnet. Zwischen den Innenrändern und den Außenrändern dieser Bleche befindet sich jeweils eine netzartige Struktur 10 bzw. 11 mit supraleitenden Drähten 12. Mit diesen Blechen 7 und 8 und den netzartigen Strukturen 10 und 11, deren Querschnitt in Fig. 1 dargestellt ist, können im schnellgepulsten Niederfeldbereich Störfelder durch Wirbelstromeffekte sowie die Restmagnetisierung des Supraleiters der Wicklungen abgeschirmt werden. Die Störfeldabschirmung folgt hier der gekrümmten Teilchenbahn über die ganze Magnetlänge und ist lediglich an ihren Enden offen. Die Querschnittsabmessungen betragen dabei z.B. $9 \times 9 \text{ cm}^2$. Die magnetischen Wände bestehen aus z.B. 0,5 bis 1 mm dicken μ -Metall. Die netzartigen Strukturen 10 und 11 weisen jeweils mindestens drei supraleitende Multifilamentdrähte auf, die alle 10 cm durch senkrecht verlaufende Kupferdrähte und an ihren Enden durch Kupferbänder verbunden sind. Die L/R-Zeitkonstante τ dieser Strukturen kann dabei viel größer als die Pulsanstiegszeit sein.

Die erfindungsgemäßen Feldformungs- bzw. Abschirmmaßnahmen sind insbesondere bei kleinen Feldern und hohen Feldänderungsgeschwindigkeiten wirksam. Bei hohen Feldern mit $B > 1 \text{ T}$ und kleinen Feldänderungsgeschwindigkeiten \dot{B} werden die geschilderten Maßnahmen weitgehend wirkungslos, da dann das hochpermeable Material gesättigt ist bzw. die in den Drähten induzierten Abschirmströme klein werden. Hier übernehmen dann in bekannter Weise die Hauptwicklungen der magnetischen Einrichtung allein die Feldformung.

Ansprüche

1. Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfeldes mit räumlich vorgegebenem Feldverlauf in einem Nutzvolumen, welche mit den Feldverlauf beeinflussenden Körpern aus ferromagnetischem Material versehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß außerhalb und auf gegenüberliegenden Seiten des Nutzvolumens (V) jeweils mindestens ein dünner plattenförmiger Körper (7, 8) vorbestimmter geometrischer Ausdehnung aus einem Material mit hoher Permeabilität (μ_r) vorgesehen ist, dessen dem Nutzvolumen (V) zugewandte Oberfläche (F bzw. F') so geformt und angeordnet ist, daß diese auf einer magnetischen Äquipotentialfläche (6d bzw. 6'd) des in dem Nutzvolumen (V) zu erzeugenden Magnetfeldes (B) zu liegen kommt.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die geringste Entfernung (e) jedes plattenförmigen Körpers (7, 8) von dem Nutzvolumen (V) kleiner als die entsprechende Ausdehnung (a) des Nutzvolumens (V) in dieser Richtung ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Querausdehnung (1) jedes plattenförmigen Körpers (7, 8) größer als die entsprechende Ausdehnung (c) des Nutzvolumens (V) in dieser Richtung ist.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die geometrische Ausdehnung der jeweils mit einem der plattenförmigen Körper (7 bzw. 8) zu belegenden Flächenausschnitte der Äquipotentialflächen (6d bzw. 6'd) so groß gewählt ist, daß zumindest weitgehend die das Nutzvolumen (V) durchsetzenden Feldlinien (5) des Magnetfeldes (B) durch diese Flächenausschnitte hindurchtreten.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß außerhalb und auf gegenüberliegenden Seiten des Nutzvolumens (V) jeweils eine flächenhafte, gitter- oder netzartige Struktur (10, 11) vorbestimmter Ausdehnung mit draht- oder bandförmigen Supraleitern (12) vorgesehen ist, wobei jede Struktur (10, 11) so geformt und angeordnet ist, daß sie den Feldlinien (5) des in dem Nutzvolumen (V) zu erzeugenden Magnetfeldes (B) folgt, und wobei die Supraleiter (12) senkrecht zu den Feldlinien (5) ausgerichtet und zumindest an ihren Enden mit in Richtung der Feldlinien (5) verlaufenden elektrisch leitenden Teilen (13) verbunden sind.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die elektrisch leitenden Teile (13) aus bei der Betriebstemperatur der Supraleiter (12) elektrisch normalleitendem Material bestehen.

7. Einrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Supraleiter (12) auch in zwischen ihren Enden liegenden Bereichen untereinander mit elektrisch leitenden Teilen verbunden sind, welche in Richtung der Feldlinien (5) des in dem Nutzvolumen (V) zu erzeugenden Magnetfeldes (B) verlaufen.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels der Anzahl und der Materialauswahl der elektrisch leitenden Teile (13) eine vorbestimmte L/R-Zeitkonstante (τ) für die netzartigen Strukturen (10, 11) eingestellt ist.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausdehnung und Anordnung der netzartigen Strukturen (10, 11) so gewählt ist, daß diese Strukturen zwischen den plattenförmigen Körpern (7, 8) verlaufen.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß für die plattenförmigen Körper (7, 8) Maßnahmen zur Wirbelstromverringerung in ihnen vorgesehen sind.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich das Nutzvolumen (V) im Innern einer Kammer (22) zur Führung elektrisch geladener Teilchen, insbesondere von Elektronen, in einer Teilchenbeschleuniger-Anlage befindet.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

4

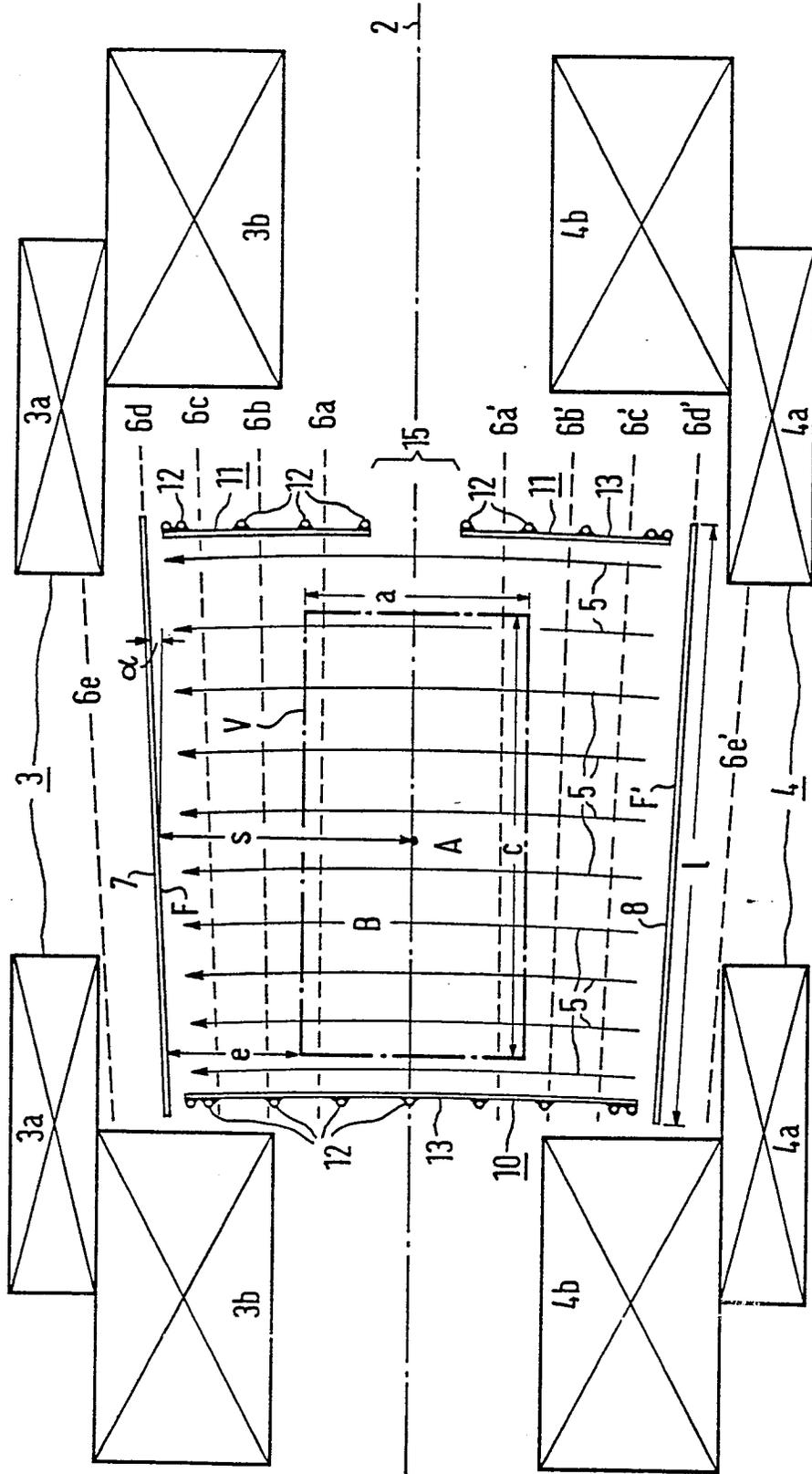


FIG 1

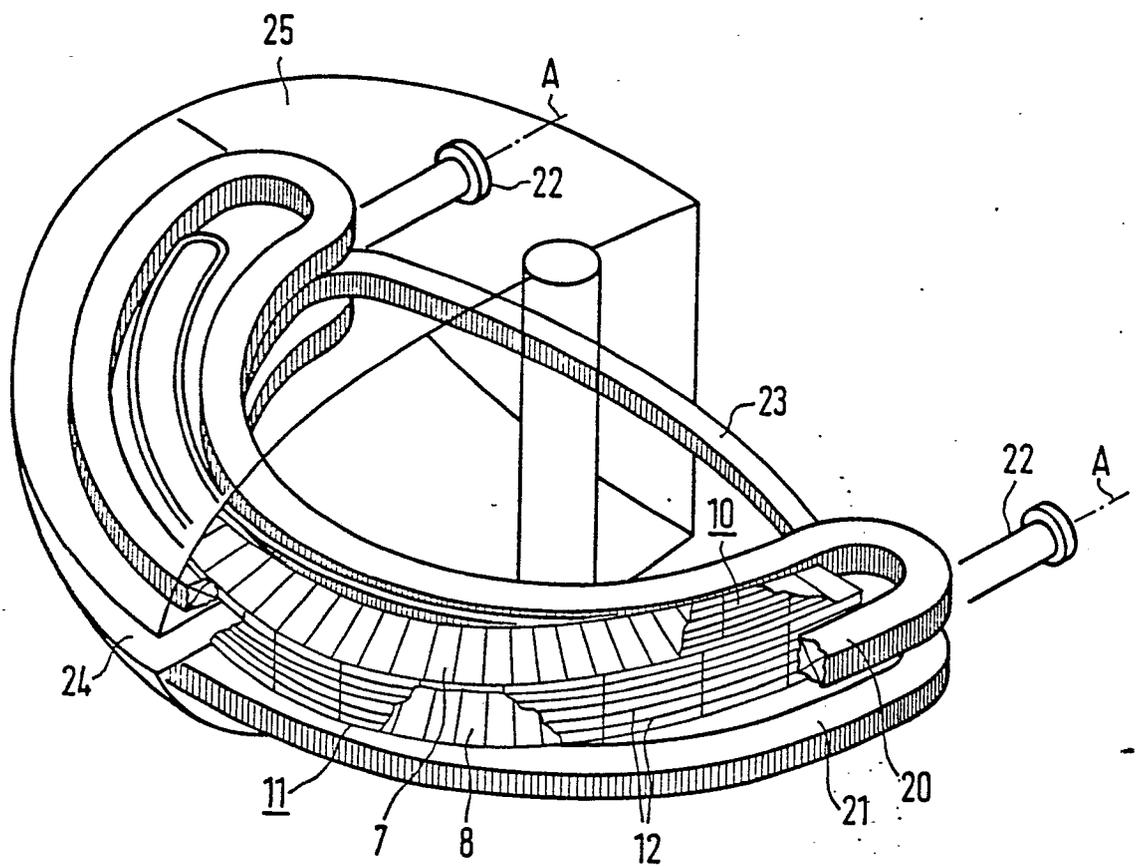


FIG 2