

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **90101117.1**

51 Int. Cl.⁵: **H05H 7/00**

22 Anmeldetag: **19.01.90**

30 Priorität: **20.01.89 DE 3901554**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.07.90 Patentblatt 90/30

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH FR IT LI

71 Anmelder: **DORNIER GMBH**
Postfach 1420
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

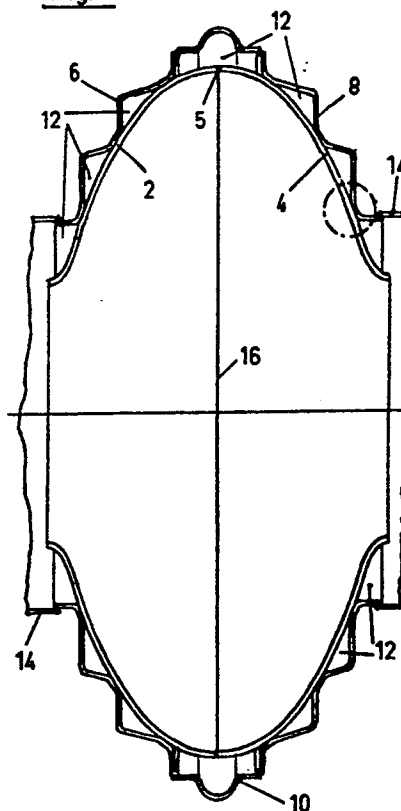
72 Erfinder: **Stoop, Erwin, Dipl.-Ing.;**
Kratzergang 6
D-7997 Immenstaad(DE)
Erfinder: **Broden, Günter, Dipl.-Ing.;**
Steinäckerweg 17
D-7759 Hagnau(DE)

74 Vertreter: **Landsmann, Ralf, Dipl.-Ing.**
DORNIER GMBH - Patentabteilung - Kleeweg
3
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

54 **Direktgekühlte supraleitende Cavity.**

57 Die Erfindung betrifft eine supraleitende Cavity, bei der eine dünnwandige Innenschale von einer wellenförmigen Aussenschale oder von Ringen umgeben ist, wobei die Innenschale gestützt wird und durch die Wellenform ausreichende Flexibilität zum frequenzmässigen Nachtunen der Cavity gegeben sind. In die Wellentäler zwischen Innenschale und Aussenschale ist über Zuleitungen zugeführtes Kühlmittel vorgesehen.

Fig. 1



Direktgekühlte supraleitende Cavity

Die Erfindung betrifft eine supraleitende Cavity aus einer dünnwandigen Innenschale und einer aussenliegenden Stütz- und Kühlschale.

In der Hochenergiephysik werden supraleitende Beschleuniger eingesetzt, die mit flüssigem Helium auf 2 - 4 ° K gekühlt werden. Als supraleitender Werkstoff wird hierbei reines Niob verwendet. Niob ist sehr teuer, ein schlechter Wärmeleiter und hat eine niedrige Festigkeit.

Als "Cavities" werden allgemein Hohlraumresonatoren für Elektronen- oder Protonenbeschleunigungsanlagen bezeichnet. Sie werden mit einem Hochfrequenz-Wechselfeld gespeist und dienen der schrittweisen Beschleunigung von Teilchen, wie beispielsweise Elektronen, Positronen oder Protonen, bis zum Erreichen ihrer vorgesehenen Kollisionsenergie.

Die Cavities bekannter Art sind aus miteinander verschweissten Niob- oder Kupferschalen aufgebaut. Jeweils benachbarte Schalen sind mit ihrem grösseren beziehungsweise mit ihrem kleineren Durchmesser miteinander verschweisst, so dass insgesamt ein Hohlraum mit sich periodisch vergrößerndem und verkleinerndem Durchmesser entsteht.

Bereits seit einigen Jahren wird Niob als Material für supraleitende Cavities zur Teilchenbeschleunigung eingesetzt. Dabei liegt die Sprungtemperatur von Niob bei 9.25 ° K, unterhalb dieser Temperatur ist Niob supraleitend, sein elektrischer Widerstand ist 10^6 mal kleiner als der Widerstand von Kupfer. In der Technik sind fünf Bauartvarianten für supraleitende Cavities bekannt:

1. Cavities aus reinem Niob, aus dem Vollen gearbeitet oder aus Blech, eingebaut in einen Flüssig-Helium-Tank.

2. Cavities aus reinem Niob, mit einer auf der Aussenhaut aufgetragenen Silberschicht und aufgelöteten Kühlrohren aus Kupfer (DESY).

3. Cavities aus Kupfer, mit einer auf der Innenseite aufgesputterten dünnen Niob-Schicht, eingebaut in einen Flüssig-Helium-Tank (CERN).

4. Cavities aus einer dickwandigen Kupferschale und einem darin heliumdicht befestigten dünnen Niob-Blech, wobei in der Kupferschale Kühlkanäle eingebracht sind.

5. Cavities aus sprengverschweisstem Niob und Kupfer. Auf die Kupferschale werden Kühlrohre aufgeschweisst.

Bei der ersten Bauart wird neben der teuren Niob-Cavity noch zusätzlich eine grosse Menge Helium benötigt. Die Heliummenge konnte bei der zweiten Bauart erheblich reduziert werden, aber die Kosten der Niob-Cavity erhöhen sich durch die aufgetragene Silberschicht. Bei der dritten Bauart

ist die Cavity billiger, jedoch muss die Qualität der Sputterschicht noch optimiert werden und die erforderliche Heliummenge ist wiederum gross. Die vierte und fünfte Bauart spart bereits grosse Mengen an Helium ein und durch die Verwendung der dünnen Niob-Bleche ist auch der Kostenfaktor für Niob niedrig, jedoch lässt sich durch die dickwandige Kupferschale die Frequenznachstimmung der Cavity nicht oder nur erschwert durchführen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine supraleitende Cavity aufzuzeigen, die bei Verwendung von möglichst geringen Mengen an Niob und Helium eine gute Frequenzabstimmung ermöglicht, wobei ausreichende Kühlung und Festigkeit gewährleistet sind.

Diese Aufgabe wird durch die Cavity nach Anspruch 1 gelöst. Ausgestaltungen sind Bestandteile von Unteransprüchen.

Auf eine Innenschale in der vorgegebenen Form der Cavity wird eine äussere Schale aufgebracht, die die innere Schale vollständig einschliesst. Die innere Schale ist aus einem supraleitenden Material wie beispielsweise Niob hergestellt oder aber sie besteht aus einem normalleitenden Werkstoff, der mit einer supraleitenden Beschichtung versehen ist. Um dieser inneren Schale Kühlung und Stabilität zu verleihen, wird eine gewellte äussere Schale an der inneren Schale befestigt. Durch die Wellenform der äusseren Schale ergeben sich mehrere Vorteile. Zwischen den einzelnen Wellen der Schale kann eine Kühlflüssigkeit eingeleitet werden. Ebenfalls dient die stabilere Aussenschale zur Stützung der dünneren inneren Schale und durch die erfindungsgemässe Wellenform ist trotz der Stabilität der äusseren Schale ein Frequenznachstunen der Gesamtcavity durch Aufbringen von axialen Druck- oder Zugkräften möglich.

Statt einer zusammengehörigen Aussenschale können auch mehrere gewellte Ringe vorgesehen sein, die nebeneinander an der inneren Schale angebracht sind. Auch durch diese gewellten Ringe lässt sich die Kühlflüssigkeit, beispielsweise Helium, leiten. Dazu sind an den Ringen oder an der Schale Vorrichtungen zur Zu- und Abführung des Kühlmittels vorgesehen und die Verbindung zwischen Innen- und Aussenschale ist heliumdicht.

Als Werkstoff für die äussere Schale oder die äusseren Ringe ist vorwiegend Niob vorgesehen. Statt Niob ist aber auch beispielsweise Edelstahl oder Kupfer anwendbar. Kupfer besitzt eine ausreichende Festigkeit und eine ausgezeichnete Wärmeleitfähigkeit. Nach dem verwendeten Werkstoff richtet sich die Befestigungstechnik, mit der innere Schale und äussere Schale oder äusserer Ring miteinander verbunden werden.

Durch den Aufbau aus dünner Innerschale und aus gedrückten Blechen oder aus geometrisch einfachen Ringen für die äussere Schale ist eine kostengünstige Herstellung der erfindungsgemässen Verbundcavity gegeben. Gegenüber Druckschwankungen in der Versorgung mit Kühlmittel ist die Cavity unempfindlich, die einmal eingestellten Frequenzwerte werden beispielsweise durch Druckschwankungen in einer Helium-Versorgung nicht beeinflusst.

Die zum Tunen, also zum Feineinstellen der Frequenz der Cavity, vorzunehmenden axialen Druck- oder Zugbeaufschlagungen zeigen eine nahezu lineare Abhängigkeit der Länge von der Druckkraft. Die zwischen Innen- und Aussenschale erreichte Verbindungsfestigkeit übersteigt die Festigkeit des Kupfers. Eine Trennung von Niob und Kupfer ist ohne Zerstörung der Cavity nicht möglich.

Die Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 den Schnitt durch eine Cavity-Anordnung mit erfindungsgemäsem Aufbau,

Figur 2a bis i verschiedene Befestigungsvariationen der Schalen.

Die Figur 1 zeigt den senkrechten Schnitt durch zwei Cavity-Halbschalen 2 und 4. Im Punkt 5 sind die beiden Halbschalen 2 und 4 miteinander verbunden. Jede Halbschale 2 und 4, die die Innenschalen bilden, besitzen aussen zwei weitere Halbschalen 6 und 8, die wellenförmig gebogen sind. Die Schalen 6 und 8 sind fest mit den Innenschalen 2 und 4 verbunden. In den Bereichen, in denen die Innenschalen 2 und 4 miteinander verbunden sind, sind auch die äusseren Schalen über einen Zwischenring 10 verbunden. Ebenso sind die Innenschalen an der Stelle mit engstem Durchmesser mit der nächsten

Cavity in entsprechender Form verbunden. An diesen Stellen sind auch die Aussenschalen wiederum über Zwischenringe 14 mit der jeweils nächsten Aussenschale verbunden. In den Räumen 12 zwischen Aussenschalen und Innenschalen befindet sich das Kühlmittel, das über hier nicht gezeigte Verbindungsleitungen zu- und abgeführt wird. Die kreisförmig umlaufende Naht 16 zeigt die Verbindungsstelle zwischen zwei Halbschalen an deren grösstem Durchmesser.

Die verschiedenen Verbindungsmöglichkeiten zwischen Innenschale und Aussenschale, die beide jeweils auch aus verschiedenen Materialien bestehen können, zeigt die Figur 2. In Figur 2a ist eine Kupfer-Aussenschale mit einer Niob-Innenschale über eine Lötfläche verbunden.

In Figur 2b besteht die Aussenschale aus Edelstahl und die Innenschale aus Niob. Zwischen beiden Schalen wird ein Kupferring zwischengelötet.

In Figur 2c ist zwischen einer Kupfer-Aussenschale und einer Niob-Innenschale ein mit einer Vertiefung versehener Kupferring vorgesehen, der mit der Kupfer-Aussenschale elektronenring angelötet, der wiederum mit der Niob-Innenschale elektronenstrahlverschweisst ist.

In Figur 2d ist eine Kupfer-Aussenschale mit einer Kupfer-Innenschale verlötet.

Die Figur 2e zeigt eine Kupfer-Aussenschale und eine Kupfer-Innenschale, die miteinander elektronenstrahlverschweisst sind.

Entsprechendes zeigt Figur 2f für das Material Niob.

In Figur 2g wird an eine Edelstahl-Aussenschale ein Edelstahl-Ring mit Vertiefung angeschweisst. An diesen Edelstahl-Ring wird ein Kupferring angelötet und an diesen Kupferring ein Niobring ebenfalls angelötet, der dann wiederum mit der Niob-Innenschale elektronenstrahlverschweisst ist.

Die Figur 2h zeigt eine Niob-Aussenschale und eine Niob-Innenschale, die über einen zwischengelöteten Kupferring verbunden ist.

In Figur 2i ist die Aussenschale durch einen Ring 20 ersetzt, der wellenförmig ausgebogen und mit der Innenschale 22 verbunden ist. Dabei sind alle Werkstoffkombinationen und Verbindungstechniken der Figuren 2a bis 2h möglich.

Zur Zuleitung der Kühlmittel sind in den nach aussen liegenden Wellenbergen der Aussenschale Bohrungen vorgesehen, die über Rohrleitungen mit einer Kühlmittelquelle verbunden sind.

Die Erfindung verringert den Bedarf an teuren Materialien sowohl zur Herstellung als auch zum Betreiben der Cavity. Dennoch wird eine gute und ausreichende Kühlung erzielt und ausreichende Stabilität der Innenschale gewährleistet. Das Nachtunen der Frequenz der Cavity ist durch erfindungsgemässen Aufbau in einfacher Weise möglich.

Ansprüche

1. Supraleitende Cavity mit dünnwandiger Innenschale und die Innenschale umgebender Aussenschale, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aussenschale eine wellenförmige Struktur aufweist, an den zur Innenschale liegenden Wellenbergen mit der Innenschale verbunden ist und Vorrichtungen zur Zu- und Abführung von Kühlmitteln in durch die Wellenform gebildete Räume zwischen Innenschale und Aussenschale vorgesehen sind.

2. Cavity nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschale aus einem wellenförmig gebogenen Teil besteht.

3. Cavity nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschale mehrteilig und aus einzelnen Ringen aufgebaut ist.

4. Cavity nach Anspruch 2 oder 3, dadurch

gekennzeichnet, dass die Aussenschale aus Niob und die Innenschale aus Niob besteht und beide miteinander verschweisst sind.

5. Cavity nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschale aus Kupfer und die Innenschale aus Niob besteht und beide miteinander verlötet sind. 5

6. Cavity nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschale aus Kupfer und die Innenschale aus Kupfer mit einer supraleitenden Beschichtung besteht und beide Schalen miteinander verlötet sind. 10

7. Cavity nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschale aus Kupfer und die Innenschale aus Kupfer mit einer supraleitenden Beschichtung besteht und beide Schalen miteinander verschweisst sind. 15

8. Cavity nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschale aus Niob und die Innenschale aus Niob besteht und beide miteinander über einen Zwischenring aus Kupfer verlötet sind. 20

9. Cavity nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschale aus Edelstahl oder einem ähnlichen Werkstoff und die Innenschale aus Niob besteht und beide über einen zwischengelegten Kupferring miteinander verlötet sind. 25

10. Cavity nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschale aus Kupfer und die Innenschale aus Niob besteht, die Aussenschale mit einem innenliegenden Kupferring verschweisst ist, der Kupferring mit einem innenliegenden Niobring verlötet ist und der Niobring mit der Innenschale verschweisst ist. 30 35

11. Cavity nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenschale aus Edelstahl oder einem ähnlichen Werkstoff und die Innenschale aus Niob besteht, wobei die Aussenschale mit einem innenliegenden Edelstahl-Ring mit einem innenliegenden Kupferring verschweisst ist, dieser Edelstahl-Ring mit einem innenliegenden Kupferring verlötet ist, dieser Kupferring mit einem innenliegenden Niobring verlötet ist und dieser Niobring mit der Innenschale verschweisst ist. 40 45

12. Cavity nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Durchtritt des Kühlmittels zwischen einzelnen Wellentälern Verbindungskanäle in der Aussenschale vorgesehen sind. 50

Fig. 1

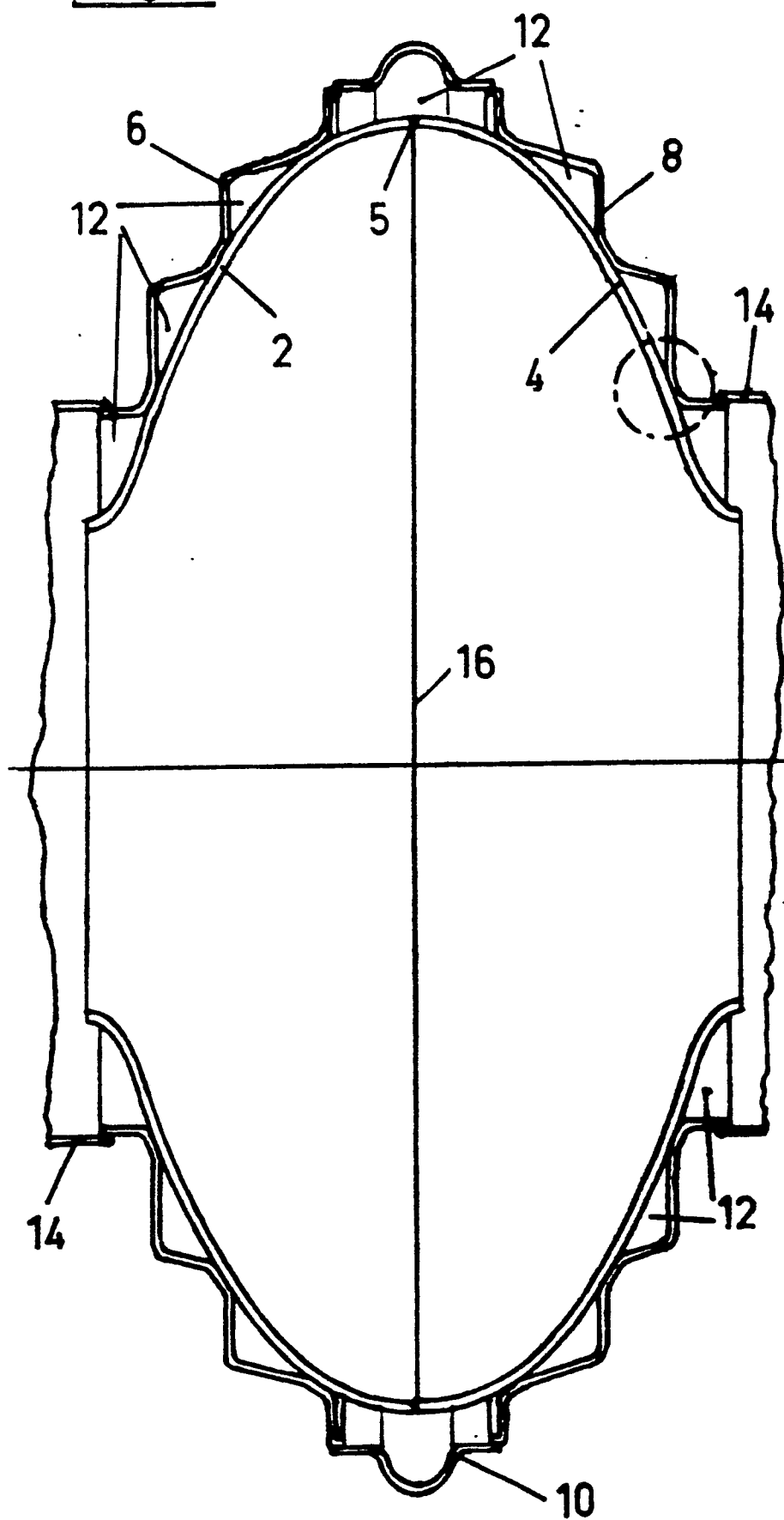


Fig. 2

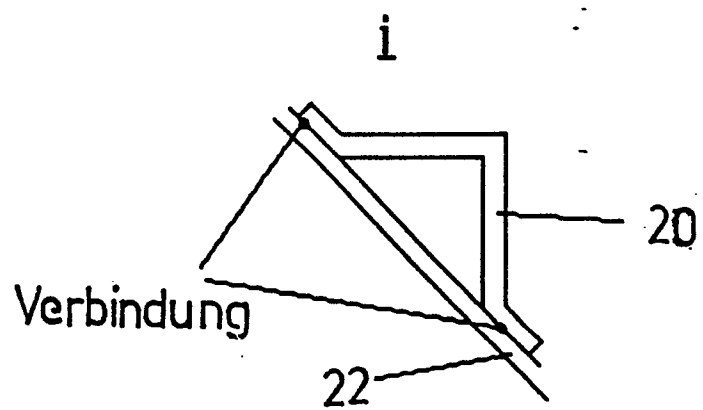


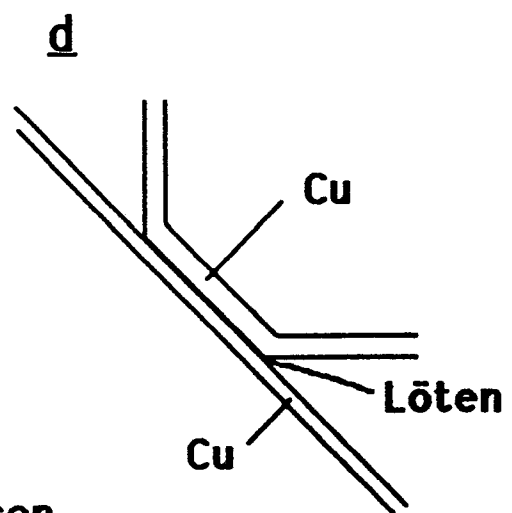
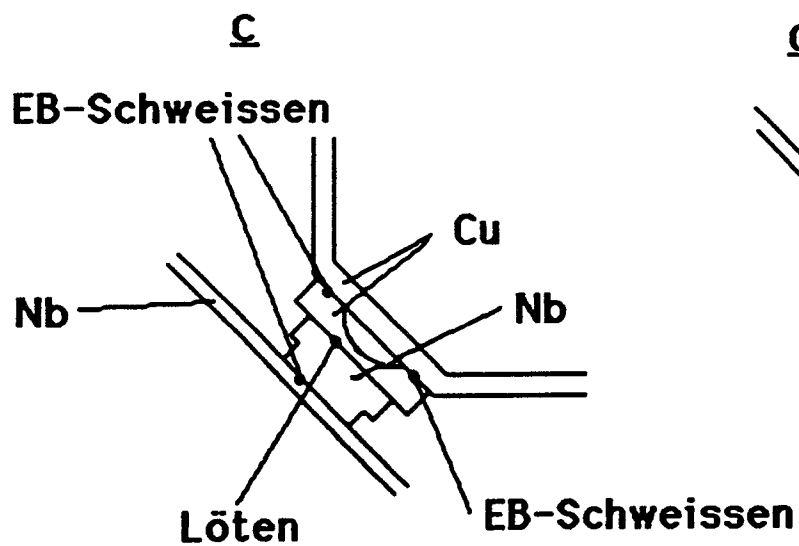
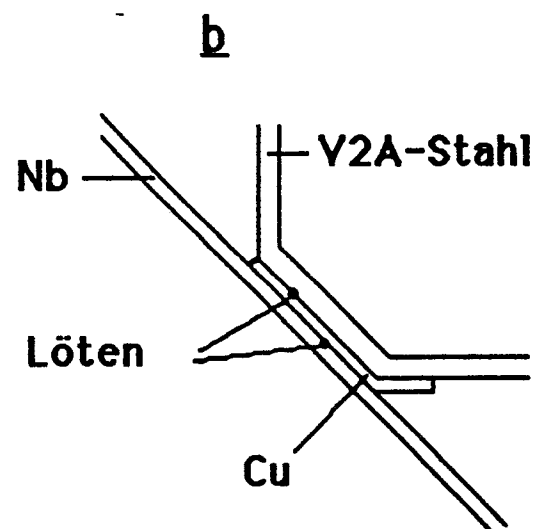
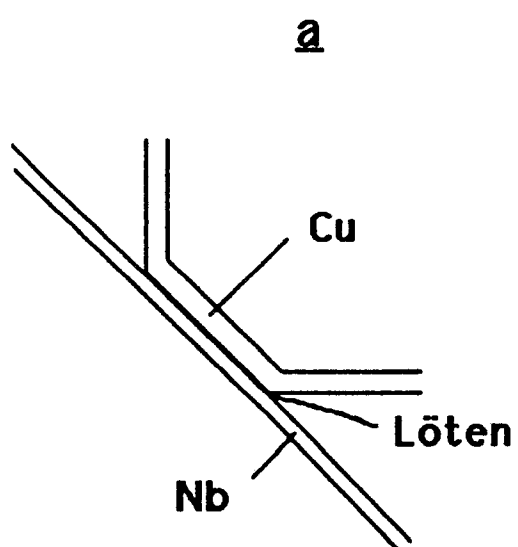
Fig. 2

Fig. 2

