



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

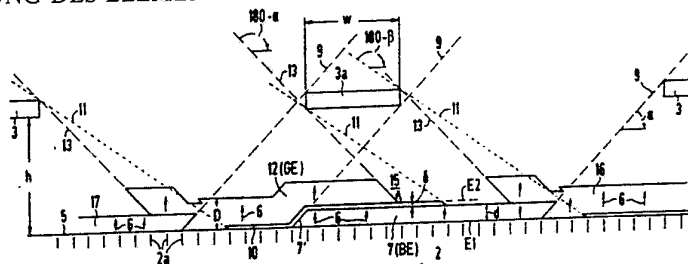
(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : H01L 39/22, 39/24, C23C 14/04 C23C 14/28	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 90/00815 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 25. Januar 1990 (25.01.90)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP89/00760 (22) Internationales Anmeldedatum: 3. Juli 1989 (03.07.89) (30) Prioritätsdaten: P 38 22 905.6 6. Juli 1988 (06.07.88) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIE- MENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittels- bacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE). (72) Erfinder;und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : DAALMANS, Gabriel [NL/DE]; Ungarnstr. 11, D-8520 Erlangen (DE). ROAS, Bernhard [DE/DE]; Brahmsstr. 6, D-8520 Erlangen (DE). HOENIG, Hans, Eckhardt [DE/DE]; Palmstraße 1a, D-8520 Erlangen (DE). (74) Anwalt: SIEMENS AG; Postfach 22 16 34, D-8000 Mün- chen 22 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (euro- päisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (euro- päisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (euro- päisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (euro- päisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäi- sches Patent), US. Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>		

(54) Title: JOSEPHSON TUNNEL ELEMENT WITH METALLIC OXIDE SUPERCONDUCTING MATERIAL AND PROCESS FOR MANUFACTURING THE ELEMENT

(54) Bezeichnung: JOSEPHSON-TUNNELELEMENT MIT METALLOXIDISCHEM SUPRALEITERMATERIAL UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES ELEMENTES

(57) Abstract

A Josephson tunnel element (15) with a sandwich structure on a substrate (2) contains a film (7) which serves as a basis electrode (BE), a film (12) which serves as a counter electrode (GE), and a film (10) which serves as a tunnel barrier sandwiched between said electrode films. The electrode films (7, 12) are each composed of an oxide ceramic superconducting material with a high transition temperature and ordered crystal structure, so that the electrode films (7, 12) have a high critical current density in the direction of the planes (E1, E2) of the films. Both the tunnel barrier film (10) and the substrate (2) have a texture (2a) adapted to the crystal structure dimensions of the superconducting phase of the superconducting material. A Josephson element of this type can be advantageously manufactured by a hole-masking technique by oblique sputtering concurrently with heat treatment and oxygen treatment.



(57) Zusammenfassung

Das Josephson-Tunnelement (15) mit sandwichartigem Aufbau auf einem Substrat (2) enthält eine als Basiselektrode (BE) dienende Schicht (7), eine als Gegenelektrode (GE) dienende Schicht (12) sowie zwischen den Elektrodenschichten eine als Tunnelbarriere wirkende Schicht (10). Die Elektrodenschichten (7, 12) sollen jeweils aus einem oxidkeramischen Supraleitermaterial mit hoher Sprungtemperatur und mit geordneter Kristallstruktur bestehen, so daß die Elektrodenschichten (7, 12) ein hohe kritische Stromdichte in Richtung der Schichtebenen (E1, E2) aufweisen. Sowohl die Tunnelbarrierschicht (10) als auch das Substrat (2) sollen eine an die Kristallstrukturabmessungen der supraleitenden Phase des Supraleitermaterials angepaßte Textur (2a) aufweisen. Ein entsprechendes Josephson-Tunnelement läßt sich vorteilhaft mit einer Lochmasken-Technik durch schräges Aufdampfen bei gleichzeitiger Wärmebehandlung und Sauerstoffbehandlung herstellen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MR	Mauritanien
BB	Barbados	FR	Frankreich	MW	Malawi
BE	Belgien	GA	Gabon	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
BJ	Benin	IT	Italien	SD	Sudan
BR	Brasilien	JP	Japan	SE	Schweden
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CG	Kongo	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

-1-

- 1 Josephson-Tunnelement mit metalloxidischem Supraleitermaterial und Verfahren zur Herstellung des Elementes

Die Erfindung bezieht sich auf ein Josephson-Tunnelement mit
5 sandwichartigem Schichtaufbau auf einer Flachseite eines Substrates, welches Element

- eine als Basiselektrode dienende Schicht aus einem metalloxidischen Supraleitermaterial mit vorbestimmter Kristallstruktur in einer ersten Ebene,
- 10 - eine als Gegenelektrode dienende Schicht aus dem Supraleitermaterial mit der vorbestimmten Kristallstruktur in einer weiteren, zu der ersten Ebene parallelen Ebene

sowie

- eine zwischen den Elektrodenschichten angeordnete, als
15 Tunnelbarriere wirkende Sperrschicht, die aus einem metalloxidischen, nicht-supraleitenden Material mit einer an die Kristallstruktur des Supraleitermaterials angepaßten Kristallstruktur besteht,

enthält.

- 20 Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Josephson-Tunnelementes. Ein entsprechendes Element mit den genannten Merkmalen sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung sind aus der US-PS 4 316 785 bekannt.

- 25 Josephson-Tunnelemente mit sandwichartigem Aufbau stellen einen besonderen Typ von Josephson-Elementen dar. Sie enthalten im allgemeinen eine schichtförmige Basiselektrode aus supraleitendem Material, auf der eine dünne Sperrschicht aus einem isolierenden, halbleitenden oder normalleitenden Material
30 aufgebracht ist. Diese Sperrschicht bildet eine Tunnelbarriere zwischen der Basiselektrode und einer auf der Sperrschicht

- 1 abgeschiedenen Gegenelektrode, die ebenfalls aus supraleitendem Material besteht. Die Tunnelbarrierenschicht stellt dabei in bekannter Weise ein sogenanntes "Weak Link", d.h. eine Zone schwacher Kopplung zwischen den Elektroden-schichten dar (vgl. 5 z.B. "Proc. IEEE", Vol. 61, No. 1, Jan. 1973, Seiten 36 bis 45).

Einen entsprechenden Aufbau weist auch das aus der eingangs genannten US-PS zu entnehmende Josephson-Tunnelelement auf. Als 10 Material der beiden Elektroden dieses Elementes dient das supraleitende Material $\text{BaPb}_{1-x}\text{Bi}_x\text{O}_3$ (mit $0,05 \leq x \leq 0,3$) mit perowskitartiger Kristallstruktur und einer Sprungtemperatur T_c von etwa 13 K. Die Tunnelbarrierenschicht besteht dabei aus einem nicht-supraleitenden Material, das ebenfalls eine ent- 15 sprechende perowskitartige Kristallstruktur aufweist. Damit sind in dem Element mechanische Spannungen bei Temperaturwechseln zu unterbinden.

Seit supraleitende Metalloxidverbindungen mit hohen Sprung- 20 temperaturen T_c von insbesondere über 80 K bekannt sind, die deshalb mit flüssigem Stickstoff gekühlt werden können, ist man bestrebt, Josephson-Tunnelelemente aus entsprechenden Metalloxidverbindungen herzustellen. Ein bekanntes Stoffsystem für diese Metalloxidverbindung ist vom Typ $\text{Me}_1\text{-Me}_2\text{-Cu-O}$, wobei die 25 Komponenten Me_1 ein Seltenes Erdmetall oder Y und Me_2 ein Erdalkalimetall zumindest enthalten. Filme bzw. dünne Schichten aus diesen Metalloxidverbindungen werden vielfach mit speziellen Bedampfungs- oder Sputterprozessen hergestellt. Dabei wird im allgemeinen auf einem geeigneten Substrat zunächst 30 ein polykristallines oder amorphes Vorprodukt mit den Komponenten des gewählten Stoffsystems abgeschieden, wobei der Sauerstoffgehalt und damit die gewünschte supraleitende Hoch- T_c -Phase noch nicht exakt eingestellt sind. Dieses Vorprodukt wird anschließend mittels einer Wärme- und Sauerstoffbehand-

- 1 lung in das Material mit der gewünschten supraleitenden Phase
überführt.

Die so zu erhaltenden supraleitenden Metalloxidphasen, deren
5 Kristallstrukturen ähnlich der eines Perowskites sein können,
haben im Falle von $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (mit $0 < x < 0,5$) eine ortho-
rhombische Struktur (vgl. z.B. "Europhysics Letters", Vol. 3,
No. 12, 15.6.1987, Seiten 1301 bis 1307). Ihre Sprungtempera-
tur T_c liegt bei etwa 90 K. Da die diese supraleitenden Phasen
10 aufweisenden Materialien den Oxidkeramiken zuzurechnen sind,
werden die entsprechenden Hoch- T_c -Supraleiter vielfach auch als
oxidkeramische Supraleiter bezeichnet.

Ein Josephson-Tunnelement unter Verwendung eines solchen
15 oxidkeramischen Hoch- T_c -Supraleitermaterials geht aus der Ver-
öffentlichung "Japanese Journal of Applied Physics", Vol. 26,
No. 9, September 1987, Part 2 - Letters, Seiten L1443 bis L1444
hervor. Dieses Element enthält auf einem gesinterten Substrat
des Stoffsystems Y-Ba-Cu-O eine Basiselektrodenschicht aus dem-
20 selben Material. Auf dieser Schicht ist eine als Tunnelbarriere
wirkende Schicht aus Al_2O_3 ausgebildet, die von der Basiselek-
trodenschicht durch eine wenige nm dicke Au-Schicht getrennt
ist. Als Gegenelektrode dient eine auf die Tunnelbarrieren-
schicht aufgebrachte Nb-Schicht. Es zeigt sich jedoch, daß
25 dieses bekannte Josephson-Tunnelement bei 77 K die für einen
Einsatz in aktiven elektronischen Schaltungen zu erhebenden
Forderungen hinsichtlich ausreichender kritischer Stromdichte
und geringem magnetischen Flußrauschen nicht erfüllen kann.

30 Filme aus oxidkeramischem Hoch- T_c -Supraleitermaterial mit hohen
kritischen Stromdichten sind an sich bekannt. Diese Filme
müssen hierzu zumindest ein texturiertes Gefüge aufweisen. Sie
zeigen nämlich ein stark anisotropes Verhalten ihrer kritischen
Stromdichte (Stromtragfähigkeit) in Abhängigkeit von der Lage

1 der Kristallachsen. Die Herstellung entsprechender $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ -
Filme auf einem einkristallinen SrTiO_3 -Substrat ist z.B. in
"Physical Review Letters", Vol. 58, No. 25, 22.6.1987, Seiten
2684 bis 2686 beschrieben. Um dabei texturierte Schichten mit
5 orientierten Kristallen der gewünschten supraleitenden Hoch-
 T_c -Phase zu erhalten, ist jedoch eine Glühbehandlung bei hoher
Temperatur von etwa 900°C erforderlich. Entsprechend herge-
stellte Filme können senkrecht zu den c-Achsen ihrer Kristalle
bei 77 K kritische Stromdichten von über 10^5 A/cm^2 haben,
10 während parallel zu den c-Achsen die kritische Stromdichte
mindestens eine 10er-Potenz kleiner ist.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von einkristallinen
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ -Filmen mittels Epitaxie ist aus der Veröffent-
15 lichung "Applied Physics Letters", Vol. 51, No. 11, 14.9.1987,
Seiten 861 bis 863 bekannt. Hierzu wird zunächst ein Target-
material des entsprechenden Stoffsystems mittels eines Lasers
verdampft und auf einem einkristallinen SrTiO_3 -Substrat abge-
schieden. Der zu verwendende Laser kann ein KrF-Excimer-Laser
20 sein, dessen Wellenlänge im UV-Spektralbereich liegt und eine
Energiedichte am Targetmaterial von etwa 2 J/cm^2 bei einer
Pulsfrequenz von 3 bis 6 Hz ermöglicht. Das Substrat soll hier-
bei auf 450°C erhitzt sein (vgl. auch "Appl.Phys.Lett.", Vol.
51, No. 8, 24.8.1987, Seiten 619 bis 621). Auch hier ist eine
25 abschließende Wärmebehandlung bei etwa 900°C in einer Sauer-
stoffatmosphäre und anschließende langsame Abkühlung erfor-
derlich.

Bei diesem bekannten Verfahren werden die die gewünschte Kri-
30 stallisation erst gewährleistenden Nachbehandlungsschritte
als notwendige Voraussetzung zur Erreichung der angestrebten
hohen kritischen Stromdichten angesehen. Der Aufwand zur Her-
stellung entsprechender Schichten ist jedoch erheblich. Außer-
dem ist die bei einem entsprechenden Hochtemperaturprozeß ab-

- 1 laufende Kristallisation schwierig zu kontrollieren. Insbesondere ist eine Interdiffusion zwischen dem Filmmaterial und dem Substrat in vielen Fällen nicht zu vermeiden.
- 5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein Josephson-Tunnelement anzugeben, bei dem diese Probleme zumindest weitgehend vermieden sind. Insbesondere soll das Element mit einem Verfahren herstellbar sein, mit dem kritische Stromdichten in den supraleitenden Schichten von mindestens
- 10 10^4 A/cm² reproduzierbar auszubilden sind.

Diese Aufgabe wird für das Josephson-Tunnelement mit den eingangs genannten Merkmalen erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Elektrodenschichten jeweils aus einem oxidkeramischen

15 Supraleitermaterial mit hoher Sprungtemperatur und mit geordneter Kristallstruktur bestehen, so daß die Elektrodenschichten eine hohe kritische Stromdichte in Richtung der Ebenen aufweisen, und daß ein Substrat vorgesehen ist, welches eine an die Kristallstrukturabmessungen der supraleitenden Phase des

20 oxidkeramischen Supraleitermaterials angepaßte Textur aufweist.

Bei der Erfindung wird also die besondere Kristallstruktur der supraleitenden oxidkeramischen Hoch-T_c-Phase zur Ausbildung eines Josephson-Tunnelementes berücksichtigt. Diese Kristall-

25 struktur kann dabei vorteilhaft auf einem entsprechend texturierten Substrat erhalten werden. Demgemäß sind die beiden Elektrodenschichten hoher kritischer Stromdichte durch eine dünne Sperrschicht beabstandet, die eine diese Schichten nur schwach koppelnde Tunnelbarriere darstellt. Die vorbestimmte

30 Kristallstruktur dieser Tunnelbarriere erleichtert dabei die Ausbildung der Gegenelektrodenschicht hoher kritischer Stromdichte. Ein derartiges Josephson-Tunnelement kann somit vorteilhaft die angestrebten Forderungen hinsichtlich kritischer Stromdichte und Rauscharmut erfüllen.

- 1 Besonders vorteilhaft läßt sich das erfindungsgemäße Josephson-Tunnelement dadurch herstellen, daß zunächst in einem Lithographieprozeß auf dem Substrat eine Lochmaske mit dem zu erzeugenden Tunnelement angepaßter Lochstruktur aufgebracht
- 5 wird und daß anschließend bei ununterbrochenen Unterdruckverhältnissen die Schichten des Tunnelementes durch schräges Aufdampfen bei gleichzeitiger Wärmebehandlung und Sauerstoffbehandlung abgeschieden werden, wobei die gewünschte supraleitende Phase des Supraleitermaterials ausgebildet wird. Zum Auf-
- 10 dampfen des Supraleitermaterials wird vorteilhaft ein Targetmaterial aus einer Oxidkeramik dieses Materials mittels eines gepulsten Lasers verdampft, dessen Wellenlänge im Ultraviolett-Spektralbereich liegt.
- 15 Die mit diesen Verfahrensschritten verbundenen Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, daß quasi "in situ" eine Kristallisation der gewünschten supraleitenden Phase zu erreichen ist und deshalb auf eine nachträgliche Ausbildung dieser Phase mittels eines besonderen Glühschrittes bei sehr hohen Tempera-
- 20 turen verzichtet werden kann. Dabei sind für die erfindungsgemäße In-situ-Kristallisation höhere Substrattemperaturen und aktivierter Sauerstoff am Substrat notwendig. Zur Aktivierung des Sauerstoffs kann vorteilhaft ein Laser mit einer ver-
- 25 hältnismäßig hohen Pulsenergie eingesetzt werden. Der molekulare Sauerstoff der vorgesehenen Atmosphäre wird dann durch Wechselwirkung mit der UV-Laserstrahlung direkt an dem geheizten Substrat mit jedem Laserpuls aktiviert. Die dabei erzeugte Menge an Sauerstoffradikalen und die höhere Substrattemperatur reichen aus, um bei jedem Puls eine etwa 1 nm dicke
- 30 Schicht epitaktisch aufwachsen zu lassen. Die bei üblichen Pulsfrequenzen so erreichbaren hohen Aufwachsraten gewährleisten eine geringe Bedampfungsdauer und eine geringe Verunreinigung der Schichten.

1 Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Josephson-Tunnelementes sowie des Verfahrens zu seiner Herstellung gehen aus den jeweils abhängigen Ansprüchen hervor.

5 Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird nachfolgend auf die Zeichnung bezug genommen, in deren Figur 1 schematisch die Herstellung eines Josephson-Tunnelementes veranschaulicht ist. Figur 2 zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens. Dabei sind in den Figuren übereinstimmende
10 Teile mit denselben Bezugszeichen versehen.

Das erfindungsgemäße Josephson-Tunnelement soll aus einem bestimmten supraleitenden Hoch- T_c -Material auf einem vorbestimmten Substrat ausgebildet sein. Als Ausführungsbeispiel sei
15 ein Material aus dem Stoffsystem $Mel-Me_2-Cu-O$ ausgewählt. Dabei können Mel und Me_2 insbesondere ein Element aus der Gruppe der Seltenen Erdmetalle wie z.B. Y bzw. ein Element aus der Gruppe der Erdalkalimetalle wie z.B. Ba sein. Neben Y und Ba für Mel bzw. Me_2 geeignete Materialien sind allgemein bekannt. Gegebenenfalls sind Mel und Me_2 auch Legierungen oder Verbindungen oder sonstige Zusammensetzungen dieser Metalle mit Substitutionsmaterialien; d.h., mindestens eines der genannten
20 Elemente kann in bekannter Weise partiell durch ein anderes Element substituiert sein. Auch das Cu oder das O können zu mindest partiell gegen andere Elemente ausgetauscht werden. Das
25 erfindungsgemäße Josephson-Tunnelement und das Verfahren zu seiner Herstellung sind jedoch nicht nur auf das genannte Stoffsystem beschränkt; d.h., es sind ebenso gut auch andere oxidkeramische, metallische Komponenten und Sauerstoff enthaltende
30 Hoch- T_c -Supraleitermaterialien geeignet, die dem genannten System nicht zuzurechnen sind. Entsprechende Materialien sind z.B. aus "Superconductivity News", Vol. 1, No. 9, 19.3.1988, Seiten 1 bis 5 und 13 bis 16 bekannt. Die aus dem bestimmten Hoch- T_c -Supraleitermaterial herzustellenden Elektrodenschichten

- 1 des Josephson-Tunnelementes sollen dabei eine hohe Stromtrag-
fähigkeit (kritische Stromdichte) in der Größenordnung von
mindestens 10^4 A/cm² in der Nähe der Sprungtemperatur T_c des
Materials ermöglichen. Vorteilhaft sind außerdem insbeson-
5 dere solche Materialien, deren Sprungtemperatur deutlich über
der Verdampfungstemperatur des flüssigen Stickstoffs von etwa
77 K liegen.

- Für das Substrat zu wählende Materialien sind vorteilhaft
10 solche, die eine Struktur mit Abmessungen ihrer Einheitszellen
haben, die zumindest in etwa das Ein- oder Mehrfache der ent-
sprechenden Abmessungen der Achsen der auf ihnen aufgewachsenen
Strukturen des supraleitenden Hoch- T_c -Materials ausmachen. Aus
diesem Grunde ist im Falle von $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ein einkristallines
15 oder zumindest texturiertes SrTiO_3 - oder $(\text{Ba},\text{Sr})\text{TiO}_3$ -Substrat
besonders vorteilhaft. Daneben sind ebenso auch andere Werk-
stoffe wie z.B. MgO , Al_2O_3 , Y-stabilisiertes ZrO_2 oder Ta_2O_5
geeignet. Das erfindungsgemäße Josephson-Tunnelement ist
jedoch nicht unbedingt auf derartige texturierte Substrate
20 beschränkt. So können gegebenenfalls auch polykristalline
Substrate wie z.B. polykristallines, auf einem geeigneten
Träger aufgebrachtes SrTiO_3 vorgesehen werden.

- Als ein konkretes Ausführungsbeispiel sei nachfolgend die er-
25 findungsgemäße Ausbildung mindestens eines Josephson-Tunnel-
elementes mit einem supraleitenden Material der bekannten Zu-
sammensetzung $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ mit orthorhombischer Struktur auf
einem texturierten SrTiO_3 -Substrat zugrundegelegt. Hierzu
ist ein Aufbau vorgesehen, der in Figur 1 schematisch als Quer-
30 schnitt veranschaulicht ist.

- Zur Herstellung des mindestens einen Josephson-Tunnelementes
wird vorteilhaft eine spezielle Lochmasken-Technik angewandt,
die als Schwebemasken-Technik bezeichnet wird. Eine derartige
35

1 Schwebemasken-Technik ist allgemein bekannt (vgl. z.B. DE-PS
31 28 982 oder die Veröffentlichung "SQUID '80 - Supercon-
ducting Quantum Interference Devices and their Applications",
Berlin 1980, Seiten 399 bis 415). Gemäß dieser bekannten Tech-
5 nik wird auf dem Substrat 2, dessen Textur durch gestrichelte
Linien 2a angedeutet sein soll, zunächst eine der angestrebten
Josephson-Tunnelementstruktur angepaßte Schwebemaske 3 auf-
gebracht. Diese Schwebemaske, die z.B. aus SiO besteht, weist
eine freitragende Filmbrücke 3a auf, die in einer Höhe h von
10 wenigen Mikrometern über dem Substrat schwebt und eine Spann-
weite w von etwa 1 μm hat. Zur Schaffung einer epitaxiefähigen
Substratfläche 5, insbesondere auch im Bereich unter der
Schwebelücke 3a, werden nun die unbedeckten Teile der Sub-
stratfläche 5 z.B. durch Ionenbeschuß unter geeigneten Winkeln
15 von allen Rückständen befreit. Das Substrat einschließlich der
auf ihm aufgetragenen Schwebemaske 3 wird dann noch "in situ",
d.h. ohne Unterbrechung der für den Ionenbeschuß vorzusehenden
Vakuumbedingungen, in Sauerstoff geglüht.

20 Um die geforderten Eigenschaften des nun herzustellenden Jo-
sephson-Tunnelementes zu ermöglichen, müssen die als Elek-
troden dienenden Schichten eine hohe kritische Stromdichte in
Richtung ihrer Schichtebenen gewährleisten. Wegen der Aniso-
tropie der bekannten Hoch- T_c -Supraleitermaterialien ist es
25 hierzu erforderlich, daß die supraleitenden Elektrodenrich-
ten so texturiert ausgebildet werden, daß die c-Achsen ihrer
Kristallstrukturen senkrecht auf der Substratfläche 5 stehen.
In dieser Richtung ist die kritische Stromdichte wesentlich
kleiner als senkrecht dazu. Die c-Achsen sind in der Figur
30 durch einzelne gepfeilte Linien 6 angedeutet.

Um eine entsprechende epitaktische bzw. texturierte Deposition
des für das Ausführungsbeispiel ausgewählten oxidkeramischen
Hoch- T_c -Supraleitermaterials zu ermöglichen, kann insbesondere

1 eine spezielle Laser-Verdampfungstechnik angewandt werden.
Dementsprechend wird auf das erhitzte Substrat 2 eine erste
Schicht 7 aus dem Supraleitermaterial schräg aufgedampft. Zur
Erzeugung eines entsprechenden Dampfstrahles 9 wird vorteilhaft
5 ein gepulster Excimer-Laser eingesetzt, der eine hinreichende
Energiedichte und Pulsenergie ermöglicht. Der Dampfstrahl 9
soll dabei unter einem Aufdampfwinkel α auftreffen, der um
etwa 45° gegenüber der Ebene der Substratfläche 5 geneigt ist.
Auf diese Weise wird auch der unter der Schwebebrücke 3a lie-
10 gende Bereich der Substratfläche 5 beschichtet. Die Schicht-
dicke d der in einer ersten Ebene E1 liegenden Schicht 7 kann
z.B. in der Größenordnung von etwa 100 nm liegen.

Die so erhaltene erste Schicht stellt die Basiselektrode BE des
15 herzustellenden Josephson-Tunnelelementes dar, auf die nun in
situ eine sehr dünne Sperrschicht 10 aufgebracht wird. Diese
als Tunnelbarriere wirkende Schicht mit einer für eine schwache
Kopplung typischen Schichtdicke δ von wenigen nm soll vor-
teilhaft aus einem nicht-supraleitenden Material erstellt wer-
20 den, dessen Kristallstruktur an die des Supraleitermaterials
angepaßt ist. So kommen im Fall des gewählten Ausführungsbei-
spieles mit $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ als Supraleitermaterial Sperrschichten
10 insbesondere aus nicht-supraleitenden Oxidkeramiken in
Frage, bei denen das Element Y des genannten Stoffsystems des
25 Supraleitermaterials gegen ein anderes Seltenes Erdmetall aus-
getauscht ist. Ein entsprechendes Material ist z.B. eine
Pr-Ba-Cu-Oxidkeramik. Diese Oxidkeramik wird mit derselben
Technik wie das supraleitende Material der Schicht 7 aus der
Gegenrichtung unter einem Aufdampfwinkel ($180-\beta$) aufge-
30 dampft. Der entsprechende Dampfstrahl ist in der Figur mit 11
bezeichnet. Hierbei wird jedoch zweckmäßig ein geringfügig fla-
cherer Aufdampfwinkel gewählt; d.h., es gilt: $|\alpha| > |\beta|$.
Auf diese Weise bleibt einerseits ein Bereich der Basiselek-
trode BE für eine spätere Kontaktierung frei; andererseits

1 wird auch eine saubere Abdeckung der Flanke 7' der Basiselektrode erreicht.

Auf diesen so erhaltenen, bis zu einer parallelen Ebene E2 her-
5 anreichenden Aufbau mit der Basiselektrode BE und der Sperrschicht 10 wird anschließend eine als Gegenelektrode GE dienende zweite Schicht 12 aus dem Supraleitermaterial ebenfalls durch epitaktische Laser-Deposition aufgebracht. Hierbei wird
10 zweckmäßig ein Aufdampfwinkel ($180 - \alpha$) für den entsprechenden Dampfstrahl 13 vorgesehen. Die Dicke D der zweiten Schicht 12 sollte dabei deutlich (mindestens 1,5 mal) größer als die Dicke d der ersten Schicht 7 sein. Auf diese Weise ist auch im Bereich der Flanke 7' über die somit ausgebildete Stufe der Schicht 12 die geforderte hohe kritische Stromdichte zu gewähr-
15 leisten.

Die Elektroden des so hergestellten, allgemein mit 15 bezeichneten Josephson-Tunnelementes müssen mit Anschlußleitern kontaktiert sein. Hierbei müssen auch im Kontaktbereich die
20 geforderten hohen kritischen Stromdichten gewährleistet sein. Aus diesem Grunde wird auch für die Anschlußleiter eine epitaktische Abscheidung wie für die supraleitenden Schichten der Elektroden des Josephson-Tunnelementes 15 vorgesehen. Gemäß dem in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiel werden
25 den aufgrund der gewählten Abmessungen der Schwebemaske und der gewählten Aufdampfwinkel Teile der Anschlußleiter 16 und 17 gleichzeitig mit den Elektroden ausgebildet.

Um die gewünschte Epitaxie der einzelnen Schichten des
30 Josephson-Tunnelementes auf der jeweils darunterliegenden Fläche zu ermöglichen, wird vorteilhaft das erwähnte Laser-Verdampfen eingesetzt, das nachfolgend anhand von Figur 2 prinzipiell erläutert wird. In dieser Figur ist schematisch ein Querschnitt durch eine entsprechende, allgemein mit 20 be-

1 zeichnete Abscheidevorrichtung zum Zeitpunkt der Ausbildung der
Schicht der Basiselektrode veranschaulicht. Die Abscheidevor-
richtung enthält eine Vakuumkammer 21, die an einem Pump-
stützen 22 mittels einer entsprechenden Pumpe auf einen End-
5 druck zu evakuieren ist, der z.B. unter 10^{-6} mbar liegt. Durch
ein Quarzfenster 24 der Vakuumkammer 21 tritt ein Laserstrahl
25 in die Kammer ein und trifft dort unter einem Winkel χ von
beispielsweise von etwa 45° auf ein erstes Target 26 aus dem
gewünschten Hoch- T_c -Supraleitermaterial. Das an einem Halter 27
10 befestigte Target befindet sich dabei im Zentrum der Kammer. Es
kann mit Hilfe eines drehbaren Gestänges 28 gegen ein entspre-
chend gehaltenes Target 26' aus dem nicht-supraleitenden Mate-
rial der Tunnelbarriere ausgetauscht werden. Gegebenenfalls
kann das jeweils dem Laserstrahl ausgesetzte Target zusätzlich
15 noch bewegt werden, um so den Strahl nicht nur auf einen einzi-
gen Fleck des Targets auftreffen zu lassen. Aus dem Target 26
wird das verdampfte Material als Dampfstrahl 9 senkrecht zur
Targetoberfläche emittiert. Es trifft auf das Substrat 2, das
sich dem Target gegenüber befindet. Das Substrat 2 soll dabei
20 mit einer Schwebemaske gemäß Figur 1 versehen sein, ist jedoch
in Figur 2 nicht näher ausgeführt. Es ist an einem Substrat-
träger 30 befestigt, der heizbar ausgebildet ist. Auf diese
Weise läßt sich das Substrat während des Bedampfungsprozesses
vorteilhaft auf einem erhöhten Temperaturniveau halten. Außer-
25 dem ist die Neigung des Substratträgers 30 und damit des Sub-
strates gegenüber der Achse des Dampfstrahles 9 mittels eines
entsprechend ausgebildeten Gestänges einstellbar, um so die
verschiedenen Aufdampfwinkel zu erhalten. Gemäß der Darstellung
der Figur 2 ist das Substrat um etwa $45^\circ = 90 - \chi$ geneigt
30 angeordnet. Darüber hinaus ermöglicht das Gestänge 31 eine
Variation des Abstandes a zwischen dem Target 26 und dem Sub-
strat 2. Es läßt sich so z.B. ein Abstand a zwischen 20 mm
und 45 mm einstellen. Gegebenenfalls ist auch das Gestänge 31
drehbar ausgestaltet. Ferner läßt sich in der Kammer 21 ein be-

- 1 liebiger Sauerstoff-Partialdruck $p(O_2)$ über einen Gaseinlaß 32
einregulieren.

Um während des Aufdampfschrittes in situ die gewünschte supra-
5 leitende Hoch- T_c -Phase aus dem oxidkeramischen Material zu er-
zeugen, wird vorteilhaft ein gepulster Laser mit einer Wellen-
länge λ seiner Strahlung 25 vorgesehen, die im UV-Spektralbe-
reich liegt. Der dabei interessierende Wellenlängenbereich er-
streckt sich von etwa 110 nm bis 400 nm. Außerdem muß der Laser
10 eine Energiedichte am Material des Targets 26 hervorrufen
können, die über 3 J/cm² liegt. Darüber hinaus sollte die Puls-
energie des Lasers mindestens 1,5 J/Puls betragen. Die genann-
ten Forderungen können insbesondere mit einem an sich bekannten
XeCl-Excimer-Laser erfüllt werden, dessen Strahlung 25 eine
15 Wellenlänge $\lambda = 308$ nm hat (vgl. z.B. "Proc. of SPIE", Vol.
735, 1987, Seiten 50 bis 54). Seine Wiederholungsfrequenz kann
beispielsweise bei 5 Hz liegen. Durch eine Fokussierungsoptik,
von der in Figur 2 lediglich eine Quarzlinse 33 veranschaulicht
ist, kann von einem derartigen Laser am Target 26 oder 26' eine
20 Energiedichte erzeugt werden, die maximal 7,5 J/cm² beträgt. Im
allgemeinen sind Energiedichten von 4 bis 5 J/cm² ausreichend.
Während des Aufdampfprozesses muß das Substrat 2 auf einer
Temperatur zwischen 600°C und 800°C gehalten werden, wobei in
der Kammer eine Sauerstoffatmosphäre zwischen 0,02 mbar und
25 1 mbar eingestellt ist. Ein Sauerstoff-Partialdruck $p(O_2)$ zwi-
schen 0,05 mbar und 0,5 mbar hat sich als besonders günstig er-
wiesen.

Vielfach ist es noch vorteilhaft, wenn man den so gewonnenen
30 Aufbau einer zusätzlichen Sauerstoff-Behandlung unterzieht, um
hiermit eine Sauerstoff-Feineinstellung (-beladung) in dem Kri-
stallgefüge der supraleitenden Schichten vorzunehmen. Dabei
kann der Sauerstoff als Gas- oder Ionenstrom zugeführt werden.
Diese Behandlung kann man vorteilhaft bei verhältnismäßig nied-
35

1 rigen Temperaturen, insbesondere unterhalb von 600°C durchfüh-
ren. Gegebenenfalls kann auf eine besondere Erwärmung sogar
verzichtet werden.

5 Gemäß dem Ausführungsbeispiel wurde davon ausgegangen, daß die
Herstellung der Schichten des erfindungsgemäßen Josephson-
Tunnelelementes mittels eines Verdampfungsschrittes unter Ein-
satz eines Lasers durchgeführt wird, wobei die Wärmebehandlung
und die Sauerstoffbehandlung zur Ausbildung der gewünschten
10 supraleitenden Metalloxidphase gleichzeitig erfolgen. Ein der-
artiges Verfahren ist als besonders vorteilhaft anzusehen. Ge-
gebenenfalls können jedoch auch andere Verfahren zum Einsatz
kommen, die eine In-situ-Herstellung der einzelnen Schichten
ermöglichen, ohne daß dabei zu hohe Temperaturbehandlungen er-
15 forderlich wären, die zu einer unerwünschten Wechselwirkung der
für die Maske vorzusehenden Materialien mit dem gewählten
Supraleitermaterial führen.

20

25

30

35

1 Patentansprüche

1. Josephson-Tunnelement mit sandwichartigem Aufbau auf einer Flachseite eines Substrates, welches Element
- 5 - eine als Basiselektrode dienende Schicht aus einem metall-oxidischen Supraleitermaterial mit vorbestimmter Kristallstruktur in einer ersten Ebene,
- eine als Gegenelektrode dienende Schicht aus dem Supraleitermaterial mit der vorbestimmten Kristallstruktur in einer wei-
- 10 teren, zu der ersten Ebene parallelen Ebene
- sowie
- eine zwischen den Elektrodenschichten angeordnete, als Tunnelbarriere wirkende Schicht, die aus einem metalloxi-
- 15 stallstruktur des Supraleitermaterials angepaßten Kristallstruktur besteht,
- enthält, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- daß die Elektrodenschichten (7, 12) jeweils aus einem oxidkeramischen Supraleitermaterial mit hoher Sprungtemperatur
- 20 und mit geordneter Kristallstruktur bestehen, so daß die Elektrodenschichten (7, 12) eine hohe kritische Stromdichte in Richtung der Ebenen (E1, E2) aufweisen,
- und
- daß ein Substrat (2) vorgesehen ist, welches eine an die
- 25 Kristallstrukturabmessungen der supraleitenden Phase des oxidkeramischen Supraleitermaterials angepaßte Textur (2a) aufweist.

2. Josephson-Tunnelement nach Anspruch 1, d a d u r c h
- 30 g e k e n n z e i c h n e t , daß die Schicht (12) der Gegenelektrode (GE) die Schicht (7) der Basiselektrode (BE) unter Ausbildung einer Stufe überlappt und zumindest im Bereich der Stufe eine Dicke (D) hat, die größer als die Dicke (d) der Basiselektrodenschicht (7) ist.

16

1 3. Josephson-Tunnelement nach Anspruch 1 oder 2, d a-
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Elektro-
denschichten (7, 12) mit Anschlußleitern (16, 17) aus dem oxid-
keramischen Supraleitermaterial verbunden sind.

5

4. Josephson-Tunnelement nach Anspruch 3, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Anschlußleiter (16, 17)
eine den Elektrodenschichten (7, 12) entsprechend geordnete
Kristallstruktur haben.

10

5. Josephson-Tunnelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß für das Sub-
strat (2) ein Material aus der Gruppe SrTiO_3 , Al_2O_3 , ZrO_2 und
MgO vorgesehen ist.

15

6. Josephson-Tunnelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß ein oxid-
keramisches Supraleitermaterial auf der Basis des Stoffsystems
Me₁-Me₂-Cu-O vorgesehen ist, wobei die metallischen Kompo-

20 nenten Me₁ und Me₂ ein Seltenes Erdmetall oder Yttrium bzw. ein
Erdalkalimetall zumindest enthalten.

7. Verfahren zur Herstellung mindestens eines Josephson-Tunnel-
elementes nach einem der Ansprüche 1 bis 6, d a d u r c h
25 g e k e n n z e i c h n e t , daß zunächst in einem Litho-
graphieprozeß auf dem Substrat (2) eine Lochmaske (3) mit dem
zu erzeugenden Tunnelement (15) angepaßter Lochstruktur auf-
gebracht wird und daß anschließend bei ununterbrochenen Unter-
druckverhältnissen die Schichten (7, 10, 12) des Tunnelemen-
30 tes (15) durch schräges Aufdampfen bei gleichzeitiger Wärmebe-
handlung und Sauerstoffbehandlung abgeschieden werden, wobei
die gewünschte supraleitende Phase des Supraleitermaterials
ausgebildet wird.

35

1 8. Verfahren nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , daß zumindest das Material eines Targets
(26) aus einer Oxidkeramik des Supraleitersmaterials mittels
eines gepulsten Lasers, dessen Wellenlänge (λ) im Ultra-
5 violett-Bereich liegt, verdampft wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , daß
- eine Energiedichte der Laserstrahlung (25) am Target (26)
10 von über 3 J/cm²,
- eine Pulsenergie des Lasers von mindestens 1,5 J/Puls,
- eine Aufheizung des Substrates (2) auf eine Temperatur zwis-
schen 600°C und 800°C
sowie
15 - eine Atmosphäre mit einem Sauerstoff-Partialdruck ($p(O_2)$)
zwischen 0,02 mbar und 1 mbar
vorgesehen werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, d a d u r c h g e -
20 k e n n z e i c h n e t , daß ein XeCl-Excimer-Laser vor-
gesehen wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Energie-
25 dichte der Laserstrahlung (25) am Target (26) zwischen 4 und
5 J/cm² vorgesehen wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Sauer-
30 stoffatmosphäre mit einem Sauerstoff-Partialdruck ($p(O_2)$)
zwischen 0,05 mbar und 0,5 mbar vorgesehen wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß nach dem Ver-
35 dampfungsschritt eine zusätzliche Sauerstoffbehandlung bei
einer Temperatur unterhalb von 600°C vorgenommen wird.

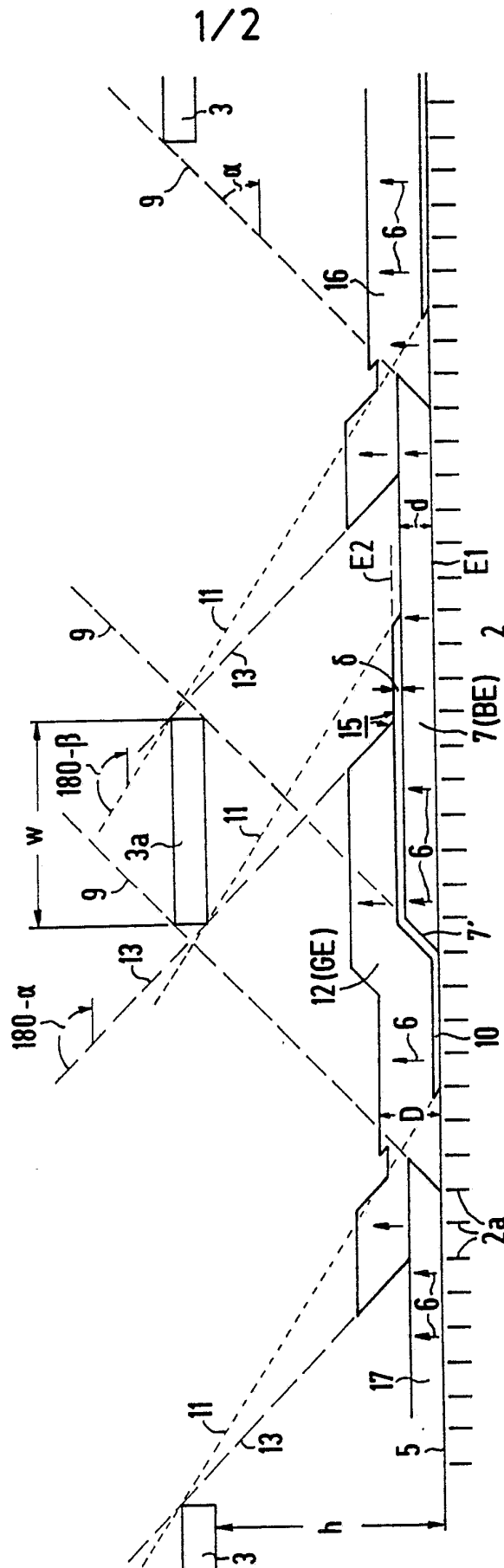


FIG 1

2/2

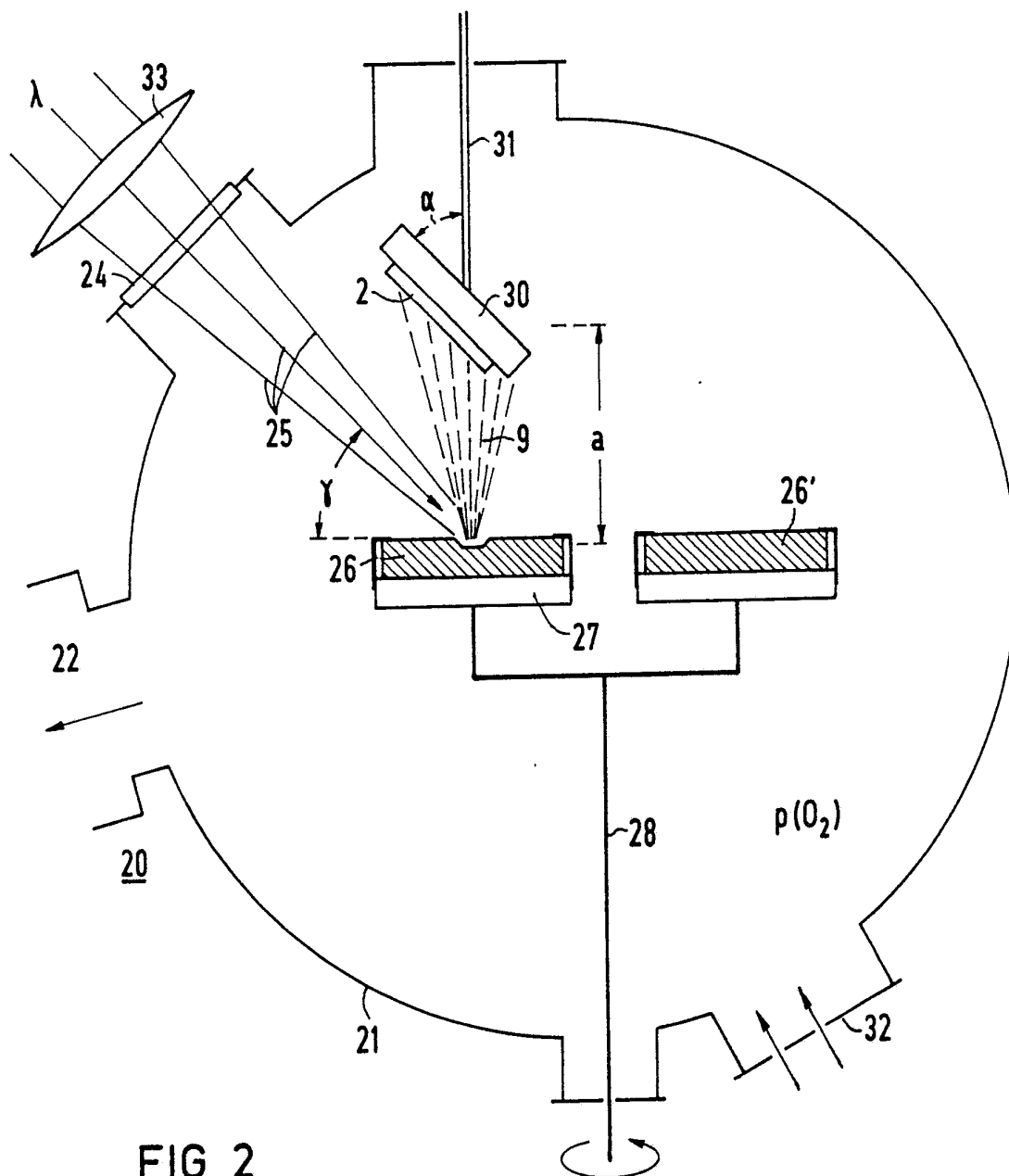


FIG 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 89/00760

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ⁶ According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC Int. Cl. ⁵ H 01 L 39/22, 39/24, C 23 C 14/04, 14/28																				
II. FIELDS SEARCHED Minimum Documentation Searched ⁷ <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 25%; border: none;">Classification System</td> <td style="border: none;">Classification Symbols</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Int. Cl.⁵</td> <td style="border: none;">H 01 L</td> </tr> </table> Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸			Classification System	Classification Symbols	Int. Cl. ⁵	H 01 L														
Classification System	Classification Symbols																			
Int. Cl. ⁵	H 01 L																			
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category ⁹</th> <th style="width: 70%;">Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²</th> <th style="width: 20%;">Relevant to Claim No. ¹³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>US, A, 4316785 (SUZUKI et al.) 23 February 1982, see column 3, line 57 - column 4, line 22; fig. 1 (cited in the application)</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>Physical Review Letters, vol. 58, No. 25, 22 June 1987, A.P.S. (New York, US) P. Chaudhari et al.: "Critical-current measurements in epitaxial films of YBa₂Cu₃O_{7-x} compound", pages 2684-2686, see the whole article (cited in the application)</td> <td style="text-align: center;">1,5-7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>DE, A, 3128982 (SIEMENS AG) 10 February 1983, see pages 13,14; page 20, lines 9-18; figs. (cited in the application)</td> <td style="text-align: center;">2,7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>Applied Physics Letters, vol. 51, No. 22, 30 November 1987 American Institute of Physics (US) J. Narayan et al.: "Formation of thin superconducting films by the laser processing method", pages 1845-1847, see the whole article</td> <td style="text-align: center;">1,5-11</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>Applied Physics Letters, vol. 51, No. 26, 28 December 1987 American Institute of Physics (US) H. Adachi</td> <td style="text-align: center;">1,5-7,9</td> </tr> </tbody> </table>			Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³	A	US, A, 4316785 (SUZUKI et al.) 23 February 1982, see column 3, line 57 - column 4, line 22; fig. 1 (cited in the application)	1	A	Physical Review Letters, vol. 58, No. 25, 22 June 1987, A.P.S. (New York, US) P. Chaudhari et al.: "Critical-current measurements in epitaxial films of YBa ₂ Cu ₃ O _{7-x} compound", pages 2684-2686, see the whole article (cited in the application)	1,5-7	A	DE, A, 3128982 (SIEMENS AG) 10 February 1983, see pages 13,14; page 20, lines 9-18; figs. (cited in the application)	2,7	A	Applied Physics Letters, vol. 51, No. 22, 30 November 1987 American Institute of Physics (US) J. Narayan et al.: "Formation of thin superconducting films by the laser processing method", pages 1845-1847, see the whole article	1,5-11	A	Applied Physics Letters, vol. 51, No. 26, 28 December 1987 American Institute of Physics (US) H. Adachi	1,5-7,9
Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³																		
A	US, A, 4316785 (SUZUKI et al.) 23 February 1982, see column 3, line 57 - column 4, line 22; fig. 1 (cited in the application)	1																		
A	Physical Review Letters, vol. 58, No. 25, 22 June 1987, A.P.S. (New York, US) P. Chaudhari et al.: "Critical-current measurements in epitaxial films of YBa ₂ Cu ₃ O _{7-x} compound", pages 2684-2686, see the whole article (cited in the application)	1,5-7																		
A	DE, A, 3128982 (SIEMENS AG) 10 February 1983, see pages 13,14; page 20, lines 9-18; figs. (cited in the application)	2,7																		
A	Applied Physics Letters, vol. 51, No. 22, 30 November 1987 American Institute of Physics (US) J. Narayan et al.: "Formation of thin superconducting films by the laser processing method", pages 1845-1847, see the whole article	1,5-11																		
A	Applied Physics Letters, vol. 51, No. 26, 28 December 1987 American Institute of Physics (US) H. Adachi	1,5-7,9																		
¹⁰ Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "Z" document member of the same patent family																				
IV. CERTIFICATION <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">Date of the Actual Completion of the International Search</td> <td style="width: 50%; border: none;">Date of Mailing of this International Search Report</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">2 October 1989 (02.10.89)</td> <td style="border: none;">6 November 1989 (06.11.89)</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">International Searching Authority</td> <td style="border: none;">Signature of Authorized Officer</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">EUROPEAN PATENT OFFICE</td> <td style="border: none;"></td> </tr> </table>			Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	2 October 1989 (02.10.89)	6 November 1989 (06.11.89)	International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	EUROPEAN PATENT OFFICE											
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report																			
2 October 1989 (02.10.89)	6 November 1989 (06.11.89)																			
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer																			
EUROPEAN PATENT OFFICE																				

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
	et al.: "Low-temperature process for the preparation of high T _c superconducting thin films", pages 2263-2265 see the whole article --	
A	Applied Physics Letters, vol. 52, No. 13, 28 March 1988 American Institute of Physics (US) H.C. Li et al.: "In situ preparation of Y-Ba-Cu-O superconducting thin films by magnetron sputtering", pages 1098-1100 see the whole article --	1,5-7,9,13
A	Applied Physics Letters, vol. 51, No. 8, 24 August 1987 American Institute of Physics (US) D. Dijkkamp et al.: "Preparation of Y-Ba-Cu oxide superconductor thin films using pulsed laser evaporation from high T _c bulk material", pages 619-621, see the whole article (cited in the application) --	1,5-9
A	Journal of Physics D: Applied Physics, vol. 20, No. 10, 14 October 1987 IOP Publishing Ltd (Bristol, GB) M.G. Blamire et al.: "Fabrication and properties of superconducting device structures in YBa ₂ Cu ₃ O _{7-x} thin films", pages 1330-1335 see fig. 6 --	1,5,6
A	Applied Physics Letters, vol. 51, No. 11, September 1987 American Institute of Physics (US) B. Oh et al.: "Critical current densities and transport in superconducting YBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ} films made by electron beam coevaporation", pages 852-854, see page 854, left hand column, lines 10-27; table I --	1,5-7
E	EP, A, 0329507 (THOMSON-CSF) 23 August 1989, see the whole document -----	1,5,6

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

EP 8900760

SA 29638

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 27/10/89. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 4316785	23-02-82	JP-A- 56109824	31-08-81
		JP-A- 56066080	04-06-81
		FR-A,B 2469005	08-05-81
DE-A- 3128982	10-02-83	None	
EP-A- 0329507	23-08-89	FR-A- 2626715	04-08-89

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen **PCT/EP 89/00760**

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC Int Cl ⁵ : H 01 L 39/22, 39/24, C 23 C 14/04, 14/28		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl ⁵	H 01 L	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	US, A, 4316785 (SUZUKI et al.) 23. Februar 1982, siehe Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 22; Figur 1 (In der Anmeldung erwähnt) --	1
A	Physical Review Letters, Band 58, Nr. 25, 22. Juni 1987, A.P.S. (New York, US) P. Chaudhari et al.: "Critical-current measurements in epitaxial films of YBa ₂ Cu ₃ O _{7-x} compound", Seiten 2684-2686, siehe den ganzen Artikel (In der Anmeldung erwähnt) --	1,5-7
A	DE, A, 3128982 (SIEMENS AG) 10. Februar 1983, siehe Seiten 13,14; Seite 20, Zeilen 9-18; Figuren (In der Anmeldung erwähnt) --	2,7
		./.
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 2. Oktober 1989		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 06. 11. 89
Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten T.K. WILLIS

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	Applied Physics Letters, Band 51, Nr. 22, 30. November 1987 American Institute of Physics (US) J. Narayan et al.: "Formation of thin superconducting films by the laser processing method", Seiten 1845-1847, siehe den ganzen Artikel --	1,5-11
A	Applied Physics Letters, Band 51, Nr. 26, 28. Dezember 1987 American Institute of Physics (US) H. Adachi et al.: "Low-temperature process for the preparation of high Tc superconducting thin films", Seiten 2263-2265, siehe den ganzen Artikel --	1,5-7,9
A	Applied Physics Letters, Band 52, Nr. 13, 28. März 1988 American Institute of Physics (US) H.C. Li et al.: "In situ preparation of Y-Ba-Cu-O superconducting thin films by magnetron sputtering", Seiten 1098-1100, siehe den ganzen Artikel --	1,5-7,9,13
A	Applied Physics Letters, Band 51, Nr. 8, 24. August 1987 American Institute of Physics (US) D. Dijkkamp et al.: "Preparation of Y-Ba-Cu oxide superconductor thin films using pulsed laser evaporation from high Tc bulk material", Seiten 619-621, siehe den ganzen Artikel (In der Anmeldung erwähnt) --	1,5-9
A	Journal of Physics D: Applied Physics, Band 20, Nr. 10, 14. Oktober 1987 IOP Publishing Ltd (Bristol, GB) M.G. Blamire et al.: "Fabrication and properties of superconducting device structures in YBa ₂ Cu ₃ O _{7-x} thin films", Seiten 1330-1335, siehe Figur 6 --	1,5,6
A	Applied Physics Letters, Band 51, Nr. 11, September 1987 American Institute of Physics (US) B. Oh et al.: "Critical current densities and transport in superconducting YBa ₂ Cu ₃ O ₇ - delta films made by electron beam coevaporation", Seiten 852-854, siehe Seite 854, linke Spalte, Zeilen 10-27; ./.	1,5-7

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
E	Tabelle I -- EP, A, 0329507 (THOMSON-CSF) 23. August 1989, siehe das ganze Dokument -----	1,5,6

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 8900760

SA 29638

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 27/10/89
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A- 4316785	23-02-82	JP-A- 56109824	31-08-81
		JP-A- 56066080	04-06-81
		FR-A, B 2469005	08-05-81
DE-A- 3128982	10-02-83	Keine	
EP-A- 0329507	23-08-89	FR-A- 2626715	04-08-89

EPO FORM 1003

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82