



(21) WP C 30 B / 298 268 7

(22) 23.12.86

(44) 24.08.88

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22/23, Berlin, 1080, DD

(72) Dörrfeld, Hans-Georg, Dr. rer. nat.; Ullrich, Erhard, Dipl.-Ing., DD

(54) Anordnung zur Verminderung von Hochfrequenzdurchschlägen

(55) Hochfrequenzdurchschläge, Zonenziehprozeß, Koaxialleitung, Rezipient, Temperaturfeld, Zwischenlage, elektrisch hochbelastbares Material

(57) Anordnung zur Verminderung von Hochfrequenzdurchschlägen zum Herstellen von versetzungsfreien Silizium-Einkristallstäben von Durchmessern größer 75 mm nach der Methode des tiegelfreien Zonenschmelzens mit Hochfrequenz, indem ein geschlossenes Flächengebiet von ≥ 1 mm Breite eines Isolatorsteiles zwischen die Leiter vom Ende der Koaxialleitung bis in die Nähe des Kristalls eingeführt wird, wobei die Schmalflächen des in den Rezipienten ragenden Isolatorsteiles im Temperaturfeld von $\geq 600^\circ\text{C}$ der flüssigen Zone liegen. Dadurch findet keine Kondensation an Stellen hoher Feldstärke statt bzw. auftreffende Teilchen verdampfen wieder, so daß der Durchschlagsweg an Stellen hoher Staubbildung wesentlich verlängert wird und damit staubinduzierte Gasdurchschläge verhindert werden können. Fig. 2

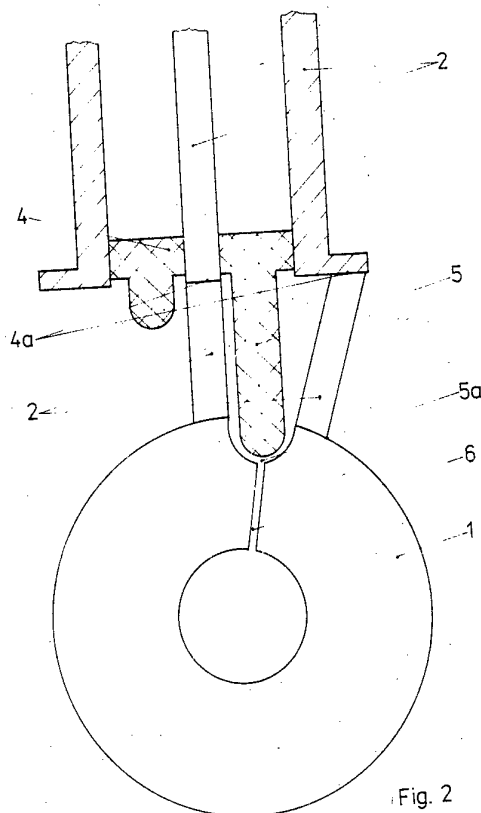


Fig. 2

Patentansprüche:

1. Anordnung zur Verminderung von Hochfrequenzdurchschlägen im vakuumdicht abgeschlossenen Rezipienten des Zonenziehprozesses unter Verwendung von aufgeheizten Isolatoren am Hochfrequenzinduktor und deren Zuleitungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein geschlossenes Flächengebiet von ≥ 1 mm Breite eines Isolatorsteiles zwischen die Leiter vom Ende der Koaxialleitung bis in die Nähe des Kristalls eingeführt wird, wobei die Schmalflächen des in den Rezipienten ragenden Isolatorsteiles (5a) im Temperaturfeld von $\geq 600^\circ\text{C}$ der flüssigen Zonen liegen.
2. Anordnung gemäß Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Isolatorsteil (5) entweder als eine Verlängerung des koaxialen Isolators oder als eine Zwischenlage vorgesehen ist, die vom Induktorloch (3) bis zum koaxialen Isolator reicht.
3. Anordnung gemäß Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Isolator aus elektrisch hochbelastbarem Material mit geringem Wärmeleitvermögen und mit guten Hochfrequenzeigenschaften wie Aluminiumoxidkeramik besteht.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Herstellen von versetzungsfreien Silizium-Einkristallstäben mit Durchmessern größer 75 mm nach der Methode des tiegelfreien Zonenschmelzens mit Hochfrequenz.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist bekannt, daß auf Grund des bestehenden Temperaturgefälles zwischen flüssiger Zone und Arbeitsspule Ablagerungen auf der Arbeitsspule und deren Anschlüsse entstehen. Praktisch möglich sind entstehende Ablagerungen durch ein Bedampfen mit elementarem Silizium sowie Staubablagerungen aus Siliziumverbindungen, da in der flüssigen Zone Dämpfe entstehen aus Si, SiO oder SiO₂. Diese Dämpfe kondensieren an der kalten Oberfläche der Spule und lagern sich dort ab. Auf Grund dieser Ablagerungen entstehen häufig elektrische Überschlüge. Solche Ablagerungen werden deshalb versucht zu verhindern durch eine Verminderung des Temperaturgefälles. Da Oberflächenablagerungen die Spannungsfestigkeit von Isolatoren stark herabsetzen, wird prinzipiell der Weg des Erwärmens der Isolatoren gewählt.

In der DE 2818878 wird die Leitfähigkeit des Isolators durch geeignete Beimengungen soweit erhöht, daß der fließende Leckstrom den Isolator erwärmt. Dieser Vorschlag ist jedoch für die Floatingtechnologie nicht anwendbar, weil die für die Verhinderung von Siliziumoxid-Ablagerungen nötige Temperatur viel höher ist ($600-700^\circ\text{C}$), als in diesem Lösungsvorschlag angegeben. Außerdem sind die elektrischen Verhältnisse nicht so konstant, daß ein bestimmter Leckstrom garantiert werden könnte.

Weiter wird nach DE 3046629 vorgeschlagen, die Oberfläche des Isolators so aufzurauen, daß sich stabile zusammenhängende Schichten erst nach langer Zeit bilden können. Im Falle der Einkristallzüchtung ist die Reaktionszeit aber viel länger, als die Zeit, die für ein sicheres Verhindern von zusammenhängenden Belägen angegeben wird.

Ein weiterer Vorschlag nach SU 949722 geht davon aus, die Feldstärkeverteilung um den Isolator so zu führen, daß feste Verunreinigungen schon vor dem Isolator an Stellen hoher Feldstärke abgeschieden werden und von dort zu Boden fallen. Diese Möglichkeit kann nicht genutzt werden, weil die engen geometrischen Verhältnisse das Ausfällen der Verunreinigungen nur in der Nähe der flüssigen Zone gestatten. Damit wird der wachsende Kristall verunreinigt. Außerdem kondensieren die Dämpfe zum Teil erst in unmittelbarer Nähe des Isolators und können vorher elektrisch nicht beeinflußt werden.

Es wird auch vorgeschlagen, den Isolator an der Oberfläche so leitfähig zu machen, daß eine Homogenisierung des Feldverlaufs eintritt und einzelne Partikel keine Feldstörungen mehr bewirken können. Beim Einkristall-Züchtungsvorgang mit den wechselnden Lastfällen ist die richtige Einstellung der Leitfähigkeit fast unmöglich, zum anderen sind die aufgebrachten Mengen so groß, daß sich inhomogene Schichten bilden und die leitfähige Schicht wirkungslos machen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den Züchtungsprozeß störungsfrei verlaufen zu lassen, die Ausschußquote zu senken und die Qualität größerer Kristalldurchmesser zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen den Rezipienten abschließenden koaxialen Isolator der HF-Durchführung so anzuordnen, daß die als Parallelleitung wirkenden Stromzuführungen zum Induktor separiert und diese trennenden Isolatorsteile zumindest teilweise von der entstehenden Prozeßwärme auf die Hälfte der Prozeßtemperatur aufgeheizt werden, so daß keine Kondensation an Stellen hoher Feldstärke stattfindet bzw. auftreffende Teilchen wieder verdampfen, der Durchschlagsweg an Stellen hoher Staubbelastung wesentlich verlängert wird und damit staubinduzierte Gasdurchschläge verhindert werden können.

Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß ein Isolatorteil von ≥ 1 mm Breite zwischen die Leiter vom Ende der Koaxialleitung bis in die Nähe des Kristalls eingeführt wird, wobei die Schmalflächen des in den Rezipienten ragenden Isolatorteils im Temperaturfeld von $\geq 600^\circ\text{C}$ der flüssigen Zone liegen. Dabei wird dieser Isolatorteil entweder als eine Verlängerung des koaxialen Isolators oder als eine Zwischenlage gestaltet, die vom Induktor bis zum koaxialen Isolator reicht. Der Isolator selbst besteht aus elektrisch hochbelastbarem Material mit guten Hochfrequenzeigenschaften und geringer Wärmeleitung wie Aluminiumoxidkeramik.

Ausführungsbeispiel

Zum Aufschmelzen und Züchten von Halbleiterkristallen werden etwa 1000 A bei 3 MHz Arbeitsfrequenz benötigt. Die geometrischen Bedingungen erfordern dafür eine Spannung von etwa 1 kV an den Anschlußstellen des Induktors. Der hochfrequente Strom wird von einem Generator außerhalb des Rezipienten erzeugt und durch eine koaxiale Durchführung 4 mit einem ringförmigen Isolator in den Rezipienten geführt. Nach der Durchführung endet die koaxiale Leitungsführung, an den Anschlußstellen 4a wird der Induktor befestigt. Die Stromführung erfolgt auf zwei etwa parallel laufenden Leitungen 2 bis zum Induktor 1, wobei auch die sich gegenüberstehenden Flächen des Induktorspalts 6 als elektrisch parallel verlaufende Leiter betrachtet werden können.

Im Raum von der koaxialen Durchführung 4 bis zum Innenloch 3 des Induktors ist ein starkes elektrisches Feld vorhanden, bei dem kleine Oberflächeninhomogenitäten schon zum Durchschlag führen können. Stets durch den Prozeß vorhandene Partikel scheiden sich durch elektrostatische Anziehung oder Kondensation an den gekühlten Flächen der Zuleitungen und des Induktors ab, falls nicht heiße Gasströme bzw. Strahlungswärme, hervorgerufen durch den heißen Kristallstab 7 die Abscheidung dieser Partikel verhindern. Abgeschiedene Partikel können durch Feldverzerrung und Brückenbildung einen elektrischen Durchbruch bewirken.

Es treten drei Gebiete der Staubgefährdung und damit der Durchbruchwahrscheinlichkeit auf:

Das Gebiet in unmittelbarer Nähe des Kristallstabes 7:

Hier können bei der hohen Temperatur keine Partikel entstehen, also auch nicht kondensieren, elektrische Durchbrüche sind nicht zu erwarten.

Das Gebiet zwischen Induktor 1 und Anschlußstellen 4a:

Die kondensierenden Partikel scheiden sich zwischen den Leitungen ab, die Prozeßwärme reicht nicht zum Verdampfen, die Durchbruchwahrscheinlichkeit ist hoch.

Das Gebiet zwischen Anschlußstellen 4a und der koaxialen Durchführung 4: Die elektrische Belastung ist wegen der größeren Abstände geringer. Das Partikelangebot ist wegen der Entfernung zum Stab klein, eine Durchbruchsgefährdung tritt nicht auf.

Es gilt, das Gebiet der hohen elektrischen Belastung und des starken Partikelanfalls gegen Durchbruch zu schützen.

Erfindungsgemäß wird das durch einen Isolator 5 erreicht, der den Raum zwischen den Schenkeln separiert und den Weg des Durchschlags im staubgefährdeten Gebiet verlängert. Aus Sicherheitsgründen muß der Isolator bis in die Nähe des Kristallstabes reichen. Wegen der geringen Abstände zum Kristall kann eine wesentliche Überlappung der Induktorkonturen nicht erfolgen, da Teile des aufschmelzenden Kristalls 7 sich dem Induktor 1 auf ca. 1 mm nähern können. Der Durchbruchschutz wird in diesem Gebiet durch die geringe Wärmeleitung des Isolatormaterials erreicht. Die Prozeßwärme heizt die schmalen dem Prozeß zugewandten Flächen des Isolators 5a soweit auf, daß ein sicherer Schutz vor Ablagerungen gewährleistet ist.

In der praktischen Ausführung kann der Isolator wie in Fig. 1 aus einem zwischen die Zuführungen eingehängten Streifen bestehen, der Teile des koaxialen Isolators zur besseren Isolation überlappt oder wie in Fig. 2 aus einer Verlängerung des Koaxialisolators in Richtung Induktor bestehen, wobei ein Ausbruch im Induktor die Aufheizung der Isolatorstirnseite begünstigt.

231286-397213

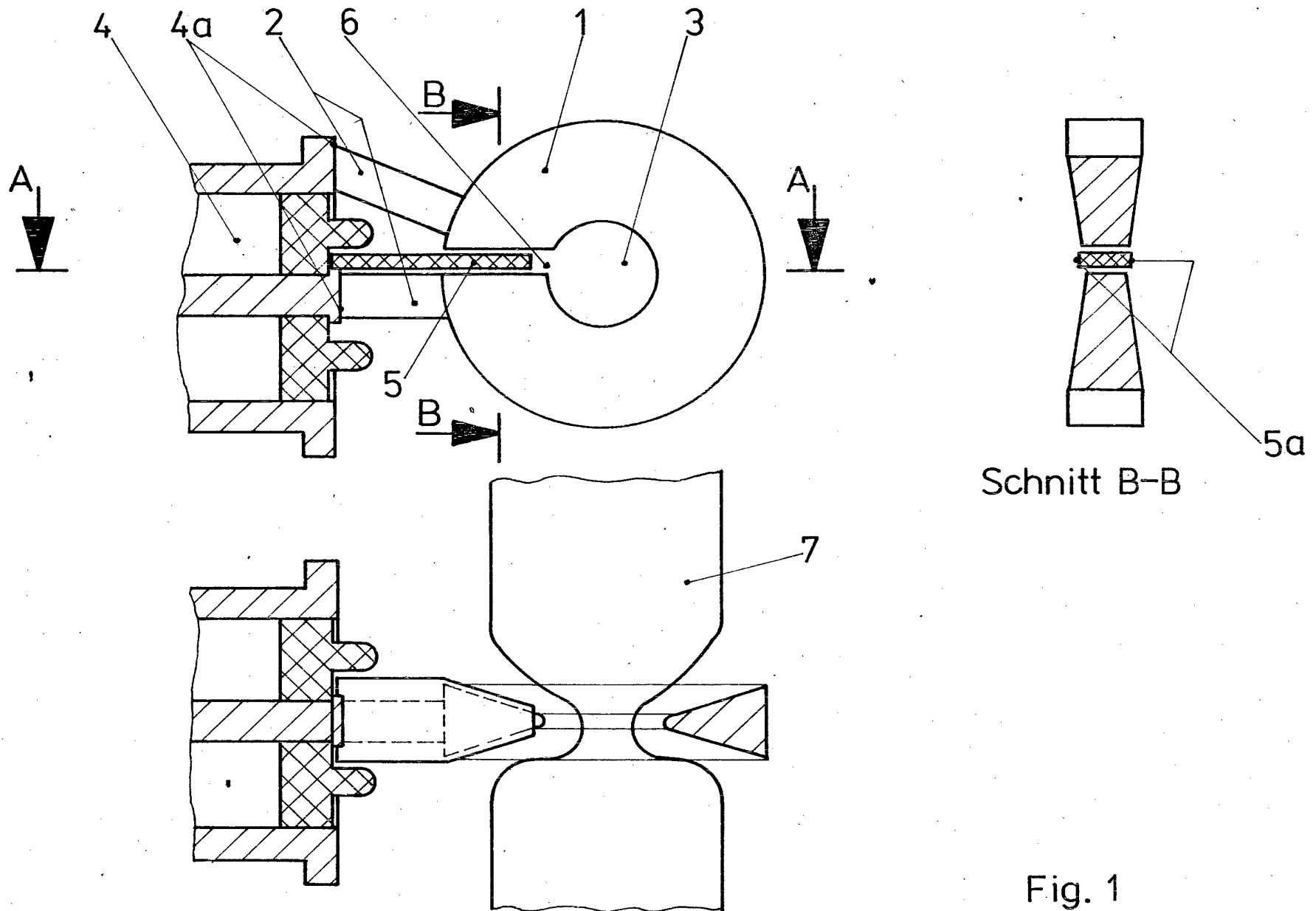


Fig. 1

