



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) DD (11) 161 137 A3

3(51) C 23 C 13/04
C 23 C 13/08

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP C 23 C / 225 718

(22) 04.12.80

(45) 20.02.85

(71) VEB Hochvakuum Dresden, 8020 Dresden, Grunaer Weg 26, DD

(72) Bollinger, Helmut; Bücken, Bernd, Dipl.-Phys.; Schulze, Dietmar, Dipl.-Phys.; Wilberg, Rüdiger, Dipl.-Ing., DD

(54) Verfahren und Einrichtung zur ionengestützten Beschichtung elektrisch isolierender Substrate

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur ionengestützten Beschichtung elektrisch nicht oder nur gering leitender Werkstoffe. Bei den bisher bekannten Verfahren und Einrichtungen trat bei der Beschichtung eine Aufladung der elektrisch isolierenden Substrate auf, die durch Anbringung von zusätzlichen, in der Nähe der Substrate angeordneten Elektronenquellen bzw. durch hochfrequente Wechselspannungen neutralisiert bzw. abgebaut wurden. Der Erfindung lag das Ziel und die Aufgabe zugrunde, durch Vereinfachung der Verfahrensführung den hohen technischen Aufwand auszuschließen. Erfindungsgemäß wurde dies dadurch gelöst, daß im Entladungsstromkreis der Plasmaquelle ein Widerstand und parallel zur Entladungsstrecke ein Kondensator angeordnet sind, die eine alternierende Beschichtung mit einer Frequenz von einigen kHz bis zu einigen Hundert kHz ermöglicht. Dadurch werden die sich aufbauenden Ladungen sofort neutralisiert bzw. abgebaut, ohne daß umfangreiche und komplizierte Zusatzeinrichtungen erforderlich werden.

Verfahren und Einrichtung zur ionengestützten Beschichtung elektrisch isolierender Substrate

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung,
5 mit denen im Vakuum insbesondere elektrisch nicht oder nur gering leitende Werkstoffe unter Ioneneinwirkung beschichtet werden können. Damit werden die bei elektrisch leitenden Substraten erzielten Vorteile der ionengestützten Beschichtung, vor allem die gute Haftfestigkeit der Beschichtung auf dem Grundmaterial, auch bei elektrisch
10 isolierenden Substraten erreichbar.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, elektrisch isolierende Substrate durch ionengestützte Vakuumverfahren zu beschichten. Dabei ionisieren elektrisch geladene Teilchen eines durch Edel- und/
15 oder Reaktionsgas aufrechterhaltenen Plasmas Teile des Beschichtungsmaterials, die auf die negativ vorgespannten Substrate beschleunigt und dort abgeschieden werden. Mit zunehmender Beschichtungsdauer weisen die isolierenden
20 Substrate eine positive Aufladung auf, da die Ladungen der ankommenden Ionen nicht abgebaut werden können, so daß der Ionenzufluß und die dadurch an der Oberfläche der Substrate initiierten und für die Schichthaftung vorteilhaften Effekte nicht wirksam werden können.

Diese nachteiligen Wirkungen werden durch die vorgeschlagene Anbringung (DWP 74 998) einer um die Substrate angeordneten Elektronenquelle vermieden. Durch diesen ständigen Elektronenbeschuß der Oberfläche werden Ladungen, die durch Ionen des Beschichtungsmaterials und Reaktionsplasmas erzeugt werden, neutralisiert. Ein ungehinderter Ionenbeschuß der Oberfläche der elektrisch isolierenden Substrate kann bei richtiger Dimensionierung der Elektronenquellen sicher gewährleistet werden. Allerdings ist die konstruktive Ausbildung der Elektronenquellen in jedem Falle den Substraten anzupassen und verursacht einen nicht unerheblichen zusätzlichen Aufwand.

Weiterhin ist bei allen Veränderungen der Verfahrensführung, die bei technologisch komplizierten Prozessen häufig erforderlich ist, die Anpassung der Elektronenemission an den Ionenstrom jeweils neu erforderlich. Hierzu sind umfangreiche Regelungen vorzusehen, um einen entsprechenden Betrieb der Einrichtung störungsfrei zu gestalten.

Auch ist es seit längerem bekannt, die elektrische Aufladung isolierender Substrate bei ionengestützten Beschichtungstechniken durch die Anordnung einer hochfrequenten Wechselspannung zu beseitigen. Diese in der Zerstäubungstechnik vielfach angewendete Methode sichert den Abbau der Ladungen und garantiert einen sicheren Beschichtungsvorgang. Das setzt jedoch einen erheblichen apparativen Aufwand voraus, da neben einem leistungsfähigen Hochfrequenzgenerator entsprechende Anpassungs- und Zuführungsglieder zu den Substraten mit den unterschiedlichsten dielektrischen Werten und geometrischen Abmessungen benötigt werden.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die ionengestützte Beschichtung technisch und technologisch einfach durchzuführen, wobei der hohe apparative Aufwand zu vermeiden ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, die es ermöglichen, elektrisch isolierende Substrate bei Anwendung von Ionen- oder Plasmaeinwirkungen unter Beibehaltung der Vorteile dieser Verfahrenstechniken und unter Vermeidung spezieller Anpassungs- und Zuführungsgliedern zu den Substraten einwandfrei zu beschichten.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß in der Anodenspannungszuleitung einer an sich bekannten, aus Glühkatode und positivem Anodengitter bestehenden Plasmaquelle ein Vorwiderstand, und zwischen Anode und Katode ein Kondensator angeordnet sind, deren Größe vom vorgegebenen Arbeitsdruck im Rezipienten bestimmt werden. Die Anordnung der Plasmaquelle ist sowohl in konzentrischer wie auch in ebener Ausführung möglich, wobei die ebene Anordnung, in Abhängigkeit vom durchzuführenden Verfahren, die Installation mehr als einer Plasmaquelle gestattet.

Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß die für die ionengestützte Beschichtung erforderliche Plasmaquelle alternierend betrieben wird. Dabei wechseln in ständiger Reihenfolge Phasen der Ionisierung und der Neutralisation der an den Substraten aufgebauten Ladungen ab, während die Elektronenemission der thermischen Katode stabil gehalten wird. Bei selbständiger Entladung, d. h. bei relativ hohem Gasdruck um 1 ... 10 Pa, dient die Katode als Lieferant der zur Neutralisierung der sich auf den Substraten aufbauenden positiven Ladung notwendigen Elektronen während der Zeit, da die Plasma- und somit die Ionen-erzeugung erfindungsgemäß aussetzt. Bei Drücken unter 1 Pa bis hin zu etwa 10^{-2} Pa dienen die Elektronen zusätzlich zur Aufrechterhaltung der Entladung, einer sogenannten unselbständigen Gasentladung.

Die Arbeitsfrequenz des Verfahrens, d. h. der ständige Phasenwechsel liegt vorteilhafterweise im Bereich von einigen kHz bis zu einigen Hundert kHz und ergibt sich

aus der Wahl der Zünd- und Löschspannung der Entladung bei vorgegebenem Entladungsdruck im Rezipienten und den technischen Daten des Widerstandes und des Kondensators zu

$$f^{-1} = R \cdot C \cdot l_n \cdot \frac{U_0 - U_L}{U_0 - U_Z}$$

- 5 wobei U_0 die maximal an der Plasmaquelle zur Verfügung stehende Spannung ist.

Die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Einrichtung soll kurz erläutert werden.

- 10 Nach Einschalten der Spannungsversorgung für die Plasmaquelle wird die Glühkatode auf Emissionstemperatur erhitzt und der parallel zur Entladungsstrecke liegende Kondensator über den Vorwiderstand aufgeladen. Nach Erreichen der Zündspannung U_Z zündet die Entladung. Da dabei der Stromfluß über die Entladungsstrecke größer ist als
- 15 der durch den Vorwiderstand bedingte Aufladestrom des Kondensators, wird dieser entladen und die Spannung an der Anode sinkt unter die Löschspannung U_L , so daß die Entladung in der Vakuumkammer aussetzt. In diesem Falle wird der Kondensator wieder aufgeladen bis die Entladung erneut
- 20 zünden kann und sich eine sogenannte Kippschwingung einstellt. Während der Brennphase der Entladung werden die in der Entladung erzeugten positiven Ionen in Richtung auf den negativ vorgespannten Substrathalter beschleunigt, wobei sie zum Aufladen der dort angebrachten elektrisch isolierenden Substrate führen. In der anschließenden Lösphase werden diese störenden Ladungen durch die aus der
- 25 Glühkatode ständig austretenden Elektronen, die durch die zwar unter die Löschspannung gesunkene aber nach wie vor vorhandene Anodenspannung beschleunigt werden und auf die
- 30 Substrate auftreffen, beseitigt.

Das Beschichtungsmaterial kann dabei im Rezipienten zerstäubt bzw. verdampft wie auch in gasförmiger Form eingebracht, in der Plasmaquelle durch Ioneneinwirkung ent-

sprechend gespalten und teilweise ionisiert und als hochwertige Beschichtung auf den Substraten niedergeschlagen werden. Bei der Anordnung mehr als einer Plasmaquelle ist sowohl der gleichläufige als auch der wechselweise Betrieb
5 aller vorhandenen Plasmaquellen möglich. Ebenso ist es möglich, daß die Plasmaquellen gleichzeitig, aber mit unterschiedlicher Arbeitsfrequenz, wie auch pulsierend und mit unterschiedlicher Arbeitsfrequenz, arbeiten.

Ausführungsbeispiel

10 Anhand von zwei Ausführungsbeispielen soll die Erfindung näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen

Fig. 1: eine Variante der erfindungsgemäßen Einrichtung mit ebener Anordnung der Elektroden

15 Fig. 2: eine konzentrische Anordnung der erfindungsgemäßen Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt die Beschichtungskammer 1 mit dem Vakuumerzeugungs-
zeugungs- und dem Gaseinlaßsystem 3. In der Beschichtungskammer 1 befindet sich die aus 0,3 mm Tantaliumdraht bestehende Glühkatode 4 und die aus 0,1 mm Wolframdraht zylinderförmig gewickelte Anode 5, die im Abstand von 100 mm zur Glühkatode 4 angeordnet ist. Die aus Glühkatode 4 und Anode 5 bestehende Plasmaquelle ist mit der
20 Spannungsversorgung 6 verbunden. Im Anodenstromkreis befindet sich dabei ein Widerstand 7 von 100 Ohm und parallel zur Entladungsstrecke ein Kondensator 8 von 47 μ F mit ausreichender Spannungsfestigkeit.

Des weiteren ist in der Beschichtungskammer 1 die Beschichtungseinrichtung 9 und ihr gegenüber der Substrathalter 10 angeordnet, der mit der Spannungsversorgungseinheit 11 verbunden ist, die ihn mit einer ausreichenden negativen Spannung versorgt.

Das Vakuumerzeugungssystem 2, das Gaseinlaßsystem 3 und die Beschichtungseinrichtung 9 sind dem Anwendungsfall entsprechend ausgewählt. Zur rationellen Verfahrensgestaltung wurde bei diesem Ausführungsbeispiel ein transversal
5 aufgebauter Elektronenstrahlverdampfer als Beschichtungseinrichtung 9 vorgesehen.

Durch Argoneinlaß wird nun ein Arbeitsdruck von 10^{-2} Pa eingestellt. Die Glühkatode 4 wird mit einem Heizstrom von etwa 30 A und die Anode mit einer positiv zur Katode gemessenen Spannung von 250 V versorgt. Bei diesen Betriebs-
10 parametern ergibt sich eine ausreichende Elektronenemission, wobei die Elektronen um die gitterförmige Anode 5 pendeln und dabei das Arbeitsgas ionisieren, bevor sie auf die auf dem Substrathalter 10 befindlichen isolieren-
15 den und durch positive Ionen aufgeladene Substrate 12 beschleunigt werden. Der aus dem Plasma extrahierte Ionenstrom beträgt dabei 4 Am^{-2} , bei -800 V angelegter Beschleunigungsspannung, der Plasmastrom 1,5 A und die Arbeitsfrequenz 150 kHz.

20 In Fig. 2 ist eine koaxiale Anordnung dargestellt, die besonders bei Nutzung von gasförmigen Beschichtungswerkstoffen Anwendung findet. Die zentrale, aus 0,5 mm Wolframdraht bestehende Glühkatode 4 ist dabei im Abstand von 150 mm von einer aus 0,1 mm Wolframdraht gefertigten gitterförmigen Anode 5 umgeben. Der aus Kupferblech bestehenden Substrathalter 10 ist im Abstand von 190 mm zur Katode 4 angeordnet.

Der Arbeitsdruck wurde mit 1 Pa festgelegt, wobei sich bei einem Katodenheizstrom von 55 A und einer an der
30 Stromversorgung 6 anliegenden Spannung von +200 V und einer Beschleunigungsspannung von -600 V am Substrathalter 10 ein Plasmastrom von 0,8 A und eine Arbeitsfrequenz von 320 kHz ergibt. Der Widerstand 7 wurde mit 1000 Ohm und der Kondensator 8 mit 100 nF festgelegt. Durch Einlaß
35 von Benzen an der Beschickungseinrichtung 13 können unter den genannten Bedingungen isolierende Substrate mit harten transparenten Kohlenstoffschichten belegt werden.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur ionengestützten Beschichtung elektrisch
isolierender Substrate mit einer aus Glühkatode und
Anode bestehenden Plasmaquelle, dadurch gekennzeichnet,
5 daß die Plasmaquelle alternierend betrieben wird, wobei
die Anodenspannung mit einer Frequenz von einigen kHz
bis zu einigen Hundert kHz ständig zwischen einer Zünd-
spannung U_Z und einer Löschspannung U_L pendelt und daß
10 die Glühkatode dabei ständig gleichmäßig Elektronen
emittiert.
2. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach
Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Anodenstrom-
kreis ein Widerstand (7) und parallel zum Entladungs-
stromkreis ein Kondensator (8) angeordnet sind.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

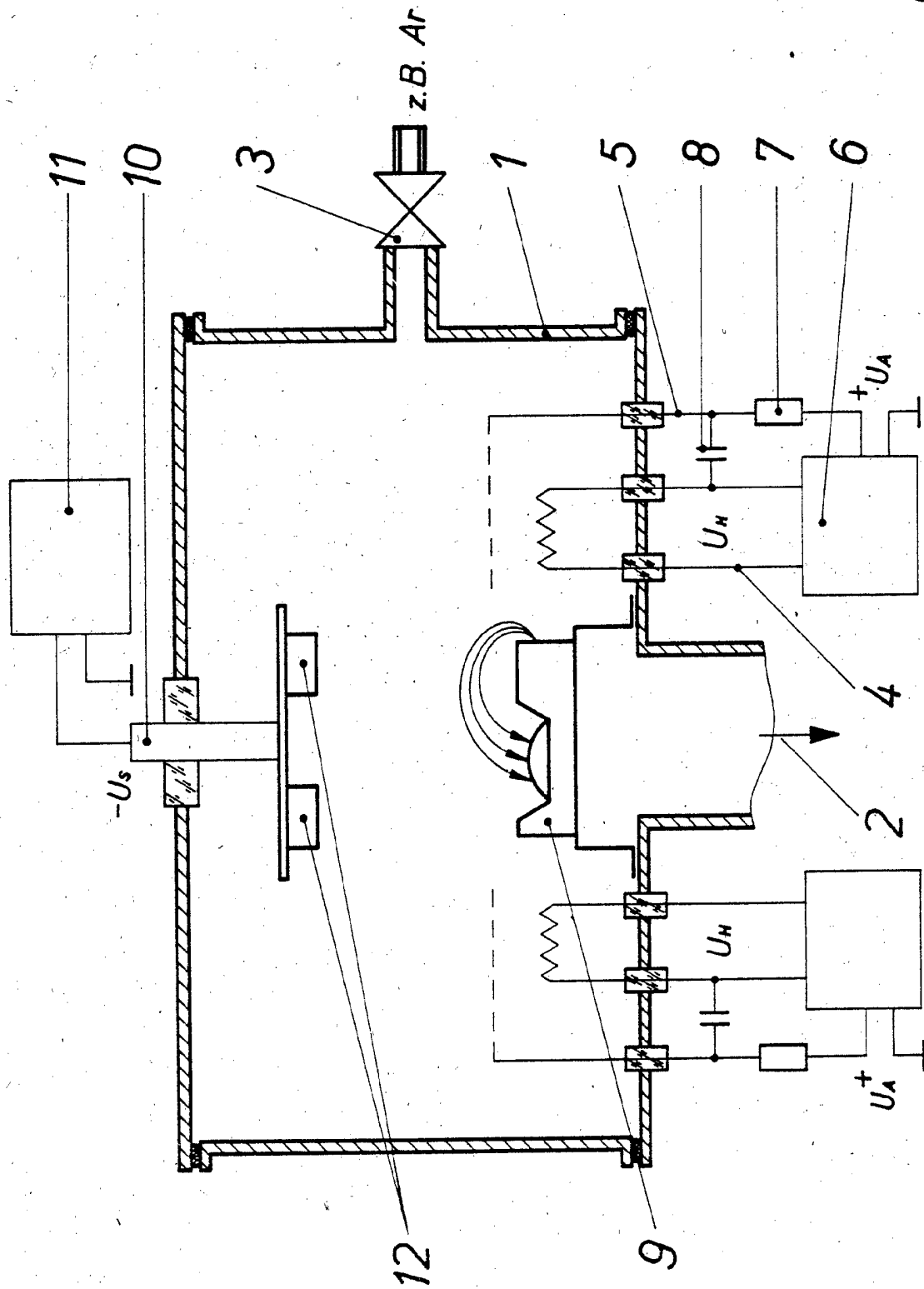


Fig.1

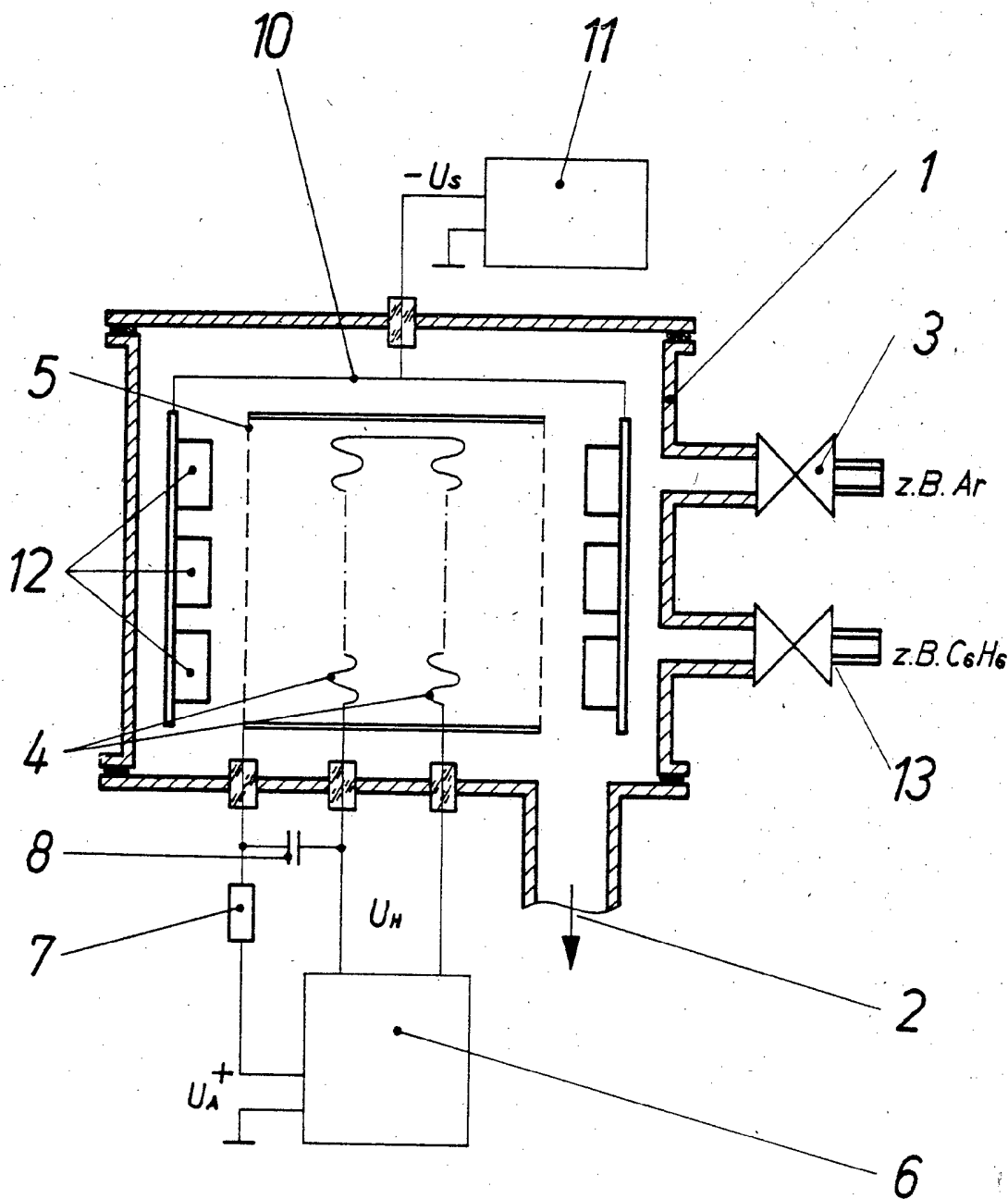


Fig. 2