



SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT
EidGENÖSSISCHES Institut FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

700 002 B1

(51) Int. Cl.: H01J 37/34 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 00424/10

(22) Anmeldedatum: 25.09.2008

(43) Anmeldung veröffentlicht: 02.04.2009

(30) Priorität: 25.09.2007
DE 10 2007 045 863.2

(24) Patent erteilt: 15.03.2013

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.03.2013

(73) Inhaber:
Von Ardenne Anlagentechnik GmbH, Platteile 19/29
01324 Dresden (DE)

(72) Erfinder:
Goetz Teschner, 01309 Dresden (DE)
Enno Mirring, 01477 Arnsdorf (DE)
Johannes Struempfel, 01324 Dresden (DE)
Andreas Heisig, 01324 Dresden (DE)

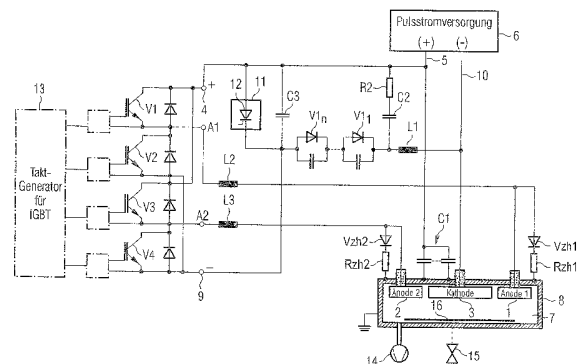
(74) Vertreter:
BOVARD AG, Patent- und Markenanwälte
Optingenstrasse 16
3000 Bern 25 (CH)

(86) Internationale Anmeldung:
PCT/EP 2008/062881

(87) Internationale Veröffentlichung:
WO 2009/040406

(54) Verfahren und Anordnung zum redundanten Anoden-Sputtern mit einer Dual-Anoden-Anordnung.

(57) Der Erfindung, die ein Verfahren, bei dem zwei Anoden entgegengesetzt zueinander abwechselnd als Anode der Plasmaentladung, d.h. als Elektrode mit positivem Potential und als Kathode zur Selbstreinigung, d.h. als Elektrode mit negativem Potential betrieben werden und die Kathode der Plasmaentladung wiederkehrend kurzzeitig umgepolt wird, und eine Anordnung umfassend eine Kathode und eine erste und eine zweite Anode, die mittels einer H-Brückenschaltung mit Spannung versorgt werden, betrifft, liegt die Aufgabe zugrunde, die Wirkung des redundanten Anodensputterns mit Dual-Anoden zu verbessern und die Bauelementesicherheit zu erhöhen. Dies wird dadurch gelöst, dass eine DC-Stromversorgung als Pulsstromversorgung ausgebildet ist, dass die Umpolung der Kathodenspannung aus der Pulsstromversorgung bewirkt wird, zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Anode auf positivem Potential und zeitweise während einer Ätzzeit die andere Anode auf negativem Potential liegt und die H-Brückenschaltung so mit der Pulsstromversorgung in Wirkverbindung steht, dass zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Anode auf positivem Potential liegt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum redundanten Anoden-Sputtern mittels einer Sputter-Anordnung mit einer Dual-Anoden-Anordnung, umfassend eine Vakuumkammer mit einer Kammerwandung und darin angeordnet eine Kathode sowie eine erste und eine zweite Anode, wobei zwei Anoden der Dual-Anoden-Anordnung entgegengesetzt zueinander abwechselnd als Anode der Plasmaentladung, d.h. als Elektrode mit positivem Potential, und als Kathode zur Selbstreinigung, d.h. als Elektrode mit negativem Potential, während einer Ätzzeit betrieben werden, und wobei die Kathode der Plasmaentladung zum Abbau statischer Aufladung wiederkehrend umgepolt wird.

[0002] Die Erfindung betrifft auch eine Sputter-Anordnung zum redundanten Anoden-Sputtern mit einer Dual-Anoden-Anordnung, umfassend eine Vakuumkammer mit einer Kammerwandung und darin angeordnet eine Kathode und eine erste und eine zweite Anode, eine H-Brückenschaltung, die einen ersten Brückenast und einen zweiten Brückenast umfasst, wobei beide Brückenäste zusammen auf der einen Seite einen Plus-Anschluss und beide Brückenäste zusammen auf der anderen Seite einen Minus-Anschluss bilden.

[0003] In einer Zerstäubungsanlage wird bei einem Druck von einigen μbar eine Gasentladung zwischen einer Kathode und einer Anode gezündet. Das Material des Targets, das die der Gasentladung ausgesetzte Oberfläche der Kathode bildet, wird durch einen intensiven Ionenbeschuss abgetragen. Der Kathodenzerstäubungsprozess erzeugt eine Wolke von Materialdampf, der sich auf allen Teilen in der Vakuumkammer niederschlägt. Ziel der Konstruktion von Zerstäubungsanlagen ist es, möglichst viel dieses abgestäubten Materials auf dem Substrat aufzufangen und möglichst wenig auf die Anoden gelangen zu lassen. Da sich häufig, gewollt oder ungewollt, bei der Abscheidung schlecht leitende oder isolierende Materialien bilden, wird der Stromfluss über die beschichtete Anodenoberfläche mit der Zeit erheblich beeinträchtigt, so dass die Stabilität der Gasentladung bis zum völligen Verlöschen gestört wird.

[0004] Langzeitstabile Prozesse, bei denen von einem keramischen Target Oxide oder Nitride mit hoher Zerstäubungsrate abgeschieden werden, sind eine Herausforderung für den Aufbau einer Zerstäubungsanlage.

[0005] Die Verwendung von zwei Anoden, die im Wechsel als Anode und als Kathode zur Selbstreinigung betrieben werden, ist seit dem Patent US 6 183 605 bekannt. Diese Anordnung realisiert ein redundantes Anodensputtern, d.h. eine Kathodenzerstäubung mit einer zusätzlichen Anode. Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass die Steuerung der Ätzwirkung bei kathodisch geschalteter Anode fehlt.

[0006] Mit der PCT-Anmeldung WO2007/051 461 wurde die Steuerung der Ätzwirkung beschrieben. Diese Schrift enthält zwei Ausführungen, mit einem Mittelfrequenzgenerator oder mit einer DC-Stromversorgung (Gleichspannungs-Stromversorgung), die pulsförmig die Leistung auf die Kathode und die beiden Anoden verteilt. Hierin sieht eine der Lösungen mit einer DC-Stromversorgung eine klassische H-Brückenschaltung aus vier Schaltern, insbesondere bestehend aus Insulated Gate Bipolar Transistoren (IGBT), vor, die zum einen ein Umpolen der Anoden (Elektroden) und zum anderen ein kurzzeitiges Umpolen der Kathode zum Absaugen von Elektronen aus dem Restplasma und zur Entladung bewirken. Diese Lösung und ihre Spannungsverläufe sind in den Fig. 1 und Fig. 2 wiedergegeben.

[0007] Hierbei können kommerziell verfügbare DC-Stromversorgungen mit dem Prinzip des redundanten Anodensputterns mit zwei Anoden (Dual-Anoden) betrieben werden. Damit ist allerdings der Einsatz von Schaltern erforderlich, die die gesteuerte Umschaltung der Ströme an den Anoden bewirken, aber gegen die Belastung durch die DC-Stromversorgungen geschützt sind.

[0008] Mit dem US 5 427 669 ist eine gepulste DC-Stromversorgung (Pulsstromversorgung) bekannt, die kurzzeitig die Kathode umpolt, so dass eventuelle Aufladungen auf der Kathode entladen werden. Das kurzzeitige Umpolen der Kathode erzeugt in der Schaltung durch hohe du/dt -Werte (Spannungsgradient) eine gefährliche Belastung für die Halbleiterschalter, die in Schaltbrücken üblicherweise eingesetzt werden. Kurzzeitig bedeutet in diesem Falle, dass die Dauer des Umschaltimpulses geringer ist als die Zeit bis zu einem nächsten Umschaltimpuls, also der Zeit, in der die Kathodenspannung negativ ist.

[0009] Diese Schaltung ist ausserdem zwar für ein redundantes Anodensputtern vorgesehen, nicht jedoch für den Einsatz bei Dual-Anoden.

[0010] Eine weitere Gefahr grundsätzlich für Halbleiterbauelemente als Schalter stellt das plötzliche Verlöschen des Plasmas durch z.B. zu niedrigen Druck dar. Diese als Lastabriss bezeichnete Situation erzeugt extreme Überspannungen, die zur Zerstörung von Halbleiterbauelementen führen, wenn es nicht gelingt, die Spannungen zu begrenzen.

[0011] Es besteht nunmehr die Aufgabe der Erfindung darin, die Wirkung des redundanten Anodensputterns mit Dual-Anoden zu verbessern und die Bauelementesicherheit zu erhöhen.

[0012] Die verfahrensseitige Lösung der Aufgabenstellung sieht vor, dass bei dem eingangs beschriebenen Verfahren die Kathode und die beiden Anoden aus einer Pulsstromversorgung gespeist werden, welche über eine H-Brückenschaltung mit einem Taktgenerator in Wirkverbindung steht, wobei die Umpolung der Kathodenspannung aus der Pulsstromversorgung bewirkt wird, zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Anode als Elektrode mit positivem Potential betrieben wird und zeitweise während einer Ätzzeit die andere Anode als Elektrode mit negativem Potential betrieben wird. Damit wird auf vorteilhafte Weise die Entladung der Kathode durch die Spannungsversorgung und ebenfalls ein Anodensputtern bei Dual-Anoden ermöglicht.

[0013] In einer Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Spannung an der Kathode mittels der Pulsstromversorgung mit einem Spannungsimpuls umgepolt wird, dessen Impulsdauer geringer ist als die Hälfte der Zeit bis zum nächsten Impuls, vorzugsweise in einer Grössenordnung geringer.

[0014] Es ist möglich, dass die Erzeugung der Kathodenspannung asynchron zu der Erzeugung der Anodenspannungen erfolgt. Damit ist es nicht notwendig, beide Zeitverläufe aneinander anzupassen, was den Aufwand verringert.

[0015] Da die Anoden nicht an gleicher Stelle im Plasma liegen können, unterscheidet sich die auf ihnen anzutreffende Beschichtungsrate.

[0016] Damit benötigen die Anoden unterschiedliche Ätzraten. In einer Ausgestaltung des Verfahrens ist es danach möglich, die Ansteuerung der H-Brückenschaltung so zu führen, dass die Ätzzeiten der beiden Anoden eine unterschiedliche Länge aufweisen.

[0017] Bei Stoffen mit einer Restleitfähigkeit vermeidet man ein vollständiges Blankätzen, weil damit die Gefahr des Abtragens von Anodenmaterial gegeben ist. Die Ätzzeit wird so eingestellt, dass eine geringfügige Beschichtung entsteht. Kriterium für die notwendige Ätzzeit ist dabei die Beschichtung der Anoden, die durch Interferenzfarben auf den Elektroden sichtbar wird, so dass in einer Ausführungsform der Erfindung die Ätzzeiten der Anoden gestoppt werden, wenn auf den Anoden Interferenzfarben auftreten.

[0018] In einer weiteren Variante des erfindungsgemässen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Frequenz des Wechsels zwischen Ätzzeit und Anlegen einer Anodenspannung an den Anoden in der Grössenordnung von 1 Hz bis 10 kHz liegt. Die Frequenz für den Wechsel zwischen Ätzen und Anodenwirkung wird durch die Eigenschaften der an der Anode entstehenden Beschichtung diktiert. Handelt es sich um schlecht leitende Schichten, z.B. ZnO, dann reicht eine Wechselfrequenz von einigen Hertz aus. Handelt es sich um hochisolierende Schichten, dann ist mit einer Wechselfrequenz im Bereich von einigen 10 kHz zu arbeiten. Die Frequenz muss so hoch sein, dass die auf der Anode entstandene Schicht noch nicht zu einer völligen Isolation führt und damit das Abätzen verhindert. Andererseits entstehen mit wachsender Wechselfrequenz unnötige Schaltverluste in der H-Brückenschaltung. Die Frequenz von 40 kHz ist für SiO₂ ein guter Kompromiss.

[0019] Die anordnungsseitige Lösung der Aufgabenstellung sieht vor, dass bei der eingangs beschriebenen Sputter-Anordnung eine DC-Stromversorgung als Pulsstromversorgung ausgebildet ist und die H-Brückenschaltung mit einem Taktgenerator verbunden ist, der über die H-Brückenschaltung so mit der Pulsstromversorgung in Wirkverbindung steht, dass zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Anode auf positivem Potential liegt.

[0020] In einer Ausgestaltung der erfindungsgemässen Anordnung ist vorgesehen, dass ein Mittelpunkt des ersten Brückenzeiges mit der ersten Anode und ein Mittelpunkt des zweiten Brückenzeiges mit der zweiten Anode verbunden ist, dass der Plus-Anschluss der H-Brückenschaltung mit einem Plus-Ausgang der Pulsstromversorgung und der Minus-Anschluss der H-Brückenschaltung mit dem Minus-Ausgang der Pulsstromversorgung unter Bereitstellung einer Reinigungswirkung der Anoden während der Ätzzeit bewirkende Spannung verbunden ist.

[0021] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass der Mittelpunkt des ersten Brückenzeiges über eine erste Induktivität mit der ersten Anode und der Mittelpunkt des zweiten Brückenzeiges über eine zweite Induktivität mit der zweiten Anode verbunden sind. Die beiden Induktivitäten dienen dazu, eventuelle Rückwirkungen aus dem Anodenplasma in die Schalter zu dämpfen.

[0022] Die erfindungsgemässe Anordnung kann auch dadurch ausgebildet werden, dass von der ersten Anode zur Kammerwandung eine erste Reihenschaltung aus einer Diode (Vzh1) und einem Widerstand (Rzh1) und von der zweiten Anode zur Kammerwandung eine zweite Reihenschaltung aus einer Diode (Vzh2) und einem Widerstand (Rzh2) geschaltet ist. Die Dioden-Widerstandskombinationen Vzh1-Rzh1 bzw. Vzh2-Rzh2 dienen einerseits als Zündhilfe, weil eine Gasentladung in einer Anordnung mit von der Kathode aus nicht sichtbaren Anoden schlecht zündet, und andererseits zusammen mit den Induktivitäten L2 und L3 als Dämpfung gegen positive Rückspeisung aus dem Plasma.

[0023] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Plus-Ausgang der Pulsstromversorgung über einen Kondensator kapazitiv an die Vakuumkammer, insbesondere die Kammerwandung, angeschlossen ist. Damit wird verhindert, dass schädliche Transienten (Spannungsspitzen) im Pluszweig auftreten.

[0024] Eine andere Ausgestaltung sieht vor, dass zwischen den Plus-Anschluss und den Minus-Anschluss ein Kondensator geschaltet ist, wobei der Minus-Anschluss über eine Gleichrichterkette und eine Induktivität an den Minus-Ausgang der Pulsstromversorgung geschaltet ist und zwischen Gleichrichterkette und Plus-Anschluss eine Reihenschaltung aus einem Kondensator und einem Widerstand geschaltet ist, wobei durch die Induktivität, den Kondensator (C2) und den Widerstand eine sehr schnelle Spannungsänderungen dämpfende Kombination gebildet wird.

[0025] Da ohne Synchronisation zwischen der Ansteuerung der H-Brücke und der Pulsstromversorgung gearbeitet werden soll, dient der Kondensator der Aufladung auf die Spitzenspannung aufgeladen, die an den Ausgängen der Pulsstromversorgung anliegt, über eine Gleichrichterkette V1₁ ... V1_n. Die Kombination L1-R2-C2 dient der Dämpfung von sehr schnellen Spannungsänderungen, so dass die Gleichrichterkette V1₁ ... V1_n vor sehr schnellen Spannungsänderungen geschützt ist.

[0026] Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigt

- Fig. 1 einen schematischen Aufbau einer vergleichbaren Anordnung nach dem Stand der Technik,
 Fig. 2 einen Spannungs-Zeit-Verlauf der Anordnung nach Fig. 1,
 Fig. 3 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemässen Anordnung und
 Fig. 4 einen zeitlichen Verlauf der Anoden- und Kathodenpotentiale.

[0027] Zur Realisierung der Umschaltung der Anoden 1; 2 wird eine H-Brückenschaltung (V1 ... V4) mit Halbleiterschaltern verwendet, wie sie heute in vielen Stromrichtern und Stromversorgungen eingesetzt werden.

[0028] Der Mittelpunkt jedes Brückenzeiges, in Fig. 3 mit A1 bzw. A2 bezeichnet, wird über die Induktivitäten L2 und L3 mit der ersten Anode 1 bzw. zweiten Anode 2 verbunden. Die beiden Induktivitäten L2 und L3 dienen dazu, eventuelle Rückwirkungen aus dem Anodenplasma in die Schalter (V1 ... V4) zu dämpfen.

[0029] Die Dioden-Widerstandskombinationen Vz1-Rz1 bzw. Vz2-Rz2 dienen einerseits als Zündhilfe, weil eine Gasentladung in einer Anordnung mit von der Kathode 3 aus nicht sichtbaren Anoden 1; 2 schlecht zündet, und andererseits zusammen mit den Induktivitäten L2 und L3 als Dämpfung gegen positive Rückspeisung aus dem Plasma.

[0030] Der Plus-Anschluss 4 der H-Brückenschaltung (V1 ... V4) ist direkt mit dem Plus-Ausgang 5 der Pulsstromversorgung 6 verbunden. Um zu verhindern, dass schädliche Transienten (Spannungsspitzen) im Pluszweig auftreten, wurde dieser über einen Kondensatorblock C1 kapazitiv an die Vakuumkammer 7, genauer an die Kammerwandung 8, angeschlossen. Diese Kondensatoren C1 müssen eine hinreichend kleine Eigeninduktivität aufweisen, damit auch bei schnellen Änderungen in der Ausgangsspannung der Pulsstromversorgung 6 nur ungefährliche Spannungsänderungen im Pluszweig auftreten.

[0031] Der Minus-Anschluss 9 der H-Brückenschaltung (V1 ... V4) muss mit der Spannung gespeist werden, die eine Reinigung der Anoden 1; 2 während der Ätzzeit bewirkt.

[0032] Da ohne Synchronisation zwischen der Ansteuerung der H-Brückenschaltung (V1 ... V4) und der Pulsstromversorgung 6 gearbeitet werden soll, wurde ein Speicherkondensator C3 eingeführt, der mit dem Plus-Anschluss 4 und dem Minus-Anschluss 9 der H-Brückenschaltung (V1 ... V4) verbunden wurde. Dieser Kondensator C3 wird über eine Gleichrichterbrücke V1₁ ... V1_n auf die Spitzenspannung aufgeladen, die an den Ausgangsklemmen der Pulsstromversorgung anliegt. Die Kombination L1-R2-C2 dient der Dämpfung von sehr schnellen Spannungsänderungen, so dass die Gleichrichterbrücke V1₁ ... V1_n vor sehr schnellen Spannungsänderungen geschützt ist.

[0033] Im Falle einer Überspannung am Ausgang der Pulsstromversorgung 6 zwischen dem Plus-Ausgang 5 und einem Minus-Ausgang 10 der Pulsstromversorgung 6 würde sich der Kondensator C3 unzulässig hoch aufladen. Aus diesem Grunde wurde parallel zum Kondensator C3 ein Überspannungsschutz 11 angeordnet, der einen Thyristor 12 zündet, wenn die Spannung am Kondensator C3 einen eingestellten Schwellwert überschreitet. Damit wird über die Gleichrichterbrücke V1₁ ... V1_n und die Induktivität L1 die Pulsstromversorgung 6 kurzgeschlossen. Diesen Kurzschluss detektiert die Pulsstromversorgung 6 und schaltet den Strom ab.

[0034] Die Ansteuerung 13 der H-Brückenschaltung (V1 ... V4) weist eine Besonderheit auf. Es muss, wie das Zeitdiagramm in Fig. 4 zeigt, immer garantiert werden, dass die Verbindung wenigstens einer Anode 1; 2 mit dem Plus-Ausgang 5 der Pulsstromversorgung 6 gewährleistet ist. Das Zeitdiagramm zeigt, dass unmittelbar vor dem Zeitpunkt 1 die zweite Anode 2 («Anode 2») den Hauptstrom der Entladung führt, während die erste Anode 1 («Anode 1») auf negativem Potential ist und damit gereinigt wird. Damit sind bis zum Zeitpunkt 1 die Schalter V2 und V3 leitend und V1 und V4 gesperrt. Zum Zeitpunkt 1 wird der Schalter V2 gesperrt, so dass das negative Potential an der ersten Anode 1 («Anode 1») sich verringert, wegen der nun fehlenden elektrischen Verbindung nimmt die erste Anode 1 («Anode 1») kurzzeitig ein Potential an, das in der Nähe des Plasmapotentials liegt. Nach einer nicht dargestellten Schaltverzögerung, die zur Vermeidung von Wettlaufproblemen in der H-Brückenschaltung infolge von Bauelementetoleranzen eingeführt wurde, wird der Schalter V1 leitend. Jetzt sind sowohl der Schalter V1 als auch der Schalter V3 leitend, so dass beide Anoden 1; 2 an der Stromführung der Entladung beteiligt sind. Das ist an dem Rückgang der Anodenspannung erkennbar.

[0035] Zum Zeitpunkt 2 wird der Schalter V3 geschlossen, damit steigt die Anodenspannung wieder an, und nach der Schaltverzögerung V4 leitend, so dass der Ätzprozess an der zweiten Anode 2 («Anode 2») einsetzt. Zum Zeitpunkt 3 wird das Ätzen der zweiten Anode 2 («Anode 2») wieder beendet, indem Schalter V4 geschlossen wird und nach der Schaltverzögerung V3 leitend, so dass wieder beide Anoden 1; 2 den Entladungsstrom führen.

[0036] Zum Zeitpunkt 4 wird die erste Anode 1 («Anode 1») wieder an negatives Potential gelegt, so dass sie bis zum Zeitpunkt 5 geätzt wird.

[0037] Der Ablauf im Zeitpunkt 5 entspricht dem von Zeitpunkt 1.

[0038] Da die Anoden 1; 2 nicht an gleicher Stelle im Plasma liegen können, unterscheidet sich die auf ihnen anzutreffende Beschichtungsrate.

[0039] Damit benötigen die Anoden 1; 2 unterschiedliche Ätzraten. Die Ansteuerung 13 der H-Brückenschaltung wird so geführt, dass unterschiedliche Ätzzeiten-Zeitpunkte 2–3 bzw. Zeitpunkte 4–5 eingestellt werden. Wegen der Umschaltvor-

gänge ist die maximale Ätzzeit etwas kleiner als die maximale Anodenzeit. Wenn die Ätzzeit verkürzt wird, verlängert sich die Zeit, in der beide Anoden parallel geschaltet als Anode der Entladung wirken.

[0040] Kriterium für die notwendige Ätzzeit ist die Beschichtung der Anoden 1; 2, die durch Interferenzfarben auf den Anoden 1; 2 sichtbar wird.

[0041] Bei Stoffen mit einer Restleitfähigkeit vermeidet man ein vollständiges Blankätzen, weil damit die Gefahr des Abtragens von Anodenmaterial gegeben ist. Die Ätzzeit wird so eingestellt, dass eine geringfügige Beschichtung entsteht, die einen stabilen Betrieb zwischen zwei Wartungszyklen erlaubt.

[0042] Die Frequenz für den Wechsel zwischen Ätzen und Anodenwirkung wird durch die Eigenschaften der an der Anode 1; 2 entstehenden Beschichtung diktiert. Handelt es sich um schlecht leitende Schichten, z.B. ZnO, dann reicht eine Wechselfrequenz von einigen Hertz aus. Handelt es sich um hochisolierende Schichten, dann ist mit einer Wechselfrequenz im Bereich von einigen 10 kHz zu arbeiten. Die Frequenz muss so hoch sein, dass die auf der Anode 1; 2 entstandene Schicht noch nicht zu einer völligen Isolation führt und damit das Abätzen verhindert. Andererseits entstehen mit wachsender Wechselfrequenz unnötige Schaltverluste in der H-Brücke. Die Frequenz von 40 kHz ist für SiO₂ ein guter Kompromiss.

[0043] Die Vakuumkammer 7 wird über eine Vakuumpumpe 14 evakuiert. Mittels eines Gaseinlasses 15 kann sie wieder belüftet werden. Gegenüber der Kathode 3 ist in der Vakuumkammer 7 das zu beschichtende Substrat 16 angeordnet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum redundanten Anoden-Sputtern mittels einer Sputter-Anordnung mit einer Dual-Anoden-Anordnung, umfassend eine Vakuumkammer (7) mit einer Kammerwandung (8) und darin angeordnet eine Kathode (3) sowie eine erste und eine zweite Anode (1; 2), wobei zwei Anoden (1; 2) der Dual-Anoden-Anordnung entgegengesetzt zueinander abwechselnd als Anode der Plasmaentladung, d.h. als Elektrode mit positivem Potential, und als Kathode zur Selbstreinigung, d.h. als Elektrode mit negativem Potential, während einer Ätzzeit betrieben werden, und wobei die Kathode der Plasmaentladung zum Abbau statischer Aufladung wiederkehrend umgepolt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (3) und die beiden Anoden (1; 2) aus einer Pulsstromversorgung (6) gespeist werden, welche über eine H-Brückenschaltung mit einem Taktgenerator (13) in Wirkverbindung steht, wobei die Umpolung der Kathodenspannung aus der Pulsstromversorgung (6) bewirkt wird, zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Anode (1; 2) als Elektrode mit positivem Potential betrieben wird und zeitweise während einer Ätzzeit die andere Anode (1; 2) als Elektrode mit negativem Potential betrieben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung an der Kathode (3) mittels der Pulsstromversorgung (6) mit einem Spannungsimpuls umgepolt wird, dessen Impulsdauer geringer ist als die Hälfte der Zeit bis zum nächsten Impuls, vorzugsweise in einer Größenordnung geringer.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Erzeugung der Kathodenspannung asynchron zu der Erzeugung der Anodenspannungen erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ätzzeiten der beiden Anoden (1; 2) eine unterschiedliche Länge aufweisen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ätzzeiten der Anoden (1; 2) gestoppt werden, wenn auf den Anoden (1; 2) Interferenzfarben auftreten.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz des Wechsels zwischen Ätzzeit und Anlegen einer Anodenspannung an den Anoden (1; 2) im Bereich von 1 Hz bis 10 kHz liegt.
7. Sputter-Anordnung zum redundanten Anoden-Sputtern, welche aufweist: eine Dual-Anoden-Anordnung, die eine Vakuumkammer (7) mit einer Kammerwandung (8) und darin angeordnet eine Kathode (3) sowie eine erste und eine zweite Anode (1; 2) umfasst; und eine H-Brückenschaltung (V1 ... V4), die einen ersten Brückenast und einen zweiten Brückenast umfasst, wobei beide Brückenäste zusammen auf der einen Seite einen Plus-Anschluss (4) und beide Brückenäste zusammen auf der anderen Seite einen Minus-Anschluss (9) bilden, dadurch gekennzeichnet, dass in der Sputter-Anordnung eine DC-Stromversorgung als Pulsstromversorgung (6) ausgebildet ist und die H-Brückenschaltung (V1 ... V4) mit einem Taktgenerator (13) verbunden ist, der über die H-Brückenschaltung so mit der Pulsstromversorgung (6) in Wirkverbindung steht, dass zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Anode (1; 2) auf positivem Potential liegt.
8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittelpunkt (A1) des ersten Brückenastes mit der ersten Anode (1) und ein Mittelpunkt (A2) des zweiten Brückenastes mit der zweiten Anode (2) verbunden ist, dass der Plus-Anschluss (4) der H-Brückenschaltung mit einem Plus-Ausgang (5) der Pulsstromversorgung (6) und der Minus-Anschluss (9) der H-Brückenschaltung mit einem Minus-Ausgang (10) der Pulsstromversorgung unter Bereitstellung einer Reinigungswirkung der Anoden (1; 2) während der Ätzzeit bewirkenden Spannung verbunden ist.
9. Anordnung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Mittelpunkt (A1) des ersten Brückenastes über eine erste Induktivität (L2) mit der ersten Anode (1) und der Mittelpunkt (A2) des zweiten Brückenastes über eine zweite Induktivität (L3) mit der zweiten Anode (2) verbunden ist.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass von der ersten Anode (1) zur Kammerwandung (8) eine erste Reihenschaltung aus einer Diode (Vzh1) und einem Widerstand (Rzh1) und von der zweiten Anode (2) zur Kammerwandung (8) eine zweite Reihenschaltung aus einer Diode (Vzh2) und einem Widerstand (Rzh2) geschaltet ist.
11. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Plus-Ausgang (5) über einen Kondensator (C1) kapazitiv an die Vakuumkammer (7), insbesondere die Kammerwandung (8), angeschlossen ist.
12. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Plus-Anschluss (4) und den Minus-Anschluss (9) ein Kondensator (C3) geschaltet ist, wobei der Minus-Anschluss (9) über eine Reihenschaltung aus einer Gleichrichterkeite ($V1_1 \dots V1_n$) und einer Induktivität (L1) an den Minus-Ausgang (10) der Pulsstromversorgung (6) geschaltet ist und zwischen der Gleichrichterkeite ($V1_1 \dots V1_n$) und der Induktivität (L1) eine Reihenschaltung aus einem Kondensator (C2) und einem Widerstand (R2) zu dem Plus-Anschluss (4) abzweigend geschaltet ist, wobei die Induktivität (L1), der Kondensator (C2) und der Widerstand (R2) eine Spannungsänderungen dämpfende Kombination L1-C2-R2 bilden.

FIG 1

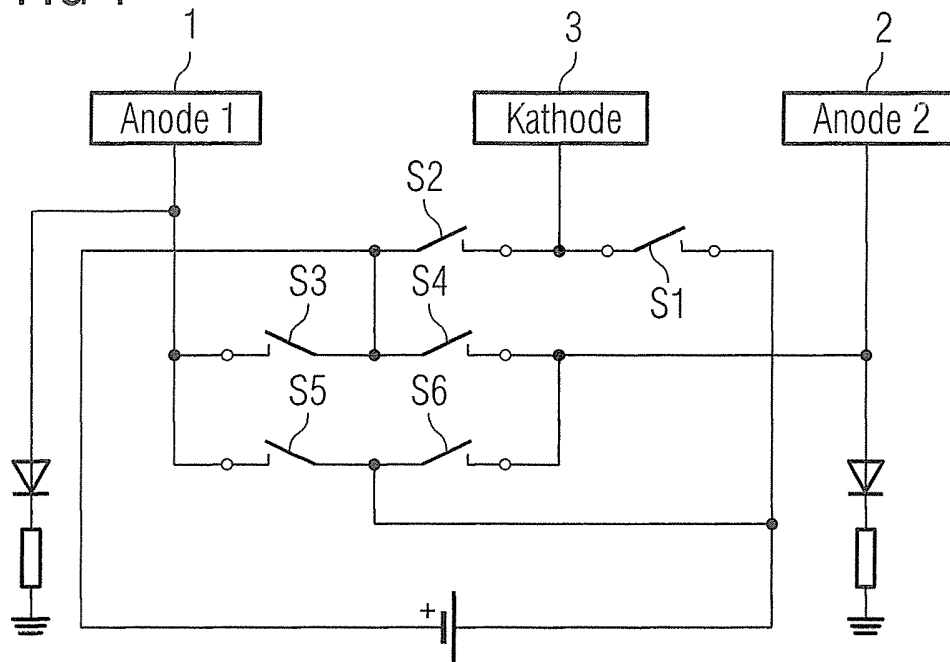


FIG 2

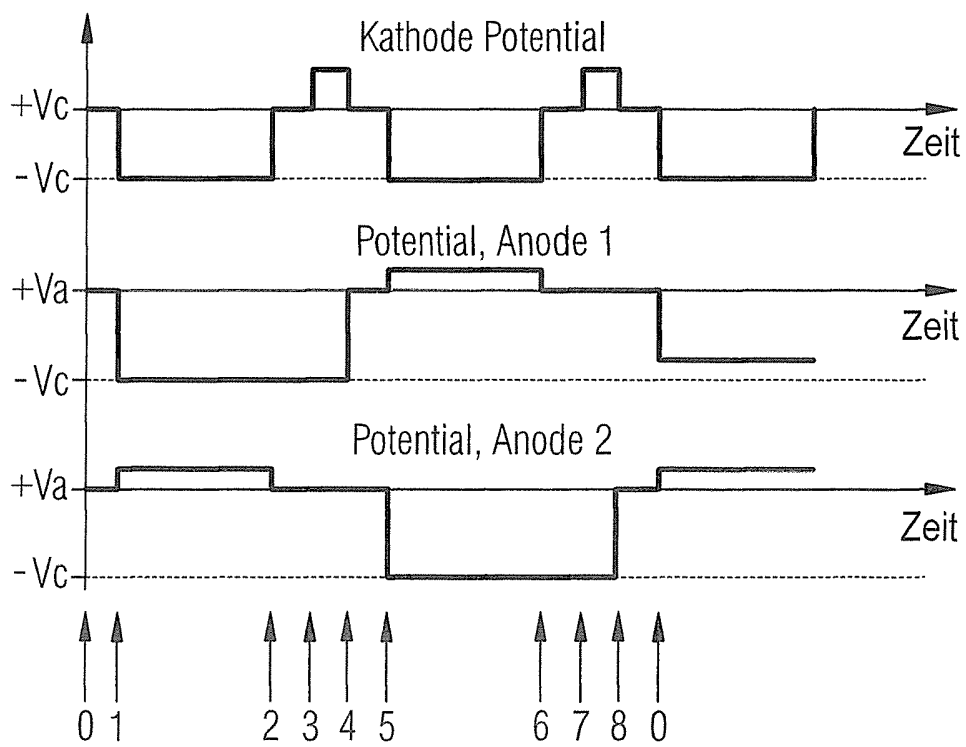


FIG 3

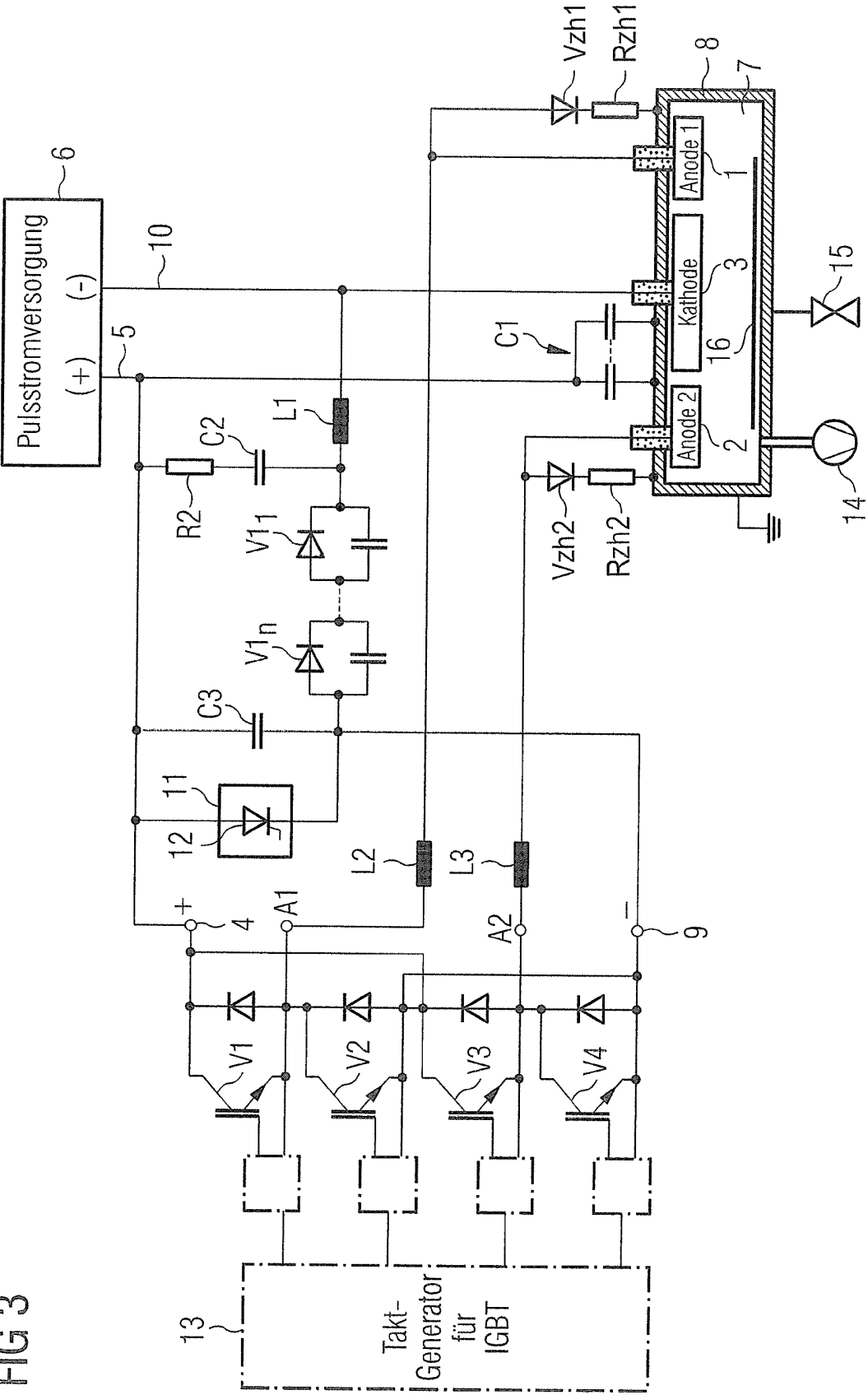


FIG 4

