



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 38 156 B4** 2007.11.22

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 38 156.5**
 (22) Anmeldetag: **03.08.2001**
 (43) Offenlegungstag: **27.02.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **22.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **C23C 14/35** (2006.01)
H01J 37/34 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Singulus Technologies AG, 63796 Kahl, DE

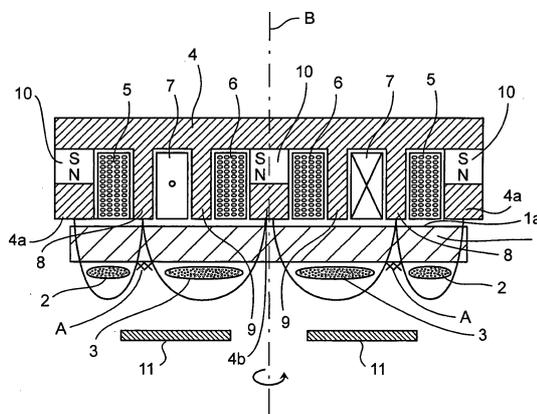
(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(72) Erfinder:
**Mücke, Michael, 61206 Wöllstadt, DE; Sichmann,
 Eggo, 63571 Gelnhausen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 196 54 000 C1
DE 196 53 999 C1
DE 196 54 007 A1
DE 196 14 595 A1
US 49 71 674
JP 04-116 162 A (Patent Abstracts of Japan);
JP 04-063 274 A (Patent Abstracts of Japan);
JP 02-030 757 A (Patent Abstracts of Japan);

(54) Bezeichnung: **Magnetron-Zerstäubungsanlage mit mehreren Plasmaringen, Verfahren zum Zerstäuben eines Targets sowie Verwendung der Anlage bzw. des Verfahrens**

(57) Hauptanspruch: Magnetron-Zerstäubungsanlage mit einer Vorrichtung zum Zerstäuben eines Zerstäubungstargets (1) mit mehreren Plasmaringen (2, 3) mit einer magnetischen Einrichtung (7) zum Verschieben der Plasmaringe (2, 3) über die Vorderseite (1b) des Targets (1) oder zum komplementären Verbreitern oder Verengen der Plasmaringe (2, 3) im Übergangsbereich (A) zwischen den Plasmaringen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Magnetron-Zerstäubungsanlage mit mehreren Plasmaringen.

[0002] Der Aufbau einer Magnetron-Zerstäubungsanlage mit einem Plasmaring ist bereits in der DE-A1-196 14 595 beschrieben. Bekannt ist auch eine Magnetron-Zerstäubungsanlage mit zwei Plasmaringen durch Verwendung einer sog. Doppelring (dual race)-Kathode: eine solche herkömmliche Zerstäubungsanlage arbeitet mit einem statischen Magnetfeld. Die Position der Plasmaringe und deren Impedanz liegen fest. Dadurch können homogene Schichtverteilungen auf einem beschichteten Substrat nur für dünne Targets garantiert werden, da sich die Impedanz über die Targetlebensdauer durch Abtragen (Abbrand) für beide Plasmaringe unterschiedlich ändert.

[0003] Bei einem bekannten derartigen System mit Doppelring-Kathoden werden der innere und der äußere Ring nacheinander durch zwei sequentielle Beschichtungsschritte abgearbeitet. Zur Optimierung der Zykluszeit ist es jedoch erwünscht, die beiden Beschichtungsschritte gleichzeitig ablaufen zu lassen. Bei Parallelschaltung ergeben sich durch die beiden Plasmaringe zwei Impedanzen, die aufeinander abgestimmt werden müssen, um ein Erlöschen der Plasmaringe zu verhindern.

[0004] Ein Nachteil im Stand der Technik ist es ferner, daß in der Mitte des Targets und in dem Bereich zwischen den beiden Plasmaringen, in denen die magnetischen Feldlinien nahezu senkrecht auf der Targetoberfläche stehen, eine Targetrückbeschichtung auftritt, da in diesen Bereich keine Zerstäubungsionen eindringen. Die Folge ist eine ungleichmäßige Beschichtung des Substrats bei der Zerstäubung und eine Beeinträchtigung der Beschichtung durch abfallendes Material aus der Rückbeschichtung. Bei einer reaktiven Zerstäubung kann das rückbeschichtete Material dielektrisch sein und dann den Zerstäubungsprozeß behindern.

[0005] Aus der JP-02-030 757A ist eine Magnetron-Zerstäubungsanlage bekannt, bei der abwechselnd und wahlweise einer von drei möglichen konzentrischen Plasmaringen eingeschaltet werden kann.

[0006] Aus der JP-04-116 162A, US-4,971,674-A und der JP-04-063 274A sind Magnetron-Zerstäubungsanlagen bekannt, bei denen der Durchmesser eines Plasmarings variiert werden kann.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Zerstäuben eines Zerstäubungstargets in einer Magnetron-Zerstäubungsanlage mit mehreren Plasmaringen zur

Verfügung zu stellen, wobei der Beschichtungsprozeß beschleunigt, eine Rückbeschichtung des Targets verhindert und eine sehr homogene Schichtverteilung auf einem Substrat erreicht wird.

[0008] Die Aufgabe wird mit den Merkmalen der Patentansprüche gelöst.

[0009] Bei der Lösung geht die Erfindung von dem Grundgedanken aus, bei einer Magnetron-Zerstäubungsanlage mit einer Kathode mit mehreren Plasmaringen eine Einrichtung zum Abstimmen der Impedanzen der Plasmaringe und/oder eine Einrichtung zum Verschieben der Plasmaringe über die zu zerstäubende Fläche vorzusehen.

[0010] In einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform sind in dem Raum zwischen einem äußeren und inneren Polschuh eines Jochs bzw. einem äußeren und inneren Magneten einer Magnetron-Zerstäubungsanlage mehrere elektromagnetische Spulen, vorzugsweise mindestens drei elektromagnetische Spulen angeordnet. Die Anzahl der elektromagnetischen Spulen richtet sich nach der Anzahl der Plasmaringe. Im Fall von zwei Plasmaringen sind z. B. drei Spulen vorgesehen. Für jeden weiteren Plasmaring sind zwei weitere Spulen vorgesehen. Der äußere und innere Polschuh bzw. Magnet weist bei einer geraden Zahl von Plasmaringen die gleiche Polarität auf und bei einer ungeraden Zahl von Plasmaringen eine ungleiche Polarität auf. In einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform mit drei elektromagnetischen Spulen wird ein statisches Magnetfeld zwischen dem äußeren Polschuh oder Magneten und dem inneren Polschuh oder Magneten aufgeteilt, so daß zwei Plasmaringe ausgebildet werden. Durch die erste und zweite elektromagnetische Spule wird je für einen Plasmaring die Impedanz eingestellt, so daß die Impedanzen der Plasmaringe aufeinander abgestimmt und an den unterschiedlichen Targetabtrag angepaßt werden können. Um eine Targetrückbeschichtung im Grenzbereich zwischen den Plasmaringen und in der Mitte des Targets zu verhindern, werden die Plasmaringe während der Zerstäubung über die Targetvorderseite verschoben, so daß ein Materialauftrag durch Rückbeschichtung durch Veränderung seiner Lage auf der Oberfläche immer wieder abgestäubt wird.

[0011] Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Target gleichzeitig von mehreren Plasmaringen zerstäubt, während der Zerstäubung wird die Impedanz jedes Plasmaringes geregelt und die Plasmaringe wären ständig über die Targetvorderseite verschoben.

[0012] Durch die gleichzeitige Verwendung von mehreren Plasmaringen kann der Zerstäubungs- und damit der Beschichtungsprozeß eines Substrats beschleunigt werden. Durch eine variable und justierba-

re Impedanz der Plasmaringe können auch mit dicken Targets (> 8 mm) konstante Schichtdickenverteilungen auf dem Substrat erhalten werden. Durch die Verschiebung der Plasmaringe, d. h. durch die Änderung der Erosionsbreite der Plasmaringe, kann eine Targetrückbeschichtung zuverlässig verhindert werden.

[0013] Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0014] [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) vereinfachte Querschnitte einer ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform,

[0015] [Fig. 2](#) einen vereinfachten Querschnitt einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform und

[0016] [Fig. 3](#) einen vereinfachten Querschnitt einer dritten erfindungsgemäßen Ausführungsform.

[0017] Gemäß den [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) befindet sich bei einer Magnetron-Zerstäubungsanlage hinter einem Target **1** ein Joch **4** mit einem äußeren Polschuh **4a** am Rande des Targets und einem inneren Polschuh **4b** in der Mittelachse B des Targets, wobei zwischen dem äußeren und inneren Polschuh durch Magneten **10** ein statisches Magnetfeld ausgebildet wird. Erfindungsgemäß sind in dem Raum zwischen dem äußeren Polschuh **4a** und dem inneren Polschuh **4b** eine erste, eine zweite und eine dritte Spule **5**, **6** bzw. **7** angeordnet. Zwischen den Spulen befinden sich zwei Eisenkerne **8** und **9** zur Bündelung des Magnetfeldes und Ausbilden der Bereiche von zwei Plasmaringen **2** und **3**. Mittels der dritten elektromagnetischen Spule **7** können in Abhängigkeit von der Polarität der Spule die Plasmaringe von innen nach außen bzw. von außen nach innen verschoben (oder verbreitert bzw. verengt) werden. In [Fig. 1a](#) ist der innere Plasmaring **3** durch die Erregung der Spule **7** nach außen verbreitert und der äußere Plasmaring **2** innen verengt. In [Fig. 1b](#) ist die Spule **7** gegenüber [Fig. 1a](#) zur entgegengesetzten Polarität erregt; der äußere Plasmaring **2** ist dabei innen verbreitert, und der innere Plasmaring **3** ist außen verengt. Mit der Verschiebung der Plasmaringe wird der Bereich der Rückbeschichtung A ebenfalls verschoben; somit kann rückbeschichtetes Material durch die Plasmaionen wieder abgestäubt werden. Mit den Spulen **5** und **6** kann durch Verstärkung oder Schwächung des Permanent-Magnetfeldes die Impedanz des äußeren bzw. inneren Plasmaringes **2** bzw. **3** eingestellt und über die Targetlebensdauer nachgestellt werden. Dadurch können auch dicke Targets mit einer konstanten Schichtdickenverteilung auf dem Substrat **11** zerstäubt werden. Die Polschuhe **4a** und **4b** können auch durch die Magneten **10** ersetzt werden.

[0018] Die zweite erfindungsgemäße Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) ähnelt der gemäß [Fig. 1a](#) und

[Fig. 1b](#), jedoch weist das Zerstäubungstarget **1** ein Mittelloch auf, und die Polschuhe **4a** und **4b** umfassen das Target **1**.

[0019] Die dritte erfindungsgemäße Ausführungsform gemäß [Fig. 3](#) ähnelt der von [Fig. 2](#), jedoch sind die Eisenkerne **8** und **9** über weitere Magneten **12** mit dem Joch **4** verbunden.

[0020] Gemäß den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) sind die im Joch und an den Eisenkernen angeordneten Magneten **10** und **12** Permanentmagneten. Sie können jedoch auch durch elektromagnetische Spulen ersetzt werden.

[0021] Die Polschuhe oder Magneten **4a**, **4b**, die elektromagnetischen Spulen **5** bis **7** und die Eisenkerne **8**, **9** können als rotationssymmetrische Ringe mit der gemeinsamen Achse B ausgebildet sein, so daß rotationssymmetrische Targets zerstäubt werden. Sie können aber auch jede Form entsprechend der Form des zu beschichtenden Substrats **11** aufweisen, z. B. auch als langgestreckte Ringe ausgebildet sein, um langgestreckte Targets, sog. Langkathoden zu zerstäumen und somit langgestreckte Substrate oder Endlossubstrate, gegebenenfalls im Durchlaufverfahren zu beschichten.

[0022] Die erfindungsgemäßen Ausführungsformen gemäß [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) sind zur Ausbildung von zwei Plasmaringen geeignet. Das in ihnen verkörperte erfindungsgemäße Prinzip kann jedoch auch für die Erzeugung von drei und mehr Plasmaringen verwendet werden. In diesem Fall besitzen der innere und der äußere Polschuh gleiche Polarität bei einer geraden Anzahl von Plasmaringen und ungleiche Polarität bei einer ungeraden Anzahl von Plasmaringen. Für jeden weiteren Plasmaring sind eine weitere Spule zum Einstellen der Impedanz und eine weitere Spule zum Verschieben des Plasmaring erforderlich. Eine größere Anzahl von Plasmaringen ist vor allem bei einer Beschichtung von Substraten mit großem Durchmesser vorteilhaft.

[0023] Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Target **1** gleichzeitig von mehreren Plasmaringen **2**, **3** zerstäubt. Während der Zerstäubung werden die Plasmaringe vorzugsweise kontinuierlich über die Targetvorderseite **1b** verschoben bzw. alternierend verbreitert oder verengt. Die Impedanzen der Plasmaringe werden vorzugsweise kontinuierlich an die Impedanz des jeweils benachbarten Plasmaringes angepaßt und entsprechend der Zerstäubung des Targets nachgeregelt. Auf diese Weise wird eine beschleunigte und sehr homogene Beschichtung des Substrats erreicht.

[0024] In den dargestellten Ausführungsformen ist das Magnetron-Magnetfeld, das durch die Permanentmagneten **10** bzw. **10** und **12** erzeugt wird, sta-

tisch.

[0025] Im Rahmen der Erfindung ist es jedoch auch möglich, dieses Magnetron-Magnetfeld variabel zu steuern, wie z. B. in DE-C1-196 54 000, DE-A1-196 54 007 und DE-C1-196 53 999 beschrieben, um die Schichtdickenverteilung auf dem beschichteten Substrat zu homogenisieren.

Patentansprüche

1. Magnetron-Zerstäubungsanlage mit einer Vorrichtung zum Zerstäuben eines Zerstäubungstargets (1) mit mehreren Plasmaringen (2, 3) mit einer magnetischen Einrichtung (7) zum Verschieben der Plasmaringe (2, 3) über die Vorderseite (1b) des Targets (1) oder zum komplementären Verbreitern oder Verengen der Plasmaringe (2, 3) im Übergangsbereich (A) zwischen den Plasmaringen.

2. Anlage nach Anspruch 1, wobei ein äußerer (4a) und ein innerer (4b) Polschuh oder Magnet eines magnetischen Jochs (4) auf der Targetrückseite (1a) bei gerader Anzahl der Plasmaringe (2, 3) gleiche Polarität und bei ungerader Anzahl der Plasmaringe (2, 3) ungleiche Polarität aufweisen.

3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2 mit einer magnetischen Einrichtung (5, 6) zum Einstellen der Impedanz eines Plasmaringes (2, 3).

4. Anlage nach Anspruch 3, wobei in dem Raum zwischen der Targetrückseite (1a), dem magnetischen Joch (4) und den Polschuhen oder Magneten (4a, 4b) mindestens eine erste (5), eine zweite (6) und eine dritte elektromagnetische Spule (7) angeordnet sind, wobei die erste und die zweite elektromagnetische Spule (5, 6) jeweils zum Einstellen der Impedanz eines Plasmaringes (2, 3) vorgesehen sind und die dritte Spule (7) zum Verschieben der Plasmaringe (2, 3) auf der Targetvorderseite (1b) vorgesehen ist.

5. Anlage nach Anspruch 4, wobei die erste Spule (5) dem äußeren Polschuh (4a) und die zweite Spule (6) dem inneren Polschuh (4b) benachbart ist und wobei die dritte Spule (7) zwischen der ersten (5) und der zweiten Spule (6) angeordnet ist.

6. Anlage nach Anspruch 4 oder 5, wobei zwischen den Spulen mindestens zwei Eisenkerne (8, 9) angeordnet sind.

7. Anlage nach Anspruch 6, wobei der erste Eisenkern (8) in dem Raum zwischen der ersten Spule (5) und der dritten Spule (7) und der zweite Eisenkern (9) in dem Raum zwischen der dritten Spule (7) und der zweiten Spule (6) angeordnet sind.

8. Anlage nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wo-

bei die äußeren (4a) und inneren (4b) Polschuhe oder Magneten bezogen auf die Targetvorderseite hinter dem Target (1) enden.

9. Anlage nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei die äußeren (4a) und inneren (4b) Polschuhe oder Magneten das Target (1) umfassen.

10. Anlage nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei die Eisenkerne (8, 9) an einen oder mehrere Magneten angrenzen.

11. Anlage nach Anspruch 6, wobei die Polschuhe oder Magneten (4a, 4b), die mindestens ersten bis dritten Spulen (5, 6, 7) und die mindestens ersten und zweiten Eisenkerne (8, 9) als rotationssymmetrische Ringe ausgebildet sind.

12. Anlage nach Anspruch 6, wobei die Polschuhe oder Magneten (4a, 4b), die mindestens ersten bis dritten Spulen (5, 6, 7) und die mindestens ersten und zweiten Eisenkerne (8, 9) als langgestreckte Ringe ausgebildet sind.

13. Verfahren zum Zerstäuben eines Zerstäubungstargets (1) in einer Magnetron-Zerstäubungsanlage mit mehreren Plasmaringen (2, 3), wobei das Target (1) gleichzeitig von den mehreren Plasmaringen (2, 3) zerstäubt wird und die Plasmaringe (2, 3) über die Targetvorderseite (1b) verschoben und im Grenzbereich zwischen den Plasmaringen komplementär verengt oder verbreitert werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei während der Zerstäubung die Impedanz jedes Plasmaringes (2, 3) geregelt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei ein Plasma in einem statischen Magnetfeld in mindestens zwei Plasmaringe (2, 3) aufgeteilt wird, eine erste und eine zweite Spule (5, 6) die Impedanzen der Plasmaringe (2, 3) aufeinander abstimmen und an eine veränderliche Targetdicke anpassen und das Magnetfeld mindestens einer dritten Spule (7) die Plasmaringe (2, 3) über die Targetvorderseite (1b) verschiebt oder die Breite der Plasmaringe (2, 3) verändert wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei Magnetron-Magnetfelder für die mindestens zwei Plasmaringe (2, 3) mindestens zwischen einem äußeren Polschuh (4a), einem ersten (8) oder zweiten Eisenkern (9) und einem inneren Polschuh (4b) ausgebildet werden.

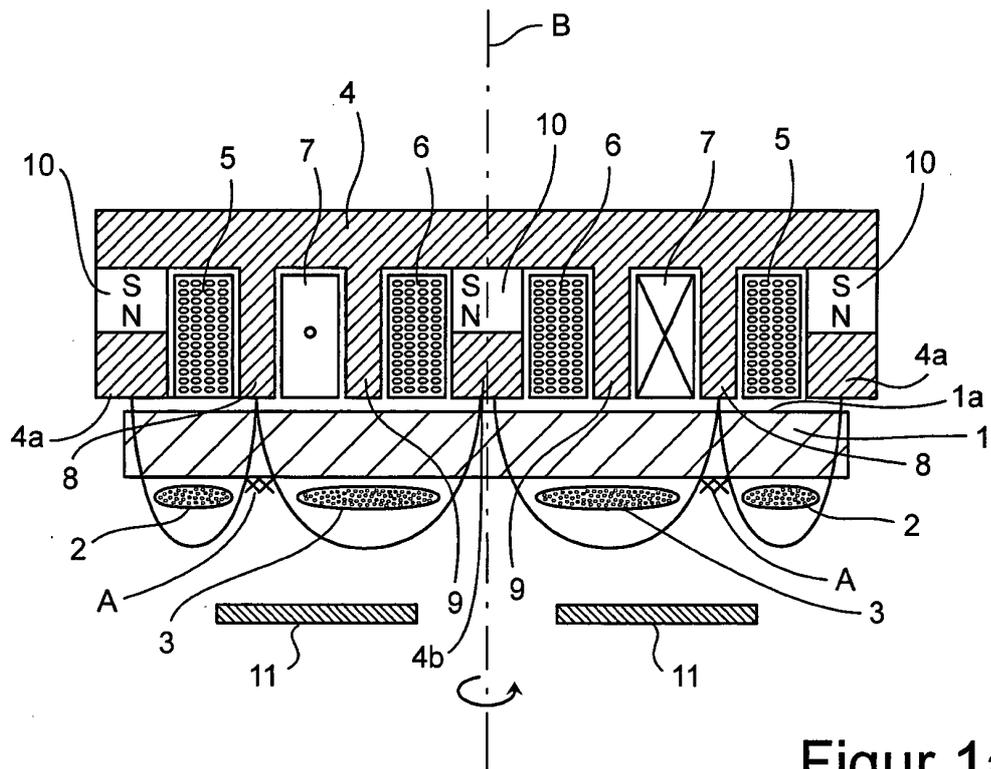
17. Verwendung der Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder des Verfahrens nach einem der Ansprüche 13 bis 16 bei der Beschichtung von rotationssymmetrischen oder langgestreckten Substraten (11).

18. Verwendung nach Anspruch 17 bei der Zerstäubung von Targets (1) mit einer Dicke größer 8 mm.

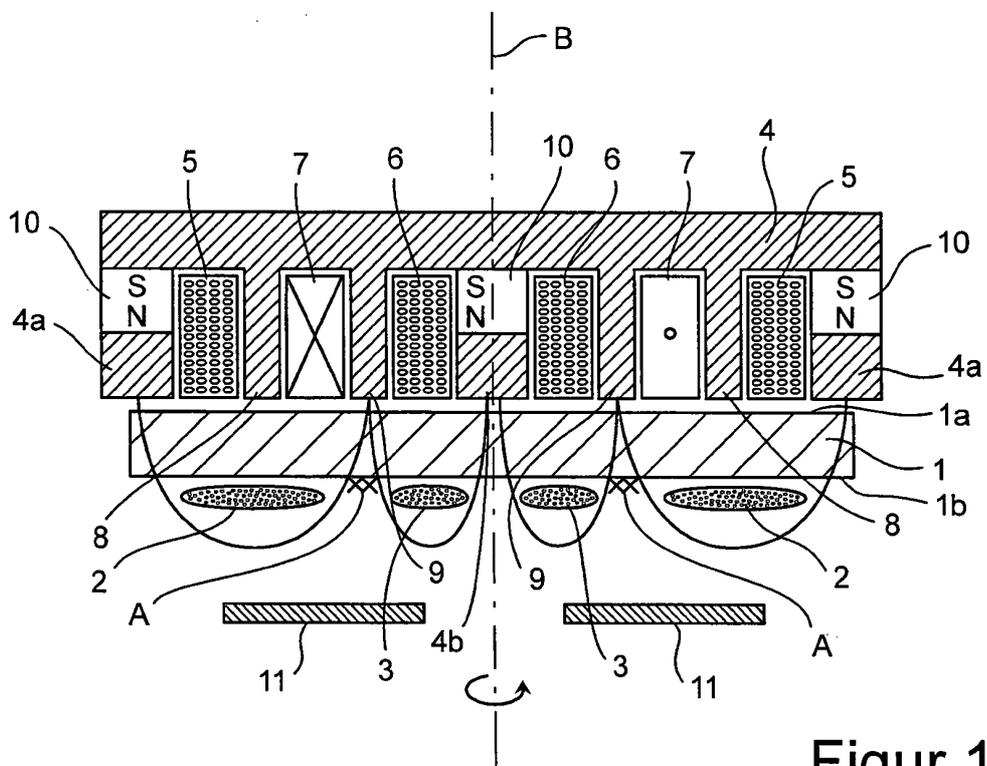
19. Verwendung nach Anspruch 17 oder 18 zum Herstellen von optischen Speichermedien, wie CD, CD-R, DVD oder DVD-R.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1a



Figur 1b

