(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 885 807 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.08.2017 Patentblatt 2017/33

(21) Anmeldenummer: **12774978.6**

(22) Anmeldetag: **21.09.2012**

(51) Int Cl.:
G21K 1/10 *(2006.01)* ***H01J 35/08*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2012/068616

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/044316 (27.03.2014 Gazette 2014/13)

(54) **VORRICHTUNG MIT ANODE ZUR ERZEUGUNG VON RÖNTGENSTRAHLUNG**

DEVICE HAVING AN ANODE FOR GENERATING X-RADIATION

DISPOSITIF DOTÉ D'UNE ANODE DESTINÉE À LA GÉNÉRATION DE RAYONS X

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.06.2015 Patentblatt 2015/26

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
- **HEID, Oliver**
  91052 Erlangen (DE)
- **HUGHES, Timothy**
  Wantage, Oxfordshire OX12 7HA (GB)
- **KLUGE, Thomas**
  96114 Hirschaid (DE)
- **GOSSMANN-LEVCHUK, Svetlana**
  91052 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 405 897
DE-A1- 2 203 403
DE-A1- 3 117 726
DE-A1- 19 900 468

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 885 807 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung gemäß Patentanspruch 1. Röntgenröhren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung sind aus dem Stand der Technik bekannt. Röntgenröhren weisen eine Kathode zur Emission von Elektronen auf. Die emittierten Elektronen werden durch eine Hochspannung auf eine Anode beschleunigt. In der Anode werden die Elektronen abgebremst und erzeugen dabei Röntgen-Bremsstrahlung und charakteristische Röntgenstrahlung. Röntgen-Bremsstrahlung besitzt eine breite spektrale Verteilung, während charakteristische Röntgenstrahlung ein diskretes Linienspektrum aufweist. In der von der Röntgenröhre abgestrahlten Röntgenstrahlung sind beide Strahlungsarten überlagert.

[0002] Für bestimmte Einsatzzwecke ist charakteristische Röntgenstrahlung mit diskreten Energien besser geeignet als Röntgen-Bremsstrahlung. Es ist bekannt, Röntgenstrahlung mit metallischen Filtern zu filtern, um den Bremsstrahlungsanteil zu reduzieren. Allerdings dämpfen solche Filter auch den Anteil charakteristischer Röntgenstrahlung.

[0003] Für die Erzeugung von Röntgenstrahlung sind insbesondere aus den Dokumenten DE 22 03 403 A1, DE 199 00 468 A1, EP 0 405 897 A2 und DE 31 17 726 A1 nutzbare Anoden bekannt.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine verbesserte Vorrichtung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung bereitzustellen. Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0005] Eine Anode zur Erzeugung von Röntgenstrahlung, wie sie in der Erfindung zum Einsatz kommt, weist einen Halter und eine durch den Halter gehaltene Targetschicht auf. Dabei umfasst die Targetschicht einen Mittenabschnitt und einen Randabschnitt. Die Anode wird einem auf den Mittenabschnitt der Targetschicht gerichteten Elektronenstrahl ausgesetzt. Dabei ist der Randabschnitt in Bezug auf die Richtung des Elektronenstrahls seitlich neben dem Mittenabschnitt angeordnet. Außerdem weist der Randabschnitt in Richtung des Elektronenstrahls eine größere Dicke auf als der Mittenabschnitt. Der Randabschnitt der Targetschicht dieser Anode dient zur Filterung von im Mittenabschnitt der Targetschicht der Anode erzeugter Röntgenstrahlung. Dadurch verbessert sich die Monochromatizität der durch die Anode erzeugten Röntgenstrahlung. Erfindungsgemäß ist der Randabschnitt der Anode in eine der Richtung des Elektronenstrahls entgegengesetzte Richtung über den Mittenabschnitt erhaben. Dann kann im Mittenabschnitt der Targetschicht erzeugte Röntgenstrahlung entgegen der Strahlrichtung des Elektronenstrahls abgestrahlt werden und dabei einen Teil des Randabschnitts der Targetschicht der Anode durchlaufen, wodurch es zu einer Dämpfung eines kontinuierlichen Wellenlängenanteils der Röntgenstrahlung kommt.

[0006] In einer Ausführungsform der Anode ist der Randabschnitt ringförmig um den Mittenabschnitt angeordnet. Vorteilhafterweise kann der Randabschnitt dann eine Filterung in unterschiedliche Raumrichtungen emittierter Röntgenstrahlung leisten.

[0007] In einer bevorzugten Ausführungsform der Anode ist die Targetschicht materialeinheitlich ausgebildet. Vorteilhafterweise ergibt sich dadurch ein besonders einfacher Aufbau der Targetschicht wie auch der gesamten Anode.

[0008] In einer zweckmäßigen Ausführungsform der Anode weist die Targetschicht ein Material mit einer Ordnungszahl zwischen 42 und 74 auf. Vorteilhafterweise eignen sich diese Materialien besonders gut zur Erzeugung von Röntgenstrahlung.

[0009] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Anode weist die Targetschicht Wolfram auf. Vorteilhafterweise eignet sich Wolfram gut zur Erzeugung und zur Filterung von Röntgenstrahlung.

[0010] In einer Ausführungsform der Anode weist der Mittenabschnitt eine Dicke zwischen 50 nm und 10 μm auf. Vorteilhafterweise hat sich dieser Dickenbereich als besonders geeignet erwiesen.

[0011] In einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform der Anode weist der Mittenabschnitt senkrecht zur Richtung des Elektronenstrahls einen Durchmesser zwischen 1 mm und 20 mm auf. Vorteilhafterweise haben sich diese Werte als besonders geeignet erwiesen.

[0012] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung weist eine Kathode zum Aussenden eines Elektronenstrahls und eine Anode der vorgenannten Art auf. Dabei ist die Anode so angeordnet, dass ein von der Kathode ausgesandter Elektronenstrahl auf den Mittenabschnitt der Targetschicht trifft. Vorteilhafterweise wird bei dieser Vorrichtung im Mittenabschnitt der Targetschicht der Anode erzeugte Röntgenstrahlung durch den Randabschnitt der Targetschicht der Anode gefiltert, wodurch sich eine Monochromatizität der erzeugten Röntgenstrahlung verbessert.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist die Anode so angeordnet, dass ein von der Kathode ausgesandter Elektronenstrahl senkrecht auf den Mittenabschnitt der Targetschicht trifft. Vorteilhafterweise ergibt sich dadurch ein symmetrischer und kompakter Aufbau der Vorrichtung.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung weist diese ein Fenster zum Ausleiten von in der Targetschicht erzeugter Röntgenstrahlung auf. Dabei ist das Fenster so angeordnet, dass im Mittenabschnitt der Targetschicht erzeugte und durch das Fenster ausgeleitete Röntgenstrahlung zuvor den Randabschnitt der Targetschicht durchdringt. Vorteilhafterweise wird die im Mittenabschnitt der Targetschicht erzeugte Röntgenstrahlung dann beim Durchdringen des Randabschnitts der Targetschicht gefiltert, wodurch sich eine Monochromatizität dieser Röntgenstrahlung erhöht.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform der Vor-

richtung ist das Fenster so angeordnet, dass ausgeleitete Röntgenstrahlung den Randabschnitt der Targetschicht im Mittel auf einer Länge zwischen 10 μm und 100 μm durchdringt. Es hat sich erwiesen, dass eine derartige Durchdringungslänge zu einer vorteilhaften Erhöhung der Monochromatizität der Röntgenstrahlung führt, ohne die Intensität der Röntgenstrahlung insgesamt zu stark abzuschwächen.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist das Fenster so angeordnet, dass bezüglich der Richtung des Elektronenstrahls rückwärts gerichtete Röntgenstrahlung durch das Fenster ausgeleitet werden kann. Vorteilhafterweise weist rückwärts gerichtete Röntgenstrahlung gegenüber vorwärts gerichteter Röntgenstrahlung einen höheren Anteil an charakteristischer Röntgenstrahlung auf, so dass die aus der Vorrichtung ausgeleitete Röntgenstrahlung nach der Filterung durch den Randabschnitt der Targetschicht der Anode eine besonders hohe Monochromatizität aufweist. Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung einen Kollektor auf, der dazu vorgesehen ist, Elektronen des Elektronenstrahls, die die Anode durchdrungen haben, aufzufangen. Vorteilhafterweise kann durch den Kollektor ein Stromkreis zwischen der Kathode und dem Kollektor der Vorrichtung geschlossen werden, wodurch sich eine Energieeffizienz der Vorrichtung verbessert.

[0017] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung, sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen:

Fig. 1 ein von einer Röntgenröhre mit einer Anode mit einer Wolfram-Targetschicht emittiertes Röntgenspektrum;

Fig. 2 einen linearen Absorptionskoeffizienten von Wolfram;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Erzeugung von Röntgenstrahlung;

Fig. 4 eine schematische perspektivische Darstellung einer Targetschicht einer Anode gemäß einer ersten Ausführungsform; und

Fig. 5 eine schematische perspektivische Darstellung einer Targetschicht einer Anode gemäß einer zweiten Ausführungsform.

[0018] Figur 1 zeigt in einem Graphen ein Röntgenspektrum 100. Auf einer horizontalen Achse ist eine Energie 101 in keV aufgetragen. Auf einer vertikalen Achse ist ein Photonenfluss 102 in $1/(keV \cdot mA \cdot mm^2 \cdot s)$ aufgetragen.

[0019] Ein erstes Spektrum 110 gibt die spektrale Verteilung von Röntgenstrahlung an, die durch eine Wolfram-Targetschicht einer Anode einer Röntgenröhre emittiert und durch ein Filter aus Aluminium mit einer Stärke von 2 mm gefiltert wurde. Das erste Spektrum 110 weist einen kontinuierlichen Anteil von Bremsstrahlung 111 auf. Außerdem weist das erste Spektrum 110 Maxima bei diskreten Energiewerten auf, die durch charakteristische Röntgenstrahlung 112 gebildet werden.

[0020] Figur 2 zeigt anhand eines Graphen 200 eine Dämpfung von Röntgenstrahlung durch ein Filter aus Wolfram. Auf einer horizontalen Achse ist wiederum die Energie 101 in keV aufgetragen. Auf einer vertikalen Achse ist ein Absorptionskoeffizient 202 in cm^{-1} aufgetragen.

[0021] Figur 2 zeigt einen Verlauf 210 des linearen Absorptionskoeffizienten von Wolfram. Erkennbar ist, dass der lineare Absorptionskoeffizient von Wolfram mit zunehmender Energie abnimmt. Allerdings weist der Absorptionskoeffizientenverlauf 210 eine K-Kante 213 (K-edge) auf, an der der fallende Absorptionskoeffizientenverlauf 210 sprungartig ansteigt. Die K-Kante 213 tritt bei einer Energie 101 auf, die einer Bindungsenergie von in der K-Schale von Wolframatomen angeordneten Elektronen entspricht.

[0022] Ferner sind im Diagramm 200 der Figur 2 Energiewerte zweier wichtiger Linien der charakteristischen Röntgenstrahlung von Wolfram markiert. Dies sind die $K_{\alpha 1}$-Linie 211 und die $K_{\alpha 2}$-Linie 212.

[0023] Wird Röntgenstrahlung mit dem in Figur 1 dargestellten ersten Röntgenspektrum 110 durch ein zusätzliches Filter aus Wolfram gefiltert, so kommt es zu einer zusätzlichen Dämpfung dieser Röntgenstrahlung. Wegen der K-Kante 213 im Absorptionskoeffizientenverlauf 210 von Wolfram werden dabei höherenergetische Anteile des ersten Spektrums 110 stärker gedämpft als der Bereich der $K_{\alpha 1}$-Linie und der $K_{\alpha 2}$Linie der charakteristischen Röntgenstrahlung 112 des ersten Spektrums 110. Dadurch erhöht sich die relative Intensität der genannten Linien im Spektrum der gefilterten Röntgenstrahlung.

[0024] Figur 1 zeigt anhand eines zweiten Spektrums 120 die spektrale Verteilung der Röntgenstrahlung des ersten Spektrums 110 nach einer zusätzlichen Filterung 110 mit einem Wolframfilter von 50 μm Stärke. Erkennbar ist, dass der Anteil der Bremsstrahlung 121 des zweiten Spektrums 120 gegenüber dem Anteil der Bremsstrahlung 111 des ersten Spektrums 110 stark reduziert ist. Der Anteil charakteristischer Röntgenstrahlung 122 des zweiten Spektrums 120 ist gegenüber dem Anteil charakteristischer Röntgenstrahlung 112 des ersten Spektrums 110 weniger stark gedämpft. Hierdurch weist das zweite Spektrum 120 eine höhere Monochromatizität auf als das erste Spektrum 110.

[0025] Figur 3 zeigt in stark schematischer Darstellung einen Schnitt durch eine Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung. Die in Figur 3 dargestellten Komponenten der Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung können beispielsweise in einer Vakuumröhre angeordnet sein. In diesem Fall kann die Vorrich-

tung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung auch als Röntgenröhre bezeichnet werden.

[0026] Die Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung weist eine Kathode 310 auf. Die Kathode 310 ist dazu vorgesehen, Elektronen zu emittieren, um einen Elektronenstrahl 320 zu erzeugen. Die Kathode 310 kann die Elektronen beispielsweise durch thermische Emission oder durch Feldemission emittieren. Der durch die von der Kathode 310 emittierten Elektronen gebildete Elektronenstrahl 320 wird durch eine nicht dargestellte Hochspannung in eine Strahlrichtung 325 beschleunigt.

[0027] Die Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung umfasst ferner eine Anode 400. Die Anode 400 weist einen Halter 410 und eine durch den Halter 410 gehaltene Targetschicht 420 auf. Die Targetschicht 420 wiederum umfasst einen Mittenabschnitt 430 und einen Randabschnitt 440. Der Randabschnitt 440 ist bezüglich der Strahlrichtung 325 seitlich gegen den Mittenabschnitt 430 versetzt angeordnet.

[0028] Der Mittenabschnitt 430 und der Randabschnitt 440 sind bevorzugt materialeinheitlich ausgebildet. Dabei bestehen der Mittenabschnitt 430 und der Randabschnitt 440 der Targetschicht 420 bevorzugt aus einem Material mit einer Ordnungszahl zwischen 42 und 74. Besonders bevorzugt bestehen der Mittenabschnitt 430 und der Randabschnitt 440 der Targetschicht 420 aus Wolfram. Der Halter 410 kann beispielsweise aus Diamant bestehen.

[0029] Die Anode 400 weist einen Vorderseite 421 und eine Rückseite 422 auf. Die Vorderseite 421 der Anode 400 ist der Kathode 310 zugewandt. Die Anode 400 ist so angeordnet, dass der von der Kathode 310 ausgehende Elektronenstrahl 320 etwa senkrecht auf einen mittleren Bereich des Mittenabschnitts 430 der Targetschicht 420 trifft.

[0030] Der auf den Mittenabschnitt 430 der Targetschicht 420 der Anode 400 auftreffende Elektronenstrahl 320 wird im Mittenabschnitt 430 der Targetschicht 420 abgebremst, wobei Röntgenstrahlung 330 entsteht. Diese Röntgenstrahlung 330 wird in mehrere oder alle Raumrichtung abgestrahlt, unter anderem in eine Abstrahlrichtung 335. Die Abstrahlrichtung 335 ist bevorzugt gegenüber der Strahlrichtung 325 des Elektronenstrahls 320 rückwärts orientiert. Dies bedeutet, dass die Abstrahlrichtung 335 vom Mittenabschnitt 430 der Targetschicht 420 der Anode 400 in den Halbraum weist, in dem die Kathode 310 angeordnet ist.

[0031] Die Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung weist ein Fenster 350 auf, das dazu dient, in Abstrahlrichtung 335 emittierte Röntgenstrahlung 330 aus der Vorrichtung 300 auszuleiten. Das Fenster 350 kann beispielsweise aus Aluminium oder aus Beryllium bestehen.

[0032] Der Mittenabschnitt 430 der Targetschicht 420 weist senkrecht zur Strahlrichtung 325 einen Durchmesser 432 auf. Der Durchmesser 432 kann beispielsweise zwischen 1 mm und 20 mm liegen. In Strahlrichtung 325 weist der Mittenabschnitt 430 der Targetschicht 420 eine Dicke 431 auf. Die Dicke 431 kann beispielsweise zwischen 50 nm und 10 μm liegen. Der im dargestellten Beispiel außen um den Mittenabschnitt 430 angeordnete Randabschnitt 440 der Targetschicht 420 weist einen Durchmesser 442 auf, der größer als der Durchmesser 432 des Mittenabschnitts 430 ist. Außerdem weist der Randabschnitt 440 der Targetschicht 420 in Strahlrichtung 325 eine Dicke 441 auf, die größer als die Dicke 431 des Mittenabschnitts 430 ist. Der Randabschnitt 440 ist dabei auf der Vorderseite 421 (also entgegen der Strahlrichtung 325) über den Mittenabschnitt 430 der Targetschicht 420 erhaben.

[0033] Dicke 441 und Durchmesser 442 des Randabschnitts 440 der Targetschicht 420, der Durchmesser 432 des Mittenabschnitts 430 der Targetschicht 420 und die Position des Fensters 350 sind derart aufeinander abgestimmt, dass in Abstrahlrichtung 335 vom Mittenabschnitt 430 der Targetschicht 420 der Anode 400 abgestrahlte Röntgenstrahlung 330 auf ihrem Weg zu dem Fenster 350 einen als Filterbereich 450 dienenden Teil des Randabschnitts 440 der Targetschicht 420 durchdringt. Die Röntgenstrahlung 330 durchdringt den Filterbereich 450 des Randabschnitts 440 dabei im Mittel auf einer Durchdringlänge 455, die beispielsweise zwischen 10 μm und 100 μm betragen kann. Während des Durchdringens des Filterbereichs 450 wird die Röntgenstrahlung 330 gefiltert, so dass sich ihre Monochromatizität erhöht, wie dies anhand der Figuren 1 und 2 erläutert wurde.

[0034] Die Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung umfasst ferner einen Kollektor 340, der in Strahlrichtung 325 hinter der Anode 400 angeordnet ist. Der Kollektor 340 dient dazu, Elektronen des Elektronenstrahls 320, die die Anode 400 durchdrungen haben, aufzusammeln. Die durch den Kollektor 340 aufgesammelten Elektronen können in einem Stromkreis zurückgeführt werden, wodurch sich eine Energieeffizienz der Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung verbessert.

[0035] Figur 4 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung der Targetschicht 420 der Anode 400 der Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung der Fig. 3. Erkennbar ist, dass der Randabschnitt 440 ringförmig um den Mittenabschnitt 430 der Targetschicht 420 angeordnet ist. Diese Ausbildung der Targetschicht 420 hat den Vorteil, dass die Anode 400 in der Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung um eine zum Elektronenstrahl 320 parallele Drehachse gedreht werden kann. Dies führt während eines Betriebs der Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung zu einer gleichmäßigeren Erwärmung und Abnutzung der Targetschicht 420 der Anode 400. Auf die Drehung der Anode 400 kann allerdings auch verzichtet werden.

[0036] Figur 5 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung einer Targetschicht 1420 gemäß einer zweiten Ausführungsform. Die Targetschicht 1420 der

Figur 5 kann die Targetschicht 420 der Anode 400 der Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung der Figur 3 ersetzen. Die Targetschicht 1420 umfasst wiederum einen Mittenabschnitt 1430 und einen Randabschnitt 1440. Die Targetschicht 1420 weist eine Vorderseite 1421 und eine Rückseite 1422 auf. Die Targetschicht 1420 ist dazu vorgesehen, derart durch den Halter 410 der Anode 400 gehalten zu werden, dass der durch die Kathode 310 erzeugte Elektronenstrahl 320 auf die Vorderseite 1421 des Mittenabschnitts 1430 trifft.

[0037] Im Unterschied zum Randabschnitt 440 der Targetschicht 420 ist der Randabschnitt 1440 der Targetschicht 1420 der Figur 5 nicht ringförmig um den gesamten Mittenabschnitt 1430 der Targetschicht 1420 herum angeordnet. Vielmehr weist der Randabschnitt 1440 die Form eines Kreisringsektors auf, der lediglich in einem begrenzten Winkelbereich seitlich neben dem Mittenabschnitt 1430 der Targetschicht 1420 angeordnet ist. Der Randabschnitt 1440 ist dabei derart neben dem Mittenabschnitt 1430 der Targetschicht 1420 angeordnet, dass im Mittenabschnitt 1430 der Targetschicht 1420 erzeugte Röntgenstrahlung 330 in Abstrahlrichtung 335 den Randabschnitt 1440 der Targetschicht 1420 durchdringt. Bei Verwendung der Targetschicht 1420 in der Anode 400 der Vorrichtung 300 zur Erzeugung von Röntgenstrahlung wird die Anode 400 nicht gedreht.

[0038] Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt. Andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzumfang der, der ausschließlich durch die Ansprüche bestimmt wird, zu verlassen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (300) zur Erzeugung von Röntgenstrahlung (330)mit einer Kathode (310) zum Aussenden eines Elektronenstrahls (320) und einer Anode (400) zur Erzeugung von Röntgenstrahlung (330),
   wobei die Anode (400) so angeordnet ist, dass ein von der Kathode (310) ausgesandter Elektronenstrahl (320) auf den Mittenabschnitt (430, 1430) der Targetschicht (420, 1420) trifft,
   wobei die Anode (400) mit einem Halter (410) und einer durch den Halter (410) gehaltenen Targetschicht (420, 1420) versehen ist, wobei die Targetschicht (420, 1420) einen Mittenabschnitt (430, 1430) und einen Randabschnitt (440, 1440) umfasst,
   wobei der Randabschnitt (440, 1440) in Bezug auf die Richtung (325) des Elektronenstrahls (320) seitlich neben dem Mittenabschnitt (430, 1430) angeordnet ist, wobei der Randabschnitt (440, 1440) in Richtung (325) des Elektronenstrahls (320) eine größere Dicke aufweist als der Mittenabschnitt (430, 1430),
   wobei der Randabschnitt (440, 1440) in eine der Richtung (325) des Elektronenstrahls (320) entgegengesetzte Richtung über den Mittenabschnitt (430, 1430) erhaben ist, so dass im Mittenabschnitt (430, 1430) der Targetschicht (420, 1420) erzeugte Röntgenstrahlung (330) entgegen der Strahlrichtung (325) des Elektronenstrahls (320) abgestrahlt wird und dabei einen Teil des Randabschnitts (440, 1440) der Targetschicht (420, 1420) der Anode (400) durchläuft,
   wobei eine im Mittenabschnitt (430, 1430) der Targetschicht (420, 1420) der Anode (400) erzeugte Röntgenstrahlung (330) durch den Randabschnitt (440, 1440) der Targetschicht (420, 1420) der Anode (400) derart gefiltert wird, dass sich eine Monochromatizität der Röntgenstrahlung (330) erhöht,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Vorrichtung (300) einen Kollektor (340) aufweist, der dazu vorgesehen ist, Elektronen des Elektronenstrahls (320), die die Anode (400) durchdrungen haben, aufzufangen.

2. Vorrichtung (300) gemäß Anspruch 1,
   wobei die Anode (400) so angeordnet ist, dass ein von der Kathode (310) ausgesandter Elektronenstrahl (320) senkrecht auf den Mittenabschnitt (430, 1430) der Targetschicht (420, 1420) trifft.

3. Vorrichtung (300) gemäß Anspruch 1 oder 2,
   wobei der Randabschnitt (440) der Anode (400) ringförmig um den Mittenabschnitt (430) angeordnet ist.

4. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
   wobei die Targetschicht (420, 1420) der Anode (400) materialeinheitlich ausgebildet ist.

5. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
   wobei die Targetschicht (420, 1420) der Anode (400) ein Material mit einer Ordnungszahl zwischen 42 und 74 aufweist.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5,
   wobei die Targetschicht (420, 1420) der Anode (400) Wolfram aufweist.

7. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
   wobei der Mittenabschnitt (430, 1430) der Anode (400) eine Dicke (431) zwischen 50 nm und 10 μm aufweist.

8. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
   wobei der Mittenabschnitt (430, 1430) der Anode (400) einen Durchmesser (432) zwischen 1 mm und 20 mm aufweist.

9. Vorrichtung (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Vorrichtung (300) ein Fenster (350) zum Ausleiten von in der Targetschicht (420, 1420) erzeugter Röntgenstrahlung (330) aufweist,
wobei das Fenster (350) so angeordnet ist, dass im Mittenabschnitt (430, 1430) der Targetschicht (420, 1420) erzeugte und durch das Fenster (350) ausgeleitete Röntgenstrahlung (330) zuvor den Randabschnitt (440, 1440) der Targetschicht (420, 1420) durchdringt

10. Vorrichtung (300) gemäß Anspruch 9,
wobei das Fenster (350) so angeordnet ist, dass ausgeleitete Röntgenstrahlung (330) den Randabschnitt (440, 1440) der Targetschicht (420, 1420) im Mittel auf einer Länge (455) zwischen 10 μm und 100 μm durchdringt.

11. Vorrichtung (300) gemäß einem der Ansprüche 9 oder 10,
wobei das Fenster (350) so angeordnet ist, dass bezüglich der Richtung (325) des Elektronenstrahls (320) rückwärts gerichtete Röntgenstrahlung (330) durch das Fenster (350) ausgeleitet werden kann.

Claims

1. Device (300) for generating x-ray radiation (330), comprising a cathode (310) for emitting an electron beam (320) and an anode (400) for generating x-ray radiation (330),
wherein the anode (400) is arranged in such a way that an electron beam (320) emitted by the cathode (310) is incident on the central portion (430, 1430) of the target layer (420, 1420),
wherein the anode (400) is provided with a holder (410) and a target layer (420, 1420) held by the holder (410), wherein the target layer (420, 1420) comprises a central portion (430, 1430) and an edge portion (440, 1440), wherein the edge portion (440, 1440) is arranged laterally next to the central portion (430, 1430) in relation to the direction (325) of the electron beam (320),
wherein the edge portion (440, 1440) has a greater thickness in the direction (325) of the electron beam (320) than the central portion (430, 1430),
wherein the edge portion (440, 1440) is raised over the central portion (430, 1430) in a direction opposite to the direction (325) of the electron beam (320), such that x-ray radiation (330) generated in the central portion (430, 1430) of the target layer (420, 1420) is emitted against the beam direction (325) of the electron beam (320) and, in the process, passes through a part of the edge portion (440, 1440) of the target layer (420, 1420) of the anode (400),
wherein x-ray radiation (330) generated in the central portion (430, 1430) of the target layer (420, 1420) of the anode (400) is filtered by the edge portion (440, 1440) of the target layer (420, 1420) of the anode (400) such that a monochromaticity of the x-ray radiation (330) is increased,
characterized in that
the device (300) has a collector (340) provided to capture electrons of the electron beam (320) which have penetrated the anode (400).

2. Device (300) according to Claim 1,
wherein the anode (400) is arranged in such a way that an electron beam (320) emitted by the cathode (310) is incident perpendicularly on the central portion (430, 1430) of the target layer (420, 1420).

3. Device (300) according to Claim 1 or 2,
wherein the edge portion (440) of the anode (400) is arranged around the central portion (430) in a ring-shaped manner.

4. Device according to one of the preceding claims,
wherein the target layer (420, 1420) of the anode (400) has an embodiment with a uniform material.

5. Device according to one of the preceding claims,
wherein the target layer (420, 1420) of the anode (400) has a material with an atomic number of between 42 and 74.

6. Device according to Claim 5,
wherein the target layer (420, 1420) of the anode (400) has tungsten.

7. Device according to one of the preceding claims,
wherein the central portion (430, 1430) of the anode (400) has a thickness (431) of between 50 nm and 10 μm.

8. Device according to one of the preceding claims,
wherein the central portion (430, 1430) of the anode (400) has a diameter (432) of between 1 mm and 20 mm.

9. Device (300) according to one of the preceding claims,
wherein the device (300) has a window (350) for guiding out x-ray radiation (330) generated in the target layer (420, 1420),
wherein the window (350) is arranged in such a way that x-ray radiation (330) generated in the central portion (430, 1430) of the target layer (420, 1420) and guided out through the window (350) first penetrates the edge portion (440, 1440) of the target layer (420, 1420).

10. Device (300) according to Claim 9,
wherein the window (350) is arranged in such a way

that guided-out x-ray radiation (330) penetrates the edge portion (440, 1440) of the target layer (420, 1420) over a length (455) of, on average, between 10 μm and 100 μm.

11. Device (300) according to either of Claims 9 and 10, wherein the window (350) is arranged in such a way that x-ray radiation (330) directed backward in relation to the direction (325) of the electron beam (320) can be guided out through the window (350).

Revendications

1. Dispositif (300) pour la production de rayons X (330) avec une cathode (310) pour l'émission d'un faisceau d'électrons (320) et une anode (400) pour la production de rayons X (330),
dans lequel l'anode (400) est disposée de sorte qu'un faisceau d'électrons (320) émis par la cathode (310) rencontre la zone centrale (430, 1430) de la couche cible (420, 1420),
dans lequel l'anode (400) est pourvue d'un support (410) et d'une couche cible (420, 1420) maintenue par le support (410),
dans lequel la couche cible (420, 1420) comporte une zone centrale (430, 1430) et une zone périphérique (440, 1440), dans lequel la zone périphérique (440, 1440) par rapport à la direction (325) du faisceau d'électrons (320) est disposée latéralement à côté de la zone centrale (430, 1430),
dans lequel la zone périphérique (440, 1440) présente une plus grande épaisseur que la zone centrale (430, 1430) dans la direction (325) du faisceau d'électrons (320),
dans lequel la zone périphérique (440, 1440) est surélevée par rapport à la zone centrale (430, 1430) dans une direction opposée à la direction (325) du faisceau d'électrons (320),
de sorte que des rayons X (330) produits dans la zone centrale (430, 1430) de la couche cible (420, 1420) soient émis à l'encontre de la direction de faisceau (325) du faisceau d'électrons (320), et traversent ainsi une partie de la zone périphérique (440, 1440) de la couche cible (420, 1420) de l'anode (400),
dans lequel des rayons X (330) produits dans la zone centrale (430, 1430) de la couche cible (420, 1420) de l'anode (400) sont filtrés par la zone périphérique (440, 1440) de la couche cible (420, 1420) de l'anode (400), de telle sorte qu'un caractère monochromatique des rayons X (330) augmente,
caractérisé en ce que
le dispositif (300) comprend un collecteur (340) qui est prévu pour capter des électrons du faisceau d'électrons (320) qui ont traversé l'anode (400).

2. Dispositif (300) selon la revendication 1,
dans lequel l'anode (400) est disposée de sorte qu'un faisceau d'électrons (320) émis par la cathode (310) rencontre perpendiculairement la zone centrale (430, 1430) de la couche cible (420, 1420).

3. Dispositif (300) selon la revendication 1 ou 2,
dans lequel la zone périphérique (440) de l'anode (400) est disposée annulairement autour de la zone centrale (430).

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
dans lequel la couche cible (420, 1420) de l'anode (400) est constituée d'un seul matériau.

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
dans lequel la couche cible (420, 1420) de l'anode (400) comprend un matériau de numéro atomique compris entre 42 et 74.

6. Dispositif selon la revendication 5,
dans lequel la couche cible (420, 1420) de l'anode (400) comprend du tungstène.

7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
dans lequel la zone centrale (430, 1430) de l'anode (400) présente une épaisseur (431) comprise entre 50 nm et 10 μm.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
dans lequel la zone centrale (430, 1430) de l'anode (400) présente un diamètre (432) compris entre 1 mm et 20 mm.

9. Dispositif (300) selon l'une des revendications précédentes,
le dispositif (300) comprenant une fenêtre (350) pour la sortie de rayons X (330) produits dans la couche cible (420, 1420),
dans lequel la fenêtre (350) est disposée de sorte que des rayons X (330) produits dans la zone centrale (430, 1430) de la couche cible (420, 1420) et sortant de la fenêtre (350) traversent d'abord la zone périphérique (440, 1440) de la couche cible (420, 1420).

10. Dispositif (300) selon la revendication 9,
dans lequel la fenêtre (350) est disposée de sorte que des rayons X (330) sortants traversent la zone périphérique (440, 1440) de la couche cible (420, 1420) au milieu d'une longueur (455) comprise entre 10 μm et 100 μm.

11. Dispositif (300) selon l'une des revendications 9 ou 10,

dans lequel la fenêtre (350) est disposée de sorte que, par rapport à la direction (325) du faisceau d'électrons (320), des rayons X (330) dirigés vers l'arrière puissent sortir par la fenêtre (350).

FIG 1

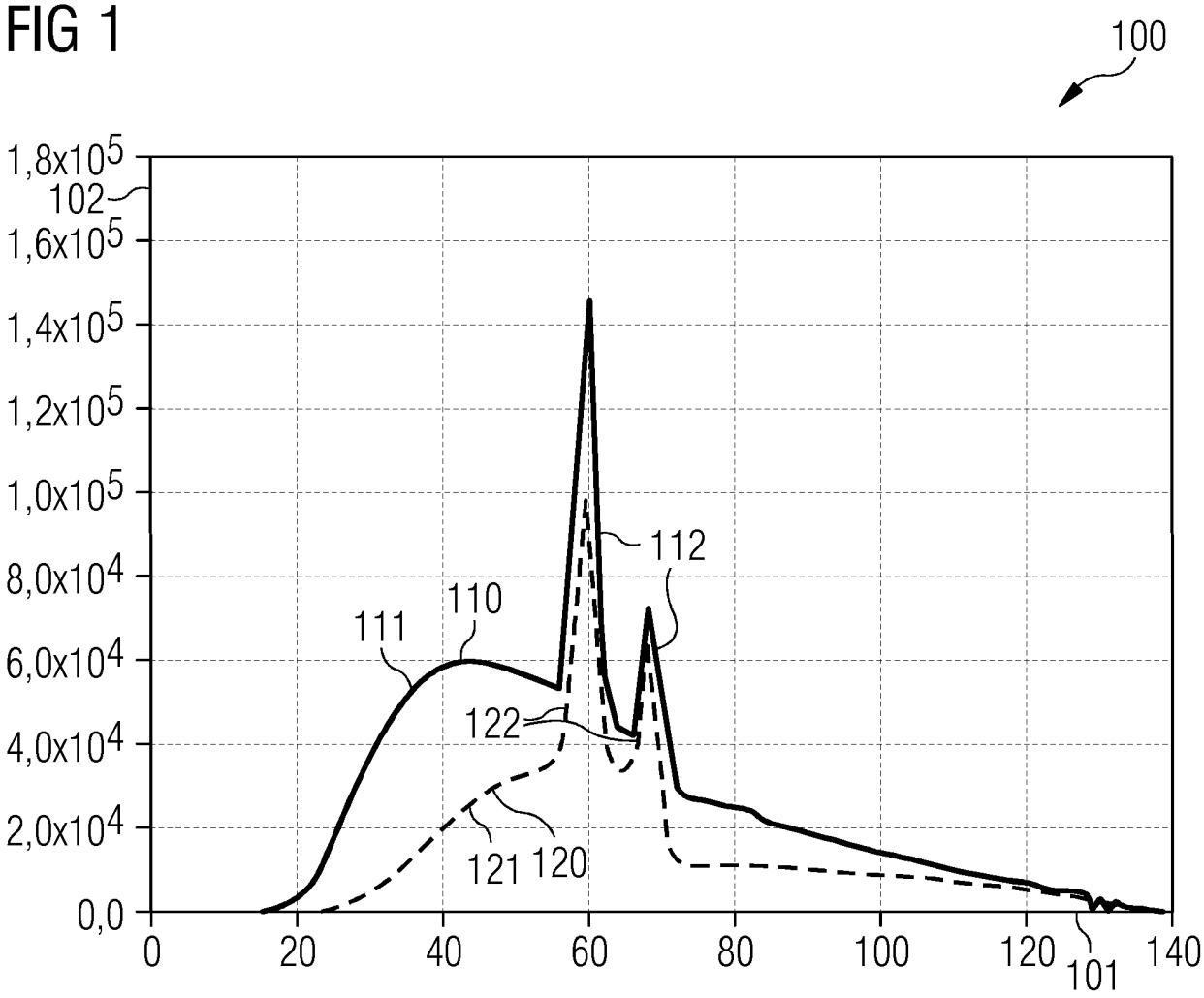

100
1,8x10^5
102
1,6x10^5
1,4x10^5
1,2x10^5
1,0x10^5
8,0x10^4
6,0x10^4
4,0x10^4
2,0x10^4
0,0
0
20
40
60
80
100
120
140
101
111
110
112
122
121
120

FIG 2

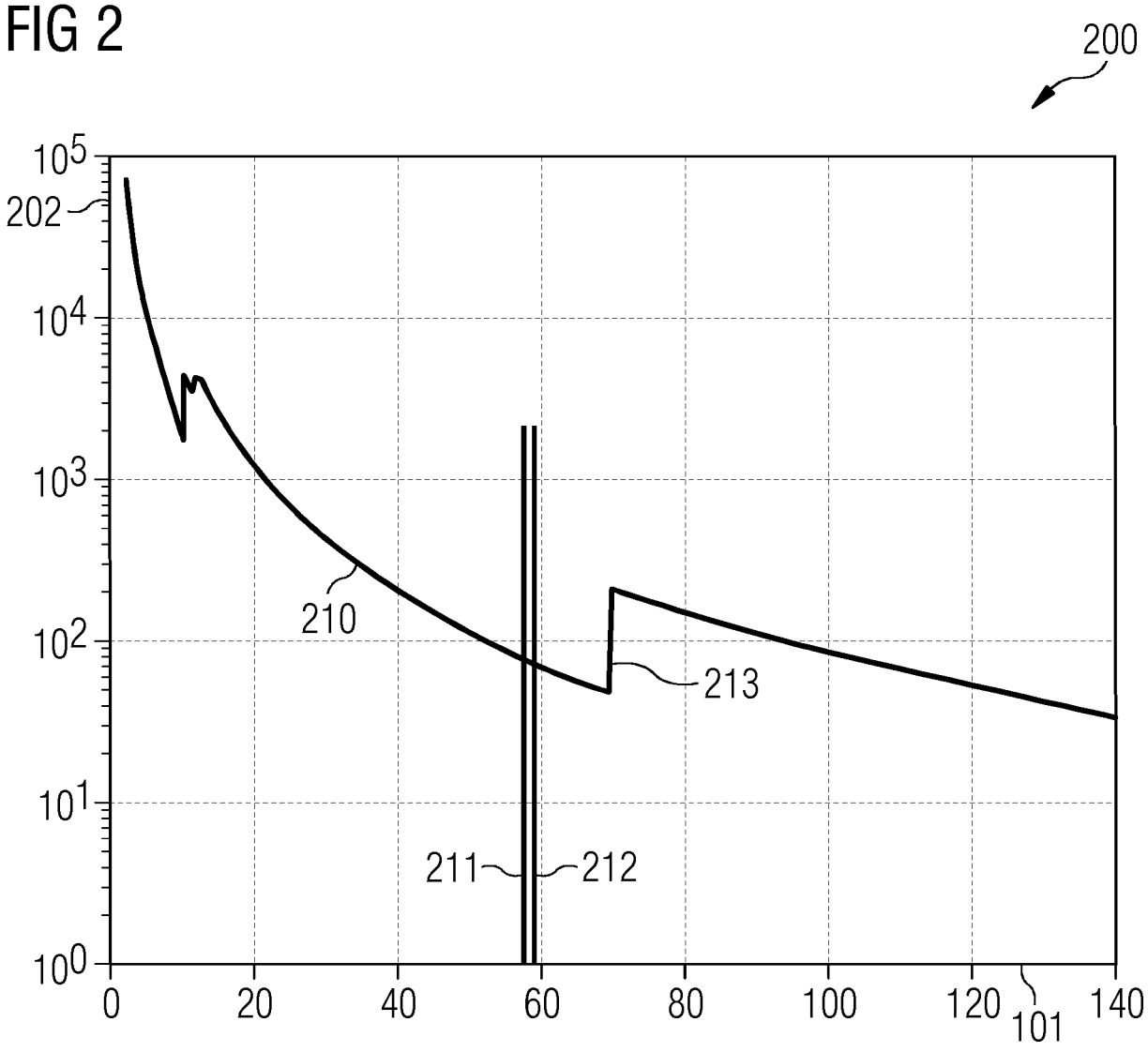

200
10^5
202
10^4
10^3
10^2
10^1
10^0
210
213
211
212
0
20
40
60
80
100
120
140
101

FIG 3

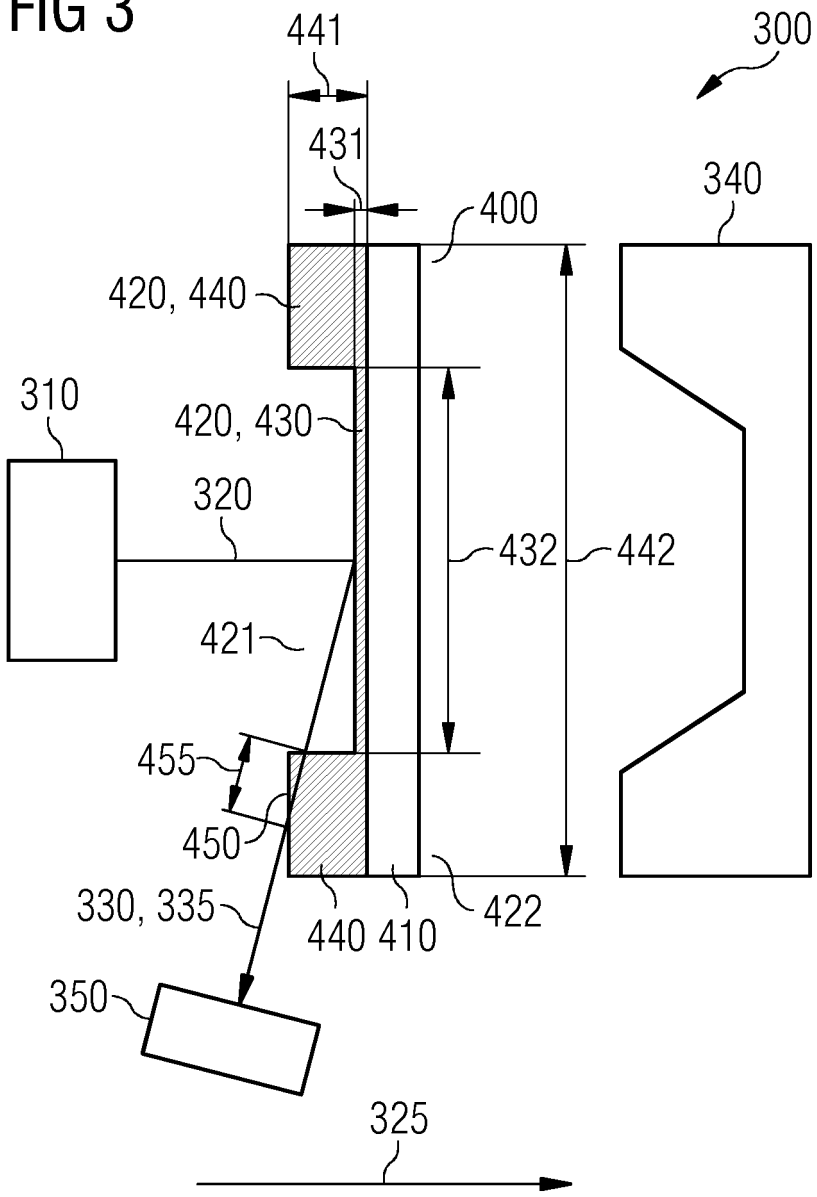

441
300
431
340
400
420, 440
310
420, 430
320
432
442
421
455
450
330, 335
440
410
422
350
325

FIG 4

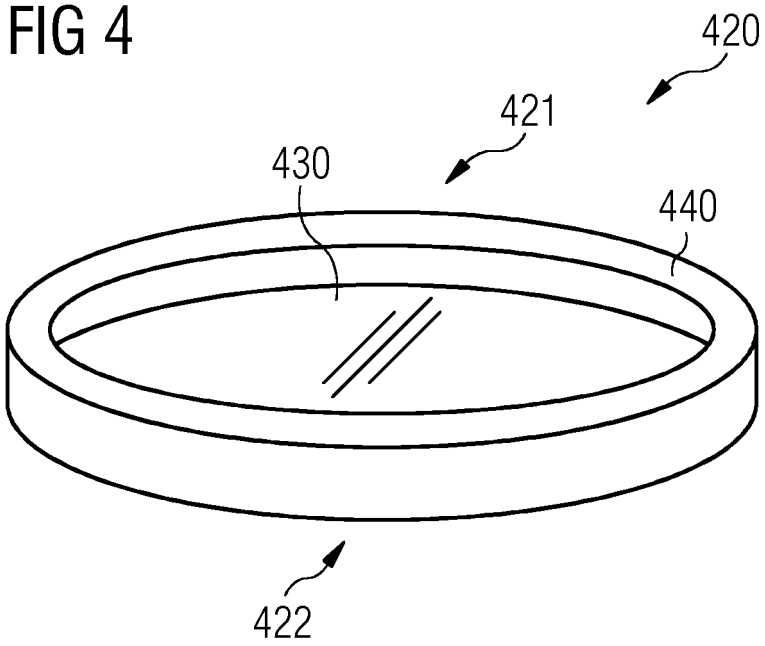
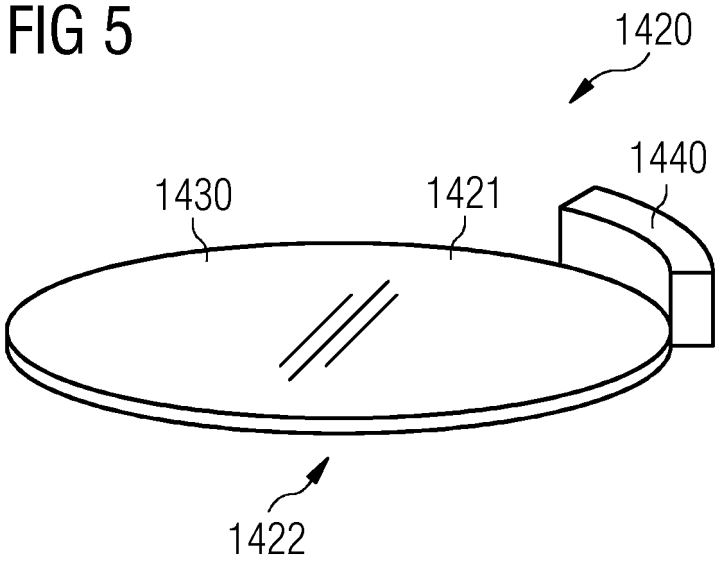


FIG 5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2203403 A1 **[0003]**
- DE 19900468 A1 **[0003]**
- EP 0405897 A2 **[0003]**
- DE 3117726 A1 **[0003]**