



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년06월12일
(11) 등록번호 10-1988538
(24) 등록일자 2019년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 35/06 (2006.01) H01J 35/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0121249
(22) 출원일자 2013년10월11일
심사청구일자 2017년10월26일
(65) 공개번호 10-2014-0049471
(43) 공개일자 2014년04월25일
(30) 우선권주장
JP-P-2012-230115 2012년10월17일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP1983145049A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
가부시키가이샤 리가쿠
일본 도쿄도 아키시마시 마츠바라쵸 3쵸메 9-12
(72) 발명자
호바스, 마틴
체코 공화국 142 21 프라하 4 노보드보르스카 994
리가쿠 이노베이티브 테크놀로지 유럽
에스.알.오. (내)
마르시크, 지리
체코 공화국 142 21 프라하 4 노보드보르스카 994
리가쿠 이노베이티브 테크놀로지 유럽
에스.알.오. (내)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 4 항

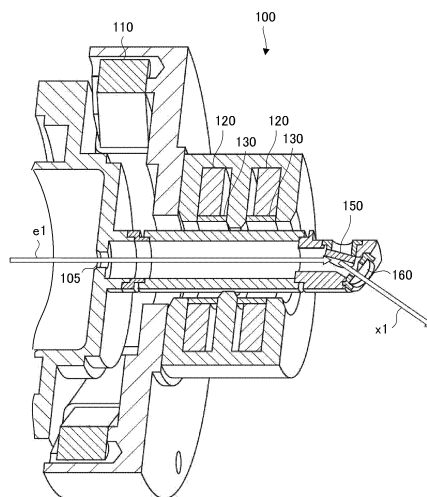
심사관 : 김상철

(54) 발명의 명칭 X선 발생 장치

(57) 요약

본 발명은, 작고, 경량화된 장치구성으로, 전자 빔의 초점위치의 미세한 조정이 가능한 X선 발생 장치를 제공한다. 전자선(e1)을 타겟(150)에 조사하여 X선(x1)을 발생시키는 X선 발생 장치(100)로서, 전자선(e1)을 수렴시키는 영구자석 렌즈(120)와, 영구자석 렌즈(120)에 대하여 전자선(e1) 측에 설치되며, 영구자석 렌즈(120)에 의해 생기는 전자선(e1)의 진행 방향의 초점위치를 보정하는 보정 코일(130)과, 수렴한 전자선이 조사되는 타겟(150)을 구비한다. 이와 같이, 전자 렌즈로서 영구자석을 이용하고 있기 때문에, 통상의 장치에 비해서 지극히 작고, 경량화된 장치구성을 실현할 수 있다. 또한, 보정 코일(130)에 의해, 자장강도(intensity of the magnetic field)를 미세조정하고, 전자선(e1)의 진행 방향의 초점위치의 미세한 조정이 가능하게 된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

피나, 라디슬라프

체코 공화국 142 21 프라하 4 노보드보르스카 994
리가쿠 이노베이티브 테크놀로지 유럽 에스.알.오.
(내)

엘리네크, 바츨라프

체코 공화국 142 21 프라하 4 노보드보르스카 994
리가쿠 이노베이티브 테크놀로지 유럽 에스.알.오.
(내)

오사카, 나오히사

일본 196-8666 도쿄도 아키히마시 마츠바라쵸 3쵸
메 9-12 가부시키가이샤 리가쿠 (내)

오모테, 카즈히코

일본 196-8666 도쿄도 아키히마시 마츠바라쵸 3쵸
메 9-12 가부시키가이샤 리가쿠 (내)

캄베, 마코토

일본 196-8666 도쿄도 아키히마시 마츠바라쵸 3쵸
메 9-12 가부시키가이샤 리가쿠 (내)

장, 리차이

미국 48326 미시간 어번 힐스 테일러 로드 1900 리
가쿠 이노베이티브 테크놀로지 인코포레이티드 (내)

김, 봉래

미국 48326 미시간 어번 힐스 테일러 로드 1900 리
가쿠 이노베이티브 테크놀로지 인코포레이티드 (내)

(56) 선행기술조사문헌

JP1992116347U*

JP2009212058A*

KR102007114741A

JP04116347 U*

JP2009212058 A*

JP58145049 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

전자선을 타겟에 조사하여 X선을 발생시키는 X선 발생 장치로서,

전자선을 수렴시키는 영구자석 렌즈와,

상기 영구자석 렌즈에 대하여 전자선 측에 설치되며, 상기 영구자석 렌즈에 의해 생기는 전자선의 진행 방향의 초점위치를 보정하는 보정 코일과,

상기 수렴한 전자선이 조사되는 타겟을 구비하고,

상기 타겟은, 상기 전자선의 입사각이 3° 이상 20° 이하가 되도록 상기 전자선에 대하여 표면을 경사지게 하여 설치되어 있고,

상기 타겟에서 생기는 X선을 장치외부로 취출하는 X선 취출창을 더 구비하고,

상기 X선 취출창은, 상기 타겟의 표면에 대한 X선의 취출각이, 상기 타겟의 표면에 대한 상기 전자선의 입사각과 동일한 정도가 되는 위치에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 X선 발생 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 보정 코일은, 전자선의 진행 방향에 있어서 상기 영구자석 렌즈의 자장의 자력범위 내에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 X선 발생 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 타겟에서 생기는 X선을 장치외부에 취출하는 X선 취출창을 더 구비하고,

상기 X선 취출창은, 상기 X선 취출창의 표면이 상기 전자선에 평행하고 또한 상기 타겟의 표면에 수직하게 되도록 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 X선 발생 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 타겟은, 박막으로 형성되어, 다이아몬드 기관 위에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 X선 발생 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 전자선을 타겟에 조사하여 X선을 발생시키는 X선 발생 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래, 초점의 치수를 작게 좁힌 X선을 발생시키는 X선의 발생원으로 마이크로 포커스(micro-focus) X선 발생 장

치가 보급되어 있다. 일반적인 X선 발생 장치에서는, 가열된 캐소드(cathode)로부터 나오는 열전자를 가속하여 타겟에 충돌시켜 X선을 방사시킨다. 타겟으로 향하는 전자류(電子流)는 확대되므로, 웨넬트(Wehnelt)에 적당한 전장(電場)을 걸어서 전자류의 발산을 억제하여, 타겟 위에 초점을 맺게 하고 있다. 마이크로 포커스 X선 발생 장치에서는, 타겟 상에 미소하게 좁힌 전자 빔을 조사할 필요가 있기 때문에, 여러 가지 수단으로 전자 빔의 수렴(集束)을 제어하는 것이 알려져 있다.

[0003] 예를 들면, 특허문헌 1에 기재된 X선 발생 장치는, X선관, 전자총, X선 타겟, 전자 렌즈, 스티그메이터(stigmator) 및 X선 창(X-ray window)으로 이루어지는 기본 구성에, X선 반사경을 이용한 X선 집속(集束) 디바이스를 구비하고, 작은 치수의 초점 또는 초선(焦線, focus line)을 갖는 X선을 발생시키고 있다.

[0004] 특허문헌 2에 기재된 X선 수렴 장치는, 2평면에서 사용되며, 전자총의 애노드(anode)와 전자석에 의한 수렴 렌즈의 사이에 설치된 2세트(組)의 편향 코일(beam deflection coils)을 가지며, 빔을 중심에 맞추고 있다. 또, 수렴 렌즈와 타겟의 사이에 설치되며, 원형단면의 빔을 길게 변형시키는 스티그메이터로서 공심의 4극자 자석(air-cored quadrupole magnet)을 가지고 있다. 이 4극자는, 관 축의 둘레를 회전해서 라인 초점의 방향을 조절할 수 있고, 빔은, 4극자의 4개의 코일 내의 전류를 제어함으로써 타겟 표면상으로 움직일 수 있게 되어 있다.

[0005] 특허문헌 3에 기재된 소형 X선 관구(管球)는, 전자 빔의 초점을 타겟의 미소면적부분에 맞추기 위해서, 좁은 직경부(細徑部)의 외부에 설치된 환상의 영구자석을 이용하여, 전자 빔 진행 방향의 초점위치와 타겟상의 초점위치의 조정을 행하고 있다. 단, 조정 방법은, 좁은 직경부를 따라 영구자석을 이동시켜 행하고 있다.

[0006] 도 11은, 상기와 같은 종래의 X선 발생 장치(300)를 나타내는 사시 단면도이다. X선 발생 장치(300)는, 얼라인먼트코일(alignment coil, 310), 전자석 렌즈(320), 스티그메이터(340), 타겟(350) 및 X선 취출창(X-ray extraction window, 360)을 구비하고 있다. 도 12는, 타겟(350)에 대한 전자선(e3)의 입사각(α_3)과 X선(x3)의 취출각(take-off angle, β_3)을 나타내는 사시도이다. α_3 은 78° 정도로 크게 취하고, 스티그메이터(340)에 의해 전자선의 단면을 신장시켜 타겟에 조사하며, X선의 취출각(β_3)을 작게 하여 예를 들면 12° 정도로 취출한다. 도 12의 파선으로 둘러싸는 범위는, 전자선의 타겟에 대한 조사 범위를 나타내고 있다. X선 발생 장치(300)는, 캐소드(cathode)에서 발생하여, 조리개(305)를 통과한 전자선을 전자석 렌즈(320)로 수렴시키고 있으며, 장치에 있어서는 전자석 렌즈(320)가 큰 용적을 차지하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 미국 특허 제6282263호 명세서
(특허문헌 0002) 미국 특허 제6778633호 명세서
(특허문헌 0003) 일본 특허공개 소58-145049호 공보

발명의 내용

[0008] 상기한 바와 같이, 전자선을 수렴시키는 전자석 렌즈는 큰 용적을 차지하기 때문에, 장치를 콤팩트하게 구성하는 것은 곤란하다. 그렇지만, X선 발생 장치에 대해서는, 작고, 경량화된 장치를 구성하고자 하는 요청이 있다. 이것에 대해서는, 전자석 렌즈에 비해서 작은 용적으로 강한 자장을 발생시키는 영구자석을 이용하여, 전자선을 수렴하는 방법을 생각할 수 있다. 그러나, 영구자석을 이용해서 전자선을 수렴시켜도, 자장 강도가 고정이기 때문에 초점을 미세하게 제어할 수는 없다.

[0009] 영구자석을 이용하여 전자선을 수렴시켰을 경우, 경년(經年) 변화나 열팽창에 의한 캐소드(cathode)의 치수변화에 따른 전자방사성의 변동, 열변화에 의한 영구자석의 자력의 변동, 전압의 변동에 의한 초점의 이동, 타겟의 온도상승이나 X선관구의 치수변화에 의한 초점위치의 어긋남 등에 대하여, 영구자석만으로는 항상 안정된 X선을 발생시킬 수 없다.

[0010] 본 발명은, 이러한 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 작고, 경량화된 장치구성으로, 전자 빔의 초점위치의 미세한 조정이 가능한 X선 발생 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0011] (1) 상기의 목적을 달성하기 위해서, 본 발명의 X선 발생 장치는, 전자선을 타겟에 조사하여 X선을 발생시키는

X선 발생 장치로서, 전자선을 수렴시키는 영구자석 렌즈와, 상기 영구자석 렌즈에 대하여 전자선 측에 설치되며, 상기 영구자석 렌즈에 의해 생기는 전자선의 진행 방향의 초점위치를 보정하는 보정 코일과, 상기 수렴한 전자선이 조사되는 타겟을 구비하는 것을 특징으로 하고 있다.

[0012] 이와 같이 하여, 전자 렌즈로서 영구자석을 이용하고 있기 때문에, 통상의 장치에 비해서 지극히 작고, 경량화된 장치구성을 실현할 수 있다. 또, 보정 코일에 의해, 자장 강도를 미세조정(微調整)하여, 전자선의 진행 방향의 초점위치의 미세한 조정이 가능해진다. 한편, 본 발명의 X선 발생 장치는, 기본적으로, X선관, 전자총, 타겟, 얼라인먼트 코일, 영구자석 렌즈, 보정 코일 및 X선 취출창으로 구성되어 있다.

[0013] (2) 또, 본 발명의 X선 발생 장치는, 상기 보정 코일이, 전자선의 진행 방향에 있어서 상기 영구자석 렌즈의 자장의 자력범위 내에 설치되어 있는 것을 특징으로 하고 있다. 이것에 의해, 전자선의 진행 방향에 걸친 X선 발생 장치의 외형크기를 짧게 할 수 있다. 또, 보정 코일의 사이즈를 작게 할 수 있다. 한편, 상기의 자력범위란, 영구자석 렌즈에 의한 자력이 영구자석 렌즈의 최대자력의 68% 이상이 되는 범위이다. 보정 코일은, 영구자석 렌즈의 전자선 경로 측에 설치되어 있는 것이 또한 바람직하다.

[0014] 예를 들면, 영구자석 렌즈가 원통형상일 경우, 보정 코일은, 그 영구자석 렌즈의 구멍(孔)의 내측에 설치되어 있는 것이 바람직하다. 단, 엄밀하게 영구자석 렌즈의 구멍(孔) 내가 아니어도 그 단면(端面) 부근의 영구자석 렌즈의 자력범위 내에 설치할 수 있다.

[0015] (3) 또, 본 발명의 X선 발생 장치는, 상기 타겟이, 상기 전자선의 입사각이 3° 이상 20° 이하가 되도록 상기 전자선에 대하여 표면을 경사지게 하여 설치되어 있는 것을 특징으로 하고 있다. 이것에 의해, 초점 사이즈를 작게 한 상태로, 타겟상에서는 전자 빔이 비스듬히 확대되어 조사되기 때문에, 타겟이 용점을 넘는 고온이 되지 않고 큰 부하를 인가하여, 휘도가 높은 X선을 취출할 수 있다.

[0016] (4) 또한, 본 발명의 X선 발생 장치는, 상기 타겟에서 생기는 X선을 장치외부로 취출하는 X선 취출창을 더 구비하고, 상기 X선 취출창은, 상기 타겟의 표면에 대한 X선의 취출각이, 상기 타겟의 표면에 대한 상기 전자선의 입사각과 같은 정도가 되는 위치에 설치되어 있는 것을 특징으로 하고 있다. 이것에 의해, 겉보기의 X선원 초점 사이즈(apparent focus point size of an X-ray source)를 작게 할 수 있으며, 휘도가 높은 X선을 취출할 수 있다.

[0017] (5) 또, 본 발명의 X선 발생 장치는, 상기 타겟에서 생기는 X선을 장치외부로 취출하는 X선 취출창을 더 구비하고, 상기 X선 취출창이, 상기 X선 취출창의 표면이 상기 전자선에 대략 평행하고 또한 상기 타겟의 표면에 대략 수직이 되도록 설치되어 있는 것을 특징으로 하고 있다. 이것에 의해, 선형상(線狀)으로 확대된 라인 포커스(line-focused)의 X선을 취출할 수 있다.

[0018] (6) 또한, 본 발명의 X선 발생 장치는, 상기 타겟이, 박막에 형성되며, 다이아몬드 기판 위에 형성되어 있는 것을 특징으로 하고 있다. 이것에 의해, 박막에 생긴 열을 다이아몬드에 의해 확산시킬 수 있다. 또, 경사입사를 전제로 하고 있기 때문에, 타겟용 박막을 얇게 해도 입사 전자가 타겟과 작용하여, 충분히 X선 강도가 얻어진다.

[0019] 본 발명에 의하면, 작고, 경량화된 장치구성으로, 전자 빔의 초점위치의 미세한 조정을 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은, 제1의 실시 형태에 관한 X선 발생 장치를 나타내는 사시 단면도이다.

도 2는, 타겟에 대한 전자선의 입사각과 X선의 취출각을 나타내는 사시도이다.

도 3은, 보정 코일을 충분히 조작하지 않고 있을 때의 X선 스폿을 나타내는 도면이다.

도 4는, 보정 코일을 충분히 조작했을 때의 X선 스폿을 나타내는 도면이다.

도 5는, 제1의 실시 형태에 관한 X선 발생 장치에 의해 얻어진 X선 스폿이다.

도 6은, X선 스폿의 강도분포를 나타내는 도면이다.

도 7은, 실험 결과를 나타내는 표이다.

도 8은, 다이아몬드 위에 금속박막을 형성한 타겟을 나타내는 단면도이다.

도 9는, X선 발생 시험 후의 Cu 벨크 타겟의 표면상태를 나타내는 도면이다.

도 10은, X선 발생 시험 후의 다이아몬드 상의 타겟용의 Cu 박막의 표면상태를 나타내는 도면이다.

도 11은, 종래의 X선 발생 장치를 나타내는 사시 단면도다.

도 12는, 타겟에 대한 전자선의 입사각과 X선의 취출각을 나타내는 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 다음으로, 본 발명의 실시의 형태에 대해서, 도면을 참조하면서 설명한다. 설명의 이해를 쉽게 하기 위해서, 각 도면에 있어서 동일한 구성 요소에 대해서는 동일한 참조 번호를 붙이고, 중복되는 설명은 생략한다. 한편, 도면에 나타내는 실시 양태는 일예이며, 본 발명은 이것에 한정되는 것이 아니다.
- [0022] [제1의 실시 형태]
- [0023] 도 1은, X선 발생 장치(100)를 나타내는 사시 단면도다. X선 발생 장치(100)는, 얼라인먼트 코일(110), 영구자석 렌즈(120), 보정 코일(130), 타겟(150) 및 X선 취출창(160)을 구비하고 있다. X선 발생 장치(100)는, 캐소드(cathode)를 음극으로 하고, 타겟(150)을 양극으로 하여, 수십킬로볼트의 고전압을 인가함으로써, 캐소드(cathode)로부터 생긴 전자선을 타겟(150)에 충돌시켜 X선을 발생시키는 장치이다. 한편, 도 1에서는, 전자선의 수렴을 제어하기 위한 구성을 나타내고 있으며, 캐소드(cathode) 주변부는 생략하고 있다.
- [0024] 통상 캐소드(cathode)는 통전(通電)에 의해 가열됨으로써 열전자를 방출하고, 방출된 전자선이 웨넬트에 인가된 제어용 전압에 의해 진행 방향이 제어되면서, 캐소드(cathode)와 타겟과의 사이에 인가된 고전압에 의해 가속되어 타겟(150)에 충돌하고, 그 충돌 시에 타겟으로부터 X선이 발생해서 넓은 각도영역 내로 발산한다.
- [0025] 얼라인먼트 코일(110)은, 조리개(aperture, 105)의 바로 뒤(直後)에 설치되며, 전자선(e1)의 진행 방향에 수직인 면상에 있어서의 위치나 단면형상을 조정할 수 있다. 얼라인먼트 코일(110)은, 면상에서의 전자선의 위치조정에 이용되는 것이기 때문에, 전자선의 진행 방향에 수직인 면상의 2방향에 따라서 2세트 설치되어 있다.
- [0026] 영구자석 렌즈(120)는, 얼라인먼트 코일(110)의 후단에 설치되어 있으며, 전자 렌즈로서 자장에 의해 전자선(e1)을 수렴시킨다. 전자 렌즈로서 전자석 렌즈가 아니라, 영구자석 렌즈를 이용하고 있기 때문에, 종래의 장치에 비해서 지극히 작고, 경량화된 장치구성을 실현할 수 있다.
- [0027] 보정 코일(130)은, 전자선(e1)의 진행 방향에 있어서 영구자석 렌즈(120)의 자장의 자력범위 내에 설치되며, 또한 영구자석 렌즈(120)에 대하여 전자선(e1) 측에 설치되어, 영구자석 렌즈(120)에 의해 생기는 전자선(e1)의 진행 방향에 있어서의 초점위치를 보정하고, 1A 이하의 작은 전류로 전자선의 초점위치를 조정할 수 있다. 보정 코일(130)은, 전자선의 진행 방향을 축으로 하여 축대칭으로 구성되며, 축을 중심으로 하는 원형(丸型), 원통형 또는 통형(樽型) 등으로 형성할 수 있다. 또, 상기의 얼라인먼트 코일(110)과 같이, 블록형상으로 형성되며, 축을 중심으로 하여 대칭으로 배치되어 있어도 좋다. 보정 코일(130)에 의해, 자장강도를 미세조정하고, 전자선의 진행 방향의 초점위치의 미세한 조정이 가능해진다. 한편, 자력범위란, 영구자석 렌즈(120)에 의한 자력이 영구자석 렌즈(120)의 최대자력의 68% 이상이 되는 범위이다. 또, 보정 코일(130)은, 영구자석 렌즈(120)의 전자선 경로측에 설치되어 있는 것이 또한 바람직하다.
- [0028] 예를 들면, 영구자석 렌즈(120)가 원통형상일 경우, 보정 코일(130)은, 그 영구자석 렌즈(120)의 구멍(孔)의 내측에 설치되어 있는 것이 바람직하다. 단, 엄밀하게 영구자석 렌즈(120)의 구멍(孔) 내가 아니어도 그 단면 부근의 영구자석 렌즈(120)의 자력범위 내에 설치할 수 있다.
- [0029] 보정 코일(130)은, 전자선(e1)의 진행 방향에 있어서 영구자석 렌즈(120)의 자력범위 내에 설치되어 있으므로, 전자선(e1)의 진행 방향에 걸친 X선 발생 장치(100)의 외형크기를 짧게 할 수 있다. 또, 보정 코일(130)이 영구자석 렌즈(120)의 자력 범위 외에 설치되어 있는 경우와 비교하여, 보정 코일(130)의 사이즈를 작게 할 수 있다.
- [0030] 만일, 영구자석 렌즈(120)의 자력범위 외, 예를 들면 타겟(150) 측에 보정 코일(130)을 놓았을 경우, 영구자석 렌즈(120)로 맞출 수 없었던 어긋남이 커져 보정해야 하는 양이 커지기 때문에, 보정 코일(130) 자체의 사이즈도 크게 해야 한다. 영구자석 렌즈(120)의 자력범위 내의 설치라면, 보정량이 작고, 보정 코일(130) 자체의 사이즈도 작아도 된다.
- [0031] 타겟(150)은, 수렴한 전자선(e1)이 조사되어, X선(x1)을 발생시킨다. 타겟(150)에는, 예를 들면 Cu, Mo, W 등의 양극이 되는 금속이 이용된다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 타겟(150)은, 전자선의 진행 방향에 대하여 크게 경

사저 설치되어 있으며, 전자선(e1)의 입사각이 $3^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 가 되도록 설치되어 있다.

- [0032] 이것에 의해, 전자선의 단면형상을 신장시키지 않아도, 전자선의 진행 방향에 대하여 긴 범위에서 전자선을 타겟에 조사할 수 있다. 그 결과, 타겟(150)을 손상시키지 않고, 충분한 강도의 X선을 취출할 수 있다. 이와 같이 타겟(150)이 전자선에 대하여 크게 경사져 있음으로써, X선 강도를 확보하기 위한 조정을 행하는 수단이 불필요하게 되어, 장치를 소형화, 간략화할 수 있다.
- [0033] X선 취출창(160)은, 예를 들면 Be(베릴륨)으로 형성되며, 타겟(150)에서 생기는 X선을 장치외부로 취출한다. 전자선이 타겟에 충돌하며, 넓은 각도영역 내로 발산된 X선 중, X선 취출창(160)의 방향으로 출사된 X선이 장치외부로 취출된다.
- [0034] X선 취출창(160)의 위치는 이용 양태에 따라서 여러 가지로 생각할 수 있지만, 1양태로서 타겟(150)의 표면에 대한 X선의 취출각이, 타겟(150)의 표면에 대한 전자선의 입사각과 같은 정도가 되는 위치에 설치되어 있는 것이 바람직하다. 이것에 의해, 겉보기의 X선원 초점 사이즈를 작게 한 상태로, 큰 부하를 인가하여, 휘도가 높은 X선을 취출할 수 있다.
- [0035] 도 2는, 타겟에 대한 전자선의 입사각($\alpha 1$)과 X선의 취출각($\beta 1$)을 나타내는 사시도이다. 도 2에 나타내는 바와 같이, 타겟(150)은, 전자선의 입사각($\alpha 1$)이 3° 이상 20° 이하가 되도록 전자선에 대하여 표면을 경사지게 하여 설치되어 있다. 이것에 의해, 소위 스티그메이터에 의한 전자선의 단면형상의 조정없이, 초점 사이즈를 작게 한 상태로, 타겟 상의 전자 빔 조사 면적을 넓게 할 수 있다. 그리고, 타겟이 용점을 넘는 고온으로 되지 않고 큰 부하를 인가하여, 휘도가 높은 X선을 취출할 수 있다. 그 결과, 소형화, 간략화를 더욱 진행시킬 수 있다. 한편, 도 2의 파선으로 둘러싸는 범위는, 전자선의 타겟(150)에 대한 조사 범위를 나타내고 있다.
- [0036] 도 2에 나타내는 예에서는, 타겟(150)의 표면에 대한 X선의 취출각($\beta 1$)이, 타겟의 표면에 대한 전자선의 입사각($\alpha 1$)과 같은 정도가 되는 위치에 X선 취출창(160)의 위치가 설치되어 있다. 즉, 취출각($\beta 1$)도 전자선의 입사각($\alpha 1$)과 같은 정도로 설치되어 있다. 전자선의 입사각($\alpha 1$), X선의 취출각($\beta 1$)으로서는, 예를 들면 15° 로 설정할 수 있다.
- [0037] X선 취출창(160)은, X선 취출창(160)의 표면이 전자선(e1)에 대략 평행하고또한 타겟(150)의 표면에 대략 수직이 되도록 설치되어 있어도 좋다. X선 발생 장치(100)에서는, 전자선의 타겟(150)에 대한 입사각($\alpha 1$)이 작고, 진행 방향으로 긴 범위에 전자선이 조사된다. 그 결과, 타겟(150)의 표면에 대략 평행한 방향으로 방사되는 선형상으로 확대된 라인 포커스의 X선을 X선 취출창(160)을 통해서 취출할 수 있다.
- [0038] [실시예 1]
- [0039] 상기의 X선 발생 장치(100), 및 종래의 X선 발생 장치(300)를 이용하여, X선 발생 장치(100)가, 충분한 초점 사이즈, X선 강도의 X선을 발생할 수 있을지를 검증했다.
- [0040] 어느 장치에 있어서도 타겟에 대한 부하를 45kV, 0.5mA, 즉 22.5W로 하고, 동일한 온도, 대기압의 조건에서 검증했다. 또, X선 검출기는 어느 장치에 대해서도 동일한 것을 사용했다. 또, 거리의 조건은 모두 동일하게 하였다. 이와 같이 하여, 발생한 X선 스폿을 검출했다. 이때, 보정 코일에 의해, 전자선의 진행 방향에 대해서 초점 위치를 조정했다.
- [0041] 도 3은, 보정 코일을 충분히 조작하지 않고 있을 때의 X선 스폿을 나타내는 도면이다. 도 3에 나타내는 예는, 2개의 얼라인먼트 코일의 전류를 각각, 70mA, 150mA로 설정하고, 보정 코일의 전류가 -100mA로 되어 있는 경우의 X선 스폿이다.
- [0042] 도 4는, 보정 코일을 충분히 조작했을 때의 X선 스폿을 나타내는 도면이다. 도 4에 나타내는 예는, 2개의 얼라인먼트 코일의 전류를 각각, 70mA, 150mA로 설정하고, 보정 코일(correction coil)의 전류를 300mA로 조정했을 경우의 X선 스폿(X-ray spot)이다. 이와 같이 하여, 보정 코일로 전자선의 초점 위치를 조정하여, X선 스폿을 작게 하며, 그 강도를 크게 해서 날카로운 피크를 만들 수 있었다.
- [0043] 도 5는, X선 발생 장치(100)에 의해 얻어진 X선 스폿이다. 도 6은, 도 5에 나타내는 X선 스폿의 강도분포를 나타내는 도면이다. 도 5, 도 6에 나타내는 바와 같이, 강도가 크고 충분히 사이즈가 작은 X선 스폿이 얻어지고 있다. 도 6에서는, 누적 강도분포가 90%인 문턱치를 a로 하고, 50%인 문턱치를 b로 하며, 20%인 문턱치를 c로 하고, 10%인 문턱치를 d로 하여 나타내고 있다.
- [0044] 도 7은, 실험 결과를 나타내는 표이다. X선 발생 장치(100)(표 중의 Example 1) 및 종래의 X선 발생 장치

(300)(표 중의 Example 3)의 각각을 이용했을 경우에 얻어진 X선 스폿의 평가를 표로 정리한 것이다. 강도, 스폿 사이즈에 대해서 어느 장치라도 거의 동일하다는 것을 알 수 있다. 이것에 의해, 종래의 장치와 비교하여, 구성을 소형화, 경량화한 X선 발생 장치이더라도, 마이크로 포커스의 X선원으로서 X선 스폿의 강도나 첨예도에 대해서 손색(遜色)없다는 것을 실증할 수 있었다. 한편, X선 강도는, X선 강도 검출 미터의 출력 전압값(mV)으로 나타내고 있다.

[0045] [제2의 실시 형태]

[0046] 상기의 실시 형태에서는, 타겟(250)이 금속의 벌크로 구성되어 있지만, 다이아몬드 위에 금속박막을 형성한 것이어도 좋다. 도 8은, 다이아몬드 위에 금속박막을 형성한 타겟(250)을 나타내는 단면도이다. 타겟(250)은, 도전성의 재료로 원통형상으로 형성된 홀더부(251)의 상부 개구부를 폐색하도록 원판형상의 다이아몬드판(256)이 기밀(氣密)하게 접합되며, 다이아몬드판(256)의 표면에 도전성 재료로 이루어지는 타겟용 박막(255)이 설치되어 있다. 타겟용 박막(255)은, 홀더부(251)의 측면까지 연장해서 설치되어, 홀더부(251)에 전기적으로 접속되어 있다.

[0047] 홀더부(251)의 개구단부는, 원통의 내주면의 내경(內徑)보다 조금 큰 내경으로 단차가 형성되어 있으며, 단차는, 다이아몬드판(256)의 두께와 거의 동일한 높이를 가지며, 다이아몬드판(256)을 경사지게 하여 수용할 수 있도록 설치되어 있다. 다이아몬드판(256)과 홀더부(251)는, 납땜 등으로 접합된다.

[0048] 또, 타겟용 박막(255)은, 이온빔 스퍼터(ion beam sputtering)와 같은 박막퇴적법(thin film deposition method)으로 형성된다. 홀더부(251)의 지지되는 측의 단부도 기밀하게 접합되어 있고, 그 내부에는 캡(258)이 설치되며, 캡(258)의 내부와 외부와의 사이에서 형성되는 유통로에 물 등의 냉매를 순환할 수 있도록 구성되어 있다. 다이아몬드판(256)의 두께는, $300\mu\text{m} \sim 800\mu\text{m}$ 인 것이 바람직하다.

[0049] 타겟은, 박막으로 형성되어, 다이아몬드 기판 위에 형성되어 있다. 이것에 의해, 박막에 생긴 열을 다이아몬드에 의해 확산할 수 있다. 또, 전자선의 경사입사를 전제로 하고 있기 때문에, 타겟용 박막을 얇게 하여도 입사 전자가 타겟과 작용하여, 충분히 X선 강도가 얻어진다.

[0050] [실시예 2]

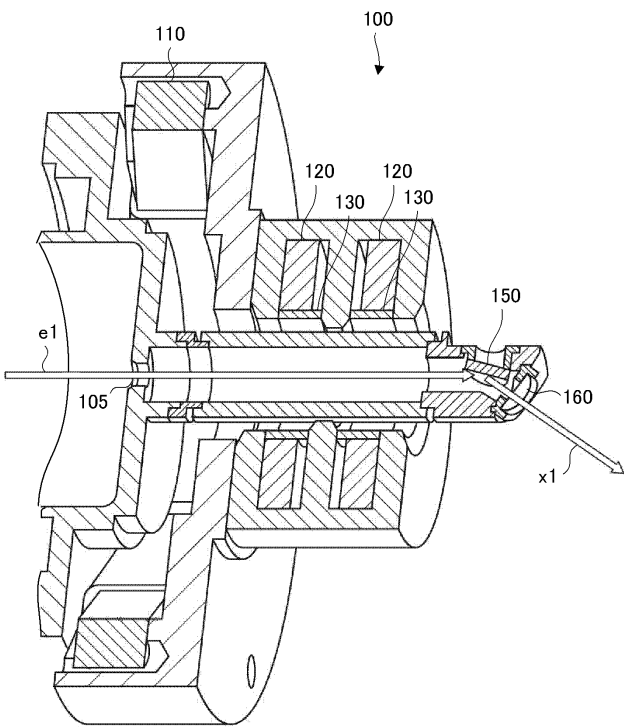
[0051] 상기와 같은 타겟(250)과 동등한 구성의 경사가 없는 다이아몬드판 상의 타겟용의 Cu 박막에 대하여, $0.1\text{mm} \times 1.1\text{mm}$ (= 초점 사이즈)로 좁힌 전자선을 연속해서 조사한 바, 5.4kW/mm^2 의 부하에서 장기간 안정된 X선이 얻어졌다. 타겟의 최대부하는 초점 사이즈에 의존하므로, 상기 값을 $20\mu\text{m} \times 80\mu\text{m}$ 의 초점 사이즈로 환산하면, 40kW/mm^2 가 된다.

[0052] 한편으로, 벌크(bulk) Cu를 이용한 통상의 Cu 타겟의 경우, 이 값은 반분 이하이다. 또한, 도 9는, X선 발생 시험 후의 Cu벌크 타겟의 표면상태를 나타내는 도면이다. 도 9에 나타내는 예에서는, $40\text{kV} \cdot 11\text{mA}$ (= $440\text{W} = 4\text{kW/mm}^2$)로 약1시간 부하를 가한 것으로서, 표면이 완전히 손상되어 있음을 알 수 있다.

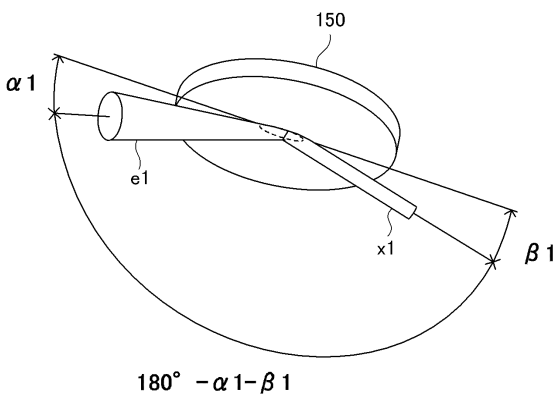
[0053] 한편, 도 10은, X선 발생 시험 후의 다이아몬드 상의 타겟용의 Cu 박막의 표면상태를 나타내는 도면이다. 도 10에 나타내는 예에서는, $40\text{kV} \cdot 15\text{mA}$ (= $600\text{W} = 5.45\text{kW/mm}^2$)로 약100시간 부하를 가한 것으로서, 표면이 완전히 정상상태임을 알 수 있다. 또한, 초점 사이즈는 양자 모두 $0.1\text{mm} \times 1.1\text{mm}$ 이다.

도면

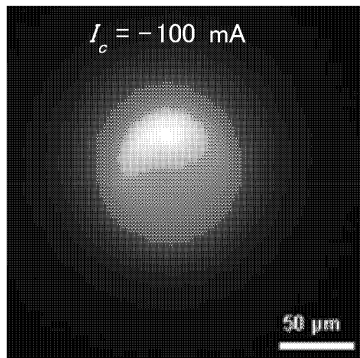
도면1



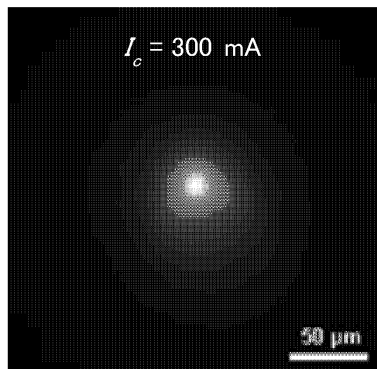
도면2



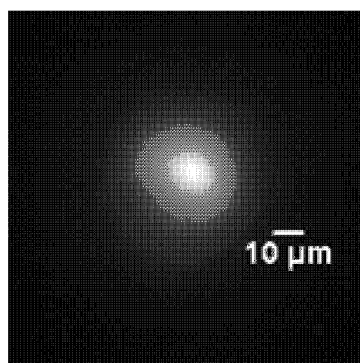
도면3



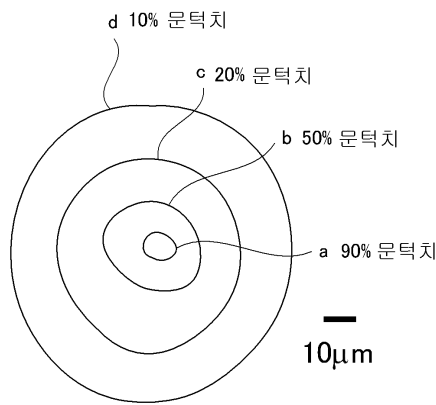
도면4



도면5



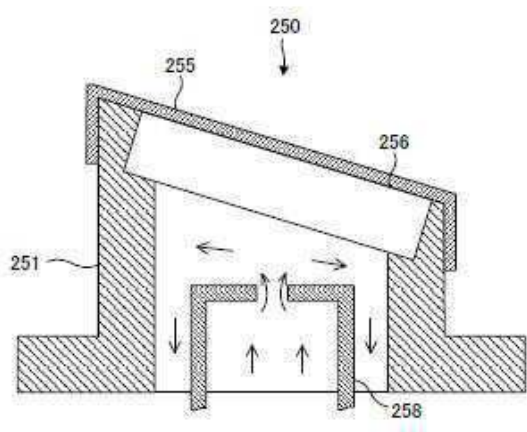
도면6



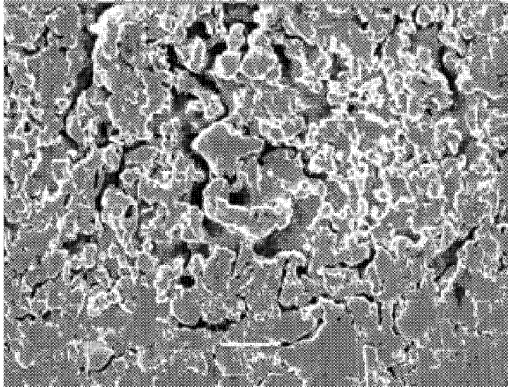
도면7

	스폿 크기 H(μ m) x V(μ m)	X선 강도 (mV)	상대 X선 강도
Example 1	24 x 22	167.6	0.88
Example 3	22 x 19	190.5	1.00

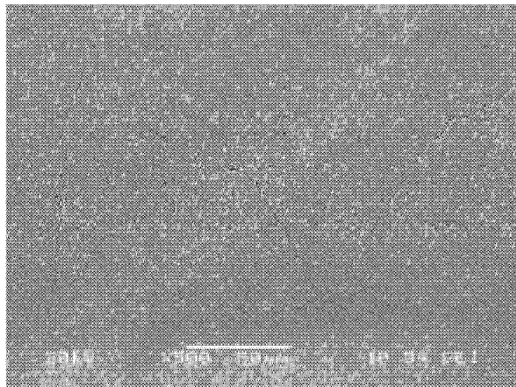
도면8



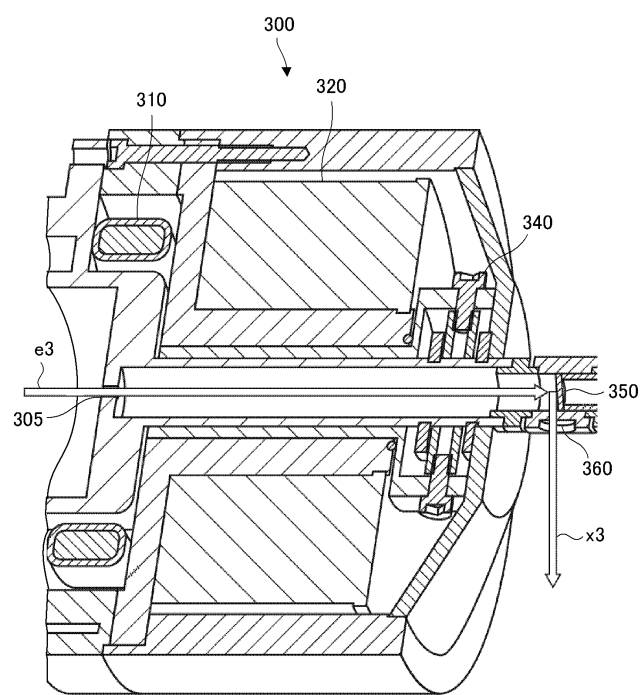
도면9



도면10



도면11



도면12

