

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年6月22日(22.06.2017)



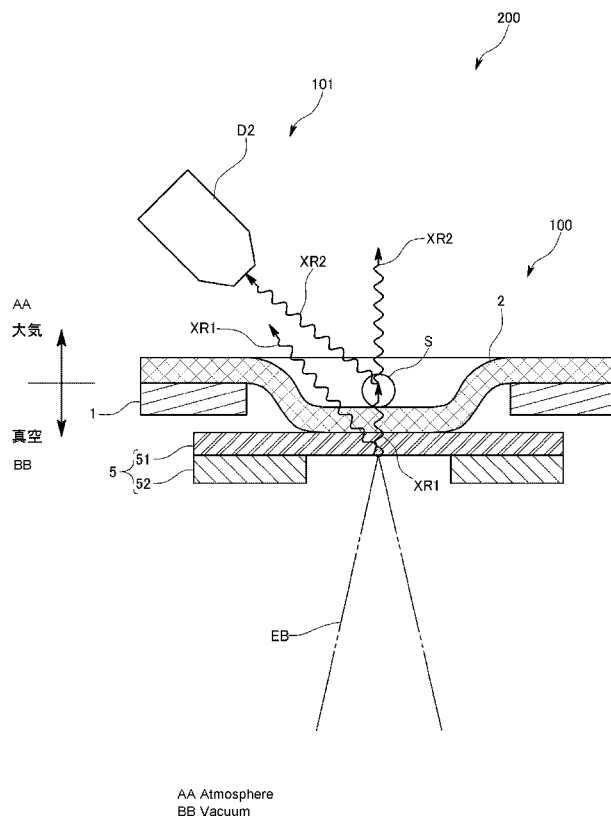
(10) 国際公開番号
WO 2017/104659 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 35/18 (2006.01) G01N 23/207 (2006.01)
G01N 23/04 (2006.01) G01N 23/223 (2006.01)
H01J 35/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/087055
- (22) 国際出願日: 2016年12月13日(13.12.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-244617 2015年12月15日(15.12.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社堀場製作所 (HORIBA, LTD.)
[JP/JP]; 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 栗田 正吾 (AWATA, Shogo); 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 西村 竜平 (NISHIMURA, Ryuhei); 〒6040857 京都府京都市中京区蒔絵屋町280番地 ヤサカ烏丸御所南ビル3F Kyoto (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: X-RAY TUBE AND X-RAY SPECTROMETER

(54) 発明の名称: X線管、及び、X線分析装置



(57) Abstract: In order to provide an X-ray tube that reduces to the extent possible the distance between a target and a sample and can suppress the occurrence of deformations resulting from the pressure differential in a target which emits X-rays upon being irradiated with an electron beam, and to provide an X-ray spectrometer using said X-ray tube, this X-ray tube is equipped with a target mechanism (5) that is provided to the interior of a vacuum container (1) and that receives an electron beam EB and emits X-rays XR, and an X-ray permeable film (2) that is provided separately from the target mechanism (5) in a manner partitioning between the inside and the outside of the vacuum container (1) and through which the X-rays emitted from the target mechanism (5) are capable of passing, wherein the X-ray permeable film (2) bows inward into the vacuum container (1) and approaches or comes into contact with the target mechanism (5) when the interior of the vacuum container (1) is at a prescribed degree of vacuum.

(57) 要約:

[続葉有]



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

ターゲットと試料との距離をできる限り小さくしつつ、電子線が照射されてX線を射出するターゲットについては圧力差による変形は生じにくくすることができるX線管、及び、このX線管を用いたX線分析装置を提供するために、真空容器(1)の内部に設けられ、電子線EBを受けてX線XRを射出するターゲット機構(5)と、前記真空容器(1)の内外を仕切るように前記ターゲット機構(5)とは別体として設けられ、当該ターゲット機構5から射出されたX線が透過可能なX線透過膜(2)と、を備え、前記X線透過膜(2)が、前記真空容器(1)の内部が所定の真空度の場合に当該真空容器(1)の内側へたわんで前記ターゲット機構(5)に近接又は接触するように構成した。

明 細 書

発明の名称： X線管、及び、X線分析装置

技術分野

[0001] 本発明は、真空容器内に配置されたターゲットに対して電子線を照射し、前記ターゲットからX線を射出させるように構成されたX線管、及び、X線管を用いたX線分析装置に関するものである。

背景技術

[0002] X線管100Aは、図8に示すように真空容器1A内に設けられた陰極3Aから発生させた電子線Eを陽極となるターゲット薄膜51Aに対して照射して、当該ターゲット薄膜51AからX線XRを発生させるように構成されている。

[0003] より具体的には図7及び特許文献1に示されるX線管100Aは、内部が所定の真空度に保たれる真空容器1Aと、真空容器1Aの開口部分を防ぐように設けられたダイヤモンド製のX線透過板2Aと、前記X線透過板2Aの内側面に対して一体となるように蒸着されたターゲット薄膜51Aと、前記ターゲット薄膜51Aに対して電子線Eを照射する陰極3Aと、を備えている。このX線管100Aは、電子線EBが前記ターゲット薄膜51A上に微小な像を結ぶように構成された、いわゆるマイクロフォーカスX線管である。

[0004] このように構成されたX線管100Aを用いて例えばX線透視画像を撮像する場合、X線が発生する前記ターゲット薄膜51Aに撮像対象となる試料Sをできるだけ近づけたほうが、得られる撮像画像の解像度や輝度を向上させることができる。したがって、前記ターゲット薄膜51Aは、X線透過窓の近傍に設けて試料との距離を小さくするように配置される。

[0005] しかしながら、例えば大気圧中に前記試料Sが配置されている場合には前記X線管100Aの内外において圧力差があるため、前記X線透過窓板2Aは前記真空容器1Aの内側へ凹むようにたわんでしまう。この際、前記X線

透過窓板 2 A と一体に形成されている前記ターゲット薄膜 5 1 A も同じよう内側へ凹むようにたわんでしまう。

[0006] ここで、前記ターゲット薄膜 5 1 A の変位量が大きく塑性変形が生じている場合にはターゲット薄膜 5 1 A と試料 S との間の距離は設計上の距離よりも大きい状態が維持されてしまい、X 線透過画像の解像度が常に低下する原因となる。

[0007] また、前記ターゲット薄膜 5 1 A に弾性変形が生じている場合でもメンテナンス等のために前記 X 線管 1 0 0 A 内は大気開放されるため、前記ターゲット薄膜 5 1 A には変形と復元による繰り返し応力が発生し、前記ターゲット薄膜 5 1 A が早期に劣化又は破壊されてしまう恐れがある。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献 1：特開 2 0 0 2 — 4 2 7 0 5 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は上述したような問題を鑑みてなされたものであり、試料とターゲットとの間の離間距離を最適化することができ、例えば X 線に基づく撮像画像の解像度や輝度を高くすることができる X 線管、及び、この X 線管を用いた X 線分析装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] すなわち、本発明に係る X 線管は、真空容器の内部に設けられ、電子線を受けて X 線を射出するターゲット機構と、前記真空容器の内外を仕切るように前記ターゲット機構とは別体として設けられ、当該ターゲット機構から射出された X 線が透過可能な X 線透過膜と、を備え、前記 X 線透過膜が、前記真空容器の内部が所定の真空度の場合に当該真空容器の内側へたわんで前記ターゲット機構に近接又は接触するように構成されていることを特徴とする。

- [0011] このようなものであれば、前記真空容器の内外に圧力差があってもその圧力差に基づく荷重は主に前記X線透過膜で負担させることができる。また、前記X線透過膜と前記ターゲット機構は別体として構成されているので、前記X線透過膜の変形は前記ターゲット機構に対してほとんど伝達されない。したがって、前記ターゲット機構にほとんど荷重がかからないようにして当該ターゲット機構に変形が生じるのを防ぐことができる。
- [0012] さらに、前記X線透過膜が、前記真空容器の内部が所定の真空度の場合に当該真空容器の内側へたわんで前記ターゲット機構に近接又は接触するように構成されているので、前記X線透過膜の外側に配置される分析対象の試料と前記ターゲット機構との間の距離を小さくすることができる。しかも、前記ターゲット機構には変形はほとんど生じないので、前記試料と前記ターゲット機構との間の距離は設計上の値でほぼ保つことができる。
- [0013] また、前記ターゲット機構には変形がほとんど生じないので変形と復元が繰り返されることによる繰り返し荷重も小さく、前記ターゲット機構を長寿命にすることができる。
- [0014] 試料とX線の発生源である前記ターゲット機構との間の距離を短くすることができ、例えば試料のX線撮像画像の解像度や輝度を従来よりも向上させることができるようにするには、前記X線透過膜の外側面が、X線の照射対象である試料が載置される試料載置面であり、前記X線透過膜の内側面が、前記ターゲット機構と近接又は接触する対向面であればよい。
- [0015] 試料と前記ターゲット機構において実際にX線が発生している箇所との間の距離を前記X線透過膜の厚み程度にすることができ、試料のX線撮像画像における解像度や輝度をさらに向上させられるようにするには、前記ターゲット機構が、金属からなるターゲット薄膜と、前記真空容器の内外の圧力差が無い場合に前記X線透過膜から所定距離離間した位置に前記ターゲット薄膜を配置するターゲット支持体と、を備えたものであればよい。
- [0016] 前記真空容器の内外の圧力差による前記ターゲット薄膜の変形を最小限に抑えつつ、試料と前記ターゲット薄膜との距離を最も近づけられるようにす

るには、前記真空容器の内外の圧力が無い場合における前記X線透過膜と前記ターゲット薄膜との間の離間距離が、前記真空容器の内部が所定の真空度の場合に前記X線透過膜に生じる前記ターゲット薄膜側への変形量とほぼ同じ値に設定されていればよい。

[0017] 前記ターゲット薄膜から射出されるX線の進行方向を所定の方向に限定し、前記ターゲット薄膜で発生した一次X線が多量に検出器に入射することを防ぎ、例えば試料で発生した二次X線のみを検出しやすくして、試料のX線透過画像をより鮮明しつつ、前記ターゲット薄膜の変形は抑えられるようにするには、前記ターゲット機構が、金属からなるターゲット薄膜と、前記真空容器の内外の圧力差が無い場合に前記X線透過膜から所定距離離間した位置に前記ターゲット薄膜を配置するターゲット支持体と、前記X線透過膜と、前記ターゲット薄膜との間に設けられ、前記ターゲット薄膜で発生したX線の進行方向を所定方向に規制する介在体と、を備え、前記X線透過膜が、前記真空容器の内部が所定の真空度の場合に前記介在体と接触するように構成されていればよい。

[0018] 前記ターゲット薄膜が前記試料に対して直接接触しないようにしてターゲット薄膜の試料との化学的反応による劣化を防ぐことができるようにするには、前記X線透過膜が、ポリイミドで形成された弾性膜であればよい。

[0019] 前記ターゲット機構からX線が射出される全域に対して前記X線透過膜が平面状に接触させるには、前記X線透過膜において前記真空容器の内側へ変形する領域の面積が、前記ターゲット機構に対して電子線が入射する面積よりも大きいものであればよい。

[0020] 前記X線透過膜上に配置されている試料が微小であっても、前記ターゲット機構から射出されるX線に対して試料を適切な位置に配置することを容易にし、より鮮明なX線撮像画像等を得られるようにするには、前記X線透過膜が、移動可能に設けられていればよい。

[0021] 本発明に係るX線管と、試料から発生したX線を検出するX線検出器と、前記検出器の出力に基づいて、X線のスペクトルを生成する信号処理部と、前

記信号処理部において生成されたX線のスペクトルに基づいて、試料の定性分析又は定量分析を行う分析部と、を備えたX線分析装置であれば、前記ターゲット機構におけるX線の発生位置と撮像対象の試料との位置を近づけ、解像度や輝度の高い画像を得ることができる。

[0022] X線に基づいて試料の各位置におけるより詳細な分析を可能とするには、前記X線透過膜上の外側面を視野内に捉えるように設けられた光学顕微鏡と、試料の各位置における元素分布をマッピングした画像データを生成するイメージング部と、をさらに備えたものであればよい。

発明の効果

[0023] このように本発明に係るX線管によれば、X線の照射時において前記試料と前記ターゲット機構との離間距離を最適化することができ、例えば試料のX線透過画像等においてその解像度や輝度等を向上させることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の第1実施形態に係るX線管、及び、X線分析装置を示す模式図。

[図2]第1実施形態に係るX線管の先端部分を拡大した模式的断面拡大図。

[図3]第1実施形態に係るX線管の真空引きされていない場合におけるX線透過膜及びターゲット機構の構造を示す模式的断面拡大図。

[図4]第1実施形態に係るX線管の真空引きされている場合におけるX線透過膜及びターゲット機構の構造を示す模式的断面拡大図。

[図5]本発明の第2実施形態に係るX線管の構造を示す模式的断面拡大図。

[図6]第2実施形態に係るX線管のキャピラリープレートの構造を示す模式的斜視図。

[図7]第2実施形態の変形例におけるX線管の構造を示す模式的断面拡大図。

[図8]従来のX線管の構造を示す模式的断面図。

符号の説明

[0025] 200・・・X線分析装置

100 . . . X線管
101 . . . 検出器系
D2 . . . 第2 X線検出器
1 . . . 真空容器
2 . . . X線透過膜
3 . . . 電子線源
4 . . . ビーム光学系
5 . . . ターゲット機構
51 . . . ターゲット薄膜
52 . . . ターゲット支持体
53 . . . 介在体
81 . . . 信号処理部
82 . . . 分析部
83 . . . イメージング部
MS . . . 光学顕微鏡

発明を実施するための形態

[0026] 本発明の第1実施形態に係るX線管100、及び、X線分析装置200について図1乃至図4を参照しながら説明する。第1実施形態のX線管100は、一次X線XR1の焦点径が数 μ m程度となるように構成されたマイクロフォーカスX線源である。また、第1実施形態のX線分析装置200は、図1に示すように前記X線管100と、検出器系101と、制御部7と、演算機構8と、表示器9とからなり、前記X線管100が鉛直上向きに一次X線XR1を射出するように構成した倒立型のX線分析装置200である。このX線分析装置200では、前記X線管100の天面に形成したX線透過窓部分にX線分析対象となる試料Sが直接載置され、当該試料Sにおいて発生した二次X線XR2を検出して試料Sの分析を行うようにしてある。

[0027] より具体的に前記X線管100は、図1に示すように真空容器1と、前記真空容器1の内外を仕切るように設けてあり、X線透過窓を形成するX線透

過膜 2 と、前記真空容器 1 の内部に設けられた電子線源 3、ビーム光学系 4、及び、前記ターゲット薄膜 5 1 を含むターゲット機構 5 と、を少なくとも備えているものである。第 1 実施形態の前記 X 線管 1 0 0 は、内部が所定の真空度に保たれて一次 X 線 X R 1 が試料 S に照射される状態では、前記 X 線透過膜 2 を挟んで試料 S と前記ターゲット薄膜 5 1 とが隣接するようにしてある。

[0028] 前記真空容器 1 は、真空ポンプ 6 と接続してあり、この真空容器 1 の内部は試料 S へ一次 X 線 X R 1 を照射する際には所定の真空度に保たれるようにしてある。この真空容器 1 は図 2 及び 3 に示すようにその天面部には、前記 X 線透過膜 2 が着脱可能に設けてある。

[0029] 前記 X 線透過膜 2 は、図 3 の拡大図に示すようにメンブレン構造をなすものであり、前記真空容器 1 の内部が真空引きされておらず、大気圧とほぼ同じ圧力の場合には前記ターゲット機構 5 と接触しないように当該ターゲット機構 5 とは別体として設けてある。一方、図 4 の拡大図に示すように前記真空容器 1 の内部が真空引きされて所定の真空度に保たれている場合には、前記 X 線透過膜 2 は前記真空容器 1 の内部側へと凹むように変形してその内側面である対向面が前記ターゲット機構 5 に対して直接接触するようにしてある。図 4 に示すように前記 X 線透過膜 2 の外側面において窪んでいる外側面には例えば試料 S が粒子状のものの場合にはそのくぼみ内に試料 S が配置できるようにしてある。なお、試料 S は粒子状のものに限られず、固体や液体であっても構わない。この X 線透過膜 2 は例えば所定の弾性を有したポリイミドで形成してあり、対象となる試料 S と化学的な反応を有さないとともに、X 線透過性を有するものが選択してある。

[0030] 前記電子線源 3 は、図 1 に示すように前記ターゲット薄膜 5 1 に対して陽極となるように電圧が印加され、前記ターゲット薄膜 5 1 に対して電子線 E B を射出するように構成してある。

[0031] 前記ビーム光学系 4 は、図 1 に示すように例えば複数の電磁石からなり、前記電子線源 3 から射出される電子線 E B を偏向させ、前記ターゲット薄膜

5 1 上で数 μm 程度の直径で照射されるように集光するよう構成してある。
また、前記ビーム光学系 4 において形成する磁場又は電場を変化させることにより前記ターゲット薄膜 5 1 上の電子線 E B の照射位置を走査できるようにしてある。

[0032] 前記ターゲット機構 5 は、図 2 乃至図 4 に示すように前記電子線源 3 から射出された電子線 E B を受けて一次 X 線 X R 1 を前記 X 線透過膜 2 の方向へ射出するものである。より具体的には第 1 実施形態では前記ターゲット機構 5 は、前記ターゲット薄膜 5 1 と、前記ターゲット薄膜 5 1 を前記真空容器 1 の内外の圧力差が無い場合に前記 X 線透過膜 2 から所定距離離間した位置に前記ターゲット薄膜 5 1 を配置するターゲット支持体 5 2 と、を備えている。

[0033] 前記ターゲット薄膜 5 1 は、例えばタングステン等の金属からなる薄膜であり、電子線 E B を受けて X 線 X R を発生させるものである。この薄膜の一方の面は前記 X 線透過膜 2 の内側面と対向するように前記ターゲット支持体 5 2 により前記真空容器 1 の内部から支持してある。このターゲット薄膜 5 1 も劣化時には交換可能に構成してある。前記ターゲット支持体 5 2 は中央部に電子線 E B が入射して前記ターゲット薄膜 5 1 へと至る概略円形状の開口を有している。この開口は前記真空容器 1 において前記 X 線透過膜 2 が設けてある開口よりも小さく同軸上に形成してある。

[0034] 前記真空容器 1 の内外に圧力差がない場合における図 3 に示される前記ターゲット薄膜 5 1 と前記 X 線透過膜 2 との離間距離 d について説明する。図 4 に示されるように前記真空容器 1 の内部が所定の真空度となると、内外の圧力差による等分布荷重により前記 X 線透過膜 2 は内側へ凹むようにたわむ。この前記 X 線透過膜 2 の前記ターゲット薄膜 5 1 側の最大変位量と前記離間距離 d はほぼ同じ値になるように設定してある。すなわち、図 4 に示すように前記 X 線透過膜 2 が圧力差により変形した場合でも前記 X 線透過膜 2 は前記ターゲット薄膜 5 1 に対して接触するだけであり、前記ターゲット薄膜 5 1 に対して押圧して荷重をほとんど与えないように構成してある。したが

って、図3及び図4に示されるいずれの状態においても前記ターゲット薄膜51はほぼ同じ形状で保たれており、変形もほとんど生じないように構成してある。また、図4に示されるように変形後の前記X線透過膜2の内側面において平坦部分が前記ターゲット支持体52の開口部分とほぼ一致するようにしてある。したがって、前記ターゲット薄膜51のいずれの部分で電子線EBが照射されたとしても前記X線透過膜2に対してほぼ同じ状態で一次X線XR1が入射するようにしてある。

[0035] 前記検出器系101は、前記ターゲット薄膜51の面板部に対して垂直な方向を軸方向と定義した場合、この軸方向に沿って設けられた第1X線検出器D1と、前記軸方向に対して斜めに傾けて設けられた第2X線検出器D2と、前記X線透過膜2の外側面を視野内に捉えるように設けられた光学顕微鏡と、を備えたものである。前記第2X線検出器D2は、主要な一次X線XR1の進行方向に対して斜めに設けてあり、試料Sにおいて励起された二次X線XR2である蛍光X線を主として検出できるようにしてある。なお、このように設けられた第2X線検出器D2であっても、前記ターゲット薄膜51で発生する一次X線XR1のうち軸方向に対して斜めに進行するものについては一部入射する。

[0036] なお、本実施形態では前記検出器系101は、二次X線XR2として試料Sで励起された蛍光X線を検出するものであるが、その他の種類の二次X線XR2を検出するようにしてもよい。例えば前記検出器系101が検出する二次X線XR2は、試料Sにおいて一次X線XR1が散乱された散乱X線や、一次X線XR1が試料Sを透過した透過X線であってもよい。

[0037] 前記制御部7は、前記X線管100、前記真空ポンプ6、前記検出器系101、前記演算機構8の動作を制御するものである。

[0038] 前記演算機構8は、例えばCPU、メモリ、A/D・D/Aコンバータ、入出力手段等を備えたコンピュータであって、前記メモリに格納されているX線分析装置用プログラムが実行されるように構成してある。そして、前記演算機構8は、プログラムが実行されて各種機器が協業することにより、少

なくとも信号処理部 8 1、分析部 8 2、イメージング部 8 3としての機能を発揮する。

[0039] 前記信号処理部 8 1は、例えば前記第 1 X線検出器 D 1又は前記第 2 X線検出器 D 2の出力に基づいて、試料 Sから発生した二次 X線 X R 2のスペクトルを生成するものである。

[0040] 前記分析部 8 2は、前記信号処理部において生成された二次 X線 X R 2のスペクトルに基づいて、試料 Sの定性分析又は定量分析を行うものである。例えば前記分析部 8 2は、試料 Sから発生する蛍光 X線の波長から試料 Sの組成を特定し、その強度から構成物質の比率を特定する。

[0041] 前記イメージング部 8 3は、前記光学顕微鏡 M Sにより得られる試料 Sにおいて X線が照射されている位置に関する情報と、その X線が照射されている位置について前記分析部 8 2により出力される元素の定性分析結果又は定量分析結果に基づいて、試料 Sの各位置について元素分布をマッピングした画像データとして生成して前記表示器 9に対しては表示するものである。

[0042] このように構成された X線管 1 0 0、及び、X線分析装置 2 0 0によれば、前記真空容器 1内の圧力が所定の圧力であり、一次 X線 X R 1が試料 Sに対して照射される場合には、図 4に示すように試料 Sをターゲット薄膜 5 1に対して前記 X線透過膜 2の厚み分だけしか離間させずに近接させて配置することが可能となる。したがって、前記検出器系 1 0 1からの出力に基づいて得られる試料 Sの X線透過画像の解像度や輝度を原理的に最も高い状態にすることができる。しかも、前記 X線透過膜 2と前記ターゲット機構 5がそれぞれ別体として設けてあるので、前記真空容器 1の内外で圧力差がある場合に発生する荷重は前記 X線透過膜 2のみで負担され、前記ターゲット薄膜 5 1に対しては荷重がほとんど発生しないようにできる。このため、前記ターゲット薄膜 5 1が例えば塑性変形を起こし、前記電子線源 3側へと凹み前記 X線透過膜 2と前記ターゲット薄膜 5 1との間に隙間が生じて試料 Sと前記ターゲット薄膜 5 1との間の距離が設計値から大きくなる方向へ変化するのを防ぐことができる。また、前記真空容器 1内の圧力が例えばメンテナン

ス等により大気圧と所定の真空度との間を繰り返し変動していたとしても、前記ターゲット薄膜 5 1 には荷重の変動はほとんど生じないので、繰り返し荷重による劣化や破壊が生じにくく、ターゲット薄膜 5 1 としての寿命も従来よりも向上させることができる。

[0043] 以上のように第 1 実施形態の X 線管 1 0 0 及び X 線分析装置 2 0 0 であれば、従来の X 線管においてはターゲット薄膜と試料をできるだけ近づけようとしたために真空容器の内外の圧力差によってターゲット薄膜に大きな変形が生じ、それが原因となって例えば X 線に基づく撮像画像の解像度や輝度が損なわれていた問題を解決することができる。

[0044] 加えて、前記ターゲット薄膜 5 1 は前記 X 線透過膜 2 を介して試料 S と近接するので、試料 S はターゲット薄膜 5 1 に対して直接接触することはない。したがって、試料 S とターゲット薄膜 5 1 を形成する金属とが化学的活性が高い場合でも、ターゲット薄膜 5 1 の化学反応による劣化を防ぐことができる。

[0045] 次に第 2 実施形態に係る X 線管 1 0 0 について図 5 及び 6 を参照しながら説明する。なお、第 1 実施形態において説明した部材に対応する部材については同じ符号を付すこととする。

[0046] 第 2 実施形態の X 線管 1 0 0 は、第 1 実施形態の X 線管 1 0 0 と比較して X 線透過膜 2 と、ターゲット機構 5 の構成が異なっている。

[0047] すなわち、第 2 実施形態のターゲット機構 5 は、金属からなるターゲット薄膜 5 1 と、前記真空容器 1 の内外の圧力差が無い場合に前記 X 線透過膜 2 から所定距離離間した位置に前記ターゲット薄膜 5 1 を配置するターゲット支持体 5 2 と、前記 X 線透過膜 2 と、前記ターゲット薄膜 5 1 との間に設けられ、前記ターゲット薄膜 5 1 で発生した X 線 X R の進行方向を所定方向に規制する介在体 5 3 と、を備えている。

[0048] 前記介在体 5 3 について図 6 を参照しながら説明する。この介在体 5 3 は円板状の鉛ガラスについて両方の面板部を軸方向に貫通するように多数のキャピラリー C が形成されたキャピラリープレートである。そして、各キャピ

ラリーCが前記ターゲット薄膜51の面板部に対して垂直となるように前記介在体53は当該ターゲット薄膜51上に載置してある。また、前記介在体53は前記真空容器1又は前記X線透過膜2のいずれとも接着等により固定はされておらず、各構成部材と別体として設けてある。

[0049] 前記真空容器1内が所定の真空度となった場合において、第2実施形態では前記X線透過膜2の変形量は第1実施形態の変形量と比較して小さくなるように前記X線透過膜2の寸法や剛性が設定してある。そして、前記X線透過膜2は内側にたわんで変形した状態で前記介在体53の外側面と接触するとともに、前記介在体53及び前記ターゲット薄膜51に対してはほとんど荷重を発生させないようにしてある。

[0050] このように構成された第2実施形態のX線管100であれば、前記介在体53により前記ターゲット薄膜51で発生したX線XRの進行方向をキャピラリーの延びる軸方向のみに限定することができる。したがって、図4において示されるような軸方向に対して斜め方向に進行する一次X線XR1が直接第2X線検出器D2に入射するのを防ぎ、試料Sに由来する二次X線XR2のみの撮像が可能となる。したがって、第2検出器D2においては、一次X線XR1が入射することによりバックグラウンドのノイズが大きくなり、出力が飽和しやすくなるのを防ぐことができる。このため、二次X線XR2の検出レンジや解像度をより大きくすることができ、精密な分析が可能となる。

[0051] また、第2実施形態のX線管100も第1実施形態と同様に前記真空容器1の内外に圧力差がある場合でも前記ターゲット薄膜51にはほぼ荷重が発生せず変形を生じないようにすることができる。したがって、第1実施形態とほぼ同じ効果を奏し得る。

[0052] 次に第2実施形態の変形例について図7を参照しながら説明する。前述した第2第2実施形態では、前記X線透過膜2と前記ターゲット薄膜51との離間距離がほぼ同じ厚みの前記介在体53を設けていたが、より厚みの小さい介在体を設けてもよい。この場合、図7に示すように前記真空容器1内が

所定の真空度となった場合に、前記X線透過膜2が内側へたわんで前記介在体53の上側面と近接又は接触するように構成してもよい。

[0053] その他の実施形態について説明する。

[0054] 前記X線透過膜はポリイミドに限られるものではなく、X線透過性を有するとともに試料に対して化学的な反応性を有さない樹脂膜であってもよい。例えば、前記X線透過膜はマイラー膜等であってもよい。

[0055] 前記ターゲット薄膜は、タングステンに限られるものではなく、銅、モリブデン、コバルト、クロム、鉄、銀等であっても構わない。

[0056] 前記X線分析装置は、試料に対してX線を照射し、試料から発生して得られる散乱X線や蛍光X線、透過X線等に基づいて試料の分析を行うものであればよい。

[0057] 前記介在体は、キャピラリープレートに限られるものではなく、窒化珪素（シリコンナイトライド）等であっても構わない。

[0058] 前記X線透過膜は、前記ターゲット薄膜に対してその位置を変更可能に構成してもよい。すなわち、前記真空容器において天面部を例えば前記X線透過膜を支持しつつ、前記ターゲット薄膜の面板方向に対して移動可能なステージとして構成してもよい。このようにすれば、試料が非常に微小であり、ターゲット薄膜から射出されるX線がうまく入射しない場合には、その位置を変更してX線が照射されるようにすることができる。

[0059] 前記X線透過膜は、前記真空容器内が所定の真空度となった場合に前記ターゲット機構に対してわずかに離間して近接するように構成してもよい。例えばマイクロフォーカスX線管として求められる精度を実現できる程度であれば、前記真空容器内が所定の真空度となった場合に前記X線透過膜を前記ターゲット薄膜に対して離間させてもよい。前記真空容器内が所定の真空度となった場合における前記X線透過膜と前記ターゲット薄膜の離間距離は例えば1mm以下となるようにすればよい。あるいは、ターゲット機構とX線透過膜の距離はX線透過膜の膜厚以下であってもよい。

[0060] その他、本発明の趣旨に反しない限りにおいて様々な実施形態の変形や組

みあわせを行っても構わない。

産業上の利用可能性

[0061] 本発明に係るX線管であれば、X線の照射時において前記試料と前記ターゲット機構との離間距離を最適化することができ、例えば試料のX線透過画像等においてその解像度や輝度等を向上させることが可能となる。

請求の範囲

- [請求項1] 真空容器の内部に設けられ、電子線を受けてX線を射出するターゲット機構と、
- 前記真空容器の内外を仕切るように前記ターゲット機構とは別体として設けられ、当該ターゲット機構から射出されたX線が透過可能なX線透過膜と、を備え、
- 前記X線透過膜が、前記真空容器の内部が所定の真空度の場合に当該真空容器の内側へたわんで前記ターゲット機構に近接又は接触するように構成されていることを特徴とするX線管。
- [請求項2] 前記X線透過膜の外側面が、照射対象である試料が載置される試料載置面であり、
- 前記X線透過膜の内側面が、前記ターゲット機構と近接又は接触する対向面である請求項1記載のX線管。
- [請求項3] 前記ターゲット機構が、
- 金属からなるターゲット薄膜と、
- 前記真空容器の内外の圧力差が無い場合に前記X線透過膜から所定距離離間した位置に前記ターゲット薄膜を配置するターゲット支持体と、を備え、
- 前記X線透過膜が、前記真空容器の内部が所定の真空度の場合に前記ターゲット薄膜と近接又は接触するように構成されている請求項1記載のX線管。
- [請求項4] 前記真空容器の内外の圧力差が無い場合における前記X線透過膜と前記ターゲット薄膜との間の離間距離が、前記真空容器の内部が所定の真空度の場合に前記X線透過膜に生じる前記ターゲット薄膜側への変形量とほぼ同じ値に設定されている請求項3記載のX線管。
- [請求項5] 前記ターゲット機構が、
- 金属からなるターゲット薄膜と、
- 前記真空容器の内外の圧力差が無い場合に前記X線透過膜から所

定距離離間した位置に前記ターゲット薄膜を配置するターゲット支持体と、

前記X線透過膜と、前記ターゲット薄膜との間に設けられ、前記ターゲット薄膜で発生したX線の進行方向を所定方向に規制する介在体と、を備え、

前記X線透過膜が、前記真空容器の内部が所定の真空度の場合に前記介在体と近接又は接触するように構成されている請求項1記載のX線管。

[請求項6] 前記X線透過膜が、ポリイミドで形成された弾性膜である請求項1に記載のX線管。

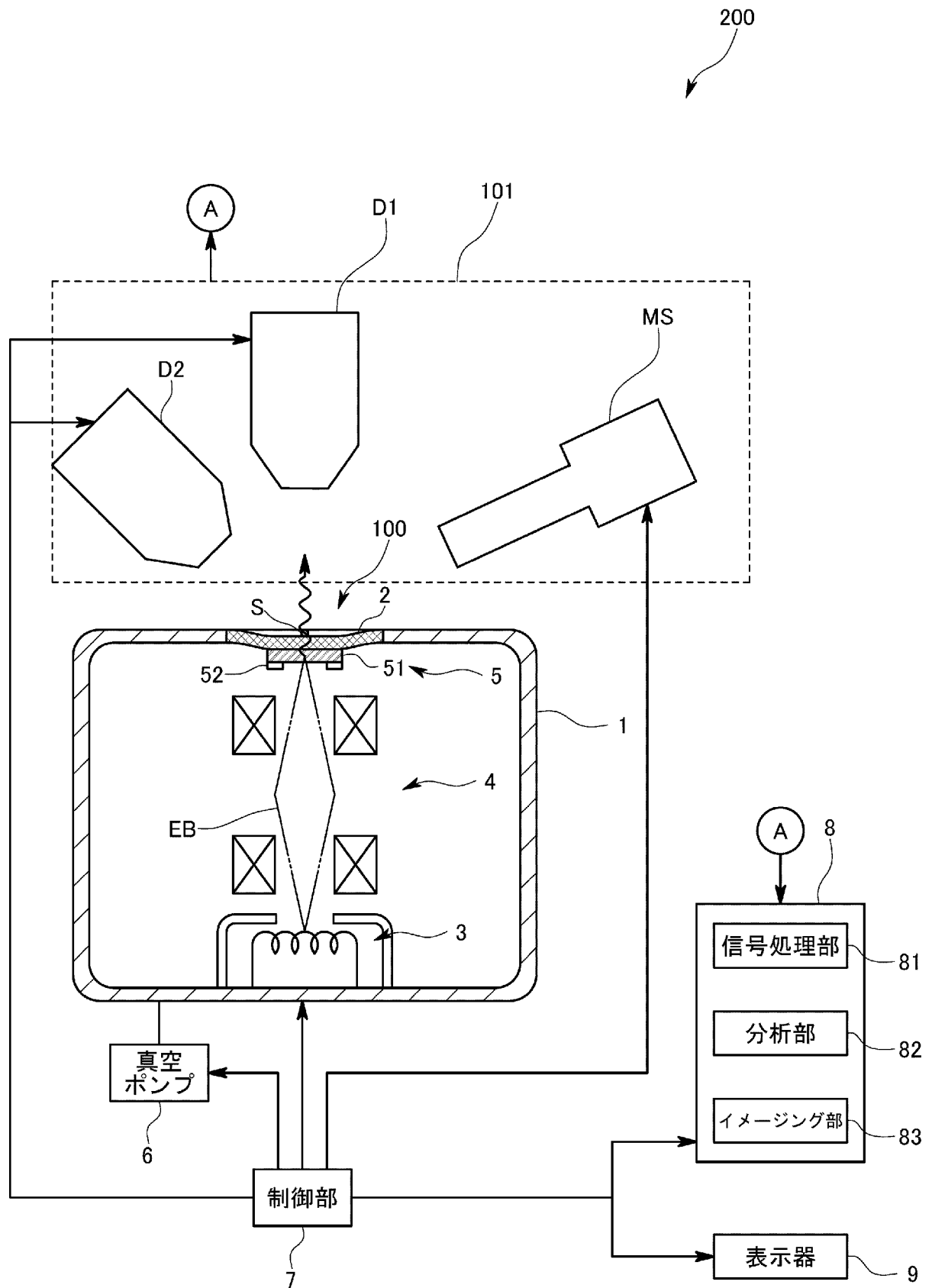
[請求項7] 前記X線透過膜において前記真空容器の内側へ変形する領域の面積が、前記ターゲット機構に対して電子線が入射する面積よりも大きい請求項1に記載のX線管。

[請求項8] 前記X線透過膜が、移動可能に設けられている請求項1に記載のX線管。

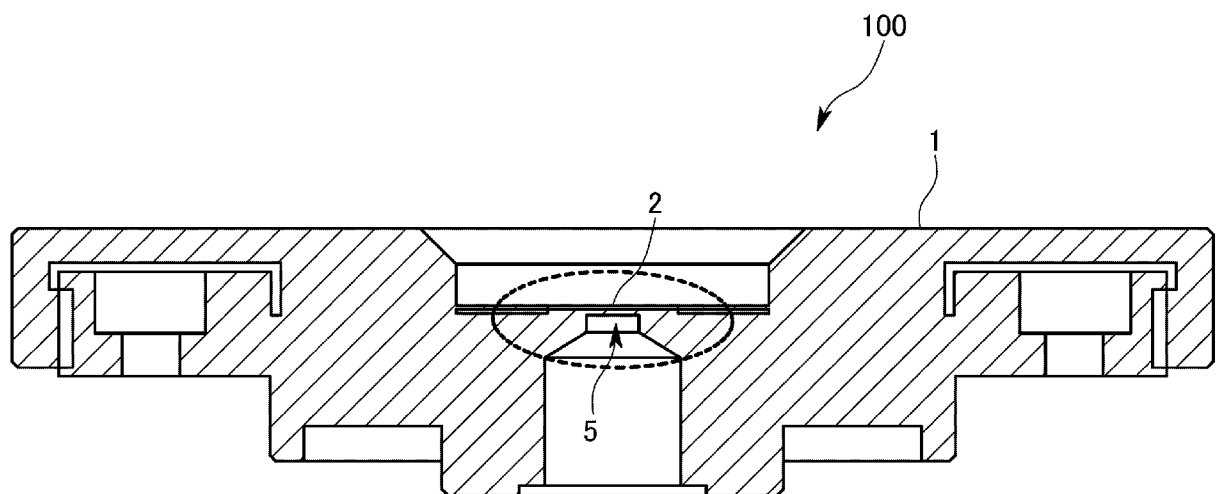
[請求項9] 請求項1に記載のX線管と、
試料から発生したX線を検出するX線検出器と、
前記検出器の出力に基づいて、X線のスペクトルを生成する信号処理部と、
前記信号処理部において生成されたX線のスペクトルに基づいて、試料の定性分析又は定量分析を行う分析部と、を備えたX線分析装置。

[請求項10] 前記X線透過膜上の外側面を視野内に捉えるように設けられた光学顕微鏡と、
試料の各位置における元素分布をマッピングした画像データを生成するイメージング部と、をさらに備えた請求項9記載のX線分析装置。

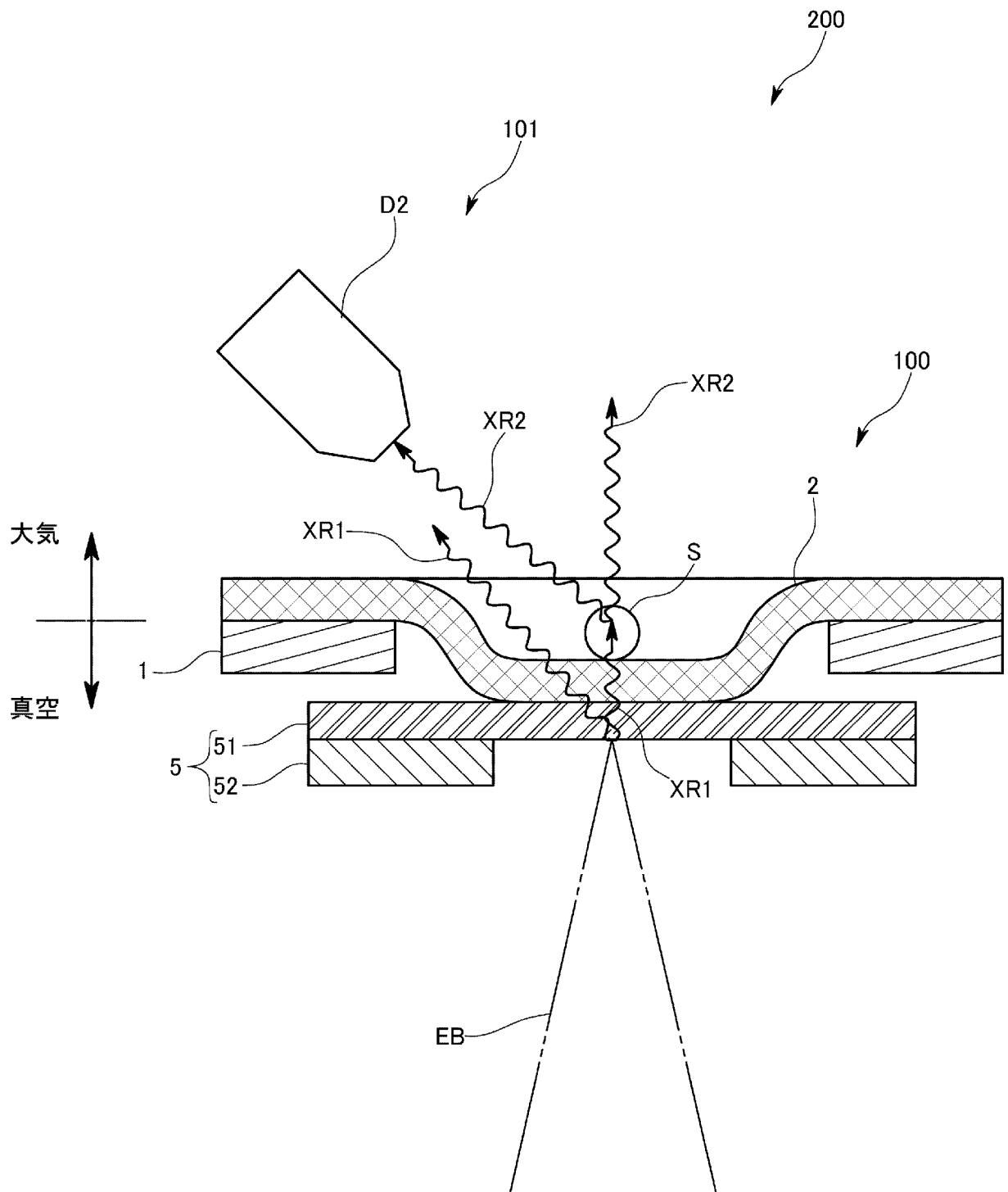
[図1]



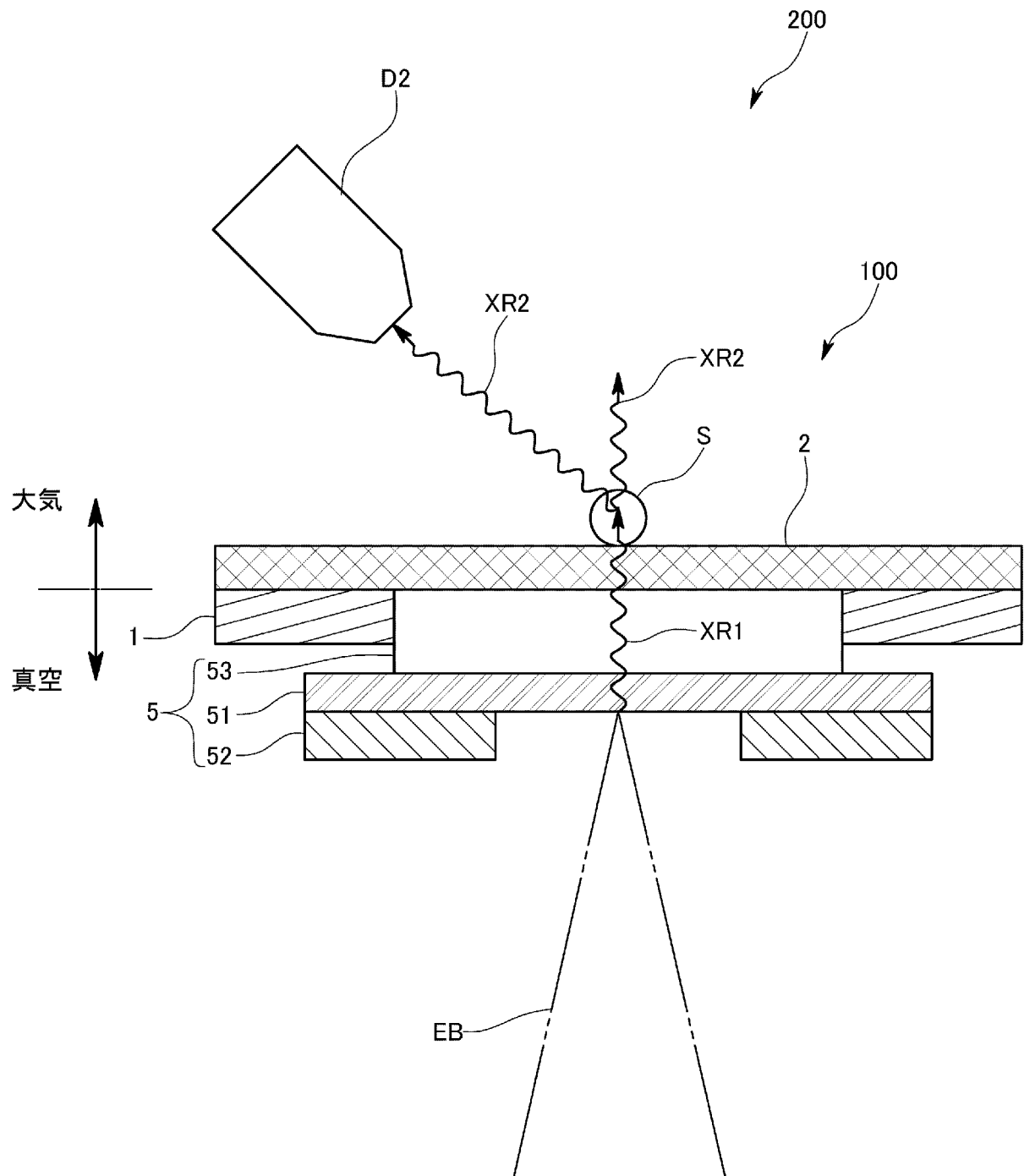
[図2]



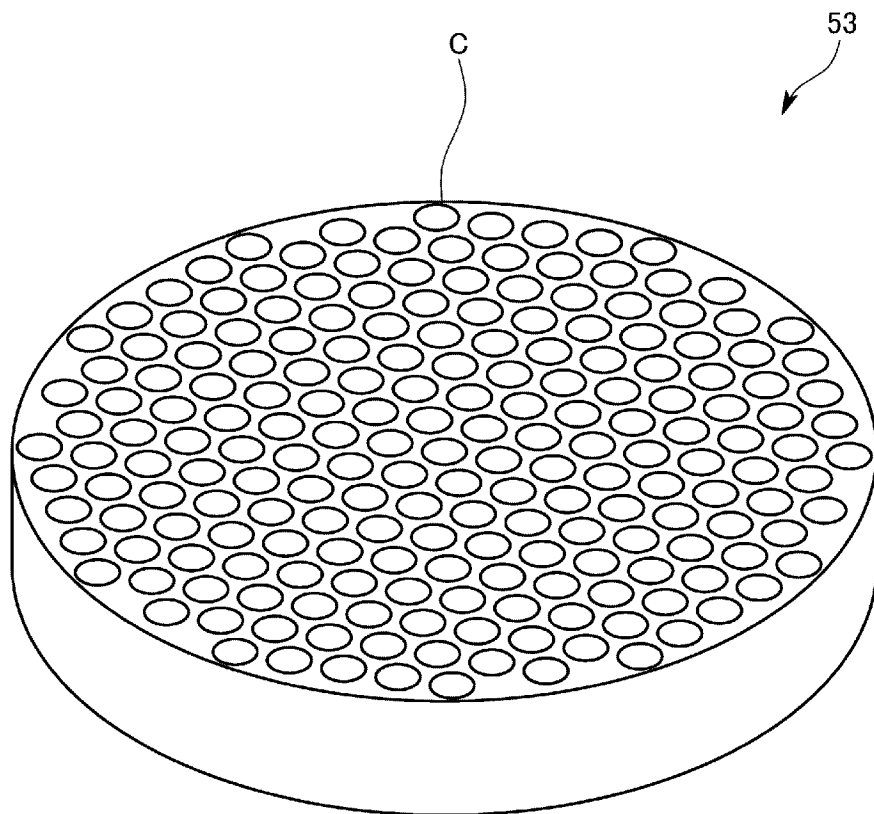
[図4]



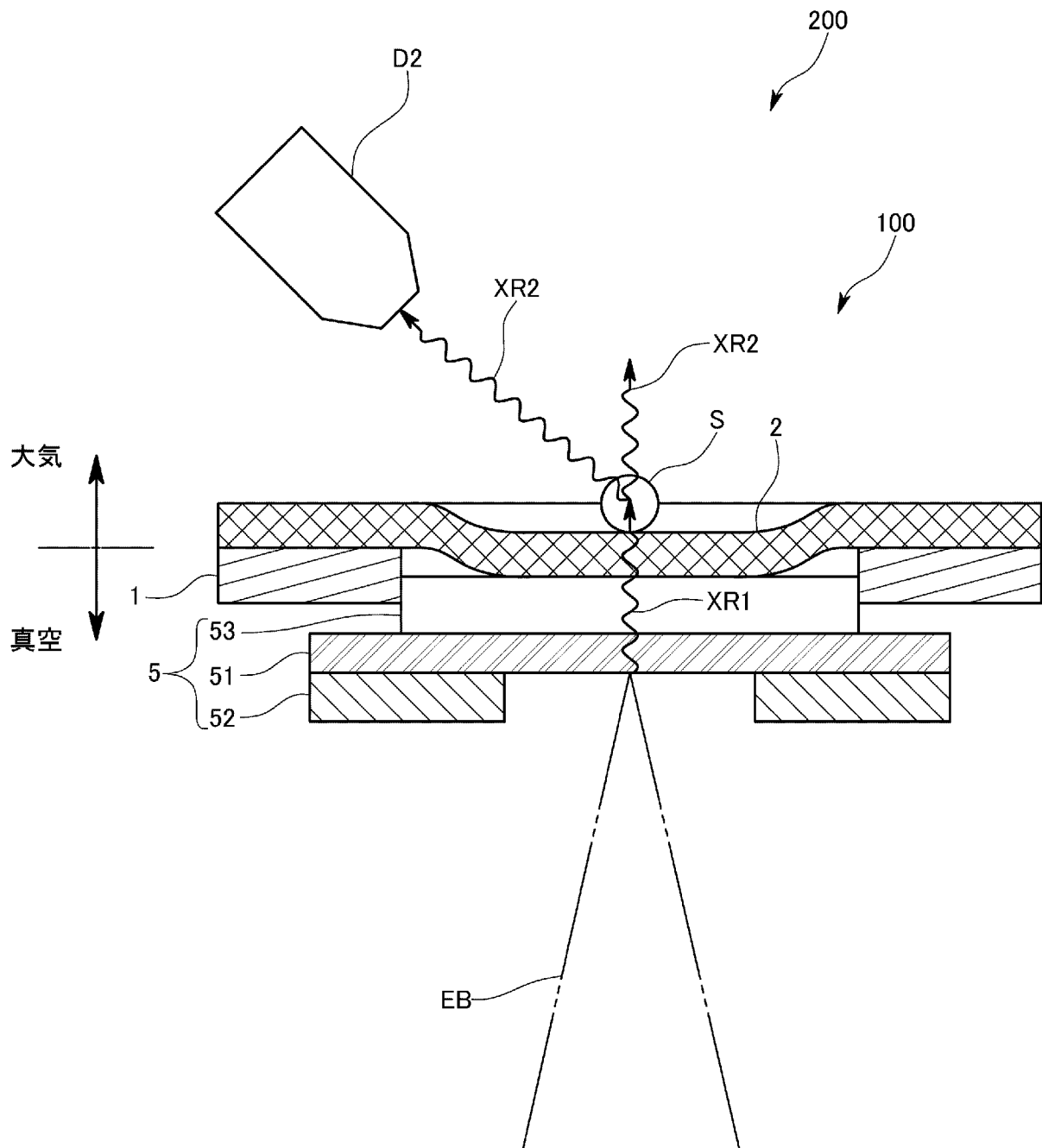
[図5]



[図6]

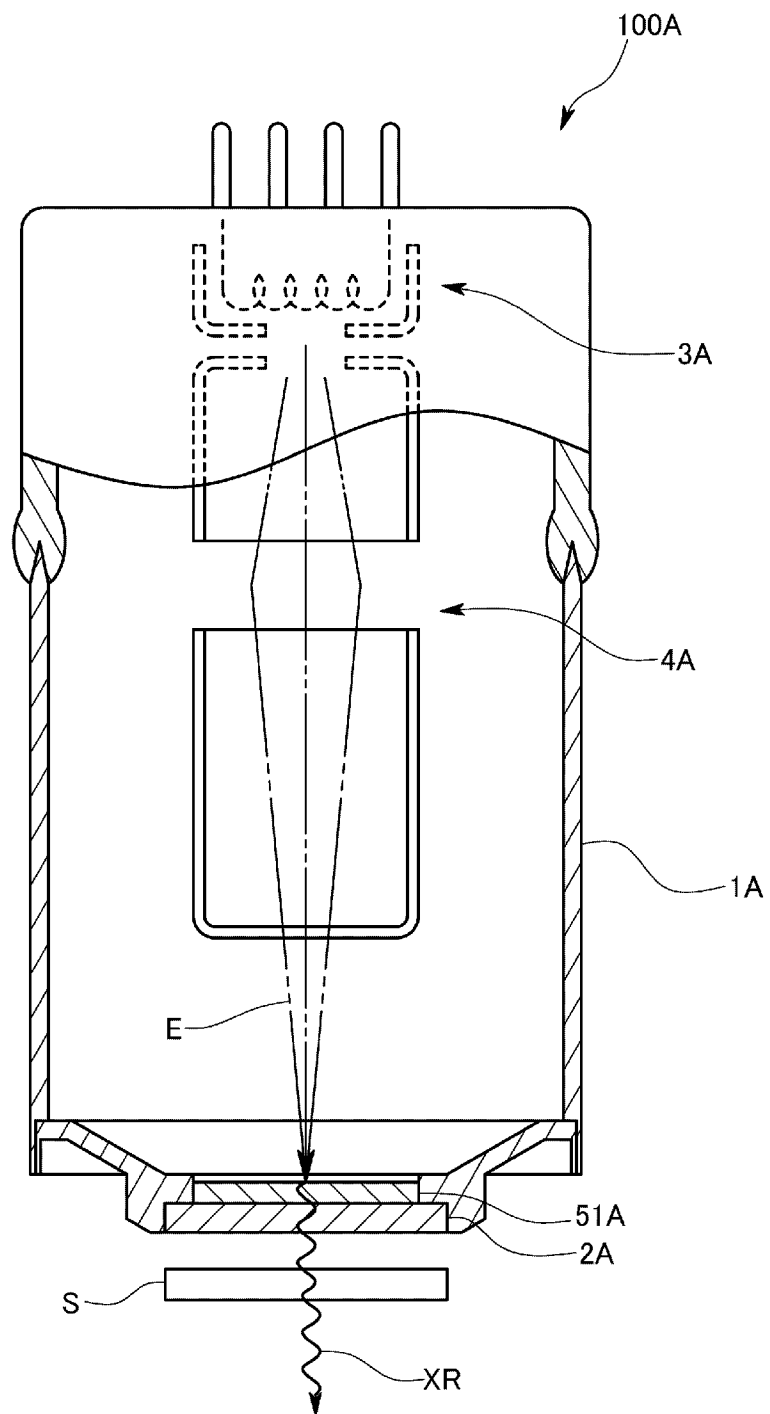


[図7]



[図8]

従来技術



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/087055

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J35/18(2006.01)i, G01N23/04(2006.01)i, H01J35/08(2006.01)i, G01N23/207(2006.01)n, G01N23/223(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J35/18, G01N23/04, H01J35/08, G01N23/207, G01N23/223

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2001-266781 A (Toshiba Corp.), 28 September 2001 (28.09.2001), paragraphs [0021] to [0026], [0028]; fig. 3 (Family: none)	1, 3, 6-8 2, 5, 9-10 4
Y A	JP 2011-209118 A (JEOL Ltd.), 20 October 2011 (20.10.2011), paragraphs [0046] to [0048]; fig. 1 (Family: none)	2, 9-10 1, 3-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 March 2017 (09.03.17)

Date of mailing of the international search report
21 March 2017 (21.03.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/087055

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 54-61494 A (The Machlett Laboratories Inc.), 17 May 1979 (17.05.1979), page 5, upper left column, lines 2 to 8; fig. 4 & US 004166231 A1 page 6, column 4, lines 31 to 38; fig. 4 & GB 002005911 A & DE 002842036 A & FR 002405555 A & CH 000635705 A & IT 007851409 B	5 1-4, 6-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01J35/18(2006.01)i, G01N23/04(2006.01)i, H01J35/08(2006.01)i, G01N23/207(2006.01)n,
G01N23/223(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01J35/18, G01N23/04, H01J35/08, G01N23/207, G01N23/223

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2001-266781 A（株式会社東芝）2001.09.28, 段落[0021]-[0026]、図3（ファミリーなし）	1, 3, 6-8 2, 5, 9-10 4
Y A	JP 2011-209118 A（日本電子株式会社）2011.10.20, 段落[0046]-[0048]、図1（ファミリーなし）	2, 9-10 1, 3-8

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.03.2017

国際調査報告の発送日

21.03.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

波多江 進

2G

7858

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 54-61494 A (ザ・マツクレット・ラボラトリース・インコーポレ ーテッド) 1979.05.17, 5 頁左上欄 2 行目－8 行目、図 4 & US 004166231 A1, 6 頁第 4 欄 3 1 行目－3 8 行目、図 4 & GB 002005911 A & DE 002842036 A & FR 002405555 A & CH 000635705 A & IT 007851409 B	5 1-4, 6-10