

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-190877  
(P2005-190877A)

(43) 公開日 平成17年7月14日(2005.7.14)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 J 35/18	HO 1 J 35/18	2 G 0 0 1
GO 1 N 23/223	GO 1 N 23/223	4 C 0 9 2
HO 1 J 35/08	HO 1 J 35/08	B
HO 5 G 1/00	HO 5 G 1/00	G

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2003-432193 (P2003-432193)	(71) 出願人	000250351 理学電機工業株式会社 大阪府高槻市赤大路町14番8号
(22) 出願日	平成15年12月26日(2003.12.26)	(74) 代理人	100087941 弁理士 杉本 修司
		(74) 代理人	100086793 弁理士 野田 雅士
		(74) 代理人	100112829 弁理士 堤 健郎
		(72) 発明者	庄司 孝 大阪府高槻市赤大路町14番8号 理学電機工業株式会社内
		(72) 発明者	池下 昭弘 大阪府高槻市赤大路町14番8号 理学電機工業株式会社内

最終頁に続く

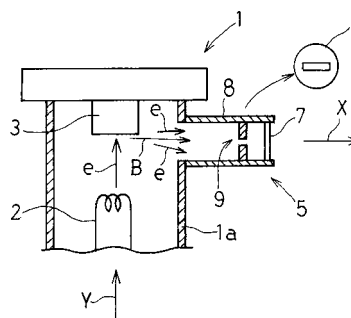
(54) 【発明の名称】 X線管およびこれを備えた全反射蛍光X線分析装置

(57) 【要約】

【課題】 大型化することなく、X線射出窓の窓材の厚さを薄くして、軽元素の分析が可能な軟X線を取り出すことができるX線管およびこれを備えた全反射蛍光X線分析装置を提供する。

【解決手段】 X線射出窓5を突き出させて窓材7の位置をターゲット3から離間させることにより、窓材7に当たる反跳電子eの影響が小さくなるので、窓材7の厚さを薄くできる。その結果、窓材7の通過によるX線Bの強度の減衰が抑止されて、軽元素を分析するのに十分な強度をもつ軟X線を取り出すことができる。

【選択図】 図1



- 1: 横型X線管
- 2: フィラメント
- 3: ターゲット
- 5: X線射出窓
- 7: 窓材
- 8: 突出部
- 9: 絞孔
- B: X線
- e: 電子

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

フィラメントからの電子をターゲットに衝突させて発生させた X 線を、X 線出射窓から出射させる X 線管であって、

X 線出射窓の窓材に対してターゲットからの反跳電子の影響が小さくなるように、X 線出射窓にこの窓を外方へ突き出させる突出部を設けた構成とし、X 線出射窓を突き出させて窓材をターゲットから離間させたうえでその厚さを薄く設けてなる X 線管。

## 【請求項 2】

請求項 1 において、

前記ターゲットがタングステンからなり、前記 X 線出射窓の窓材がベリリウムからなる X 線管。 10

## 【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、

前記 X 線出射窓の突出部内に X 線のビームサイズに応じて当該 X 線を通す孔径をもつ絞り孔を設けた X 線管。

## 【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項において、

前記 X 線管は、管軸方向にフィラメントからの電子をターゲットに衝突させて発生させた X 線を、周壁に設けられた X 線出射窓から前記管軸方向と直交する方向へ出射させる横型の X 線管であり、 20

前記 X 線出射窓の窓材に対してターゲットからの反跳電子の影響が小さくなるように、前記 X 線出射窓にこの窓を X 線管の周壁から外方へ突き出させる突出部を設けた構成とし、X 線出射窓を突き出させて窓材をターゲットから離間させたうえでその厚さを薄く設けてなる横型の X 線管。

## 【請求項 5】

請求項 4 において、

前記 X 線出射窓の突出部の長さが 10 mm 以上 100 mm 以下の範囲内であり、その窓材の厚さが 100 μm 以下である横型の X 線管。

## 【請求項 6】

請求項 4 または 5 に記載の横型の X 線管、分光素子および検出器を備え、前記横型の X 線管からの X 線を分光素子で単色化して試料表面に対して微小の入射角で照射させて、試料から発生する蛍光 X 線の強度を検出器で測定して、試料に含まれる Al、Mg、Na の軽元素の分析を可能とした横型の X 線管を備えた全反射蛍光 X 線分析装置。 30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、X 線出射窓の窓材の厚さを薄くして、軟 X 線の取り出しを可能とした X 線管およびこれを備えた全反射蛍光 X 線分析装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

一般に、X 線管は、フィラメント（陰極）から放出された電子ビームをタングステン（W）のようなターゲット（陽極）に衝突させ、その衝撃で X 線を発生させて X 線出射窓から X 線を出射させるものであり、X 線管内部は真空に保持される。 40

## 【0003】

例えば全反射蛍光 X 線分析装置に用いられる X 線管は、図 4 に示すように、管軸方向 Y にフィラメント 2 からの電子 e をターゲット 3 に衝突させて発生させた X 線 B を、周壁に設けられた X 線出射窓 15 から前記管軸方向 Y と直交する方向 X へ出射させるものであり（Side Window Type：横型）、その X 線出射窓 15 の窓材 7 には、例えばベリリウム（Be）を使用することが知られている（例えば、非特許文献 1）。

## 【0004】

従来、X線出射窓15の窓材7の厚さを薄くすると、ターゲット3からの反跳電子eが薄い窓材7に当たって窓材7が横型X線管の真空不良につながるダメージを受けやすいことから、その厚さを所定以上に厚くしている。例えば横型X線管の管径が市販品の約60mmの場合、ターゲット3の軸中心と窓材7間の距離が約30mmで、窓材7の厚さが300 $\mu$ m程度のものが使用される。

【非特許文献1】菊田惺志著「X線回折・散乱技術 上」(財団法人 東京大学出版会、1992年発行、160~161ページ)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、従来では、ターゲット3から発生したX線Bが窓材7を通過するとその厚さによってX線強度が減衰してしまい、試料に含まれるAl、Mg、Naなどの軽元素の蛍光X線の励起に十分な強度をもつ軟X線(例えばW-M線)を取り出すことができないという問題があった。

【0006】

その一方、X線管の管径を大きくすれば、窓材7の厚さを薄くできて軽元素の分析が可能な軟X線を取り出せるが、X線管が大型化する。この場合、市販のX線管を使用できず、低コスト化が図れない。

【0007】

また、縦型(End Window Type)X線管、つまり、フィラメントからの電子をターゲットに衝突させて発生させたX線を、先端部に設けられたX線出射窓から管軸方向へ出射させるものについても、横型と同様に窓材を厚くせざるを得ず、軽元素の蛍光X線の励起に十分な強度をもつ軟X線を取り出すことができないという問題があった。この場合、X線管の長さを長くすれば、窓材の厚さを薄くできて軟X線を取り出せるが、X線管が大型化し、市販のX線管を使用できないため、低コスト化が図れない。

【0008】

本発明は、前記の問題点を解決して、大型化することなく、X線出射窓の窓材の厚さを薄くして、軽元素の分析が可能な軟X線を取り出すことができるX線管およびこれを備えた全反射蛍光X線分析装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記目的を達成するために、本発明に係るX線管は、フィラメントからの電子をターゲットに衝突させて発生させたX線を、X線出射窓から出射させるものであって、X線出射窓の窓材に対してターゲットからの反跳電子の影響が小さくなるように、X線出射窓にこの窓を外方へ突き出させる突出部を設けた構成とし、X線出射窓を突き出させて窓材をターゲットから離間させたうえでその厚さを薄く設けてなるものである。

【0010】

この構成によれば、X線出射窓を突き出させて窓材の位置をターゲットから離間させることにより、窓材に当たる反跳電子の影響が小さくなるので、窓材の厚さを薄くできる。その結果、窓材の通過によるX線強度の減衰が抑止されて、軽元素を分析するのに十分な強度をもつ軟X線を取り出すことができる。

【0011】

好ましくは、前記ターゲットがタングステンからなり、前記X線出射窓の窓材がベリリウムからなる。

【0012】

好ましくは、前記X線出射窓の突出部内にX線のビームサイズに応じて当該X線を通す孔径をもつ絞り孔を設けている。したがって、絞り孔によってX線を通すとともに、ターゲットからの反跳電子の通過を制限して、不要な反跳電子が可及的に窓材に当たらないようにするので、窓材へのダメージをより小さくできる。

【0013】

10

20

30

40

50

好ましくは、前記 X 線管は、管軸方向にフィラメントからの電子をターゲットに衝突させて発生させた X 線を、周壁に設けられた X 線出射窓から前記管軸方向と直交する方向へ出射させる横型の X 線管であり、前記 X 線出射窓の窓材に対してターゲットからの反跳電子の影響が小さくなるように、X 線出射窓にこの窓を X 線管の周壁から外方へ突き出させる突出部を設けた構成とし、X 線出射窓を突き出させて窓材をターゲットから離間させたいうでその厚さを薄く設けてなるものである。

【0014】

好ましくは、前記 X 線出射窓の突出部の長さが 10 mm 以上 100 mm 以下の範囲内である。より好ましくは、10 mm 以上 80 mm 以下の範囲内である。また、好ましくは、前記 X 線出射窓の窓材の厚さが 100  $\mu$ m 以下である。より好ましくは、70  $\mu$ m 以下、

10

【0015】

本発明に係る横型の X 線管を備えた全反射蛍光 X 線分析装置は、前記横型の X 線管、分光素子および検出器を備え、前記横型 X 線管からの X 線を分光素子で単色化して試料表面に対して微小の入射角で照射させて、試料から発生する蛍光 X 線の強度を検出器で測定して、試料に含まれる Al、Mg、Na の軽元素の分析を可能としたものである。

【0016】

この構成によれば、前記窓材の厚さを薄くした X 線管出射窓から X 線を出射させることにより、窓材の通過による X 線強度の減衰が抑止されて、Al、Mg、Na の蛍光 X 線を励起するのに十分な強度をもつ軟 X 線を取り出すことができるので、この軟 X 線により試

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図 1 は、本発明の一実施形態に係る横型の X 線管を示す概略構成図である。この横型 (Side Window Type) の X 線管 1 は、例えばターゲット (陽極) 3 が接地でフィラメント (陰極) 2 に負の高圧が印加されており、管軸方向 Y にフィラメント 2 からの電子をターゲット 3 に衝突させて発生させた X 線 B を、周壁 1 a に設けられた X 線出射窓 5 から前記管軸方向 Y と直交する方向 X へ出射させるものである。ターゲット 3 は図示しない冷却水で冷却され、X 線管 1 内部は真空に保持される。

30

【0018】

この X 線管 1 のターゲット 3 は、例えばタングステン (W) からなるが、ロジウム (Rh) やパラジウム (Pd) などを用いてもよい。フィラメント 2 からの電子 e が衝突するターゲット 3 の衝突面は、管軸方向 Y と直交する方向 X に平行な面をもつ平面形状 (フラット) になっている。この X 線管 1 を後述する全反射蛍光 X 線分析装置に用いる場合、試料に 1 次 X 線を微小角度で入射させることから X 線 B のビームサイズを細くする必要があるが、ターゲット 3 の衝突面をフラットにすることにより、ターゲット 3 から発生する X 線 B の出射角度を衝突面から例えば 6 ~ 10  $^{\circ}$  と小さくでき、X 線 B のビームサイズを例えば 0.05 mm のように十分に細くすることができる。

【0019】

本発明の X 線出射窓 5 は、窓材 7 と、この窓を X 線管 1 の周壁 1 a から外方 (X 方向) へ突き出させる突出部 8 とを有し、いわゆる出窓構造になっている。突出部 8 の長さは、窓材 7 に対してターゲット 3 からの反跳電子 e の影響が小さくなるように、X 線管 1 の管径が例えば市販品の約 60 mm の場合に、10 mm 以上 100 mm 以下の範囲内である。すなわち、ターゲット 3 の軸中心と X 線出射窓 5 の窓材 7 との離間距離が 40 mm 以上 130 mm 以下の範囲内である。

40

【0020】

窓材 7 は例えばベリリウム (Be) からなり、その厚さは 100  $\mu$ m 以下に設定される。本発明では、窓材 7 に対してターゲット 3 からの反跳電子 e の影響を小さくするために、管径を大きくすることなく、X 線出射窓 5 を出窓構造としているので、窓材 7 の厚さ

50

を、従来の X 線出射窓の窓材の厚さが 300  $\mu\text{m}$  であるのと比べて十分に薄くすることができる。この X 線出射窓 5 内部も X 線管内部と同様に真空に保持される。

【0021】

また、X 線出射窓 5 の突出部 8 内にターゲット 3 からの X 線 B のビームサイズに応じて当該 X 線 B を通す孔径をもつ絞り孔 9 が設けられている。この絞り孔 (ダイヤフラム) 9 は、ターゲット 3 からの X 線 B を通過させて窓材 7 から出射させるとともに、ターゲット 3 からの反跳電子 e の通過を制限する。

【0022】

図 2 は、ターゲット 3 にタングステン (W)、窓材 7 にベリリウム (Be) を用いた場合に、窓材の厚さに対する W-M 線 (軟 X 線) 透過率を示す。横軸は窓材 7 の厚さ、縦軸は透過率を示す。窓材 7 の厚さが 100  $\mu\text{m}$  では透過率 15% であり、30  $\mu\text{m}$  では 54%、25  $\mu\text{m}$  では 60% である。このように、窓材 7 の厚さが 100  $\mu\text{m}$  以下であれば、窓材 7 の通過による W-M 線の強度の減衰が抑止されて、軽元素の蛍光 X 線を励起するのに十分な強度が得られ、軽元素の分析が可能な W-M 線を有効に取り出すことができる。一方、従来の厚さ 300  $\mu\text{m}$  では透過率が 1% 以下となり、X 線強度が不足して軽元素の蛍光 X 線を励起できない。

10

【0023】

なお、本発明は、縦型 (End Window Type) の X 線管にも適用される。縦型の X 線管は、横型の X 線管とは逆にフィラメントが接地でターゲットに正の高圧が印加され、フィラメントからの電子をターゲットに衝突させて発生させた X 線を、先端部に設けられた X 線出射窓から管軸方向へ出射させるものである。本発明では、X 線出射窓の窓材に対してターゲットからの反跳電子の影響が小さくなるように、X 線出射窓にこの窓を外方へ突き出させる突出部を設けた構成とし、X 線出射窓を突き出させて窓材をターゲットから離間させたうえでその厚さを薄く設けるようにしている。この場合、横型と比較すると反跳電子が X 線出射窓に衝突する割合は少ないが、X 線管の長さを長くすることなく X 線出射窓を出窓構造とすることにより、窓材の厚さをより薄くできるので、同様に窓材の通過による軟 X 線の強度の減衰が抑止されて、軽元素の蛍光 X 線を励起するのに十分な強度が得られ、軽元素の分析が可能な軟 X 線を有効に取り出すことができる。

20

【0024】

これにより、本発明にかかる X 線管 1 は、X 線出射窓 5 を突き出させて窓材 7 の位置をターゲット 3 から離間させることにより、窓材 7 に当たる反跳電子 e の影響が小さくなるので、窓材 7 の厚さを薄くできる。その結果、従来のように窓材の厚さにより X 線強度が減衰してしまうことがなく、また X 線管を大型化することなく、窓材 7 の通過による X 線 B の強度の減衰が抑止されて、軽元素を分析するのに十分な強度をもつ有効な軟 X 線を取り出すことができる。

30

【0025】

また、絞り孔 9 によって X 線 B を通すとともに、ターゲット 3 からの反跳電子 e の通過を制限して、不要な反跳電子 e が可及的に窓材 7 に当たらないようにするので、窓材 7 へのダメージをより小さくできる。

【0026】

図 3 は、前記した横型の X 線管 1 を備えた全反射蛍光 X 線分析装置の構成を示す。本装置は、横型の X 線管 1 のほかに、試料 S を載置する試料台 21、分光素子 22、および検出器 23 を備えている。

40

【0027】

本装置は、横型の X 線管 1 からの X 線 B を分光素子 22 で単色化した 1 次 X 線 B1 を、微小な入射角 (例えば、 $0.05^\circ \sim 0.20^\circ$  程度) で試料台 21 に載置された試料 S に入射させ、試料 S から発生した蛍光 X 線 B2 の強度を検出器 23 で検出させる。この検出値に基づいて試料 S の元素分析がなされる。

【0028】

横型の X 線管 1 により、窓材 7 の厚さを薄くした X 線管出射窓 5 から X 線 B を出射させ

50

ることにより、窓材 7 の通過による X 線 B の減衰が抑止されて、Al、Mg、Na の蛍光 X 線の励起に十分な強度をもつ軟 X 線を取り出すことができるので、この有効な軟 X 線により試料に含まれる Al、Mg、Na の軽元素の分析が可能となる。

【0029】

なお、この実施形態では、横型の X 線管 1 を全反射蛍光 X 線分析装置に用いているが、これに限定されるものではなく、その他の蛍光 X 線分析装置に用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】本発明の一実施形態に係る横型の X 線管を示す概略構成図である。

【図 2】窓材の厚さと透過率の関係を示す特性図である。

10

【図 3】図 1 の横型の X 線管を備えた全反射蛍光 X 線分析装置を示す概略構成図である。

【図 4】従来の横型の X 線管を示す概略構成図である。

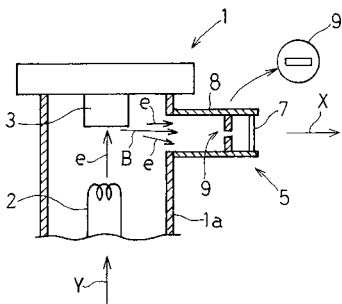
【符号の説明】

【0031】

- 1 : 横型 X 線管
- 2 : フィラメント
- 3 : ターゲット
- 5 : X 線出射窓
- 7 : 窓材
- 8 : 突出部
- 9 : 絞り孔
- B : X 線
- S : 試料
- e : 電子

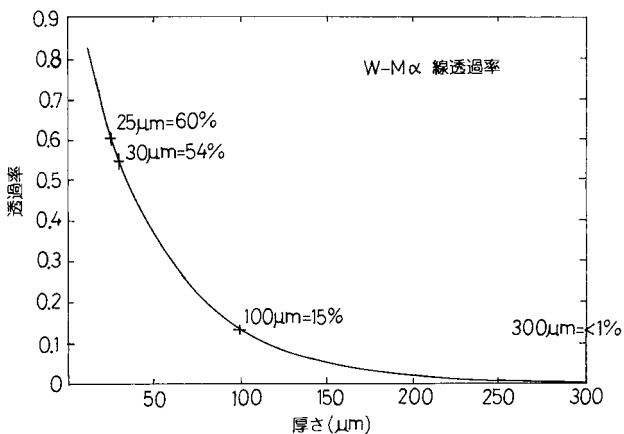
20

【図 1】

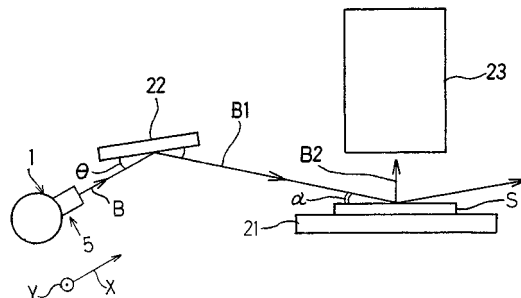


- 1: 横型 X 線管
- 2: フィラメント
- 3: ターゲット
- 5: X 線出射窓
- 7: 窓材
- 8: 突出部
- 9: 絞り孔
- B: X 線
- e: 電子

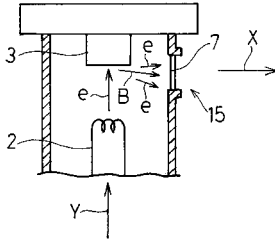
【図 2】



【図 3】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2G001 AA01 AA09 BA04 BA15 CA01 EA01 EA09 KA01 NA05 NA06  
NA16 NA17 SA01 SA10 SA29 SA30  
4C092 AA01 AB21 AB30 AC08 BD12