

NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：本申请实施例公开了一种复合结构的X射线阳极靶。该复合结构的X射线阳极靶包括：阳极靶本体和覆盖层，所述阳极靶本体为一体成型的柱体，所述阳极靶本体包括顶面、侧面和底面，所述顶面包括多个辐射面和多个连接面，所述多个辐射面和所述多个连接面间隔设置，设置于相邻辐射面之间的连接面将所述多个辐射面依次相连；所述覆盖层包括以下至少之一：所述覆盖层设置于所述多个连接面上并设置为吸收高能电子，所述覆盖层设置于所述多个辐射面上并设置为与所述高能电子相互作用以形成X射线。

复合结构的 X 射线阳极靶

本申请要求在 2020 年 03 月 18 日提交中国专利局、申请号为 202010190037.0 的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及 X 射线技术，例如涉及一种复合结构的 X 射线阳极靶。

背景技术

X 射线光栅成像技术能够同时获取目标物体的 X 射线吸收图像、散射图像以及相位衬度图像，在医学、生命科学、材料科学及工业无损探测等领域有着非常重要的应用。具有周期性结构阳极的 X 射线源可以产生周期性结构的 X 光，这种光源在 X 射线光栅干涉成像、X 射线光栅非干涉成像等 X 射线光栅成像系统中具有举足轻重的重要作用。

通常采用反射式 X 射线管作为 X 射线成像系统的 X 射线源，其中具有周期性微结构的阳极靶是 X 射线源的核心，在阳极靶表面上利用机械精密加工的办法制作具有周期性微结构的沟槽，在高速电子的轰击下，阳极靶表面产生的 X 射线被辐射出去，而沟槽底部产生的 X 射线被阳极靶吸收，不能辐射出去，因此辐射出的 X 射线就具有周期性的阵列结构。

但是高速电子中只有一部分轰击到阳极靶表面从而辐射出 X 射线，而其余的很大一部分高速电子轰击到了阳极靶沟槽底部，这部分高速电子没有产生有效的 X 射线。这就造成了 X 射线源的出光效率较低，能耗较高，对 X 射线源的散热不利，不易提高出光功率。此外，由于这种结构的 X 射线源产生的 X 射线光在光轴方向上延展分布，即阳极靶表面的每一个线发射体与相邻的线发射体产生的 X 射线在传播方向上有一个光程差，从而使阵列 X 射线源中的每个线发射体发出的 X 射线到平板探测面的光程距离不等，不利于平板探测器对成像信息的提取，也限制了 X 射线成像系统的视场范围。

发明内容

本申请实施例提供一种复合结构的 X 射线阳极靶，以实现普通 X 射线源能够辐射出具有高通量、大视场和高质量的微结构 X 射线。

本发明实施例提供了一种复合结构的 X 射线阳极靶，该复合结构的 X 射线阳极靶包括：阳极靶本体和覆盖层，其中，所述阳极靶本体为一体成型的柱体，

所述阳极靶本体包括顶面、侧面和底面，所述顶面包括多个辐射面和多个连接面，所述多个辐射面和所述多个连接面间隔设置，设置于相邻辐射面之间的连接面将所述多个辐射面依次相连；所述覆盖层包括以下至少之一：所述覆盖层设置于所述多个连接面上并设置为吸收高能电子，所述覆盖层设置于所述多个辐射面上并设置为与所述高能电子相互作用以形成 X 射线。

附图说明

图 1 是本申请实施例一提供的复合结构的 X 射线阳极靶的结构示意图；

图 2 是本申请实施例一提供的复合结构的 X 射线阳极靶的俯视结构示意图；

图 3 是本申请实施例一提供的复合结构的 X 射线阳极靶的结构示意图；

图 4 是本申请实施例一提供的复合结构的 X 射线阳极靶的结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本申请进行说明。附图中仅示出了与本申请相关的部分而非全部结构。

此外，术语“第一”、“第二”等可在本文中用于描述多种方向、动作、步骤或元件等，但这些方向、动作、步骤或元件不受这些术语限制。这些术语仅用于将第一个方向、动作、步骤或元件与另一个方向、动作、步骤或元件区分。举例来说，可以将第一夹角称为第二夹角，且类似地，可将第二夹角称为第一夹角。第一夹角和第二夹角两者都是夹角，但不是同一夹角。术语“第一”、“第二”等不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个所述特征。在本申请实施例的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确限定。

实施例一

如图 1 所示，本申请实施例一提供了一种复合结构的 X 射线阳极靶 200，该 X 射线阳极靶 200 包括阳极靶本体 100 和覆盖层 500。

所述阳极靶本体 100 为一体成型的柱体，所述阳极靶本体 100 包括顶面 110、侧面 120 和底面 130，所述顶面 110 包括多个辐射面 111 和多个连接面 112，所

述多个辐射面 111 和所述多个连接面间隔设置，设置于相邻辐射面之间的连接面 112 将所述多个辐射面 111 依次相连；所述覆盖层 500 包括以下至少之一：所述覆盖层设置于所述多个连接面 112 上并设置为吸收高能电子 410，所述覆盖层 500 设置于所述多个辐射面 111 上并设置为与所述高能电子 410 相互作用以形成 X 射线，示例性的，图 1 中覆盖层 500 设置于所述多个连接面 112 上设置为吸收高能电子 410，即使与辐射面 111 作用后的高能电子 410 辐射至连接面 112，因连接面 112 上的材料无法与高能电子 410 相互作用形成 X 射线，所以不存在连接面 112 会产生 X 射线，从而影响辐射出的微结构 X 射线的对比度。

本发明申请实施例通过在复合结构的 X 射线阳极靶中设置阳极靶本体和覆盖层，其中阳极靶本体包括顶面、侧面和底面，所述顶面包括多个辐射面和多个连接面，所述多个辐射面间隔设置，所述多个连接面将所述辐射面依次首尾相连，所述覆盖层设置于所述多个连接面上用于吸收高能电子和/或所述覆盖层设置于所述多个辐射面上用于与所述高能电子相互作用以形成 X 射线，解决了 X 射线源的出光效率不高、对比度较低，不利于平板探测器对成像信息的提取等问题，实现了普通 X 射线源能够辐射出具有高通量、大视场和高质量的微结构 X 射线的效果。

本实施例中，该 X 射线阳极靶 200 可用于 X 射线源中，X 射线源中还包括有用于发射高能电子 410 的电子源 400，而该 X 射线阳极靶 200 用于接收该高能电子 410 的轰击而发射 X 射线。如图 2 所示，从电子源 400 发射的高能电子 410 的入射方向看，该 X 射线阳极靶 200 的多个辐射面 111 形成了一个连续的整体。

可选的，所述辐射面 111 和所述侧面 120 的第一夹角 α 在 20 度至 70 度之间。所述连接面 112 和所述底面 130 的第二夹角 β 大于 90 度。所述阳极靶本体 100 设置在预设位置，使得所述高能电子 410 的入射方向和所述底面 130 的第三夹角 θ 小于或等于所述第二夹角 β 。

在一实施例中，高能电子 410 与 X 射线阳极靶 200 相互作用得到的 X 射线为微结构 X 射线，可以为具有周期性结构的线阵列 X 射线，X 射线源中还包括 X 射线出射窗 300，具有周期性结构的线阵列 X 射线会从 X 射线出射窗 300 中射出，从 X 射线出射窗 300 可以清晰的看出，每个辐射面 111 沿所述侧面 120 的投影长度为第一长度 S，即一个周期内 X 射线射在 X 射线出射窗 300 中的长度，每个连接面沿所述侧面的投影长度为第二长度，所述第一长度 S 加上每个连接面 112 沿所述侧面 120 的第二长度为 P，即一个周期的长度，其中，所述连接面 112 沿所述侧面 120 的长度上没有 X 射线，可得占空比为 S/P。根据不同的需求可以在制作该 X 射线阳极靶 200 时调节所述第一长度 S 或第二长度中的至

少一个就可以调节辐射出的微结构 X 射线的占空比和周期。可选的，所述第一长度 S 的长度范围在 5 -100 微米之间。所述第二长度 P 的长度范围在 10 -200 微米之间。

在一实施例中，如图 3 所示，所述覆盖层 500 设置于所述多个连接面 112 上时，所述阳极靶本体 100 的材料为可与所述高能电子相互作用以形成 X 射线的靶材料 520 且所述覆盖层 500 为可吸收所述高能电子的非靶材料 510；如图 4 所示，所述覆盖层 500 设置于所述多个辐射面 111 上时，所述阳极靶本体 100 的材料为所述非靶材料 510 且所述覆盖层 500 为所述靶材料 520。

本实施例中，靶材料 520 和非靶材料 510 应当选用耐高温的良好导体，以便能及时将与该 X 射线阳极靶 200 相互作用后的高能电子 410 导走，降低该 X 射线阳极靶 200 被烧毁的风险，提高使用寿命。在一实施例中，靶材料 520 可以选用高原子序数的金属材料，以在高能电子 410 的轰击下产生 X 射线，非靶材料 510 可以选用低原子序数的金属材料或非金属材料，以吸收该高能电子 410 不产生 X 射线。可选的，所述靶材料 520 包括钨或钼，所述非靶材料 510 包括石墨、金刚石或铍。所述覆盖层 500 通过使用磁控溅射和高温烧结融合的方法涂覆在所述多个辐射面 111 和/或连接面 112 上。磁控溅射 (magnetron sputtering) 是在溅射的基础上，运用靶板材料自身的电场与磁场的相互电磁交互作用，在靶板附近添加磁场，使得二次电子电离出更多的氩离子，增加溅射效率。高温烧结融合是指在不高于熔点的高温下，固态中分子或原子间存在互相吸引，通过加热使质点获得足够的能量进行迁移，使粉末体产生颗粒黏结，产生强度并导致致密化和再结晶。

在一替代实施例中，阳极靶本体 100 可以选用任意材料，而将覆盖层 500 设置于所述多个连接面 112 上用于吸收高能电子 410，且将所述覆盖层 500 设置于所述多个辐射面 111 上用于与所述高能电子 410 相互作用以形成 X 射线。

权利要求书

1、一种复合结构的 X 射线阳极靶，包括：阳极靶本体和覆盖层，其中，

所述阳极靶本体为一体成型的柱体，所述阳极靶本体包括顶面、侧面和底面，所述顶面包括多个辐射面和多个连接面，所述多个辐射面和所述多个连接面间隔设置，设置于相邻辐射面之间的连接面将所述多个辐射面依次相连；

所述覆盖层包括以下至少之一：所述覆盖层设置于所述多个连接面上并设置为吸收高能电子，所述覆盖层设置于所述多个辐射面上并设置为与所述高能电子相互作用以形成 X 射线。

2、根据权利要求 1 所述的 X 射线阳极靶，其中，

在所述覆盖层设置于所述多个连接面上的情况下，所述阳极靶本体的材料为可与所述高能电子相互作用以形成 X 射线的靶材料且所述覆盖层为可吸收所述高能电子的非靶材料；

在所述覆盖层设置于所述多个辐射面上的情况下，所述阳极靶本体的材料为所述非靶材料且所述覆盖层为所述靶材料。

3、根据权利要求 2 所述的 X 射线阳极靶，其中，所述靶材料包括钨或钼，所述非靶材料包括石墨、金刚石或铍。

4、根据权利要求 1 所述的 X 射线阳极靶，其中，所述覆盖层通过使用磁控溅射和高温烧结融合的方法涂覆在以下至少之一：所述多个辐射面、所述多个连接面上。

5、根据权利要求 1 所述的 X 射线阳极靶，其中，所述多个辐射面和所述侧面的第一夹角在 20 度至 70 度之间。

6、根据权利要求 1 所述的 X 射线阳极靶，其中，所述多个连接面和所述底面的第二夹角大于 90 度。

7、根据权利要求 6 所述的 X 射线阳极靶，其中，所述阳极靶本体设置在预设位置，使得所述高能电子的入射方向和所述底面的第三夹角小于或等于所述第二夹角。

8、根据权利要求 1 所述的 X 射线阳极靶，其中，所述 X 射线为微结构 X 射线，每个辐射面沿所述侧面的投影长度为第一长度，每个连接面沿所述侧面的投影长度为第二长度，通过调节所述第一长度或所述第二长度中的至少一个调节所述微结构 X 射线的占空比和周期。

9、根据权利要求 8 所述的 X 射线阳极靶，其中，所述第一长度的长度范围在 5 微米~100 微米之间。

10、根据权利要求 8 所述的 X 射线阳极靶，其中，所述第二长度的长度范围

围在 10 微米~200 微米之间。

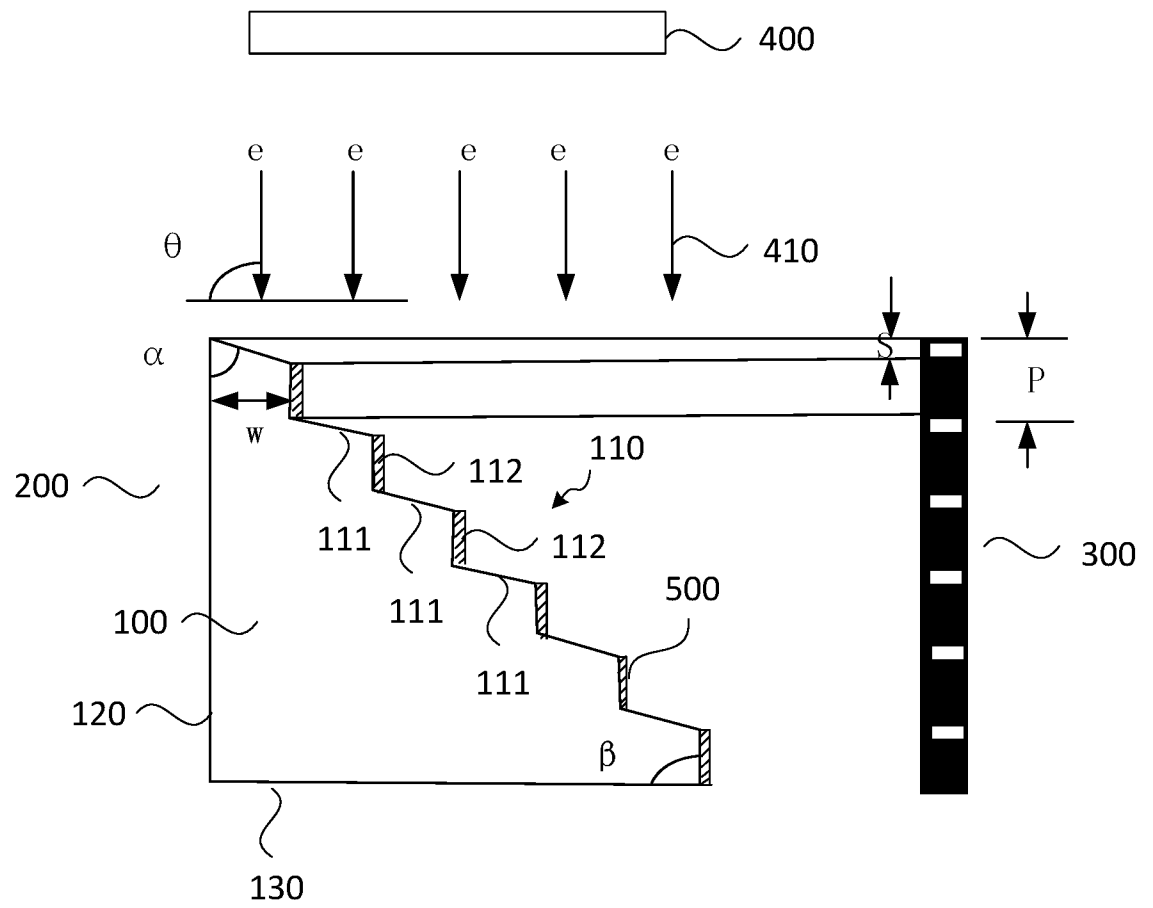


图 1

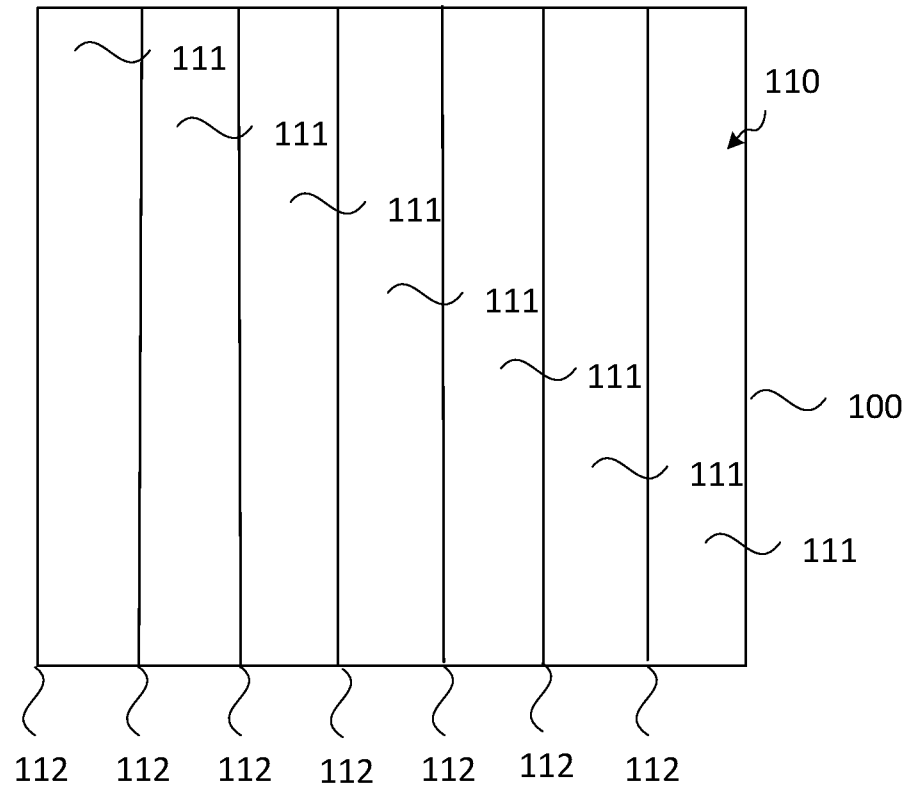


图 2

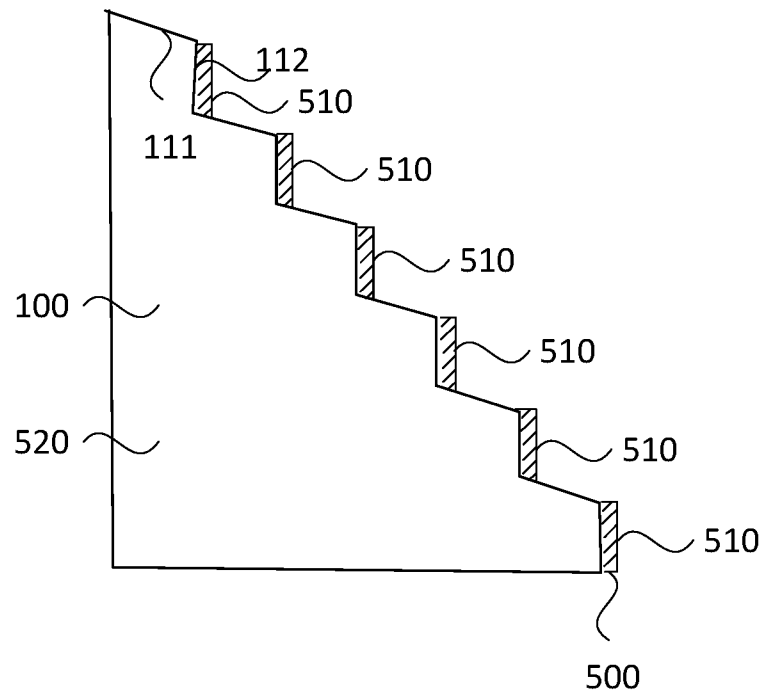


图 3

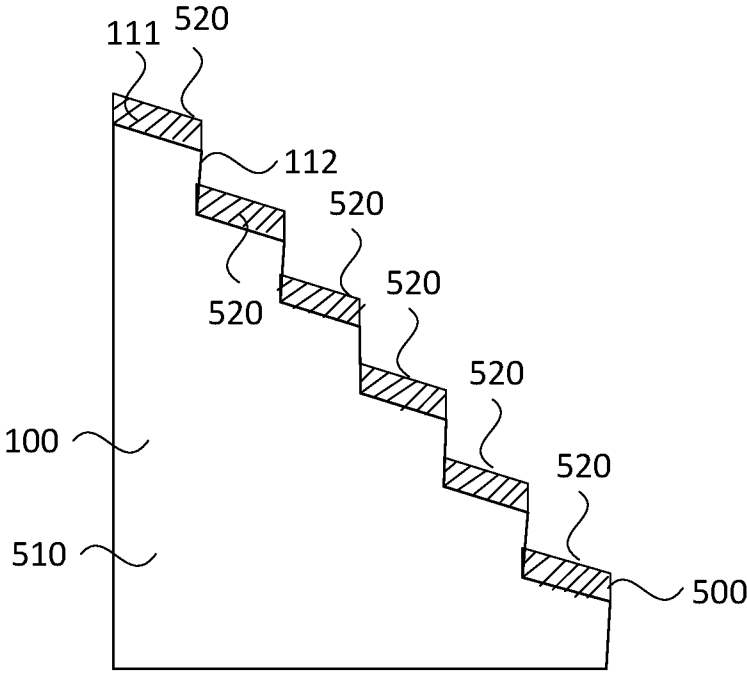


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/098685

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J 35/08(2006.01)i

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)

H01J 35; A61B 6; G01N 23

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

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

CNABS, CNTXT, CNKI, SIPOABS, DWPI: X射线, 阳极, 靶, 阵列, 周期, 微结构, 吸收, 覆盖, 涂层, X ray, anode, target, array, period, absorb, coating

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111243923 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 05 June 2020 (2020-06-05) claims 1-10, description paragraphs [0023]-[0031], figures 1-4	1-10
Y	CN 102768931 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 07 November 2012 (2012-11-07) description, paragraphs [0031]-[0040], and figures 1-6	1-10
Y	CN 104034741 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 10 September 2014 (2014-09-10) description, paragraphs [0040]-[0052], and figures 5-6	1-10
A	US 5745546 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 28 April 1998 (1998-04-28) entire document	1-10
A	CN 1917135 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 21 February 2007 (2007-02-21) entire document	1-10



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

15 December 2020

Date of mailing of the international search report

31 December 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/098685

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111243923	A	05 June 2020	None			
CN	102768931	A	07 November 2012	CN	102768931	B	06 May 2015
CN	104034741	A	10 September 2014	CN	104034741	B	05 October 2016
US	5745546	A	28 April 1998	CN	1086058	C	05 June 2002
				DE	19510047	A1	26 September 1996
				JP	H08264140	A	11 October 1996
				DE	19510047	C2	05 November 1998
				CN	1144973	A	12 March 1997
CN	1917135	A	21 February 2007	CN	1917135	B	21 March 2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/098685

A. 主题的分类

H01J 35/08 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

H01J 35; A61B 6; G01N 23

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNABS, CNTXT, CNKI, SIPOABS, DWPI: X射线, 阳极, 靶, 阵列, 周期, 微结构, 吸收, 覆盖, 涂层, X ray, anode, target, array, period, absorb, coating

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 111243923 A (深圳大学) 2020年 6月 5日 (2020 - 06 - 05) 权利要求1-10, 说明书第[0023]-[0031]段, 图1-4	1-10
Y	CN 102768931 A (深圳大学) 2012年 11月 7日 (2012 - 11 - 07) 说明书第[0031]-[0040]段, 图1-6	1-10
Y	CN 104034741 A (深圳大学) 2014年 9月 10日 (2014 - 09 - 10) 说明书第[0040]-[0052]段, 图5-6	1-10
A	US 5745546 A (SIEMENS AG) 1998年 4月 28日 (1998 - 04 - 28) 全文	1-10
A	CN 1917135 A (深圳大学) 2007年 2月 21日 (2007 - 02 - 21) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 12月 15日

国际检索报告邮寄日期

2020年 12月 31日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

徐颖

电话号码 (86-10)62412106

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/098685

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	111243923	A	2020年 6月 5日	无	
CN	102768931	A	2012年 11月 7日	CN	102768931 B 2015年 5月 6日
CN	104034741	A	2014年 9月 10日	CN	104034741 B 2016年 10月 5日
US	5745546	A	1998年 4月 28日	CN	1086058 C 2002年 6月 5日
				DE	19510047 A1 1996年 9月 26日
				JP	H08264140 A 1996年 10月 11日
				DE	19510047 C2 1998年 11月 5日
				CN	1144973 A 1997年 3月 12日
CN	1917135	A	2007年 2月 21日	CN	1917135 B 2012年 3月 21日