(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2015 年 11 月 26 日 (26.11.2015)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2015/176272 A1

(51) 国际专利分类号:
G02B 5/18 (2006.01) *G01N 23/083* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2014/078122

(22) 国际申请日: 2014 年 5 月 22 日 (22.05.2014)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: **中国科学技术大学 (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA)** [CN/CN]; 中国安徽省合肥市包河区金寨路 96 号, Anhui 230026 (CN)。

(72) 发明人: **吴自玉 (WU, Ziyu)**; 中国安徽省合肥市包河区金寨路 96 号, Anhui 230026 (CN)。 **陈健 (CHEN, Jian)**; 中国安徽省合肥市包河区金寨路 96 号, Anhui 230026 (CN)。 **高昆 (GAO, Kun)**; 中国安徽省合肥市包河区金寨路 96 号, Anhui 230026 (CN)。 **刘刚 (LIU, Gang)**; 中国安徽省合肥市包河区金寨路 96 号, Anhui 230026 (CN)。 **王志立 (WANG, Zhili)**; 中国安徽省合肥市包河区金寨路 96 号, Anhui 230026 (CN)。 **胡仁芳 (HU, Renfang)**; 中国安徽省合肥市包河区金寨路 96 号, Anhui 230026 (CN)。

(74) 代理人: **中科专利商标代理有限责任公司 (CHINA SCIENCE PATENT & TRADEMARK AGENT LTD.)**; 中国北京市海淀区西三环北路 87 号 4-1105 室, Beijing 100089 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): 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, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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,

[见续页]

(54) **Title**: POSITIVE/NEGATIVE PHASE SHIFT BIMETALLIC ZONE PLATE

(54) **发明名称** : 正负相移双金属波带片

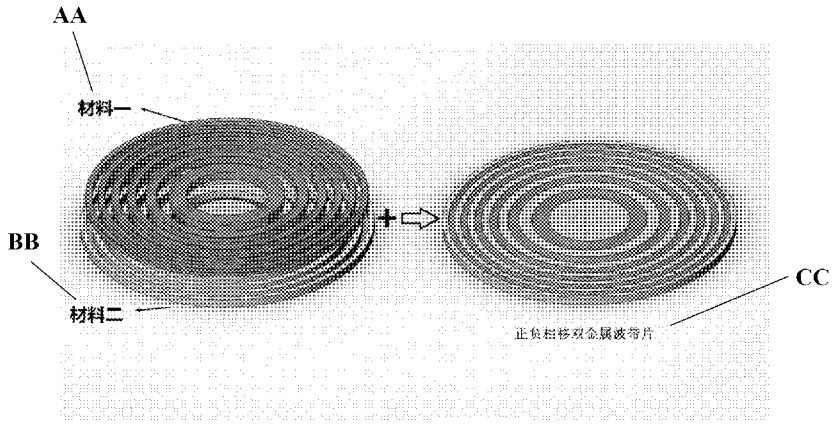


图 2 /Fig.2

AA First material
BB Second material
CC Positive/negative phase shift bimetallic zone plate

(57) **Abstract**: Provided are a positive/negative phase shift bimetallic zone plate and a preparation method therefor. The positive/negative phase shift bimetallic zone plate comprises: a first metal material with positive phase shift and a second metal material with negative phase shift at a working energy point; the first metal material and the second metal material are alternately arranged so that the second metal material replaces a blank portion in a cycle of the traditional zone plate.

(57) **摘要**: 提供一种正负相移双金属波带片及其制备方法，所述正负相移双金属波带片包含：第一金属材料，所述第一金属材料具有正相移；第二金属材料，所述第二金属材料在工作能量点具有负相移；所述第一金属材料与所述第二金属材料交替排列，以使得所述第二金属材料替代传统波带片的一个周期中的空白部分。

WO 2015/176272 A1

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))。

正负相移双金属波带片

技术领域

本发明涉及 X 射线显微成像领域，更具体地涉及一种正负相移双金属波带片。

背景技术

波带片是 X 射线波段最常用的衍射光学元件之一，常用来聚焦 X 射线以及充当成像系统的物镜。波带片实质上就是一圆形的衍射光学元件，它是由线密度径向增加的明暗相间的同心圆环构成（如图一所示）。根据菲涅尔圆孔衍射理论，如果半径按式子 $r_n = \sqrt{n\lambda f}$（n 为环数，λ 为波长，f 为焦距），把圆孔连续分割成一个个环带，把奇数或者偶数环带遮住，就构成一个菲涅尔波带片。构成波带片的环带称为半波带，任意两个相邻半波带到达焦点的光程差为 λ/2。这意味着通过两个相邻半波带的光波到达焦点时的相位差为 π，在焦点处会发生相互减弱的干涉。因此，波带片由透明和不透明相间的半波带构成，达到相干增强的目的。如果把波带片不透明半波带变成相移 π 的透明半波带，即产生光程为 λ/2 的透明半波带，这样通过两个相邻半波带的光波到达焦点时的相位差不是 0 就是 2π，通过波带片的光将全部在焦点处形成相互加强的干涉，这就是普通相位型波带片的原理。[参考：同步辐射光源及其应用，下册，P686]

波带片两个最重要的参数是最外环宽度以及环厚度。波带片成像系统的空间分辨率(Δ)由波带片的最外环宽度（dr_N）决定，$\Delta=1.22dr_N$。在一定范围内，波带片的衍射效率随着环厚度的增加而提高。然而，目前限制波带片发展的一个重要因素是高宽比，由于加工技术等因素，波带片的最外环宽度与环厚度之间存在矛盾。现阶段波带片的最外环宽度无法做到更小，或者高分辨的波带片效率无法做到很高。因此，波带片成像系统的空间分辨率出现了瓶颈（硬 X 射线：30nm；水窗：10nm）。

物质的折射率可表示为 $n = 1 - \delta + i\beta$，其中 δ 为相位项，β 为吸收项。在某些特定的能量下，一种物质的 δ 和 β 都会发生突变，而其中的相位项 δ 可能会出现负值。对于利用元素相移特性制作的相位型波带片来说，负

值相移的出现，很可能带来新的突破。

发明内容

在本发明的一个方面，提供一种正负相移双金属波带片，所述正负相移双金属波带片包含：

第一金属材料，所述第一金属材料具有正相移；

第二金属材料，所述第二金属材料在工作能量点具有负相移；

所述第一金属材料与所述第二金属材料交替排列，以使得所述第二金属材料替代传统波带片的一个周期中的空白部分。

在本发明的另一个实施方案中，所述正负相移双金属波带片是环形的，所述第一金属材料与所述第二金属材料形成交替的环结构。

在本发明的另一个实施方案中，所述第一金属材料常选自镍、金、锗、钛、钒、铬、锰、铁、钴、铜、锌等。

在本发明的另一个实施方案中，所述第二金属材料选自钛、钒、铬、锰、铁、钴、镍、铜、锌、镓、锗、铪、钨、铼和锇等。

在本发明的另一个实施方案中，所述正负相移双金属波带片在与普通单金属相位波带片厚度相同的情况下，所述正负相移双金属波带片的衍射效率高于所述普通单金属相位波带片的衍射效率。

在本发明的另一个实施方案中，所述正负相移双金属波带片为钒镍双金属新型波带片。

在本发明的另一个实施方案中，所述正负相移双金属波带片的厚度为10~500nm，因波带片分辨率不同而不同，在加工条件允许的情况下尽可能选择高的厚度。

在本发明的另一个实施方案中，所述正负相移双金属波带片的结构中不存在空心部分，这种结构可以避免普通波带片可能坍塌的问题。

在本发明的另一个实施方案中，所述正负相移双金属波带片的效率与环厚度直接相关，在一定范围内，波带片的衍射效率随着环厚度的增加而提高。对于高分辨（30nm 以下）波带片，由于高宽比的限制，环高度暂时无法做到太高，衍射效率受到限制。

在本发明的另一个实施方案中，所述正负相移双金属波带片的工作能

量根据波带片材料不同而限定于不同的能量点。其原因是不同金属的负相移出现在不同狭窄能量段（几个 eV）。

本发明的另一个方面提供一种制备正负相移双金属波带片的方法，所述方法包括以下步骤：

a. 在基片上沉积第一金属材料的薄膜；

b. 在第一金属材料的薄膜上形成具有波带片结构的光刻胶；

c. 经由所形成的具有波带片结构的光刻胶进行刻蚀，将波带片结构转移至所述第一金属材料的薄膜上，形成第一金属材料的波带片结构；

d. 在刻蚀出的空隙处沉积第二金属材料；

e. 去除光刻胶，形成正负相移双金属波带片结构。

在本发明的另一个实施方案中，所述光刻胶通过旋涂涂布，之后对其进行电子束曝光，从而形成具有波带片结构的光刻胶。

在本发明的另一个实施方案中，所述步骤 d 中的刻蚀通过氩离子刻蚀和各种反应离子刻蚀进行。

在本发明的另一个实施方案中，所述方法还包括在步骤 e 得到的正负相移双金属波带片结构背面开窗，获得正负相移双金属波带片。

附图说明

图 1 是传统波带片结构示意图；

图 2 是正负相移双金属波带片结构示意图；

图 3 是能量为 511.9eV 时，普通镍波带片和钒镍双金属波带片一级衍射效率与材料厚度关系；

图 4 是厚度为 140nm 情况下，钒镍双金属波带片一级衍射效率与能量的关系图。

具体实施方式

本发明提出一种新型相位波带片，该波带片能达到两种效果：1）能够降低达到最大一级衍射效率时所需金属厚度；2）在不增加环高度的情况下提高波带片的衍射效率。本发明的主要创新点是利用两种金属交替的结构取代传统的单金属波带片，在工作能量点，其中一种金属的相移为正

数而另一种金属相移为负值。我们称之为“正负相移双金属波带片”。

不同于传统的波带片，我们利用另一种材料替代了传统波带片一个周期中的空白部分，所选的替代材料要求在工作能量点出现负值相移，这样一来，要达到相邻环带产生的相位差为π所需的材料厚度可以降低，从而降低制作波带片的难度。该新型波带片结构如图二所示，其环半径同样由公式$r_n = \sqrt{n\lambda f}$（n为环数，λ为波长，f为焦距）计算得出。从结构上看，与图一所示传统波带片相比，图二增加了一种在工作能量处相移为负值的材料，其中负值相移材料可以为结构图中的任意一种。

多数金属在特定的能量会出现负数相移的情况，这些能量点在本文被称为工作能量点。例如钛（453eV）、钒（512eV）、铬（574eV）、锰（638eV）、铁（706eV）、钴（778eV）、镍（852eV）、铜（932eV）、锌（1022eV）、镓（1116eV）、锗（1217eV）、铪（1661eV）、钨（1809eV）、铱（1883eV）、锇（1960eV）等金属都会在对应的能量附近出现负数相移。理论上这些金属都可以用来制作工作在不同能量的正负相移双金属波带片。

计算表明，相比于传统的单金属相位波带片，正负相移双金属波带片出现一级衍射效率峰值所需的金属厚度更低，并且能保持其峰值效率与单金属峰值效率相当。因此，我们实现降低制作波带片难度的同时，保持了高的衍射效率。而且，在相同的波带片厚度下（分辨率优于 150nm 的情况），正负相移双金属波带片比普通波带片效率更高。因此，本发明可以有效的提高精细波带片的衍射效率。

以钒镍双金属新型波带片为例，在 511.9eV 能量下，常用的镍波带片在厚度为 250nm 左右达到最大一级衍射效率 22%，而本发明提出的新型波带片在厚度为 140nm 时就达到了最大一级衍射效率 24%。可以将波带片的厚度降低到原来的 56%左右。由于加工工艺的限制，目前国际上制作较好的用于水窗的镍金属相位型波带片能达到最外环宽度 13nm，环高度为 35nm[***Towards 10-nm soft X-ray zone plate fabrication***]。在 511.9eV 能量下，其一级衍射效率的理论值为 1.6%，而同样宽度和厚度的钒镍双金属新型波带片的理论效率能达到 4.3%，提高了将近 170%。

实施例

本发明提出的波带片可利用任何能在特定能量下出现负数相移的金属结合其他任意金属制作而成。

以钒和镍两种金属的新型相位型波带片为例来说明。

金属钒在 511.9eV 能量下出现最大负数相移，而这个能量恰好在常用的“水窗”能量附近，因此我们能够利用钒和镍（“水窗”中常用的波带片金属）两种金属来制作 511.9eV 能量下的正负相移双金属波带片。

普通相位波带片的一级衍射效率为[***Phase zone plates for x rays and the extreme uv***]：

$$Eff = \frac{1}{\pi^2}[1+\exp(-2k\beta t)-2\exp(-k\beta t)\cos(k\delta t)]$$

由此可推导出由两种不同材料制作而成的正负相移双金属波带片一级衍射效率为：

$$Eff = \frac{1}{\pi^2}[\exp(-2k\beta_1 t_1)+\exp(-2k\beta_2 t_2)-2\exp[-k(\beta_1 t_1+\beta_2 t_2)]\cos[k(\delta_1 t_1-\delta_2 t_2)]]$$

其中 $k = 2\pi/\lambda$，t_1，t_2 分别为两种材料的厚度。由此，我们可以计算出双金属新型相位波带片的一级衍射效率，如图三所示（其中两种金属的厚度取为相同）。

图三中虚线是普通镍相位波带片的一级衍射效率，实线是钒镍双金属新型相位波带片（其中钒和镍的金属厚度相同）的一级衍射效率。由此可见，本发明所用方案可使波带片的金属厚度降低将近一半。另外，在相同环高度（小于 150nm）的情况下，本发明所用方案可大幅提高波带片的衍射效率。以最外环宽度为 13nm，环高度为 35nm 的波带片为例，双金属新型波带片将衍射效率从普通波带片的 1.6%提高到了 4.3%。

由于金属负值相移系数只出现在某一狭窄的能量段，所以本发明所提的新型相移波带片只能在特定的能量下使用。但是在绝大多数的 X 射线成像情况下，只需要在一个能量下观察样品即可，对这个能量并没有太苛刻的要求。比如在“水窗”波段的含水细胞成像，一般都在 500eV 左右任选一个能量，例如 520eV，同样的也可以选择 511.9eV，对成像的结果并无太大的影响。从这个角度出发，本发明提出的新型相移波带片并不因其只能在特定能量下使用的条件而受限制。

图四为厚度为 140nm 情况下，钒镍双金属波带片一级衍射效率与能

量的关系图。从图四可知，钒和镍制作的新型波带片，在 140nm 厚度情况下，能量在 510.3~512.1eV 之间，一级衍射效率大于 20%。在同步辐射显微成像系统中，一般的能量色散优于 0.1eV 量级，例如上海光源的 BL08U 线站的能量范围为 250~2500eV，而能量分辨能力 E/ΔE 为 2500~6000，德国 BESSY II 光源的 U41-FSGM 线站能量范围为 250~1500eV，而能量分辨能力 E/ΔE 高达 10000。这意味着，同步辐射 X 射线成像系统能够达到工作能量精确到 1~2eV 的要求。

另外，也计算了在 453.6eV 能量下，普通镍波带片和钛镍双金属波带片的一级衍射效率，结果表明厚度可以从 210nm 降到 130nm，而最大一级衍射效率基本不变。另外，对于最外环宽度为 13nm，环高度为 35nm 的波带片，钛镍双金属新型波带片将衍射效率从普通波带片的 2.0%提高到了 4.6%。

下面提供一种可以加工正负相移双金属波带片的加工工艺（以厚度为 100nm 的钒镍双金属为例）：

1、利用离子束溅射在氮化硅基片上沉积 100 纳米厚金属钒薄膜；

2、旋涂 400 纳米厚电子束光刻胶 PMMA，180 度烘干；

3、电子束曝光形成波带片纳米结构；

4、利用离子束刻蚀将波带片结构转移到金属薄膜上，形成金属钒波带片结构。氩离子刻蚀，能量：500eV，束流密度 0.5mA/cm2；

5、利用离子束溅射在样品上沉积 100 纳米厚金属镍薄膜；

6、将样品放入丙酮中浸泡，除去光刻胶 PMMA，形成金属钒、镍相间波带片结构；

7、在样品背面开窗（30%KOH、80℃），获得高度为 100 纳米的金属钒、镍相间波带片。

权 利 要 求

1.一种正负相移双金属波带片，所述正负相移双金属波带片包含：

第一金属材料，所述第一金属材料具有正相移；

第二金属材料，所述第二金属材料在工作能量点具有负相移；

所述第一金属材料与所述第二金属材料交替排列，以使得所述第二金属材料替代传统波带片的一个周期中的空白部分。

2. 权利要求 1 所述的正负相移双金属波带片，所述正负相移双金属波带片是环形的，所述第一金属材料与所述第二金属材料形成交替的环结构。

3. 权利要求 1 所述的正负相移双金属波带片，所述第一金属材料选自镍、金、锗、钛、钒、铬、锰、铁、铜、锌。

4. 权利要求 1 所述的正负相移双金属波带片，所述第二金属材料选自钛、钒、铬、锰、铁、钴、镍、铜、锌、镓、锗、铪、钨、铼和锇。

5. 权利要求 1 所述的正负相移双金属波带片，所述正负相移双金属波带片在与普通单金属相位波带片厚度相同的情况下，所述正负相移双金属波带片的衍射效率在常用范围内高于所述普通单金属相位波带片的衍射效率。

6. 权利要求 1 所述的正负相移双金属波带片，所述正负相移双金属波带片为钒镍、钛镍、钒金双金属波带片。

7. 一种制备正负相移双金属波带片的方法，所述方法包括以下步骤：

a. 在基片上沉积第一金属材料的薄膜；

b. 在第一金属材料的薄膜上形成具有波带片结构的光刻胶；

c. 经由所形成的具有波带片结构的光刻胶进行刻蚀，将波带片结构转移至所述第一金属材料的薄膜上，形成第一金属材料的波带片结构；

d. 在刻蚀出的空隙处沉积第二金属材料；

e. 去除光刻胶，形成正负相移双金属波带片结构。

8. 权利要求 7 所述的方法，所述光刻胶通过旋涂涂布，之后对其进行电子束曝光或干涉光刻，从而形成具有波带片结构的光刻胶。

9. 权利要求 7 所述的方法，所述步骤 d 中的刻蚀通过氩离子刻蚀或反应离子刻蚀进行。

10. 权利要求 7 所述的方法，所述方法还包括在步骤 e 得到的正负相移双金属波带片结构背面开窗，获得正负相移双金属波带片。

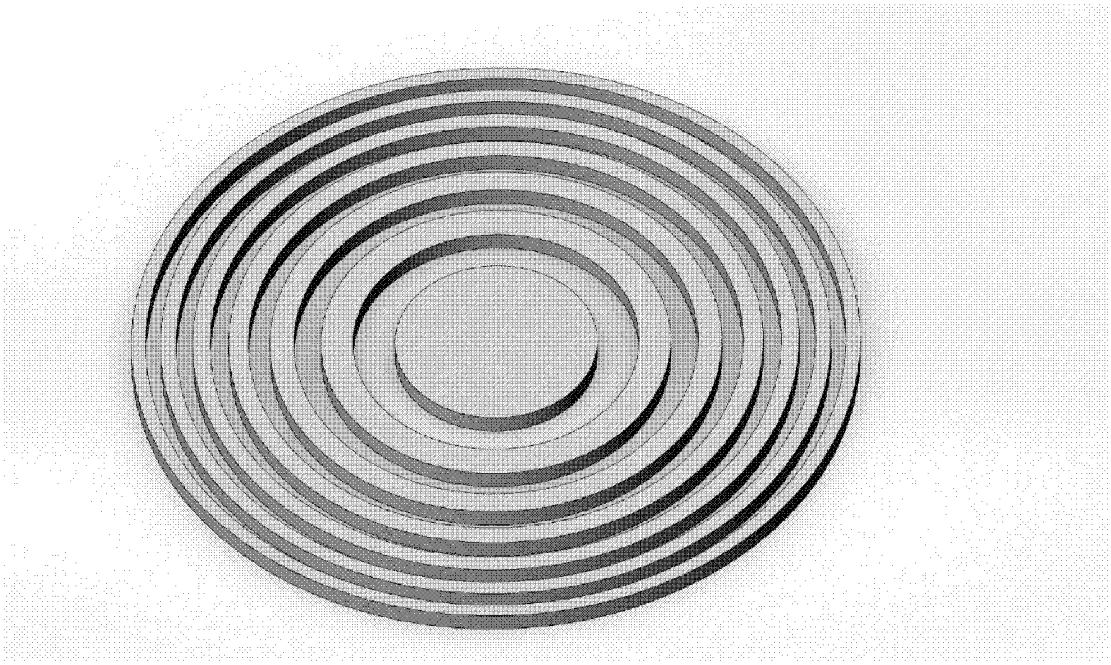


图 1

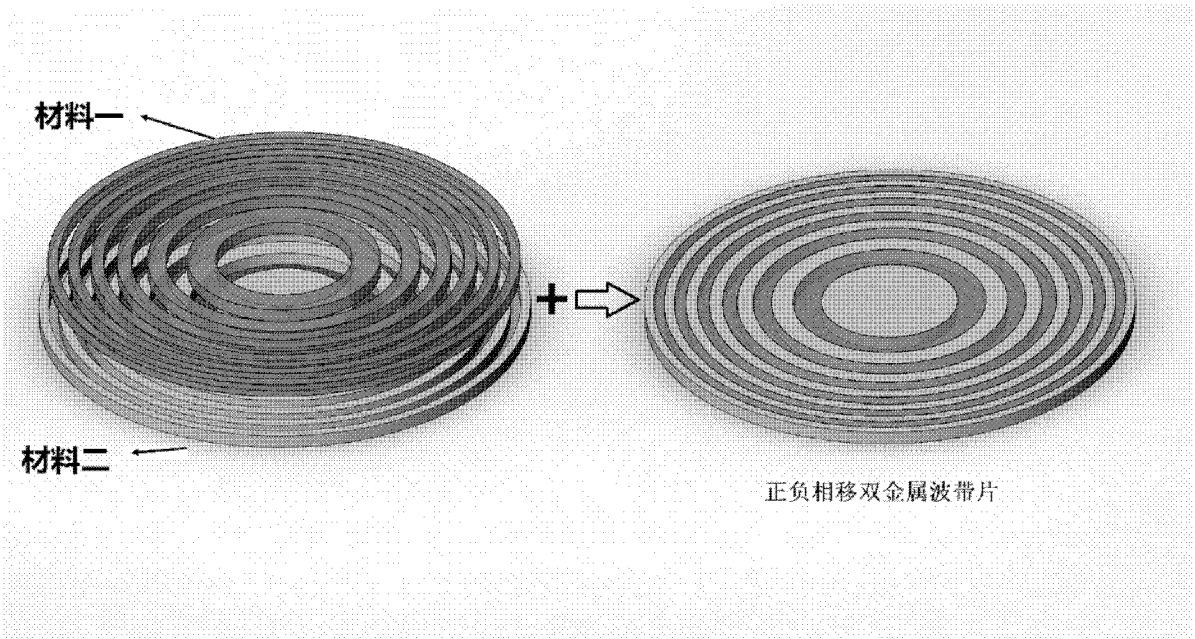


图 2

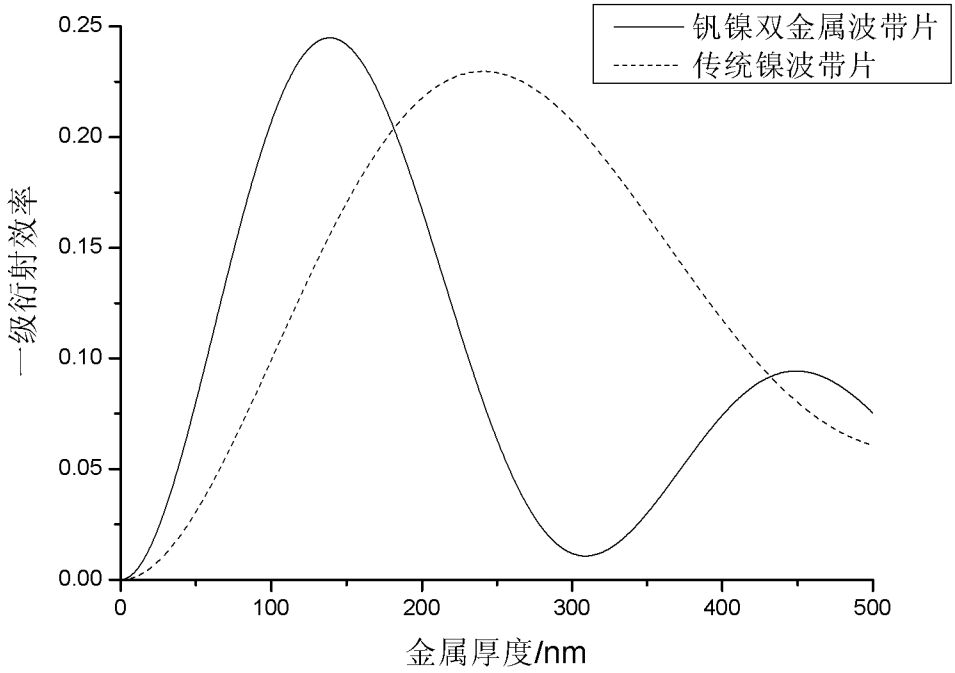

钒镍双金属波带片
传统镍波带片
一级衍射效率
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
0
100
200
300
400
500
金属厚度/nm

图 3

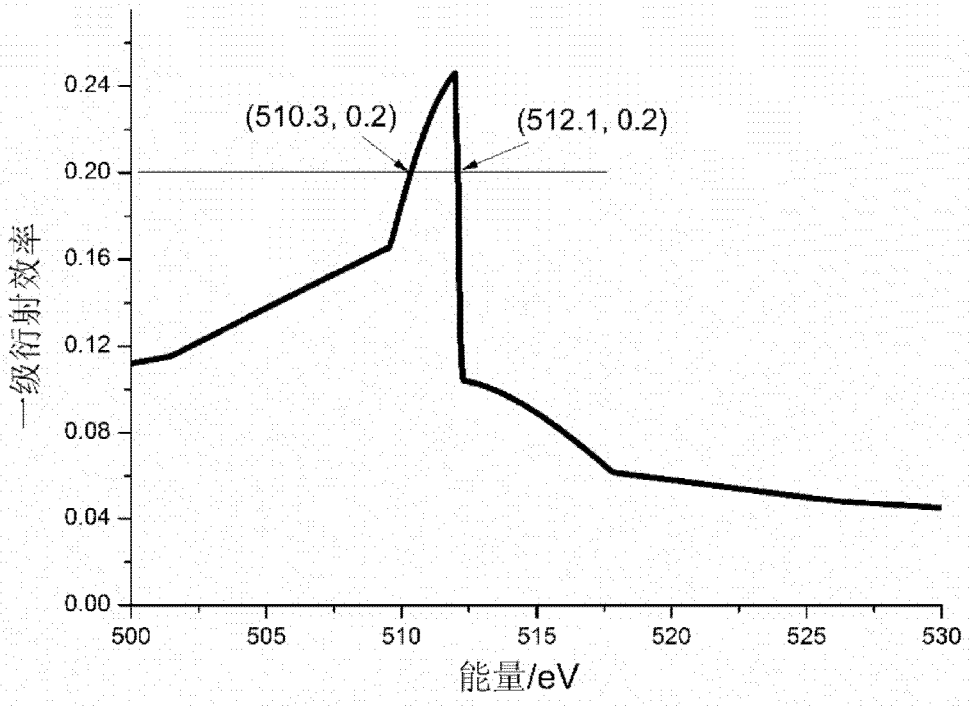

(510.3, 0.2)
(512.1, 0.2)
一级衍射效率
0.24
0.20
0.16
0.12
0.08
0.04
0.00
500
505
510
515
520
525
530
能量/eV

图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/078122

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 5/18 (2006.01) i; G01N 23/083 (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)

G02B; G01N

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)

WPI, EPODOC, CNABS, CNKI, ISI: x-ray, diffract+, phase, zone plate, fresnel, multilayer, FZP, optics, etch+, steric, wave band, radiate, grating,

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Reinspach J.et al. "13nm high-efficiency nickel-germanium soft x-ray zone plates" J. Vac. Sci. Technol. B, vol. 29, no. 01, 05 January 2011 (05.01.2011), the context, part II, section A, figure 2	1-10
A	CN 101430428 A (INSTITUTE OF MICROELECTRONICS OF CHINESE ACADEMY OF SCIENCE) 13 May 2009 (13.05.2009) description, page 7, the sixth paragraph to page 8, the first paragraph	1-10
A	CN 1710449 A (ZHEJIANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 21 December 2005 (21.12.2005) embodiments 1-3	1-10
A	US 2004020892 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES INC.) 05 February 2004 (05.02.2004) description, paragraphs [0035] and [0036]	1-10
A	WO 2010019354 A1 (NASA) 18 February 2010 (18.02.2010) embodiments	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	Date of mailing of the international search report
30 January 2015	27 February 2015
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer FAN, Li Telephone No. (86-10) 62413928

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/078122

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CUPPOLETTI J. "Multilayer Fresnel Zone Plate with High-diffraction Efficiency: Application of Composite Layer to X-ray Optics" Metal, Ceramic and Polymeric Composites for Various Uses, no. ISBN 978-953-307-353-8, 20 July 2011 (20.07.2011), pages 637-648	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/078122

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101430428 A	13 May 2009	CN 101430428 B	26 January 2011
CN 1710449 A	21 December 2005	CN 100345008 C	24 October 2007
US 2004020892 A1	05 February 2004	GB 2393267 A	24 March 2004
		DE 10320131 B4	15 October 2009
		GB 0317739 D0	03 September 2003
		GB 2393267 B	17 May 2006
		DE 10320131 A1	26 February 2004
		JP 2004062200 A	26 February 2004
		GB 0604376 D0	12 April 2006
		DE 10362217 B4	28 July 2011
		US 6905618 B2	14 June 2005
		GB 2421805 A	05 July 2006
		GB 2421805 B	07 March 2007
WO 2010019354 A1	18 February 2010	US 2010118683 A1	13 May 2010
		US 8018815 B2	13 September 2011

国际检索报告

国际申请号 PCT/CN2014/078122

A. 主题的分类

G02B 5/18(2006.01)i; G01N 23/083(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)

G02B; G01N

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））

WPI,EPODOC,CNABS,CNKI,ISI:吴自玉，中国科学技术大学，X射线，衍射，位相，相位，波带，菲涅尔，辐射，光栅，光学，刻蚀，x-ray,diffract+,phase,zone plate,fresnel,multilayer,FZP,optics,etch+

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
A	Reinspach J.et al. "13nm high-efficiency nickel-germanium soft x-ray zone plates" J.Vac.Sci.Technol. B, 第第29卷卷，第第1期期，2011年 1月 5日 (2011-01-05)， 正文第II部分第A节，图2	1-10
A	CN 101430428 A (中国科学院微电子研究所) 2009年 5月 13日 (2009-05-13) 说明书第7页第6段至第8页第1段	1-10
A	CN 1710449 A (浙江工业大学) 2005年 12月 21日 (2005-12-21) 实施例1-3	1-10
A	US 2004020892 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES INC.) 2004年 2月 5日 (2004-02-05) 说明书第25-36段	1-10
A	WO 2010019354 A1 (NASA) 2010年 2月 18日 (2010-02-18) 具体实施方式	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	国际检索报告邮寄日期
2015年 1月 30日	2015年 2月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451	范丽 电话号码 (86-10)62413928

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
A	CUPPOLETTI J. "Multilayer Fresnel Zone Plate with High-diffraction Efficiency:Application of Composite Layer to X-ray Optics" Metal, Ceramic and Polymeric Composites for Various Uses, 第ISBN 978-953-307-353-8期，2011年 7月 20日 (2011 - 07 - 20), 637-648页	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2014/078122

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	101430428	A	2009年 5月 13日	CN	101430428	B	2011年 1月 26日
CN	1710449	A	2005年 12月 21日	CN	100345008	C	2007年 10月 24日
US	2004020892	A1	2004年 2月 5日	GB	2393267	A	2004年 3月 24日
				DE	10320131	B4	2009年 10月 15日
				GB	0317739	D0	2003年 9月 3日
				GB	2393267	B	2006年 5月 17日
				DE	10320131	A1	2004年 2月 26日
				JP	2004062200	A	2004年 2月 26日
				GB	0604376	D0	2006年 4月 12日
				DE	10362217	B4	2011年 7月 28日
				US	6905618	B2	2005年 6月 14日
				GB	2421805	A	2006年 7月 5日
				GB	2421805	B	2007年 3月 7日
WO	2010019354	A1	2010年 2月 18日	US	2010118683	A1	2010年 5月 13日
				US	8018815	B2	2011年 9月 13日