(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
2012 年 1 月 19 日(19.01.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/008118 A1

(51) 国際特許分類:
C25D 7/00 (2006.01)　*C25D 5/02* (2006.01)
A61B 6/00 (2006.01)　*G01N 23/04* (2006.01)
A61B 6/06 (2006.01)　*G01T 7/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/003851

(22) 国際出願日: 2011 年 7 月 6 日(06.07.2011)

(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 2010-160699 2010 年 7 月 15 日(15.07.2010) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): コニカミノルタエムジー株式会社 **(KONICA MINOLTA MEDICAL & GRAPHIC, INC.)** [JP/JP]; 〒1918511 東京都日野市さくら町１番地 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 横山　光 **(YOKOYAMA, Mitsuru)** [JP/JP]; 〒1918511 東京都日野市さくら町１番地コニカミノルタテクノロジーセンター株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 小谷　悦司, 外 **(KOTANI, Etsuji** et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島２丁目２番２号大阪中之島ビル２階 Osaka (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

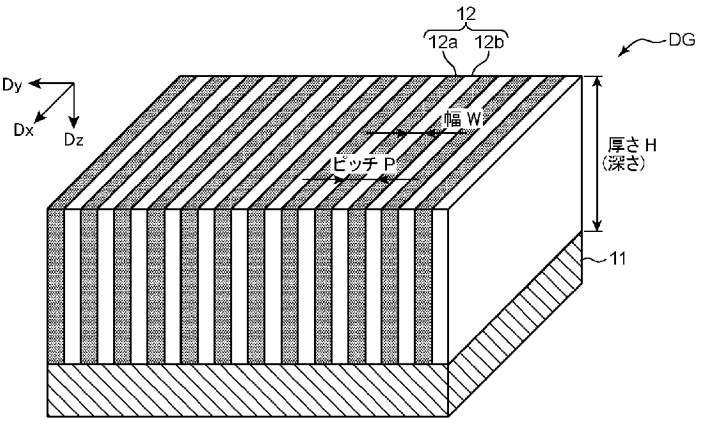
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: MANUFACTURING METHOD FOR METALLIC LATTICE, AND METALLIC LATTICE

(54) 発明の名称 : 金属格子の製造方法および金属格子

[図1]



P Pitch
W Width
H Thickness (depth)

(57) **Abstract**: In the disclosed metallic lattice (DG) and the manufacturing method for the same, slit grooves are formed, by means of dry etching, in second silicon sections (12a) which are attached to a first silicon layer (11) and which have a higher resistance than the first silicon layer (11), said grooves being formed so as to at least reach the first silicon layer (11), and, by means of electroforming, the slit grooves are filled with metal to form metallic sections (12b). Thus, the metallic lattice (DG) having such a structure, and the manufacturing method for the same, use a silicon substrate and enable the metallic sections of a lattice to be formed with greater fine detail by means of electroforming.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/008118 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

本発明にかかる金属格子ＤＧおよびその製造方法では、第１シリコン層１１に付けられた第１シリコン層１１よりも高抵抗な第２シリコン部分１２ａに、ドライエッチング法によって第１シリコン層１１に少なくとも到達するスリット溝が形成され、電鋳法によって前記スリット溝が金属で埋められて金属部分１２ｂが形成される。したがって、このような構成の金属格子ＤＧおよびその製造方法は、シリコン基板を用い、電鋳法によって格子の金属部分をより緻密に形成することができる。

明　細　書

発明の名称 ： 金属格子の製造方法および金属格子

技術分野

[0001] 本発明は、例えば、タルボ干渉計やタルボ・ロー干渉計に好適に使用することができる回折格子を製造するための金属格子の製造方法およびその金属格子に関する。

背景技術

[0002] 回折格子は、多数の平行な周期構造を備えた分光素子として様々な装置の光学系に利用されており、近年では、Ｘ線撮像装置への応用も試みられている。回折格子には、回折方法で分類すると、透過型回折格子と反射型回折格子とがあり、さらに、透過型回折格子には、光を透過させる基板上に光を吸収する部分を周期的に配列した振幅型回折格子（吸収型回折格子）と、光を透過させる基板上に光の位相を変化させる部分を周期的に配列した位相型回折格子とがある。ここで、吸収とは、５０％より多くの光が回折格子によって吸収されることをいい、透過とは、５０％より多くの光が回折格子を透過することをいう。

[0003] 近赤外線用、可視光用または紫外線用の回折格子は、近赤外線、可視光および紫外線が非常に薄い金属によって充分に吸収されることから、比較的容易に製作可能である。例えばガラス等の基板に金属が蒸着されて基板上に金属膜が形成され、該金属膜が格子にパターニングされることによって、金属格子による振幅型回折格子が作製される。可視光用の振幅型回折格子では、金属にアルミニウム（ＡｌＩ）が用いられる場合、アルミニウムにおける可視光（約４００ｎｍ～約８００ｎｍ）に対する透過率が０．００１％以下であるので、金属膜は、例えば１００ｎｍ程度の厚さで充分である。

[0004] 一方、Ｘ線は、周知の通り、一般に、物質による吸収が非常に小さく、位相変化もそれほど大きくはない。比較的良好な金（Ａｕ）でＸ線用の回折格子が製作される場合でも、金の厚さは、１００μｍ程度必要となり、透過部

分と吸収や位相変化部分とを等幅で数μ～数十μのピッチで周期構造を形成した場合、金部分の幅に対する厚さの比（アスペクト比＝厚さ／幅）は、５以上の高アスペクト比となる。このような高アスペクト比の構造を製造することは、容易ではない。そこで、このような高アスペクト比の構造を備えた回折格子の製造方法が、例えば、特許文献１に提案されている。

[0005] この特許文献１に開示の回折格子の製造方法は、Ｘ線タルボ干渉計に用いられる回折格子の製造方法であって、次に各工程を備えて構成される。まず、ガラス基板の一側面に金属シート層が形成される。次に、この金属シート層上に紫外線感光性樹脂が塗布され、この紫外線感光性樹脂が位相型回折格子用の光学リソグラフィーマスクを用いてパターン露光され、現像されることでパターンニングされる。次に、金属メッキ法によって、前記紫外線感光性樹脂が除去された部分にＸ線吸収金属部が形成される。そして、パターニングされた紫外線感光性樹脂およびこの紫外線感光性樹脂に対応する金属シート層の部分が除去される。これによって位相型回折格子が製造される。そして、この位相型回折格子の前記一側面に紫外線感光性樹脂が塗布され、この紫外線感光性樹脂がこの位相型回折格子を光学リソグラフィーマスクとして用いて位相型回折格子の他側面からパターン露光され、現像されることでパターンニングされる。次に、前記金属シート層を介して電圧を印加することで金属メッキ法によって、前記紫外線感光性樹脂が除去された部分であって位相型回折格子のＸ線吸収金属部に、さらにＸ線吸収金属部が形成される。以下、このさらにＸ線吸収分金属部を形成した位相型回折格子を新たな光学リソグラフィーマスクとして、上述の各工程が、Ｘ線吸収金属部が必要な厚さとなるまで繰り返される。これによって振幅型回折格子が製造される。

[0006] ところで、前記特許文献１に開示された回折格子の製造方法では、Ｘ線吸収金属部が必要な厚さとなるまで前記各工程が繰り返されるので、手間がかかり、また煩雑である。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２００９－３７０２３号公報

発明の概要

[0008] 本発明は、上述の事情に鑑みて為された発明であり、その目的は、アスペクト比の高いスリット溝を形成可能なシリコン基板を用い、電鋳法によって格子の金属部分をより緻密に形成することができる金属格子の製造方法および前記金属格子を提供することである。

[0009] 本発明にかかる金属格子およびその製造方法では、第１シリコン層に付けられた前記第１シリコン層よりも高抵抗な第２シリコン層に、ドライエッチング法によって前記第１シリコン層に少なくとも到達するスリット溝が形成され、電鋳法によって前記スリット溝が金属で埋められる。このような構成の金属格子およびその製造方法は、シリコンをドライエッチングするので、前記スリット溝における幅に対する深さの比（スリット溝のアスペクト比＝深さ／幅）の高いスリット溝を形成することができる。この結果、このような構成の金属格子およびその製造方法は、このスリット溝を金属で埋めることで、高アスペクト比の金属部分を持つことができる。そして、電鋳法によって前記スリット溝を金属で埋める際に、前記スリット溝を形成する第２シリコン層が、第１シリコン層よりも電気的に高抵抗であるので、金属が前記スリット溝の底から選択的に成長するから、ボイドの発生を効果的に抑制することができる。この結果、このような構成の金属格子およびその製造方法は、電鋳法によって格子の前記金属部分をより緻密に形成することができる。

[0010] 上記並びにその他の本発明の目的、特徴及び利点は、以下の詳細な記載と添付図面から明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施形態における金属格子の構成を示す斜視図である。

[図2]実施形態における金属格子の製造方法を説明するための図（その１）である。

[図3]実施形態における金属格子の製造方法を説明するための図（その２）で

ある。

[図4]実施形態における金属格子を製造するために用いられるシリコン基板の製造方法を説明するための図である。

[図5]実施形態における金属格子の他の構成を示す斜視図である。

[図6]実施形態におけるＸ線用タルボ干渉計の構成を示す斜視図である。

[図7]実施形態におけるＸ線用タルボ・ロー干渉計の構成を示す上面図である。

[図8]実施形態におけるＸ線撮像装置の構成を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明にかかる実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、適宜、その説明を省略する。また、本明細書において、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照符号で示す。

[0013] 上述したように、高アスペクト比の構造を製造することは、通常、容易ではない。そこで、高アスペクト比の３次元構造を形成可能なシリコンの特性を活用して金属格子による回折格子を製造することが考えられる。すなわち、シリコン基板に高アスペクト比の周期構造のスリット溝を形成し、この形成したスリット溝にシリコンの導電性を利用することで電気メッキ法（電鋳法）によって、金属を埋めて回折格子を製造する方法が考えられる。しかしながら、この方法でも、シリコン全体に導電性があるため、前記金属が前記スリット溝の底から成長するだけでなく、前記スリット溝の側面からも成長してしまい、その結果、金属部分の内部に空間（ボイド、金属が未充填の部分）が発生してしまう虞があり、前記スリット溝を電鋳法によって前記金属で緻密に埋めることが難しい。

[0014] そこで、本実施形態にかかる金属格子の製造方法では、大略、第１シリコン層と前記第１シリコン層に付けられた前記第１シリコン層よりも高抵抗な第２シリコン層とを備える基板における前記第２シリコン層の主面上にレジ

スト層が形成され、リソグラフィー法によって前記レジスト層をパターニングして前記パターニングした部分の前記レジスト層が除去され、ドライエッチング法によって前記レジスト層を除去した部分に対応する前記第２シリコン層を前記第１シリコン層に少なくとも到達するまでエッチングしてスリット溝が形成され、そして、電鋳法によって、前記第１シリコン層に電圧を印加して前記スリット溝が金属で埋められる。これによって本実施形態にかかる金属格子が製造される。以下、より詳細に説明する。

[0015] （金属格子）

図１は、実施形態における金属格子の構成を示す斜視図である。本実施形態の金属格子ＤＧは、図１に示すように、第１シリコン層１１と、第１シリコン層１１上に形成された格子１２とを備えて構成される。格子１２は、所定の厚さＨを有して一方向Ｄｘに線状に延びる複数の第２シリコン部分１２ａと、前記所定の厚さＨを有して前記一方向Ｄｘに線状に延びる複数の金属部分１２ｂとを備え、これら複数の第２シリコン部分１２ａと複数の金属部分１２ｂとは、交互に平行に配設される。このため、複数の金属部分１２ｂは、前記一方向Ｄｘと直交する方向Ｄｙに所定の間隔を空けてそれぞれ配設される。言い換えれば、複数の第２シリコン層１２ａは、前記一方向Ｄｘと直交する方向Ｄｙに所定の間隔を空けてそれぞれ配設される。この所定の間隔（ピッチ）Ｐは、本実施形態では、一定とされている。すなわち、複数の金属部分１２ｂ（複数の第２シリコン部分１２ａ）は、前記一方向Ｄｘと直交する方向Ｄｙに等間隔Ｐでそれぞれ配設されている。

[0016] これら第１シリコン層１１および複数の第２シリコン部分１２ａは、Ｘ線を透過するように機能し、複数の金属部分１２ｂは、Ｘ線を吸収するように機能する。このため、金属格子ＤＧは、一態様として、前記所定の間隔ＰをＸ線の波長に応じて適宜に設定することにより、回折格子として機能する。金属部分１２ｂの金属は、Ｘ線を吸収するものが好適に選択され、例えば、原子量が比較的重い元素の金属や貴金属、より具体的には、例えば、金（Ａｕ）、プラチナ（白金、Ｐｔ）、ロジウム（Ｒｈ）、ルテニウム（Ｒｕ）、

イリジウム（Ｉｒ）、インジウム（Ｉｎ）およびニッケル（Ｎｉ）等である。また、金属部分１２ｂは、例えば仕様に応じて充分にＸ線を吸収することができるように、適宜な厚さＨとされている。この結果、金属部分１２ｂにおける幅Ｗに対する厚さＨの比（アスペクト比＝厚さ／幅）は、例えば、５以上の高アスペクト比とされている。金属部分１２ｂの幅Ｗは、前記一方向（長尺方向）Ｄｘに直交する方向（幅方向）Ｄｙにおける金属部分１２ｂの長さであり、金属部分１２ｂの厚さは、前記一方向Ｄｘとこれに直交する前記方向Ｄｙとで構成される平面の法線方向（深さ方向）Ｄｚにおける金属部分１２ｂの長さである。

[0017] そして、本実施形態の金属格子ＤＧでは、第２シリコン部分１２ａは、第１シリコン層１１よりも高抵抗となっている。

[0018] このような高アスペクト比の金属部分１２ｂを備える金属格子ＤＧは、第１シリコン層と前記第１シリコン層に付けられた前記第１シリコン層よりも高抵抗な第２シリコン層とを備えるシリコン基板における前記第２シリコン層の主面上にレジスト層を形成する工程と、リソグラフィー法によって前記レジスト層をパターニングして前記パターニングした部分の前記レジスト層を除去する工程と、ドライエッチング法によって前記レジスト層を除去した部分に対応する前記第２シリコン層を前記第１シリコン層に少なくとも到達するまでエッチングしてスリット溝を形成する工程と、電鋳法によって、前記第１シリコン層に電圧を印加して前記スリット溝を金属で埋める工程とによって製造される。以下、この金属格子ＤＧの製造方法について、詳述する。

[0019] 図２および図３は、実施形態における金属格子の製造方法を説明するための図である。図４は、実施形態における金属格子を製造するために用いられるシリコン基板の製造方法を説明するための図である。

[0020] 本実施形態の金属格子ＤＧを製造するために、まず、第１シリコン層３１と第１シリコン層３１に付けられた第２シリコン層３２とを備えるシリコン基板３０が用意される（図２（Ａ））。第１シリコン層３１と第２シリコン

層３２とは、互いに電気的な性質が異なり、第２シリコン層３２は、第１シリコン層３１よりも高抵抗である。このようなシリコン基板３０は、例えば、次のように製造される。

[0021] まず、前記第１シリコン層３１となる第１シリコンウェハ２１と、前記第２シリコン層３２となる第２シリコンウェハ２２が用意され、スマート・カット（Smart Cut）法によって第２シリコンウェハ２２の厚さＨを調整するべく、第２シリコンウェハ２２の一方主表面から水素イオンH^+が注入される（図４（Ａ））。これら第１および第２シリコンウェハ２１、２２は、互いに電気的な性質が異なり、第２シリコンウェハ２２は、第１シリコンウェハ２１よりも高抵抗である。

[0022] 第１シリコンウェハ２１は、例えば、ＣＺ（Czochralski）法によって製造された比較的低抵抗なｎ型シリコン基板である（例えば抵抗率が０．０１Ωｃｍ（オームセンチメートル））。第２シリコンウェハ２２は、例えば、ＦＺ（Floating Zone）法によって製造されたノンドープの比較的高抵抗な半導体ウェハである（例えば、抵抗率が１０００Ωｃｍ）。第２シリコンウェハ２２は、ノンドープに限定されず、導電型がｐ型であるｐ型シリコン基板や、導電型がｎ型であるｎ型シリコン基板であっても良い。

[0023] スマート・カット法は、シリコン単結晶に水素イオンH^+を注入することによってシリコンの結晶格子が部分的に切断され、これによってシリコンの薄膜を切り出す方法である。このスマート・カット法では、まず、第２シリコンウェハ２２を所望の厚さＨに切り出すことができるように、前記所望の厚さＨに応じた深さＨに所定の濃度で水素イオンH^+が注入される。水素イオンH^+が注入される深さＨは、水素イオンH^+の注入エネルギーを調整することによって制御される。次に、後述するように、第２シリコンウェハ２２が所定の温度で加熱処理され、これによって前記水素イオンH^+を注入した深さ位置Ｈで第２シリコンウェハ２２が切り出される。

[0024] ここで、後述するように、本実施形態における金属格子ＤＧの製造方法では、第２シリコンウェハ２２をエッチングすることによって形成されたスリ

ット溝ＳＤに電鋳法（電気メッキ法）によって金属を埋めることで金属部分１２ｂを形成するので、この第２シリコンウェハ２２の厚さＨが金属部分１２ｂの厚さＨとなる。このため、第２シリコンウェハ２２の厚さＨは、金属部分１２ｂの厚さＨに応じて決定される。そして、スマート・カット法では、水素イオンH^+を注入した深さ位置Ｈで第２シリコンウェハ２２が切り出されるので、水素イオンH^+を注入する深さＨは、第２シリコンウェハ２２の厚さＨ、すなわち、金属部分１２ｂの厚さＨに応じて決定される。

[0025] 次に、第１および第２シリコンウェハ２１、２２の各接合面が所定の洗浄液２３で洗浄される（図４（Ｂ））。洗浄液２３として、例えば、ＲＣＡ洗浄液、超純水、脱イオン水、弗酸等が挙げられる。洗浄後、２枚の第１および第２シリコンウェハ２１、２２が乾燥される。

[0026] 次に、第１シリコンウェハ２１と第２シリコンウェハ２２とが互いに合わせられ、密着される（図４（Ｃ））。なお、これらの作業は、第１および第２シリコンウェハ２１、２２の貼接面に塵埃が付着するのを防止するためにクリーンルーム内で行われる。

[0027] 次に、互いに合わせられた第１および第２シリコンウェハ２１、２２が所定の温度で熱処理される。これによって第１および第２シリコンウェハ２１、２２は、第１および第２シリコンウェハ２１、２２の貼接面でウェハボンディングによって接着され、互いに付けられるとともに、水素イオンH^+を注入した深さ位置Ｈから第２シリコンウェハ２２が剥離される（図４（Ｄ））。前記第１シリコンウェハ２１は、第１シリコン層３１となり、この切り出された第２シリコンウェハ２２の部分は、第２シリコン層３２となる。なお、この剥離して形成された第２シリコン層３２の表面は、研磨等により平滑に仕上げられてもよい。

[0028] こうして比較的低抵抗な第１シリコン層３１に比較的高抵抗な第２シリコン層３２が付けられたシリコン基板３０が製造される。

[0029] ここで、上述では、スマート・カット法によって第２シリコンウェハ２２（第２シリコン層３２）の厚さＨが調整されたが、これに限定されるもので

はなく、公知の手段を用いることができる。例えば、第２シリコンウェハ２２（第２シリコン層３２）の厚さＨを調整するべく、第２シリコンウェハ２２が研磨されてもよい。この場合には、前述の水素イオンH^+の注入工程を行う必要はない。

[0030] また、上述では、ウェハボンディングによって第１シリコンウェハ２１と第２シリコンウェハ２２とを接着したが、これに限定されるものではなく、公知の手段を用いることができる。例えば、プラズマ接合によって第１シリコンウェハ２１と第２シリコンウェハ２２とが接着されてもよい。

[0031] そして、このようなシリコン基板３０を製造する製造方法は、図４を用いて説明した上述の方法に限定されるものではない。例えば、ｎ型の低抵抗ＣＺ基板（第１シリコン層３１）上に、ノンドープのシリコン層（第２シリコン層３２）を所望の厚さＨだけエピタキシャル成長しても良い。また例えば、ｎ型の低抵抗ＣＺ基板（第１シリコン層３１）上に、イオン注入等で表面から所望の厚さだけ非晶質化し抵抗率を下げても良い。また例えば、ｎ型の低抵抗ＣＺ基板（第１シリコン層３１）上に、イオン注入等で表面から所望の厚さだけ非晶質化し抵抗率を上げても良い。

[0032] 図２に戻って、シリコン基板３０における第２シリコン層３２の主面上に感光性樹脂層（レジスト）４１が例えばスピンコート等によって形成される（図２（Ｂ））。ここで、レジスト層は、リソグラフィーにおいて使用され、光（可視光だけでなく紫外線等も含む）や電子線等によって溶解性等の物性が変化する材料である。本実施形態では、その一例として感光性樹脂層である場合について説明しているが、これに限定されるものではなく、例えば、レジスト層は、電子線露光用のレジスト層であってもよい。

[0033] 次に、フォトリソグラフィー工程として、リソグラフィー法によって感光性樹脂層４１がパターニングされ（図２（Ｃ））、このパターニングした部分の感光性樹脂層４１が除去される（図３（Ａ））。より具体的には、感光性樹脂層４１にリソグラフィーマスク４２を押し当てて、感光性樹脂層４１にリソグラフィーマスク４２を介して紫外線４３が照射され、感光性樹脂層

４１がパターン露光され、現像される（図２（Ｃ））。そして、露光されなかった部分（あるいは露光された部分）の感光性樹脂層４１が除去される（図３（Ａ））。

[0034] 次に、ドライエッチング法によって感光性樹脂層４１を除去した部分に対応する第２シリコン層３２が、前記法線方向Ｄｚに第１シリコン層３１に少なくとも到達するまでエッチングされる。これによってスリット溝ＳＤが形成される（図３（Ｂ））。より具体的には、パターニングされた感光性樹脂層４１をマスクとして、シリコン基板３０における第２シリコン層３２の表面から第１シリコン層３１が少なくとも露出するまで、ＩＣＰプラズマドライエッチングで第２シリコン層３２がエッチングされる。なお、感光性樹脂層４１だけでは、所望の厚さＨの第２シリコン層３２を彫りぬくために、充分な厚さではない場合には、シリコン基板３０上に例えばアルミや石英等を成膜し、これらアルミ膜または石英膜上に前記感光性樹脂層４１を形成し、上述のように、リソグラフィーでこの感光性樹脂層４１をパターニングした後に、このパターニングされた感光性樹脂層４１をマスクに、アルミ膜または石英膜をパターニングし、このパターニングされたアルミ膜または石英膜をマスクとして、上述のように第２シリコン層３２をＩＣＰプラズマドライエッチングしても良い。

[0035] このＩＣＰプラズマエッチングは、高アスペクト比で垂直なエッチングができるため、好ましくは、ＩＣＰ装置によるＡＳＥプロセスである。このＡＳＥ（Advanced Silicon Etch）プロセスとは、SF_6プラズマ中のＦラジカルとＦイオンによるＲＩＥ（反応性イオンエッチング）によってシリコン基板のエッチングを行う工程と、C_4F_8プラズマ中のCF_xラジカル及びそれらのイオンの重合反応によって、テフロン（登録商標）に近い組成を有するポリマー膜を壁面に堆積させて保護膜として作用させる工程とを繰り返し行うものである。また、高アスペクト比でより垂直なエッチングができるため、より好ましくは、ボッシュ（Bosch）プロセスのように、SF_6プラズマがリッチな状態と、C_4F_8プラズマがリッチな状態とを交互に繰り返すことで、

側壁保護と底面エッチングとを交互に進行させてもよい。なお、ドライエッチング法は、ＩＣＰプラズマエッチングに限定するものではなく、他の手法であってもよい。例えば、いわゆる、並行平板型リアクティブイオンエッチング（ＲＩＥ）、磁気中性線プラズマ（ＮＬＤ）ドライエッチング、化学支援イオンビーム（ＣＡＩＢ）エッチングおよび電子サイクロトロン共鳴型リアクティブイオンビーム（ＥＣＲＩＢ）エッチング等のエッチング技術であっても良い。

[0036] このエッチングされて残った第２シリコン層３２の板状部分が第２シリコン部分１２ａとなる。

[0037] 次に、電鋳法（電気メッキ法）によって、第１シリコン層３１に電圧を印加して前記スリット溝ＳＤが金属で埋められる（図３（Ｃ））。より具体的には、第１シリコン層３１に電源４４の陰極が接続され、電源４４の陽極に接続された陽極電極４５およびシリコン基板３０がメッキ液４６に浸けられる。これによって電鋳によりスリット溝ＳＤの底部における第１シリコン層３１側から金属が析出し、第２シリコン層３２と同じ厚さＨだけ成長する。こうしてスリット溝ＳＤに金属が埋められ、金属部分１２ｂが形成される。

[0038] ここで、ｎ型シリコンは、伝導体電子を豊富に持つため、シリコンを陰極に接続して負電位を印加しカソード分極すると、メッキ液４６といわゆるオーミック接触になり、電流が流れて還元反応が起き易くなり、結果として金属が析出する。一方、ｐ型シリコンは、伝導体に電子が少ないため、カソード分極の際には電気的に逆バイアスとなり、いわゆるショットキー障壁ができ、メッキ液４６に対してブロッキング接触となって電流がほとんど流れない。特に、遮光した暗中では、ｐ型シリコンに光が当たらない状態となり、伝導体に励起される電子がほとんどないため、この傾向は、さらに強くなる。このため、電鋳法によって前記スリット溝を金属で埋めるこの工程は、より良好に電鋳を行うために、このような暗中で行うことが好ましい。

[0039] このような各製造工程を経ることによって、図１に示す構成の金属格子ＤＧが製造される。

[0040] このような金属格子ＤＧの製造方法は、シリコン基板３０をドライエッチングするので、スリット溝ＳＤにおける幅Wに対する深さＨの比（スリット溝ＳＤのアスペクト比＝深さＨ／幅W）の高いスリット溝を形成することができる。この結果、このような金属格子ＤＧの製造方法は、この高アスペクト比のスリット溝ＳＤを金属で埋めることで、高アスペクト比の金属部分１２ｂを持つ金属格子ＤＧを製造することができる。そして、電鋳法によってスリット溝ＳＤを金属で埋める際に、スリット溝ＳＤを形成する第２シリコン層３２（第２シリコン部分１２ａ）が、電鋳法の電圧を印加する第１シリコン層３１（１１）よりも電気的に高抵抗であるので、金属がスリット溝ＳＤの底から選択的に成長するから、ボイドの発生を効果的に抑制することができる。この結果、本実施形態における金属格子ＤＧの製造方法は、電鋳法によって金属格子ＤＧの金属部分１２ｂをより緻密に形成することができる。特に、Ｘ線タルボ干渉計およびＸ線タルボ・ロー干渉計に用いられる回折格子は、金属部分１２ｂが高いアスペクト比が求められるが、本実施形態における金属格子ＤＧの製造方法は、上述のように、このような高アスペクト比、例えば５倍以上、好ましくは１０倍以上、より好ましくは２０倍以上に対応することができ、しかもより緻密な金属部分１２ｂを形成することができ、Ｘ線タルボ干渉計およびＸ線タルボ・ロー干渉計に用いられる回折格子の製造方法として好適である。

[0041] なお、シリコンウェハに高アスペクト比のスリット溝をドライエッチングによって形成し、このスリット溝の底にスパッタや真空蒸着等によって金属層を形成し、この金属層を電極に用いて電鋳法によって前記スリット溝を金属で埋める金属格子の製造方法も考えられる。しかしながら、この製造方法では、前記スパッタや真空蒸着等によって金属層を形成する際に、必ずしも前記スリット溝の底にのみ形成されるとは限らず、また、前記スリット溝の底に良好な金属層が形成されるとも限らない。高アスペクト比のスリット溝の底にのみ金属層を形成することは、非常に困難である。本実施形態における金属格子ＤＧの製造方法では、このような点も解消することができる。

[0042] また、本実施形態における金属格子ＤＧの製造方法では、第１シリコン層３１（１１）は、ｎ型であるので、電鋳法で第１シリコン層３１（１１）を陰極とした場合に、容易に、第１シリコン層３１（１１）からメッキ液４６に電子を与え、金属を析出させることができる。

[0043] また、本実施形態における金属格子ＤＧの製造方法は、スマート・カット法によって第２シリコン層３２の厚さＨが調整されるので、第２シリコン層３２のカット面がより平坦となり、この結果、高精度な金属格子ＤＧを形成することができる。特に、金属格子ＤＧが回折格子として機能する場合には、入射面あるいは出射面がより平坦となるので、好ましい。

[0044] また、本実施形態における金属格子ＤＧの製造方法は、ボッシュプロセスによって第２シリコン層３２がドライエッチングされるので、スリット溝ＳＤの側面がより平坦となり、この結果、高精度な金属格子ＤＧを形成することができる。特に、金属格子ＤＧが回折格子として機能する場合には、入射面あるいは出射面がより平坦となるので、好ましい。

[0045] 図５は、実施形態における金属格子の他の構成を示す図である。なお、上述の実施形態において、金属格子ＤＧは、図５に示すように、第１シリコン層１１と複数の第２シリコン部分１２ａとの各間に複数の絶縁層１３をそれぞれさらに備える金属格子ＤＧ’であってもよい。このような構成の金属格子ＤＧ’を製造するために、前記シリコン基板３０に代えて、第１シリコン層３１と第２シリコン層３２との間にさらに絶縁層を備えるシリコン基板が用いられる。そして、この絶縁層を備えるシリコン基板を用いて図２および図３を用いて説明した各工程が実行され、このような構成の金属格子ＤＧ’が製造される。

[0046] 上述した金属格子の製造方法によって、このような構成の金属格子ＤＧ’を製造する際に、電鋳法によってスリット溝ＳＤを金属で埋める工程において、絶縁層１３によって第２シリコン部分１２ｂを第１シリコン層１１から確実に電気的に絶縁することができ、金属をスリット溝ＳＤの底からより確実に選択的に成長させ、埋めることができる。この結果、このような金属格

子ＤＧ’の製造方法およびこれによって製造された金属格子ＤＧ’は、より確実にボイドの発生を防止することができ、金属部分１２ｂをより緻密に形成することができる。

[0047] なお、上述の実施形態では、回折格子ＤＧ、ＤＧ’は、一次元周期構造であったが、これに限定されるものではない。回折格子ＤＧ、ＤＧ’は、例えば、二次元周期構造の回折格子であってもよい。例えば、二次元周期構造の回折格子ＤＧ、ＤＧ’は、回折部材となるドットが線形独立な２方向に所定の間隔を空けて等間隔に配設されて構成される。このような二次元周期構造の回折格子は、平面に高アスペクト比の穴を二次元周期で空け、上述と同様に、その穴を金属で埋める、あるいは、平面に高アスペクト比の円柱を二次元周期で立設させ、上述と同様に、その周りを金属で埋めることによって形成することができる。

[0048] （タルボ干渉計およびタルボ・ロー干渉計）

上記実施形態の金属格子ＤＧ、ＤＧ’は、高アスペクト比で金属部分を形成することができるので、Ｘ線用のタルボ干渉計およびタルボ・ロー干渉計に好適に用いることができる。この金属格子ＤＧ、ＤＧ’を用いたＸ線用タルボ干渉計およびＸ線用タルボ・ロー干渉計について説明する。

[0049] 図６は、実施形態におけるＸ線用タルボ干渉計の構成を示す斜視図である。図７は、実施形態におけるＸ線用タルボ・ロー干渉計の構成を示す上面図である。

[0050] 実施形態のＸ線用タルボ干渉計１００Ａは、図６に示すように、所定の波長のＸ線を放射するＸ線源１０１と、Ｘ線源１０１から照射されるＸ線を回折する位相型の第１回折格子１０２と、第１回折格子１０２により回折されたＸ線を回折することにより画像コントラストを形成する振幅型の第２回折格子１０３とを備え、第１および第２回折格子１０２、１０３がＸ線タルボ干渉計を構成する条件に設定される。そして、第２回折格子１０３により画像コントラストの生じたＸ線は、例えば、Ｘ線を検出するＸ線画像検出器１０５によって検出される。そして、このＸ線用タルボ干渉計１００では、第

１回折格子１０２および第２回折格子１０３の少なくとも一方は、前記金属格子ＤＧ、ＤＧ’である。

[0051] タルボ干渉計１００Ａを構成する前記条件は、次の式１および式２によって表される。式２は、第１回折格子１０２が位相型回折格子であることを前提としている。

Ｉ＝λ／（ａ／（Ｌ＋Ｚ１＋Ｚ２））　　・・・（式１）

$Z1=(m+1/2)\times(d^2/\lambda)$　　・・・（式２）

ここで、Ｉは、可干渉距離であり、λは、Ｘ線の波長（通常は中心波長）であり、ａは、回折格子の回折部材にほぼ直交する方向におけるＸ線源１０１の開口径であり、Ｌは、Ｘ線源１０１から第１回折格子１０２までの距離であり、Ｚ１は、第１回折格子１０２から第２回折格子１０３までの距離であり、Ｚ２は、第２回折格子１０３からＸ線画像検出器１０５までの距離であり、ｍは、整数であり、ｄは、回折部材の周期（回折格子の周期、格子定数、隣接する回折部材の中心間距離、前記ピッチＰ）である。

[0052] このような構成のＸ線用タルボ干渉計１００Ａでは、Ｘ線源１０１から第１回折格子１０２に向けてＸ線が照射される。この照射されたＸ線は、第１回折格子１０２でタルボ効果を生じ、タルボ像を形成する。このタルボ像が第２回折格子１０３で作用を受け、モアレ縞の画像コントラストを形成する。そして、この画像コントラストがＸ線画像検出器１０５で検出される。

[0053] タルボ効果とは、回折格子に光が入射されると、或る距離に前記回折格子と同じ像（前記回折格子の自己像）が形成されることをいい、この或る距離をタルボ距離Ｌといい、この自己像をタルボ像という。タルボ距離Ｌは、回折格子が位相型回折格子の場合では、上記式２に表されるＺ１となる（Ｌ＝Ｚ１）。タルボ像は、Ｌの奇数倍（＝（２ｍ＋１）Ｌ、ｍは、整数）では、反転像が現れ、Ｌの偶数倍（＝２ｍＬ）では、正像が現れる。

[0054] ここで、Ｘ線源１０１と第１回折格子１０２との間に被検体Ｓが配置されると、前記モアレ縞は、被検体Ｓによって変調を受け、この変調量が被検体Ｓによる屈折効果によってＸ線が曲げられた角度に比例する。このため、モ

アレ縞を解析することによって被検体Ｓおよびその内部の構造が検出される。

[0055] このような図６に示す構成のタルボ干渉計１００Ａでは、Ｘ線源１０１は、単一の点光源であり、このような単一の点光源は、単一のスリット（単スリット）を形成した単スリット板をさらに備えることで構成することができ、Ｘ線源１０１から放射されたＸ線は、前記単スリット板の前記単スリットを通過して被写体Ｓを介して第１回折格子１０２に向けて放射される。前記スリットは、一方向に延びる細長い矩形の開口である。

[0056] 一方、タルボ・ロー干渉計１００Ｂは、図７に示すように、Ｘ線源１０１と、マルチスリット板１０４と、第１回折格子１０２と、第２回折格子１０３とを備えて構成される。すなわち、タルボ・ロー干渉計１００Ｂは、図６に示すタルボ干渉計１００Ａに加えて、Ｘ線源１０１のＸ線放射側に、複数のスリットを並列に形成したマルチスリット板１０４をさらに備えて構成される。

[0057] このマルチスリット板１０４は、上述した実施形態における金属格子ＤＧ、ＤＧ’の製造方法によって製造された格子であってよい。マルチスリット板１０４を、上述した実施形態における金属格子ＤＧ、ＤＧ’の製造方法によって製造することによって、Ｘ線をスリット（前記複数の第２シリコン部分１２ａ）によって透過させるとともにより確実に前記複数の金属部分１２ｂによって遮断することができるので、Ｘ線の透過と非透過とをより明確に区別することができるから、より確実にマルチ光源とすることができる。

[0058] そして、タルボ・ロー干渉計１００Ｂとすることによって、タルボ干渉計１００Ａよりも、被写体Ｓを介して第１回折格子１０２に向けて放射されるＸ線量が増加するので、より良好なモアレ縞が得られる。

[0059] このようなタルボ干渉計１００Ａやタルボ・ロー干渉計１００Ｂに用いられる第１回折格子１０２、第２回折格子１０３およびマルチスリット板１０４の一例を挙げると、諸元は、次の通りである。なお、これらの例では、第２シリコン部分１２ａと金属部分１２ｂとは、同幅に形成され、金属部分１

２ｂは、金によって形成される。

[0060] 一例として、Ｘ線源１０１またはマルチスリット板１０４から第１回折格子１０２までの距離Ｒ１が２ｍであって、Ｘ線源１０１またはマルチスリット板１０４から第１回折格子１０２までの距離Ｒ２が２．５ｍである場合では、第１回折格子１０２は、そのピッチＰが５μｍであり、その金属部分１２ｂの厚さが３μｍであり、第２回折格子１０３は、そのピッチＰが６μｍであり、その金属部分１２ｂの厚さが１００μｍであり（アスペクト比＝１００／３）、そして、マルチスリット板１０４は、そのピッチＰが３０μｍであり、その金属部分１２ｂの厚さが１００μｍである。

[0061] また、他の一例として、Ｘ線源１０１またはマルチスリット板１０４から第１回折格子１０２までの距離Ｒ１が１．８ｍであって、Ｘ線源１０１またはマルチスリット板１０４から第１回折格子１０２までの距離Ｒ２が２．５ｍである場合では、第１回折格子１０２は、そのピッチＰが７μｍであり、その金属部分１２ｂの厚さが３μｍであり、第２回折格子１０３は、そのピッチＰが１０μｍであり、その金属部分１２ｂの厚さが１００μｍであり（アスペクト比＝１００／５）、そして、マルチスリット板１０４は、そのピッチＰが２０μｍであり、その金属部分１２ｂの厚さが１００μｍである。

[0062] （Ｘ線撮像装置）

前記金属格子ＤＧ、ＤＧ’は、種々の光学装置に利用することができるが、高アスペクト比で金属部分１２ｂを形成することができるので、例えば、Ｘ線撮像装置に好適に用いることができる。特に、Ｘ線タルボ干渉計を用いたＸ線撮像装置は、Ｘ線を波として扱い、被写体を通過することによって生じるＸ線の位相シフトを検出することによって、被写体の透過画像を得る位相コントラスト法の一つであり、被写体によるＸ線吸収の大小をコントラストとした画像を得る吸収コントラスト法に較べて、約１０００倍の感度改善が見込まれ、それによってＸ線照射量が例えば１／１００～１／１０００に軽減可能となるという利点がある。本実施形態では、前記回折格子ＤＧ、ＤＧ’を用いたＸ線タルボ干渉計を備えたＸ線撮像装置について説明する。

[0063] 図８は、実施形態におけるＸ線撮像装置の構成を示す説明図である。図８において、Ｘ線撮像装置２００は、Ｘ線撮像部２０１と、第２回折格子２０２と、第１回折格子２０３と、Ｘ線源２０４とを備え、さらに、本実施形態では、Ｘ線源２０４に電源を供給するＸ線電源部２０５と、Ｘ線撮像部２０１の撮像動作を制御するカメラ制御部２０６と、本Ｘ線撮像装置２００の全体動作を制御する処理部２０７と、Ｘ線電源部２０５の給電動作を制御することによってＸ線源２０４におけるＸ線の放射動作を制御するＸ線制御部２０８とを備えて構成される。

[0064] Ｘ線源２０４は、Ｘ線電源部２０５から給電されることによって、Ｘ線を放射し、第１回折格子２０３へ向けてＸ線を照射する装置である。Ｘ線源２０４は、例えば、Ｘ線電源部２０５から供給された高電圧が陰極と陽極との間に印加され、陰極のフィラメントから放出された電子が陽極に衝突することによってＸ線を放射する装置である。

[0065] 第１回折格子２０３は、Ｘ線源２０４から放射されたＸ線によってタルボ効果を生じる透過型の回折格子である。第１回折格子２０３は、例えば、上述した実施形態における金属格子ＤＧ、ＤＧ’の製造方法によって製造された回折格子である。第１回折格子２０３は、タルボ効果を生じる条件を満たすように構成されており、Ｘ線源２０４から放射されたＸ線の波長よりも充分に粗い格子、例えば、格子定数（回折格子の周期）ｄが当該Ｘ線の波長の約２０以上である位相型回折格子である。なお、第１回折格子２０３は、このような振幅型回折格子であってもよい。

[0066] 第２回折格子２０２は、第１回折格子２０３から略タルボ距離Ｌ離れた位置に配置され、第１回折格子２０３によって回折されたＸ線を回折する透過型の振幅型回折格子である。この第２回折格子２０２も、第１回折格子２０３と同様に、例えば、上述した実施形態における金属格子ＤＧ、ＤＧ’の製造方法によって製造された回折格子である。

[0067] これら第１および第２回折格子２０３、２０２は、上述の式１および式２によって表されるタルボ干渉計を構成する条件に設定されている。

[0068] Ｘ線撮像部２０１は、第２回折格子２０２によって回折されたＸ線の像を撮像する装置である。Ｘ線撮像部２０１は、例えば、Ｘ線のエネルギーを吸収して蛍光を発するシンチレータを含む薄膜層が受光面上に形成された二次元イメージセンサを備えるフラットパネルディテクタ（ＦＰＤ）や、入射フォトンを光電面で電子に変換し、この電子をマイクロチャネルプレートで倍増し、この倍増された電子群を蛍光体に衝突させて発光させるイメージインテンシファイア部と、イメージインテンシファイア部の出力光を撮像する二次元イメージセンサとを備えるイメージインテンシファイアカメラなどである。

[0069] 処理部２０７は、Ｘ線撮像装置２００の各部を制御することによってＸ線撮像装置２００全体の動作を制御する装置であり、例えば、マイクロプロセッサおよびその周辺回路を備えて構成され、機能的に、画像処理部２７１およびシステム制御部２７２を備えている。

[0070] システム制御部２７２は、Ｘ線制御部２０８との間で制御信号を送受信することによってＸ線電源部２０５を介してＸ線源２０４におけるＸ線の放射動作を制御すると共に、カメラ制御部２０６との間で制御信号を送受信することによってＸ線撮像部２０１の撮像動作を制御する。システム制御部２７２の制御によって、Ｘ線が被写体Ｓに向けて照射され、これによって生じた像がＸ線撮像部２０１によって撮像され、画像信号がカメラ制御部２０６を介して処理部２０７に入力される。

[0071] 画像処理部２７１は、Ｘ線撮像部２０１によって生成された画像信号を処理し、被写体Ｓの画像を生成する。

[0072] 次に、本実施形態のＸ線撮像装置の動作について説明する。被写体Ｓが例えばＸ線源２０４を内部（背面）に備える撮影台に載置されることによって、被写体ＳがＸ線源２０４と第１回折格子２０３との間に配置され、Ｘ線撮像装置２００のユーザ（オペレータ）によって図略の操作部から被写体Ｓの撮像が指示されると、処理部２０７のシステム制御部２７２は、被写体Ｓに向けてＸを照射すべくＸ線制御部２０８に制御信号を出力する。この制御信

号によってＸ線制御部２０８は、Ｘ線電源部２０５にＸ線源２０４へ給電させ、Ｘ線源２０４は、Ｘ線を放射して被写体Ｓに向けてＸ線を照射する。

[0073] 照射されたＸ線は、被写体Ｓを介して第１回折格子２０３を通過し、第１回折格子２０３によって回折され、タルボ距離Ｌ（＝Ｚ１）離れた位置に第１回折格子２０３の自己像であるタルボ像Ｔが形成される。

[0074] この形成されたＸ線のタルボ像Ｔは、第２回折格子２０２によって回折され、モアレを生じてモアレ縞の像が形成される。このモアレ縞の像は、システム制御部２７２によって例えば露光時間などが制御されたＸ線撮像部２０１によって撮像される。

[0075] Ｘ線撮像部２０１は、モアレ縞の像の画像信号をカメラ制御部２０６を介して処理部２０７へ出力する。この画像信号は、処理部２０７の画像処理部２７１によって処理される。

[0076] ここで、被写体ＳがＸ線源２０４と第１回折格子２０３との間に配置されているので、被写体Ｓを通過したＸ線には、被写体Ｓを通過しないＸ線に対し位相がずれる。このため、第１回折格子２０３に入射したＸ線には、その波面に歪みが含まれ、タルボ像Ｔには、それに応じた変形が生じている。このため、タルボ像Ｔと第２回折格子２０２との重ね合わせによって生じた像のモアレ縞は、被写体Ｓによって変調を受けており、この変調量が被写体Ｓによる屈折効果によってＸ線が曲げられた角度に比例する。したがって、モアレ縞を解析することによって被写体Ｓおよびその内部の構造を検出することができる。また、被写体Ｓを複数の角度から撮像することによってＸ線位相ＣＴ（computed tomography）により被写体Ｓの断層画像が形成可能である。

[0077] そして、本実施形態の第２回折格子２０２では、高アスペクト比の金属部分１２ｂを備える上述した実施形態における金属格子ＤＧ、ＤＧ’であるので、良好なモアレ縞が得られ、高精度な被写体Ｓの画像が得られる。

[0078] また、金属格子ＤＧ、ＤＧ’がスマート・カット法によって第２シリコン層３２の厚さが調整されるので、第２シリコン層３２のカット面がより平坦

となり、高精度に第２回折格子２０２を形成することができる。このため、より良好なモアレ縞が得られ、より高精度な被写体Ｓの画像が得られる。

[0079] さらに、金属格子ＤＧ、ＤＧ’がボッシュプロセスによって第２シリコン層３２がドライエッチングされるので、スリット溝ＳＤの側面がより平坦となり、高精度に第２回折格子２０２を形成することができる。このため、より良好なモアレ縞が得られ、より高精度な被写体Ｓの画像が得られる。

[0080] なお、上述のＸ線撮像装置２００は、Ｘ線源２０４、第１回折格子２０３および第２回折格子２０２によってタルボ干渉計を構成したが、Ｘ線源２０４のＸ線放射側にマルチスリットとしての上述した実施形態における金属格子ＤＧ、ＤＧ’をさらに配置することで、タルボ・ロー干渉計を構成してもよい。このようなタルボ・ロー干渉計とすることで、単スリットの場合よりも被写体Ｓに照射されるＸ線量を増加することができ、より良好なモアレ縞が得られ、より高精度な被写体Ｓの画像が得られる。

[0081] また、上述のＸ線撮像装置２００では、Ｘ線源２０４と第１回折格子２０３との間に被写体Ｓが配置されたが、第１回折格子２０３と第２回折格子２０２との間に被写体Ｓが配置されてもよい。

[0082] また、上述のＸ線撮像装置２００では、Ｘ線の像がＸ線撮像部２０１で撮像され、画像の電子データが得られたが、Ｘ線フィルムによって撮像されてもよい。

[0083] 本明細書は、上記のように様々な態様の技術を開示しているが、そのうち主な技術を以下に纏める。

[0084] 一態様にかかる金属格子の製造方法は、第１シリコン層と前記第１シリコン層に付けられた前記第１シリコン層よりも高抵抗な第２シリコン層とを備える基板における前記第２シリコン層の主面上にレジスト層を形成する工程と、リソグラフィー法によって前記レジスト層をパターニングして前記パターニングした部分の前記レジスト層を除去する工程と、ドライエッチング法によって前記レジスト層を除去した部分に対応する前記第２シリコン層を前記第１シリコン層に少なくとも到達するまでエッチングしてスリット溝を形

成する工程と、電鋳法によって、前記第１シリコン層に電圧を印加して前記スリット溝を金属で埋める工程とを備える。

[0085] このような構成の金属格子の製造方法は、シリコンをドライエッチングするので、前記スリット溝における幅に対する深さの比（スリット溝のアスペクト比＝深さ／幅）の高いスリット溝を形成することができる。この結果、このような構成の金属格子の製造方法は、このスリット溝を金属で埋めることで、高アスペクト比の金属部分を持つ金属格子を製造することができる。そして、電鋳法によって前記スリット溝を金属で埋める際に、前記スリット溝を形成する第２シリコン層が、電鋳法の電圧を印加する第１シリコン層よりも電気的に高抵抗であるので、金属が前記スリット溝の底から選択的に成長するから、ボイドの発生を効果的に抑制することができる。この結果、このような構成の金属格子の製造方法は、電鋳法によって格子の前記金属部分をより緻密に形成することができる。

[0086] また、他の一態様では、上述の金属格子の製造方法において、前記第１シリコン層は、ｎ型である。

[0087] このような構成の金属格子の製造方法は、前記第１シリコン層の導電型がｎ型であるので、電鋳法で第１シリコン層を陰極とした場合に、容易に、第１シリコン層からメッキ液に電子を与え、金属を析出させることができる。

[0088] また、他の一態様では、これら上述の金属格子の製造方法において、前記基板は、前記第１シリコン層と前記第２シリコン層との間にさらに絶縁層を備える。

[0089] このような構成の金属格子の製造方法では、電鋳法によって前記スリット溝を金属で埋める際に、前記第１シリコン層と前記第２シリコン層との間に介在する前記絶縁層によって前記第２シリコン層を確実に電気的に絶縁することができ、前記金属を前記スリット溝の底からより確実に選択的に成長させ、埋めることができる。この結果、このような構成の金属格子の製造方法は、より確実にボイドの発生を防止することができ、電鋳法によって金属格子の前記金属部分をより緻密に形成することができる。

[0090] また、他の一態様では、これら上述の金属格子の製造方法において、前記第２シリコン層の厚さを前記スリット溝の深さに対応する厚さになるようにスマート・カット法によって調整する工程をさらに備える。

[0091] このような構成の金属格子の製造方法は、スマート・カット法によって第２シリコン層の厚さが調整されるので、第２シリコン層のカット面がより平坦となり、高精度に金属格子を形成することができる。

[0092] また、他の一態様では、これら上述の金属格子の製造方法において、前記ドライエッチング法は、ボッシュプロセスである。

[0093] このような構成の金属格子の製造方法は、ボッシュプロセスによって第２シリコン層がドライエッチングされるので、前記スリット溝の側面がより平坦となり、高精度に金属格子を形成することができる。

[0094] また、他の一態様では、これら上述の金属格子の製造方法において、前記電鋳法によって、前記第１シリコン層に電圧を印加して前記スリット溝を金属で埋める工程は、暗中で行われる。

[0095] この構成によれば、伝導体に励起される電子がほとんどないため、前記電鋳法によってより良好に前記スリット溝を金属で埋めることができる。

[0096] また、他の一態様では、これら上述の金属格子の製造方法は、Ｘ線タルボ干渉計またはＸ線タルボ・ロー干渉計に用いられる金属格子を製造する場合に用いられる。

[0097] 上述したように、Ｘ線では、高アスペクト比が求められるが、これら上述の金属格子の製造方法を用いることによって、より緻密に形成された高アスペクト比の金属部分を備えたＸ線タルボ干渉計またはＸ線タルボ・ロー干渉計に用いられる回折格子やマルチスリット板の金属格子を製造することができる。

[0098] また、他の一態様にかかる金属格子は、第１シリコン層と、前記第１シリコン層上に形成され、一方向に線状に延び前記第１シリコン層よりも高抵抗な複数の第２シリコン部分と前記一方向に線状に延びる複数の金属部分とが交互に平行に配設された格子とを備える。

[0099] これら上述の金属格子の製造方法によって、このような構成の金属格子を得ることができ、このような構成の金属格子は、より緻密に形成された高アスペクト比の金属部分を備えることができる。このため、このような構成の金属格子は、例えば、Ｘ線に好適に用いることができ、特に、Ｘ線タルボ干渉計またはＸ線タルボ・ロー干渉計により好適に用いることができる。

[0100] また、他の一態様では、上述の金属格子において、前記第１シリコン層と前記複数の第２シリコン部分との各間に複数の絶縁層をそれぞれさらに備える。

[0101] これら上述の金属格子の製造方法によって、このような構成の金属格子を製造する際に、電鋳法によって前記スリット溝を金属で埋める工程において、前記第１シリコン層と前記複数の第２シリコン部分との各間に介在する前記絶縁層によって前記第２シリコン部分を確実に電気的に絶縁することができ、前記金属を前記スリット溝の底からより確実に選択的に成長させ、埋めることができる。この結果、このような構成の金属格子は、前記金属部分をより緻密に形成することができる。

[0102] この出願は、２０１０年７月１５日に出願された日本国特許出願特願２０１０－１６０６９９を基礎とするものであり、その内容は、本願に含まれるものである。

[0103] 本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且つ十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および／または改良することは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

産業上の利用可能性

[0104] 本発明によれば、金属格子の製造方法および金属格子を提供することができる。

請求の範囲

[請求項1] 第１シリコン層と前記第１シリコン層に付けられた前記第１シリコン層よりも高抵抗な第２シリコン層とを備える基板における前記第２シリコン層の主面上にレジスト層を形成する工程と、

リソグラフィー法によって前記レジスト層をパターニングして前記パターニングした部分の前記レジスト層を除去する工程と、

ドライエッチング法によって前記レジスト層を除去した部分に対応する前記第２シリコン層を前記第１シリコン層に少なくとも到達するまでエッチングしてスリット溝を形成する工程と、

電鋳法によって、前記第１シリコン層に電圧を印加して前記スリット溝を金属で埋める工程とを備えること

を特徴とする金属格子の製造方法。

[請求項2] 前記第１シリコン層は、ｎ型であること

を特徴とする請求項１に記載の金属格子の製造方法。

[請求項3] 前記基板は、前記第１シリコン層と前記第２シリコン層との間にさらに絶縁層を備えること

を特徴とする請求項１または請求項２に記載の金属格子の製造方法。

[請求項4] 前記第２シリコン層の厚さを前記スリット溝の深さに対応する厚さになるようにスマート・カット法によって調整する工程をさらに備えること

を特徴とする請求項１ないし請求項３のいずれか１項に記載の金属格子の製造方法。

[請求項5] 前記ドライエッチング法は、ボッシュプロセスであること

を特徴とする請求項１ないし請求項４のいずれか１項に記載の金属格子の製造方法。

[請求項6] 前記電鋳法によって、前記第１シリコン層に電圧を印加して前記スリット溝を金属で埋める工程は、暗中で行われること

を特徴とする請求項１ないし請求項５のいずれか１項に記載の金属格子の製造方法。

［請求項7］ Ｘ線タルボ干渉計またはＸ線タルボ・ロー干渉計に用いられる金属格子を製造する請求項１ないし請求項６のいずれか１項に記載の金属格子の製造方法。

［請求項8］ 第１シリコン層と、

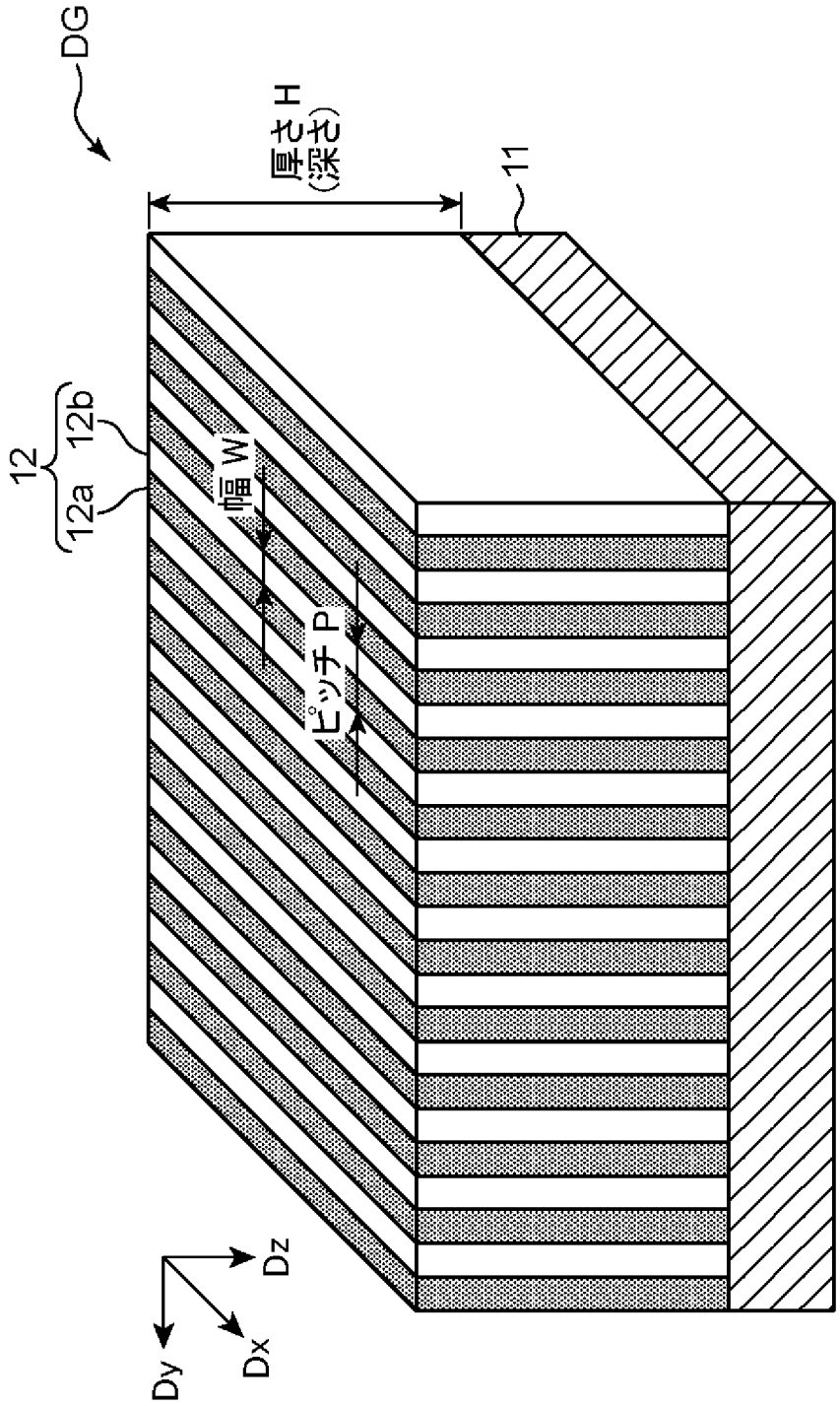
前記第１シリコン層上に形成され、一方向に線状に延び前記第１シリコン層よりも高抵抗な複数の第２シリコン部分と前記一方向に線状に延びる複数の金属部分とが交互に平行に配設された格子とを備えること

を特徴とする金属格子。

［請求項9］ 前記第１シリコン層と前記複数の第２シリコン部分との各間に複数の絶縁層をそれぞれさらに備えること

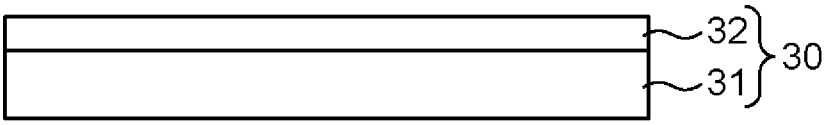
を特徴とする請求項８に記載の金属格子。

[図1]

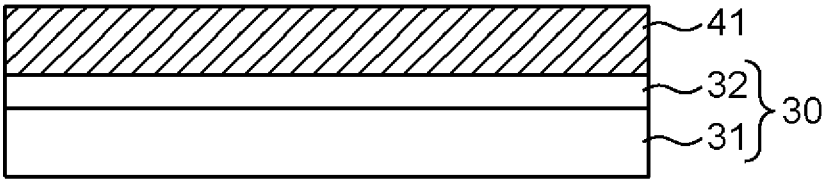


[図2]

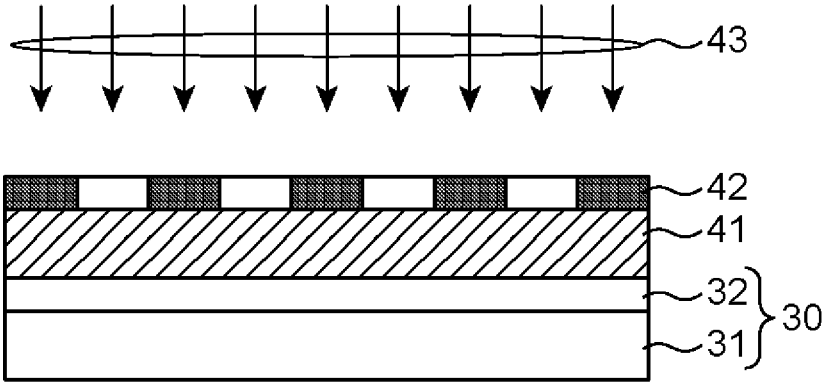
(A)



(B)

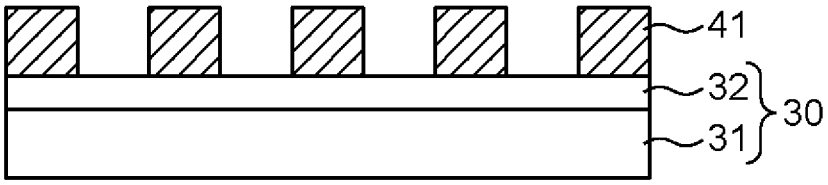


(C)

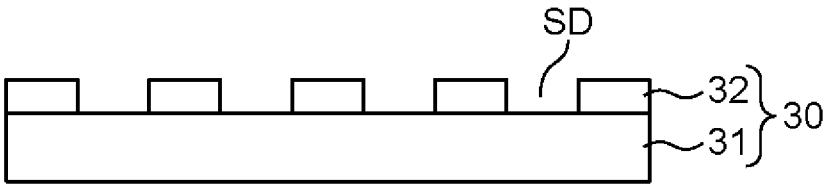


[図3]

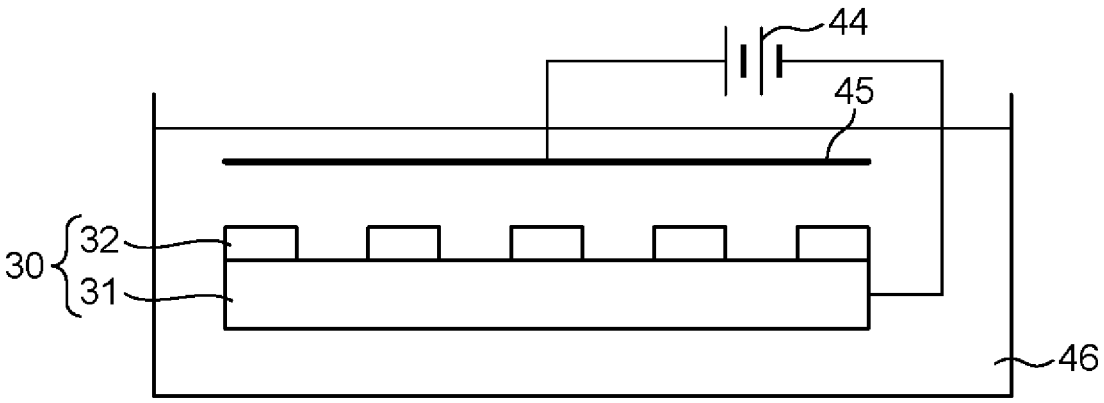
(A)



(B)

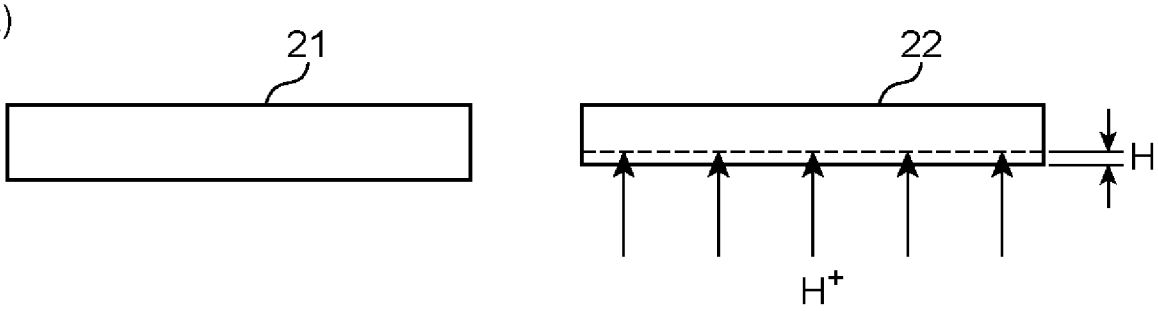


(C)

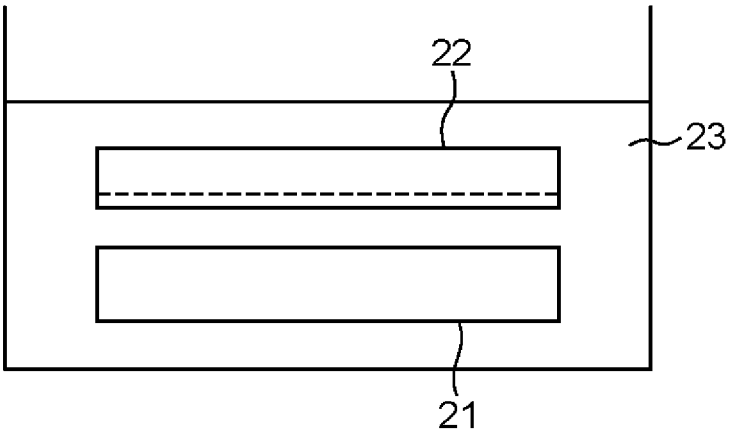


[図4]

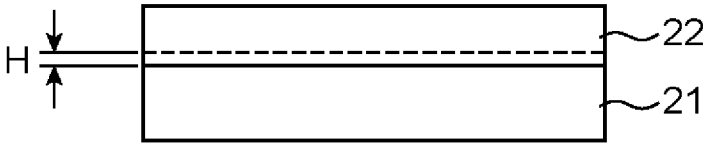
(A)



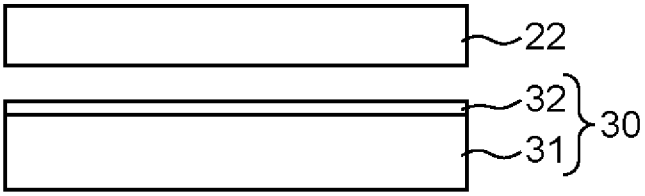
(B)



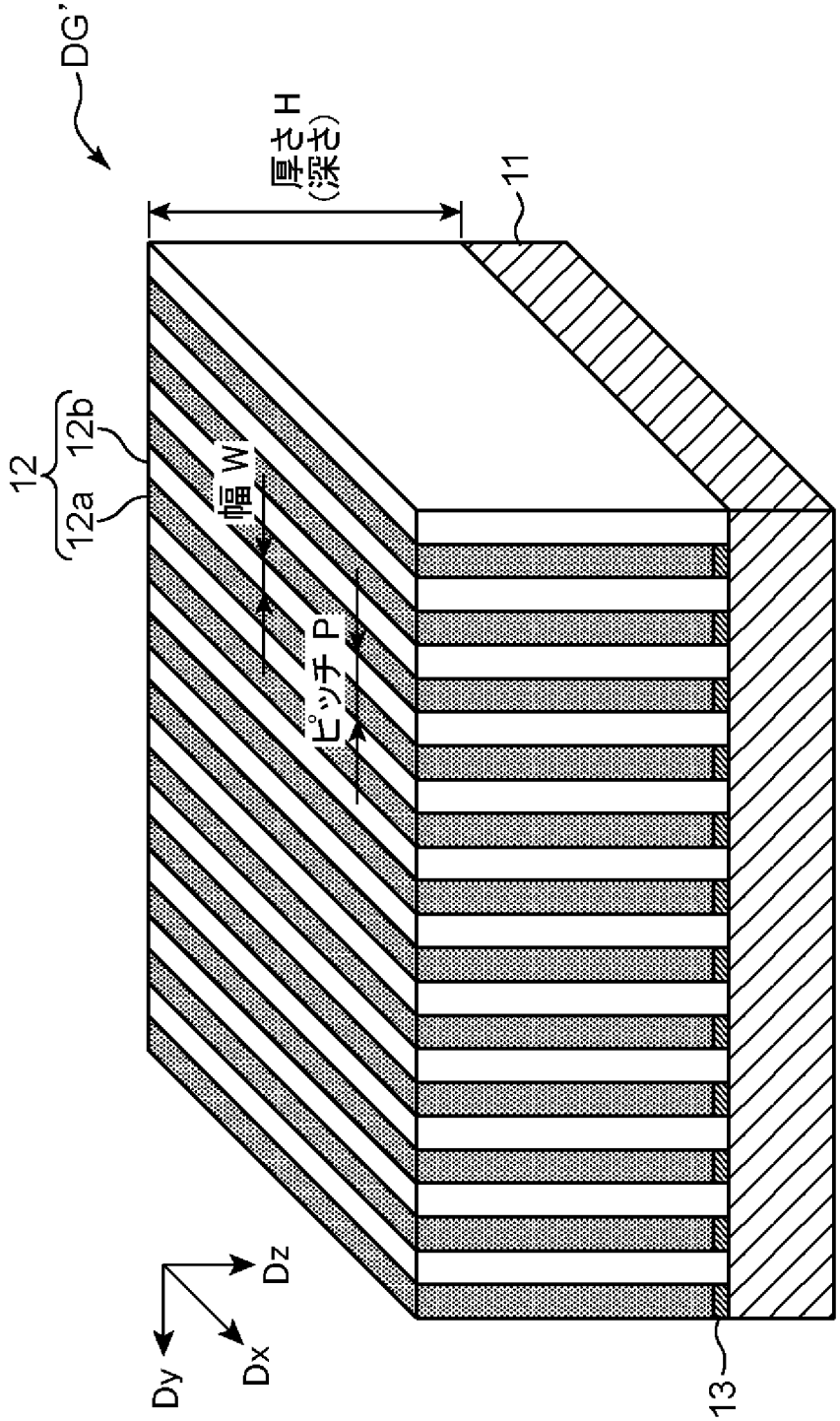
(C)



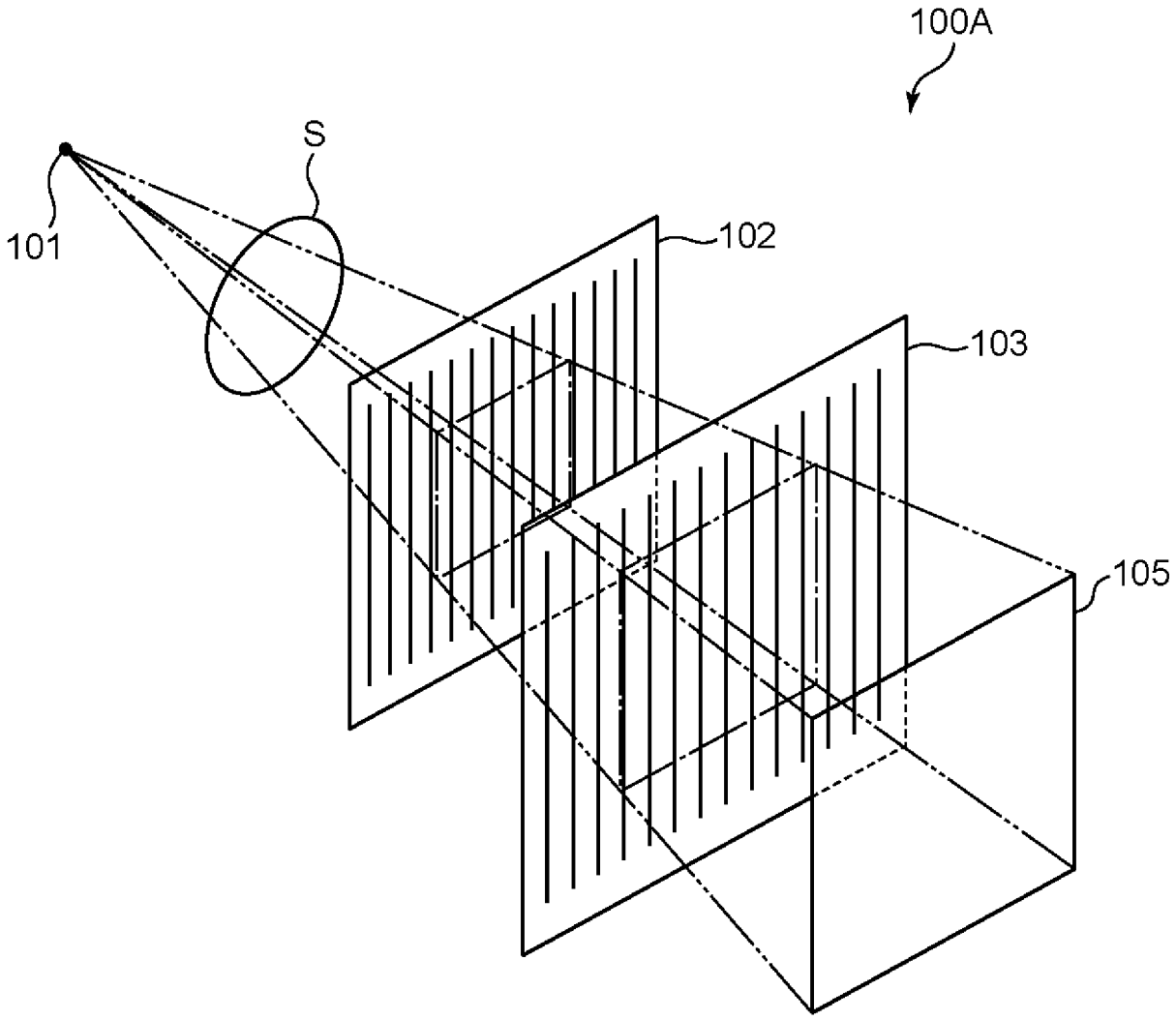
(D)



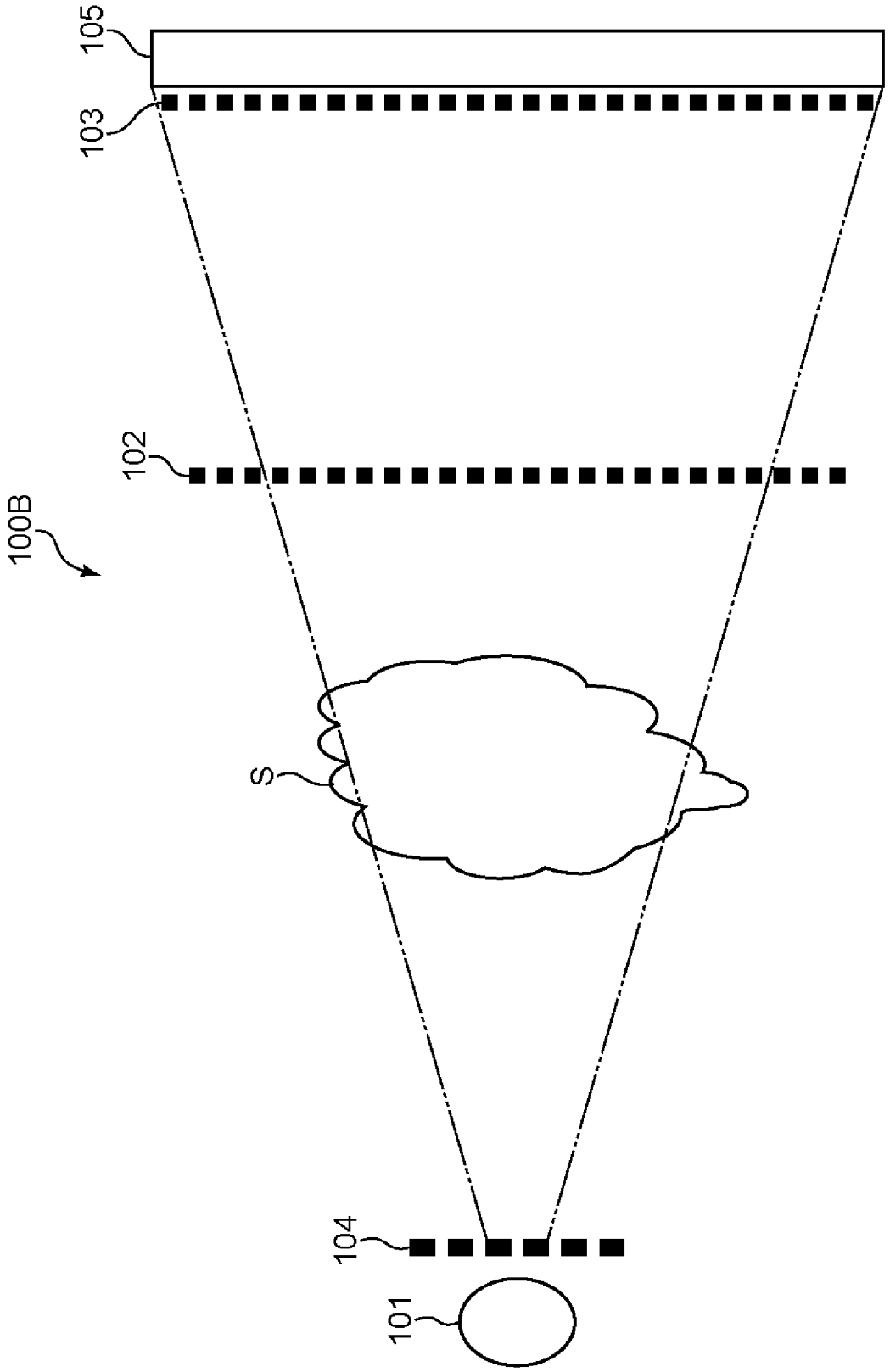
[図5]



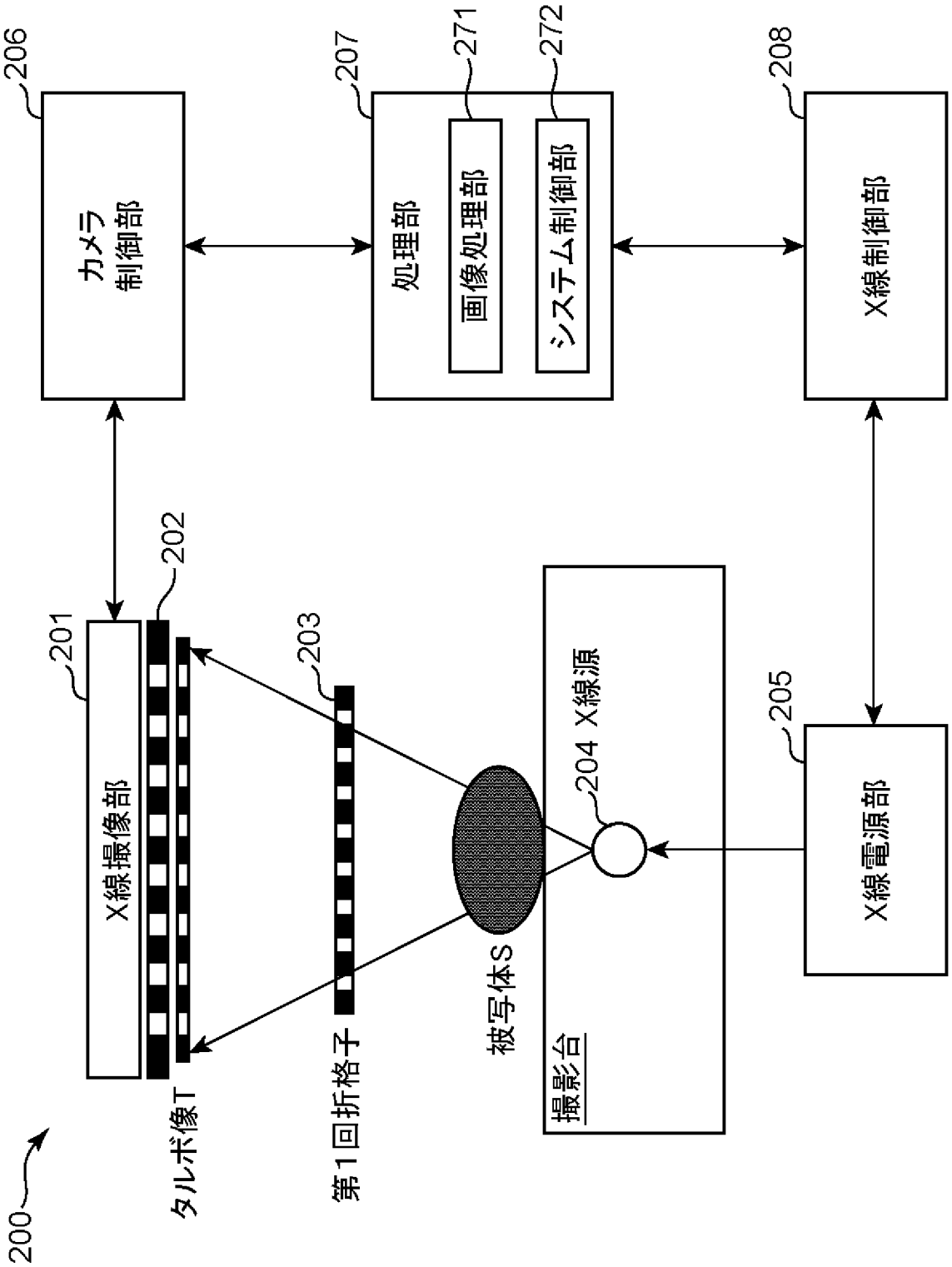
[図6]



[図7]



[図8]


206
カメラ
制御部
207
処理部
271
画像処理部
272
システム制御部
208
X線制御部
201
X線撮像部
202
203
204 X線源
205
X線電源部
被写体S
撮影台
タルボ像T
第1回折格子
200

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/003851

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C25D7/00(2006.01)i, *A61B6/00*(2006.01)i, *A61B6/06*(2006.01)i, *C25D5/02*(2006.01)i, *G01N23/04*(2006.01)i, *G01T7/00*(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)
C25D7/00, A61B6/00, A61B6/06, C25D5/02, G01N23/04, G01T7/00

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
A	JP 2006-259264 A (The New Industry Research Organization), 28 September 2006 (28.09.2006), (Family: none)	1-9
A	JP 2009-42528 A (Hyogo-Ken), 26 February 2009 (26.02.2009), (Family: none)	1-9
A	JP 2006-161124 A (Canon Inc.), 22 June 2006 (22.06.2006), (Family: none)	1-9
E,A	JP 2011-153370 A (Canon Inc.), 11 August 2011 (11.08.2011), (Family: none)	1-9

☐ 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 September, 2011 (30.09.11)	11 October, 2011 (11.10.11)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japanese Patent Office Facsimile No.	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／００３８５１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C25D7/00(2006.01)i, A61B6/00(2006.01)i, A61B6/06(2006.01)i, C25D5/02(2006.01)i, G01N23/04(2006.01)i, G01T7/00(2006.01)i

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.　C25D7/00, A61B6/00, A61B6/06, C25D5/02, G01N23/04, G01T7/00

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	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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
A	JP 2006-259264 A (財団法人新産業創造研究機構) 2006.09.28, (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2009-42528 A (兵庫県) 2009.02.26, (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2006-161124 A (キヤノン株式会社) 2006.06.22, (ファミリーなし)	1-9
E,A	JP 2011-153370 A (キヤノン株式会社) 2011.08.11, (ファミリーなし)	1-9

☐　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	国際調査報告の発送日
３０．０９．２０１１	１１．１０．２０１１

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　４Ｅ　３０３２
瀧口　博史

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２５