

(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
2013 年 7 月 4 日 (04.07.2013)



(10) 国際公開番号
W O 2013/099652 A 1

- (51) 国際特許分類 :
G01T 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP20 12/082463
- (22) 国際出願日 : 2012 年 12 月 14 日 (14.12.2012)
- (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 2011-285899 2011 年 12 月 27 日 (27.12.2011) JP
- (71) 出願人 : 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布 2 丁目 2 6 番 3 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者 : 金子 泰久 (KANEKO, Yasuhisa); 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人 : 小林 和憲 (KOBAYASHI, Kazunori); 〒1700004 東京都豊島区北大塚 2 丁目 2 5 番 1 号 太陽生命大塚ビル 3 階 Tokyo (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, ML, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

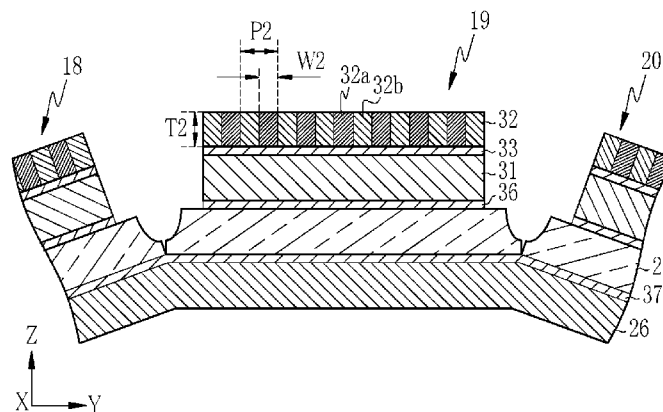
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, ML, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,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

添付公開書類 :

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: RADIOGRAPHY GRID, METHOD FOR PRODUCING SAME, AND RADIOGRAPHY SYSTEM

(54) 発明の名称 : 放射線画像撮影用グリッド及びその製造方法、並びに放射線画像撮影システム



(57) Abstract: This grid is provided with a plurality of small grids (18-20) and a support substrate (23). The small grids (18-20) have: a flat plate-shaped ground substrate (31); and grid sections (32) that are formed on the ground substrate (31) and that form a striped image as a result of locally transmitting radiation radiated from the focal point of a radiation source. The support substrate (23) is formed from a flexible substrate (26) having flexibility and a glass substrate (27) having a lower coefficient of thermal expansion than the flexible substrate (26) being pasted together, and the small grids (18-20) are arrayed at a predetermined disposition on the glass substrate (27) in accordance with alignment marks provided on the glass substrate (26). After pasting each small grid (18-20) on, the support substrate (23) is bent in a manner so that each grid section (32) faces the focal point of the radiation source.

(57) 要約 :

[続葉有]

WO 2013/099652 A1



グリッドは、複数の小グリッド（１８～２０）と支持基板（２３）を備える。小グリッド（１８～２０）は、平板状の下地基板（３１）と、下地基板（３１）上に形成され、放射線源の焦点から照射される放射線を部分的に透過して縞画像を生成するグリッド部（３２）とを有する。支持基板（２３）は、研磨性を有するフレキシブル基板（２６）とフレキシブル基板（２６）よりも熱膨張係数が小さいガラス基板（２７）とを貼り合わせて形成され、ガラス基板（２６）上に設けられたアライメントマーク（２８）が配列される。支持基板（２３）は、各々の小グリッド（１８～２０）の貼付け後に、各グリッド部（３２）が放射線源の焦点を向くように湾曲される。

明 細 書

発明の名称：

放射線画像撮影用グリッド及びその製造方法、並びに放射線画像撮影システム

技術分野

[0001] 本発明は、放射線画像の撮影に用いられるグリッド及びその製造方法と、このグリッドを用いた放射線画像撮影システムに関する。

背景技術

[0002] 放射線（例えばX線）は、物体との相互作用により強度と位相とが変化し、位相変化が強度の変化よりも高い相互作用を示すことが知られている。近年、X線の位相変化に基づいて、X線吸収能が低い被検体から高コントラストの画像（以下、位相コントラスト画像と称する）を得るX線画像撮影システムが着目されている。

[0003] 位相コントラスト画像を撮影するためのX線画像撮影システムは、X線を照射するX線源と、第1及び第2のグリッドと、放射線画像検出器とを有する。X線源と第1グリッドの間に被検体を配置し、第1グリッドを間欠移動しながら、第1グリッドの自己像と第2グリッドとの重ね合わせにより強度変調された縞画像を複数撮影し、これらの縞画像中に重畳される被検体による変化に基づいて位相コントラスト画像を取得する。このX線画像撮影方法は、縞走査法と呼ばれている。

[0004] また、X線源はコーンビーム状に広がるX線を放射するので、平板状のグリッドを用いると、グリッドの周縁部においてX線にケラレが発生するという問題がある。ケラレを低減するためには、グリッドをX線の広がりに合わせて円筒面状（あるいは球面状）に湾曲させたものにすることが好ましいが、グリッドは例えばシリコンウエハを用いて形成されるため、平板状に作製したグリッドを湾曲させるとグリッドが破損してしまう場合がある。

[0005] こうしたことから、例えば特開2007—203061号公報（対応米国

特許第 7, 522, 698 号) には、複数の平板状の小グリッドを凹面上に配置することにより、局所的には平板状であるが全体としては湾曲した形状をしているグリッドが開示されている。また、特開 2010—063646 号公報 (対応米国特許第 8, 139, 711 号) には、フレキシブル基板上にグリッドを形成した後、フレキシブル基板を湾曲させることで円筒面状に湾曲させることが記載されている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特開 2007 _ 203061 号公報に記載のように、X 線の広がりに合わせて小ダリッドを非平面上に配置する場合、各小ダリッドの配置や傾きを高精度に位置合わせする必要がある。しかし、特開 2007—203061 号公報は、小ダリッドを非平面上に配列するとき、各小ダリッドを高精度に位置合わせする具体的な方法までは開示をしていない。このため、実際の撮影に用いることが可能な程度に高精度に、小グリッドを円筒面状や球面状に配置することは困難である。

[0007] また、フレキシブル基板は、熱膨張率が大きく、変形容易であるため、特開 2010 - 063646 号公報に記載されているように、フレキシブル基板上にグリッドを形成すると、フレキシブル基板の熱膨張により、グリッド自体の精度が悪化するという問題がある。

[0008] さらに、特開 2007—203061 号公報と特開 2010 - 063646 号公報を組み合わせるとすれば、小グリッドをフレキシブル基板上に貼り付けて、フレキシブル基板を湾曲させることが考えられる。この場合、フレキシブル基板上に小ダリッドを配置する目安となるアライメントマークを設けておき、このアライメントマークに合わせて小ダリッドを配置することになるが、フレキシブル基板の熱膨張率や変形容易性のために、アライメントマークの間隔等が変化しやすいので、アライメントマークを高精度に形成することが難しい。したがって、フレキシブル基板上に小グリッドを配置する場合、精度の悪いアライメントマークを基準にしなければならないので、高

精度な配置が難しいという問題が残る。

[0009] 本発明は、湾曲した面上に小ダリッドを高精度に配置したダリッド及びその製造方法、並びに放射線画像撮影システム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

[001 0] 本発明の放射線画像撮影用ダリッドは、複数の小ダリッドと、支持基板とを備える。各々の小グリッドは、平板状の下地基板と、下地基板上に形成され、放射線源の焦点から照射される放射線を部分的に透過して縞画像を生成するグリッド部とを有する。支持基板は、可撓性を有する第1基板と、第1基板よりも熱膨張係数が小さい第2基板とを貼り合わせて形成される。小グリッドは、第2基板上に設けられたアライメントマークにしたがって、第2基板上に所定の配置で配列される。支持基板は、アライメントマークにしたがって第2基板上に小ダリッドを配列した後に、各々の小ダリッドのダリッド部が放射線源の焦点を向くように湾曲される。

[001 1] 第2基板はガラス基板であり、支持基板の湾曲にともなって小グリッドの配列に応じて分断される。分断後の第2基板の切片と各小グリッドの積層体は、湾曲した第1基板によって一体に保持される。

[001 2] 第2基板の表面には、支持基板の折れ曲がり位置を特定するための溝が設けられていることが好ましい。この溝は、例えば、第2基板の表面に沿ってミシン目状に設けられる。溝は、例えば、第2基板を厚さ方向に部分的に切削したものである。溝は、第2基板を厚さ方向に全て切削したものでも良い。このように、第2基板の表面に溝を設ける場合、第1基板には、第2基板に形成される溝に対応した直線上に、剛性を低下させた低剛性部を有することが好ましい。

[001 3] 第1基板には、形状記憶材料を用いることができる。

[0014] 小グリッドは、例えば、放射線吸収部と放射線透過部を交互に配列して形成されたダリッド部を有する吸収型ダリッドである。また、小ダリッドは、放射線透過性を有する二種類の部材を交互に配列して形成されたダリッド部を有する位相型ダリッドでも良い。

- [001 5] 本発明の放射線画像撮影用ダリッドの製造方法は、小ダリッド製造工程と、支持基板形成工程と、小グリッド貼付工程と、湾曲工程とを備える。小グリッド形成工程は、平板状の下地基板と、下地基板上に形成され、放射線源の焦点から照射される放射線を部分的に透過して縞画像を生成するダリッド部とを有する複数の小グリッドを形成する。支持基板形成工程は、可撓性を有し、平行平板状の第1基板と、第1基板よりも熱膨張係数が小さい平行平板状の第2基板とを貼り合わせて支持基板を形成する。小グリッド貼付工程は、第2基板上に設けられたアライメントマークにしたがって、小グリッドを前記第2基板上に所定配列で貼り付ける。湾曲工程は、小グリッドが貼り付けられた支持基板を、各々の小ダリッドのダリッド部が放射線源の焦点を向くように湾曲させる。
- [001 6] さらに、第2基板上に、支持基板の折れ曲がり位置を特定するための溝を設ける溝形成工程を備えることが好ましい。
- [001 7] また、第1基板に剛性の低い低剛性部を形成する低剛性処理工程を備えることが好ましい。
- [001 8] 放射線画像撮影システムは、第1ダリッドと、第2ダリッドと、放射線画像検出器を有する。第1グリッドは、放射線源から放射された放射線を透過させて縞画像を生成する。第2グリッドは、縞画像に強度変調を与える。放射線画像検出器は、第2グリッドにより強度変調された縞画像を検出する。そして、放射線画像検出器により検出された縞画像から位相コントラスト画像を生成するものである。この放射線画像撮影システムにおいて、本発明の放射線画像撮影システムは、第1ダリッドまたは第2ダリッドの少なくとも一方は、複数の小グリッドと、支持基板とを備えたものになっている。小グリッドは、平板状の下地基板と、下地基板上に形成され、放射線源の焦点から照射される放射線を部分的に透過して縞画像を生成するダリッド部とを有する。支持基板は、可撓性を有する第1基板と、第1基板よりも熱膨張係数が小さい第2基板とを貼り合わせて形成される。支持基板は、小グリッドが第2基板上に設けられたアライメントマークにしたがって所定の配置で配列

した後、各々の小ダリッドのダリッド部が放射線源の焦点を向くように湾曲される。

[0019] 放射線源と第1ダリッドとの間に配置され、放射線源から照射された放射線を領域選択的に遮蔽して多数のライン上の放射線を形成する線源ダリッドをさらに備えていても良い。この線源グリッドは、上述の複数の小グリッドと支持基板を備えるものであることが好ましい。

発明の効果

[0020] 本発明は、可撓性を有する第1基板と、第1基板よりも熱膨張係数が小さい第2基板とを貼り合わせて形成された支持基板上に小グリッドを正確に配置した後に、支持基板を湾曲させ、小グリッドを放射線源の焦点に向けている。これにより、本発明は、湾曲した面上に小グリッドを高精度に配置することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1] X線画像撮影システムの構成を示す説明図である。

[図2] 第2ダリッドの平面図である。

[図3] 図2のII—I線に沿った第2ダリッドの断面図である。

[図4] 小ダリッドの構成を示す断面図である。

[図5] X線透過性基板と下地基板を接合する工程を示す断面図である。

[図6] X線透過性基板の表面にエッチングマスクを形成する工程を示す断面図である。

[図7] シーズ層を露呈させるドライエッチングを行う工程を示す断面図である。

[図8] 電解メッキにより溝にX線吸収剤を充填する工程を示す断面図である。

[図9] 支持基板の構成及び製造手順を示す断面図である。

[図10] 支持基板に溝及びアライメントマークを設ける工程を示す説明図である。

[図11] 支持基板に小ダリッドを貼り付ける工程を示す説明図である。

[図12] 支持基板を湾曲させる工程を示す断面図である。

[図13] フレキシブル基板に低剛性部を設ける例を示す断面図である。

[図14] 別の低剛性部を設ける例を示す断面図である。

[図15] ガラス基板に形成する溝をマシン目状に形成した例を示す説明図である。

[図16] 溝を含む断面図である。

[図17] 結合部を含む断面図である。

[図18] ガラス基板に他の態様のマシン目状の溝を設けた例を示す説明図である。

[図19] ガラス基板に形成する溝とフレキシブル基板に形成する低剛性部の対応関係を示す説明図である。

[図20] ガラス基板に形成する溝とフレキシブル基板に形成する低剛性部の対応関係を示す説明図である。

[図21] ガラス基板に形成する溝とフレキシブル基板に形成する低剛性部の対応関係を示す説明図である。

[図22] ガラス基板に形成する溝とフレキシブル基板に形成する低剛性部の対応関係を示す説明図である。

[図23] ダリッドを球面状に湾曲して形成する例を示す説明図である。

[図24] ダリッド部をガラス基板に貼り付けた例を示す断面図である。

[図25] 湾曲したダリッドを台座に固定する例を示す断面図である。

[図26] 小ダリッドの隙間に充填剤を入れた例を示す断面図である。

[図27] フレキシブル基板の代わりに形状記憶基板を用いる例を示す断面図である。

[図28] フレキシブル基板の代わりに複合基板を用いる例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0022] [第1実施形態]

図1に示すように、X線画像撮影システム10は、X線照射方向であるZ方向に沿って、X線源11、線源ダリッド12、第1グリッド13、第2グ

リツド14、及びX線画像検出器15が配置されている。

[0023] X線源11は、回転陽極型のX線管（図示せず）と、X線の照射野を制限するコリメータ（図示せず）とを有し、被検体HにX線を放射する。

[0024] 線源グリッド12、第1グリッド13及び第2グリッド14は、X線を吸収する吸収型グリッドであり、Z方向においてX線源11に対向配置されている。また、線源グリッド12、第1グリッド13及び第2グリッド14は、いずれも格子線がX方向に沿って設けられているとともに、X線源11から照射されるX線がコーンビーム状に拡散して照射されることに合わせて、Y方向に湾曲した円筒面状になっている。

[0025] 線源ダリッド12と第1ダリッド13との間には、被検体Hが配置可能な間隔が設けられている。第1ダリッド13と第2ダリッド14との距離は、最小のタルボ距離以下とされている。

[0026] X線画像検出器15は、半導体回路を用いたフラットパネル検出器であり、第2グリッド14の背後に配置されている。

[0027] X線画像撮影システムの作用について説明する。X線源11から放射されたX線は、線源グリッド12のX線吸収部によつて部分的に遮蔽されることにより、Y方向に関する実効的な焦点サイズが縮小され、Y方向に配列された多数のライン状のX線が形成される。各ライン状のX線は、被検体Hを通過する際に位相が変化する。この各X線が第1グリッド13を通過することにより、被検体Hの屈折率と透過光路長とから決定される被検体Hの透過位相情報を反映した縞画像が形成される。各ライン状のX線により生成された縞画像は、第2グリッド14に投影され、第2グリッド14の位置で重なり合う。

[0028] 縞画像は、第2グリッド14により部分的に遮蔽されることにより強度変調される。本実施形態では、縞走査法を用い、第1グリッド13に対して第2グリッド14を、間欠移動させるとともに、その停止中に、X線源11から被検体HにX線を照射してX線画像検出器15により撮影を行う。この間欠移動は、格子ピッチを等分割（例えば、5個に分割）した一定の走査ピッ

チでY方向に行く。

[0029] X線画像検出器15の各画素の画素データから強度変化を表す強度変調信号を作成し、その位相ズレ量（被検体Hがある場合とない場合とでの位相のズレ量）を算出することにより、位相微分画像が得られる。この位相微分画像は、被検体HでのX線の屈折角度の分布に対応する。この位相微分画像をX方向に沿って積分することにより、位相コントラスト画像が得られる。

[0030] 第1及び第2グリッド13, 14は、サイズが異なるだけであるので、第2グリッド14を例にして、グリッドの構造を説明する。図2に示すように、第2グリッド14は、5枚の小グリッド17～21を備える。これらの小グリッド17～21は、いずれも同様に形成されており、外形はX方向に伸びた細長い矩形状であり、格子線もX方向に沿って設けられている。

[0031] 図3に示すように、各小グリッド17～21は、支持基板23上に貼り付けられている。小グリッド17～21は、支持基板23が平板状の時に互いに等間隔に、かつ、X方向に沿って平行に貼り付けられる。しかし、第2グリッド14の製造時に支持基板23が円筒面状に（X線画像検出器15側に凸）になるように湾曲されるので、第2グリッド14の完成時には、支持基板23の表面に沿って等間隔ではあるが、各々異なる角度を向くことになる。

[0032] 具体的には、第2グリッド14をX線源11側（Z方向）からみると、支持基板23の中央に配置された小グリッド19は、X線源11のほぼ正面にX方向に沿って配置される。また、小グリッド18, 20は中央の小グリッド19に対して、Y方向に所定角度傾斜して配置される。小グリッド17, 21は小グリッド18, 20に対してY方向に傾斜して配置される。これにより、小グリッド17～21の表面は、X線源11のX線焦点11aを向き、X線の入射方向に対してほぼ垂直に配置されている。すなわち、第2グリッド14はいわゆる収束構造に近似し、小グリッド17～21の各グリッド部（後述するX吸収部25及びX線透過部26）を延長すれば、全ての小グリッド17～21のグリッド構造の延長線がX線焦点11aにほぼ収束する

ようになっている。

[0033] 支持基板 23 は、フレキシブル基板 26 (第 1 基板) とガラス基板 27 (第 2 基板) を貼り合わせた 2 重構造の基板である。

[0034] フレキシブル基板 26 は可撓性であり、かつ、X 線画像検出器 15 で検出する X 線画像にほぼ影響がない程度に X 線の吸収率が低い (以下、X 線透過性があるという) 基板であり、例えば、ポリイミドやポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリカーボネート (PC)、ドライフィルム、ノリレン、アクリル系樹脂等で形成される。但し、フレキシブル基板 26 は、可撓性である代わりにガラス基板 27 等と比較して、熱膨張係数が大きい。ポリイミドの熱膨張係数は約 $5.4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。また、ポリエチレンテレフタレートは約 $6.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、ポリカーボネートは約 $7.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、アクリル系樹脂は約 $7.0 \sim 8.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。フレキシブル基板 26 の厚さは概ね $0.01 \sim 0.1 \text{ mm}$ 程度である。

[0035] ガラス基板 27 は、後述するようにフレキシブル基板 26 の熱膨張係数が大きいことによる弊害を低減するためにフレキシブル基板 26 に貼り合わせられるものであり、X 線透過性を有し、かつ、フレキシブル基板 26 よりも熱膨張係数が小さいガラスで形成されている。ガラス基板 27 は、例えば、パイレックスガラスやソーダガラスで形成される。パイレックスガラスの熱膨張係数は約 $3.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、ソーダガラスの熱膨張係数は約 $9.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。ガラス基板 27 の厚さは、概ね $1 \sim 0.7 \text{ mm}$ 程度である。

[0036] なお、ここではフレキシブル基板 26 にガラス基板 27 を貼り合わせて支持基板 23 を形成する例を挙げて説明するが、フレキシブル基板 26 に貼り合わせる基板は、X 線透過性を有し、かつ、フレキシブル基板 26 よりも熱膨張係数が小さい材料で形成されていれば必ずしもガラスで形成されている必要はない。例えば、ガラス基板 27 の代わりに、石英、シリコン、アルミナ、アルミニウム、チタンやチタン合金、ニッケル、ステンレス等で形成された基板をフレキシブル基板 26 に貼り合わせて支持基板 23 を形成しても

良い。

[0037] また、ガラス基板 2 6 はフレキシブル基板 2 6 に貼り合わせられる段階では平行平板であるが、小グリッド 1 7 ~ 2 1 を配置し、支持基板 2 3 を湾曲させると、ガラス基板 2 6 は小グリッド 1 7 ~ 2 1 間で亀裂を生じ、分断される。このため、完成状態の第 2 グリッド 1 4 は、湾曲したフレキシブル基板 2 6 上に、分断されたガラス基板 2 7 の切片と小グリッド 1 7 ~ 2 1 との積層体が配列されており、フレキシブル基板 2 6 によって湾曲しつつ、かつ、全体が一体に形成されている。すなわち、ガラス基板 2 7 の切片と小グリッド 1 7 ~ 2 1 との各々の積層体がフレキシブル基板 2 6 によって一体に保持されている。前述のように、ガラス基板 2 6 の代わりに金属系材料で形成された基板を用いる場合には、支持基板 2 3 の湾曲したときに、金属系基板が小グリッド 1 7 ~ 2 1 間で展延し、亀裂が入らずに一体になったままになっていることもある。

[0038] 図 4 に示すように、小グリッド 1 7 ~ 2 1 は、下地基板 3 1 とグリッド部 3 2 とを有する。下地基板 3 1 は、ダリット部 3 2 を形成するときの下地となる基板であり、X 線透過性を有し、少なくともフレキシブル基板 2 6 と比較して熱膨張係数が小さい材料（シリコンやガラス、カーボン等）で形成される。

[0039] ダリット部 3 2 は、金やプラチナ等で形成された X 線吸収部 3 2 a と、シリコン等の X 線透過性を有する材料で形成された X 線透過部 3 2 b を有する。X 線吸収部 3 2 a と X 線透過部 3 2 b は、X 方向に延伸して設けられているとともに、下地基板 3 1 の表面に垂直に設けられている。また、X 線吸収部 3 2 a 及び X 線透過部 3 2 b は、下地基板 3 1 の表面に沿って隙間なく交互に設けられている。小ダリット 1 9 の場合、X 線吸収部 3 2 a 及び X 線透過部 3 2 b は Y 方向に交互に配列されている。他の小グリッド 1 7 ~ 1 8 , 2 0 ~ 2 1 の場合、前述のように支持基板 2 3 の湾曲に応じて傾斜しているが、構造は小ダリット 1 9 と同様である。

[0040] X 線吸収部 3 2 a の幅 W 2 及びピッチ P 2 は、線源グリッド 1 2 と第 1 グ

リット 13 との距離、第 1 ダリット 13 と第 2 ダリット 14 との距離、及び第 1 グリット 13 の X 線吸収部のピッチ等によって決まる。例えば、幅 W 2 は、2 ~ 20 μm 程度であり、ピッチ P 2 は、4 ~ 40 μm 程度である。また、X 線吸収部 25 の厚み T 2 は、高い X 線吸収性を得るためには厚いほど良いが、X 線のケラレを考慮して 100 μm 程度とすることが好ましい。本実施形態では、例えば、幅 W 2 を 2.5 μm 、ピッチ P 2 を 5 μm 、厚み T 2 を 100 μm とする。なお、これらの値は全ての小グリット 17 ~ 21 に共通である。

[0041] なお、下地基板 31 とグリット部 32 の間にはシース層 33 が設けられているが、後述するようにシース層 33 は、X 線吸収部 32a を形成するための導電層である。また、小グリット 17 ~ 21 は、接着剤 36 によってガラス基板 27 の表面に貼り付けられており、フレキシブル基板 26 とガラス基板 27 は接着剤 37 によって貼り合わせられている。接着剤 36、37 は、X 線透過性と接着性を有するものであれば良く、レジストやパリレン、ポリイミド等を用いても良い。接着剤 36、37 の厚さは概ね 10 μm 程度である。

[0042] 線源グリット 12 及び第 1 グリット 13 は、第 2 グリット 14 と同様に、複数の小ダリットと、小ダリットが接着剤によって接合された支持基板とで構成されている。また、線源ダリット 12 及び第 1 ダリット 13 の小ダリットは、第 2 ダリット 14 と同様にダリット部及び下地基板を備えている。グリット部の構造も第 2 ダリット 14 のダリット部 32 と同様であるが、X 線吸収部及び X 線透過部の幅やピッチ、厚さが各々の配置等に応じて異なる。

[0043] 次に、第 2 ダリット 14 を例にして、本発明のダリットの製造方法について説明する。なお、線源ダリット 12 や第 1 ダリット 13 の製造方法も同様であるため、これらの説明は省略する。

[0044] まず、小グリット 17 ~ 21 は次のように作製される。図 5 に示すように、シリコン等により形成された X 線透過性基板 41 の下面に下地基板 31 が接合される。このとき、下地基板 31 と X 線透過性基板 41 の接合面には、

シーズ層 33 が形成される。

[0045] X線透過性基板 41 は、後にグリット部 32 のX線透過部 32b になるので、X線透過性基板 41 はX線透過部 32b の材料で形成され、その厚さはグリット部 32 (X線透過部 32b) の厚さである。また、X線透過性基板 41 は、下地基板 31 と熱膨張率がほぼ等しい材料であることが特に好ましい。これは、X線撮影装置 10 の使用中に第2グリッド14の温度が変化しても、下地基板 31 とX線透過部 32b (X線透過性基板 41) の熱膨張率の相違によりダリット部 32 が破損してしまわないようにするためである。具体的には、例えば、下地基板 31 とX線透過性基板 41 に同じシリコン基板を用いれば良い。

[0046] シーズ層 33 は、例えば、Au または Ni、もしくは Al、Ti、Cr、Cu、Ag、Ta、W、Pb、Pd、Pt 等の金属膜、あるいはそれらの合金を材料とする金属膜で形成される。シーズ層 33 は、下地基板 31 の上面に設けてからX線透過性基板 41 と接合しても良いし、X線透過性基板 41 の下面に設けても良い。下地基板 31 の上面とX線等が基板 41 の下面の両方に設けても良い。

[0047] 次いで、図6に示すように、X線透過性基板 41 の表面には、フォトリソグラフィ技術を用いてエッチングマスク 42 が形成される。エッチングマスク 42 は、X方向に直線上に延伸され、かつ、Y方向に所定ピッチで周期的に配列されたラインアンドスペース状のパターンを有する。エッチングパターン 42 の幅及びピッチは、X線透過部 32b の幅 W_2 及びピッチ P_2 とする。

[0048] エッチングマスク 42 を形成すると、図7に示すように、エッチングマスク 42 をマスクとしてシーズ層 33 が露呈されるまでドライエッチングをすることにより、X線透過性基板 41 に複数の溝 43 と、X線透過部 32b が形成される。溝 43 は後にX線吸収部 32a となるので、幅数 μm 、深さ $100\mu\text{m}$ 程度の高いアスペクト比で形成される。このため、溝 43 及びX線透過部 32b を形成するドライエッチングには、ボッシュプロセス、クライ

オブプロセス等の深堀用のドライエッチングが用いられる。なお、シリコンの代わりに感光性レジストを用いてX線透過性基板41を形成し、シンクロトロン放射光で露光することにより溝を形成しても良い。

[0049] 溝43及びX線透過部32bが形成されると、図8に示すように、電解メッキにより溝43内に金等のX線吸収材が充填される。これにより、溝43にX線吸収部32aが形成される。具体的には、シーズ層33に電流端子が接続され、X線透過性基板41は下地基板31に接合された状態でメッキ液中に浸漬される。そして、X線透過性基板41と対向させた位置には、もう一方の電極（陽極）が用意され、電流端子と陽極との間に電流が流される。これにより、メッキ液中の金属イオンがパターン加工されたX線透過性基板41に析出し、溝43内に金が埋め込まれる。

[0050] こうして、X線吸収部32aが形成されると、エッチングマスク42はアッシング法等により、除去される。これにより、小グリッド17～21が形成される。

[0051] なお、溝43へのX線吸収材の充填方法は、上述の電解メッキ法に限らず、例えば、X線吸収材をペースト状やコロイド状にして充填しても良い。この場合にはシーズ層33は不要なので、下地基板31とX線透過性基板41は直接接合して良い。

[0052] 上述のように、小グリッド17～21が形成されるのとは別に、以下に説明するように支持基板23が形成される。図9に示すように、まず、接着剤37を用いて、フレキシブル基板26の表面にガラス基板27が貼り合わせられる。このとき、フレキシブル基板26及びガラス基板27はどちらも平行平板状である。したがって、この段階で支持基板23は平行平板状である。

[0053] フレキシブル基板26にガラス基板27を貼り合わせると、図10（A）に示すように、ガラス基板27には所定間隔でX方向に延伸された直線状の溝51が形成される。溝51は、後の工程で支持基板23を湾曲させる時に、自然に支持基板23が折れ曲がる位置になる、折れ曲がりのガイドの役割

を果たす。

[0054] 溝 5 1 は、ガラス基板 2 7 を深さ方向に部分的に切削して形成されるものであり、溝 5 1 の底にはガラス基板 2 7 が残されている。このため、溝 5 1 を形成しても、溝 5 1 からフレキシブル基板 2 6 は露呈されず、ガラス基板 2 7 は一体である。溝 5 1 の深さは、ガラス基板 2 7 の剛性によって、後の工程において支持基板 2 3 の平行平板形状を維持できる程度の深さに設けられる。このため、温度変化等によるフレキシブル基板 2 6 が膨張（収縮）したり、小ダリッド 1 7 ~ 2 1 の貼り付け時に多少の圧力がかかったりしても、意図せず溝 5 1 でガラス基板 2 7 が分断されて、溝 5 1 間に残るガラス基板 2 7 の間隔が拡張したり、支持基板 2 3 が折れ曲がってしまったりすることはないようになっている。前述のように、支持基板 2 7 を湾曲させる時に、折り曲がりのガイドとなる深さであれば、溝 5 1 は極浅いものでも良い。

[0055] また、図 1 0 （ B ） に示すように、溝 5 1 は、支持基板 2 3 の端まで X 方向に延伸された直線状である。また、各々の溝 5 1 は平行である。

[0056] 溝 5 1 は、ウエットエッチングやサンドブラスト、レーザー照射等により形成される。例えば、ウエットエッチング等により溝 5 1 を形成するときには、ガラス基板 2 7 の表面に、形成する溝 5 1 を露呈するレジストパターンを形成し、これをマスクとしてガラス基板 2 7 をエッチングする。

[0057] また、図 1 0 （ B ） に示すように、ガラス基板 2 7 の表面にはアライメントマーク 5 2 が形成される。アライメントマーク 5 2 は、小グリッド 1 7 ~ 2 1 を溝 5 1 に沿って平行に、かつ、各小ダリッド 1 7 ~ 2 1 の間隔が一定になるように位置合わせをするための基準である。したがって、溝 5 1 とアライメントマーク 5 2 は高精度に位置あわせされていることが必要である。アライメントマーク 5 2 は、溝 5 1 と同時に、溝 5 1 を形成する方法と同じ方法で溝 5 1 と同時に形成しても良いし、溝 5 1 の形成とは別工程で形成しても良い。溝 5 1 と別工程でアライメントマーク 5 2 を形成するときには、溝 5 1 の形成方法とアライメントマーク 5 2 の形成方法は異なっても良い。また、アライメントマーク 5 2 を先に形成して、アライメントマーク 5

2 に合わせて溝 5 1 を形成するようにしても良い。

[0058] アライメントマーク 5 2 を設ける位置は、小グリッド 1 7 ~ 2 1 の配置時に位置合わせを行うことができる箇所であれば任意である。図 1 0 (B) では、アライメントマーク 5 2 は溝 5 1 の横に、かつ、小グリッド 1 7 ~ 2 1 を配置したときに小グリッド 1 7 ~ 2 1 によって隠れない位置に所定の間隔で複数設けた例を示している (図 1 1 も参照) 。小グリッド 1 7 ~ 2 1 を溝 5 1 に対して平行に、かつ、各小グリッド 1 7 ~ 2 1 の間隔を一定に設けることができれば、アライメントマーク 5 2 は小グリッド 1 7 ~ 2 1 によって一部あるいは全部が隠れる位置に設けても良い。

[0059] 上述のように、ガラス基板 2 7 の表面に、溝 5 1 及びアライメントマーク 5 2 を設けると、図 1 1 に示すように、先に作製した小グリッド 1 7 ~ 2 1 は下地基板 3 1 をガラス基板 2 7 に向けて、接着剤 3 6 を用いて貼り付けられる。このとき、小グリッド 1 7 ~ 2 1 は、アライメントマーク 5 2 を参照することにより、溝 5 1 間の中央に、溝 5 1 に対して平行に位置を調節してガラス基板 2 7 上に配置される。

[0060] こうして平行平板状の支持基板 2 3 の上に小グリッド 1 7 ~ 2 1 が貼り付けられると、図 1 2 に示すように、支持基板 2 3 が湾曲される。支持基板 2 3 が湾曲されると、折り曲げによる応力は溝 5 1 に集中し、ガイドである溝 5 1 に亀裂 5 3 が生じ、ガラス基板 2 7 は亀裂 5 3 によって分断される。これにより、支持基板 2 3 は、亀裂 5 3 を支点に自在に折り曲げ可能となる。このため、支持基板 2 3 を、概ね小グリッド 1 7 ~ 2 1 の向きがコーンビーム状の X 線の広がり to 合致するように湾曲させることで第 2 グリッド 1 4 が形成される。

[0061] 上述のように、フレキシブル基板 2 6 とガラス基板 2 7 を貼り合わせた平行平板状の支持基板 2 3 上に、小グリッド 1 7 ~ 2 1 を配置した後に、支持基板 2 3 を湾曲させて第 2 グリッド 1 4 を形成すると、各小グリッド 1 7 ~ 2 1 を高精度に位置決めすることができる。すなわち、小グリッド 1 7 ~ 2 1 間の相対的な位置精度が良い。例えば、予め円筒面状に湾曲した面上に小

グリッド17～21を配置しようとする、各小グリッドの位置や向きを3次元的に位置合わせしなければならない。一方、上述の第1実施形態のように、平行平板状の支持基板23に、平面上で2次元的な位置合わせをして小グリッドを配置した後、支持基板23を湾曲させると、平面上で行った位置合わせ精度を保ったまま湾曲したグリッドを形成することができる。このため、上述の第1実施形態によれば、小ダリッド17～21間の位置合わせが容易である。

[0062] また、ガラス基板27を用いず、平行平板状のフレキシブル基板26上に直接小グリッド17～21を配置する場合、フレキシブル基板26上に小グリッド17～21の配置を決定するためのアライメントマーク52を設けることになる。しかし、ガラス基板27よりもフレキシブル基板26が拡張縮小しやすいので、フレキシブル基板26上にアライメントマーク52を設ける場合、アライメントマーク52の間隔等が変化しやすい。このため、フレキシブル基板26上に設けたアライメントマークにしたがって小ダリッドを位置合わせするとしても、高精度な位置合わせは困難である。一方、上述の実施形態のように、フレキシブル基板26とガラス基板27を貼り合わせた支持基板23上に、小ダリッド17～21を配置し、かつ、小ダリッド17～21を位置合わせするためのアライメントマーク52をガラス基板27上に設けると、ガラス基板27はフレキシブル基板26よりも熱膨張係数が小さく、拡張縮小し難いので、ガラス基板27上に設けたアライメントマーク52にしたがって小ダリッド17～21を配置すれば、小ダリッド17～21を容易に高精度に位置合わせすることができる。

[0063] さらに、フレキシブル基板26の表面に、小グリッド17～21を直接配置すると、フレキシブル基板26が折れ曲がる位置は、小グリッド17～21間で不定である。したがって、フレキシブル基板26の表面に小ダリッド17～21を直接配置してフレキシブル基板26を湾曲させると、折れ曲がりの位置が小グリッド17～21間で不定であることに応じた小グリッド17～21間の配置（角度）の誤差が生じる。しかし、上述の実施形態のよう

に、フレキシブル基板 26 とガラス基板 27 を貼り合わせた支持基板 23 を用い、ガラス基板 27 にフレキシブル基板 26 の折曲のガイドとなる溝 51 を設けると、フレキシブル基板 26 の折れ曲がり位置は、溝 51（亀裂 53）に沿って生じる。このため、支持基板 23 を湾曲させた時の小グリッド 17～21 の配置（角度）の誤差は殆ど生じず、上述の実施形態のようにして製造したダリッドは高精度である。

[0064] なお、フレキシブル基板 26 上に大サイズのグリッド部を直接形成する場合は、フレキシブル基板 26 の拡張により、X線透過部 32b の幅 W2 やピッチ P2 が変化しやすいが、小ダリッド 17～21 を用いてダリッドを形成すると、X線透過部 32b の幅 W2 やピッチ P2 の精度はフレキシブル基板 26 の拡張に殆ど影響されず、一定である。このため、上述の実施形態のようにして形成されたグリッドは安定した性能を発揮することができる。

[0065] なお、上述の第 1 実施形態では、フレキシブル基板 26 にガラス基板 27 を貼り合わせ、支持基板 23 を形成した後に、ガラス基板 27 上に溝 51 やアライメントマーク 52 を形成している。この代わりに、ガラス基板 27 上に溝 51 やアライメントマーク 52 を予め形成しておき、溝 51 やアライメントマーク 52 が既に形成されたガラス基板 27 をフレキシブル基板 26 に貼り合わせて支持基板 23 を形成しても良い。後述する第 2、第 3 実施形態でも同様である。

[0066] [第 2 実施形態]

なお、上述の第 1 実施形態では、ガラス基板 27 にフレキシブル基板 26 の折れ曲がり位置を特定するための溝 51 を形成する例を説明しているが、さらにフレキシブル基板 26 に折れ曲がり位置を特定する処置を施しても良い。

[0067] 例えば、図 13 に示すように、フレキシブル基板 26 の露呈表面（支持基板 23 の裏面）に、ガラス基板 27 に設けた溝 51 に合わせて、低剛性部 61 を形成する。低剛性部 61 は、フレキシブル基板 26 の中でも剛性が低く、支持基板 23 を湾曲させる時に応力が集中して特に折れ曲がりやすいよう

にした箇所である。低剛性部 6 1 は、例えば、エッチングによって溝を形成したり、レーザーの照射等の局所的な熱処理をしたりすることによって形成される。また、低剛性部 6 1 は、ガラス基板 2 7 に設けたアライメントマーク 5 2 を指標として観察することで、ガラス基板 2 7 の溝 5 1 に対して位置合わせをすることができる。

[0068] このように、ガラス基板 2 7 の溝 5 1 に合わせて、フレキシブル基板 2 6 にも低剛性部 6 1 を設けておくと、支持基板 2 3 を湾曲させたときに、より確実に溝 5 1 及び低剛性部 6 1 に沿って支持基板 2 3 が湾曲する。このため、支持基板 2 3 を湾曲後のダリッドにおける小ダリッド 1 7 ~ 2 1 の配置精度がより高精度になる。

[0069] また、図 1 3 では、フレキシブル基板 2 6 の露呈表面（支持基板 2 3 の裏面）に低剛性部 6 1 を形成しているが、図 1 4 に示すように、低剛性部 6 1 は、ガラス基板 2 7 との接合面側に設けても良い。この場合、レーザー照射による局所的な熱処理によって低剛性部 6 1 を形成することが好ましい。

[0070] なお、上述の第 2 実施形態では、ガラス基板 2 7 に設けた溝 5 1（及びアライメントマーク 5 2）に合わせて、フレキシブル基板 2 6 に低剛性部 6 1 を設けているが、フレキシブル基板 2 6 に予め低剛性部 6 1 を設けておいても良い。

[0071] 但し、フレキシブル基板 2 6 に予め低剛性部 6 1 を設ける場合に、ガラス基板 2 7 に設ける溝 5 1 と同等かそれ以下の幅で低剛性部 6 1 を形成すると、前述の通りフレキシブル基板 2 6 の拡張により、溝 5 1 と低剛性部 6 1 の位置合わせを高精度に行うことは難しい。また、溝 5 1 と低剛性部 6 1 の位置がずれていると、支持基板 2 3 の折れ曲がりのガイドにはなり得ない。このため、上述のようにフレキシブル基板 2 6 に予め低剛性部 6 1 を設ける場合には、フレキシブル基板 2 6 の拡張によつて低剛性部 6 1 の位置がズレたとしても、溝 5 1 の直下が低剛性部 6 1 であるように、溝 5 1 よりも幅広に低剛性部 6 1 を設けておくことが好ましい。

[0072] また、上述の第 2 実施形態では、低剛性部 6 1 がフレキシブル基板 2 6 の

厚さ方向に部分的に設けられているが、溝 5 1 に対応する厚さ方向の全体を低剛性部 6 1 にしても良い。但し、フレキシブル基板 2 6 の表面近傍に低剛性部 6 1 を設けるほうが、処理が容易である。

[0073] [第 3 実施形態]

上述の第 1, 第 2 実施形態では、ガラス基板 2 7 に設ける溝 5 1 が支持基板 2 3 の端まで直線的に設けられているが、この他に、第 1, 第 2 実施形態におけるガラス基板 2 7 の溝 5 1 を、図 1 5 に示すように、ガラス基板 2 7 を切削した溝 6 2 とガラス基板 2 7 を切削していない結合部 6 3 とでミシン目状に形成しても良い。

[0074] この場合、図 1 6 に示す溝 6 2 を含む Y 方向断面 (XVI 断面) のように、溝 6 2 は、ガラス基板 2 7 を貫通して、フレキシブル基板 2 6 に達するように設けても良い。これは、図 1 7 に示す結合部 6 3 を含む Y 方向断面 (XVII 断面) のように、ガラス基板 2 7 が結合部 6 3 で切削されていないので、ガラス基板 2 7 を貫通するように溝 6 2 を設けても、結合部 6 3 によってガラス基板 2 7 は一体の形状を保つことができる。これにより、後の工程で意図せずフレキシブル基板 2 6 が折れ曲がってしまう等の不具合が生じない程度に、支持基板 2 3 が一定の剛性を確保することができる。

[0075] なお、ガラス基板 2 7 に形成する溝を、溝 6 2 と結合部 6 3 によってミシン目状に設ける場合に、溝 6 2 の X 方向に沿った長さ x_a と、結合部 6 3 の X 方向に沿った長さ x_b の比は、概ね 7 : 3 ($= x_a : x_b$) 程度であることが好ましい。これは、ガラス基板 2 7 の厚さや溝 6 2 の深さ、結合部 6 3 の厚さ等にもよるが、前述のようにガラス基板 2 7 が 0.1 ~ 0.7 mm 程度の厚さであり、溝 6 2 をフレキシブル基板 2 6 が露呈するまで切削し、結合部 6 3 を全く切削しない場合、上述の比率よりも溝 6 2 が長いと、溝 6 2 に沿ってガラス基板 2 7 が割れやす過ぎる。一方、結合部 6 3 が長いと、小グリッド 1 7 ~ 2 1 の配置後、支持基板 2 3 を湾曲するとき、結合部 6 3 が溝 6 2 に沿って割れ難く、溝 6 2 及び結合部 6 3 が折れ曲がりのガイドの役割を十分に果たさなくなることがある。

[0076] なお、上述の第3実施形態では、溝62をフレキシブル基板26が露呈するまで切削し、結合部63を全く切削しない例であるが、溝62の底にガラス基板27を一部残るように、ガラス基板27の一部を切削してもよい。さらには、結合部63に相当するガラス基板27の表面を一部切削しても良い。すなわち、支持基板23を湾曲したときに、溝62が結合部63よりも割れやすいこと、後の工程で不具合がない程度に一定の剛性を有すること、支持基板23の湾曲時に溝62及び結合部63で形成されるラインが適切にフレキシブル基板26の折れ曲がりの位置になることができれば、溝62の深さや結合部63におけるガラス基板27の厚さは任意である。

[0077] また、上述の第3実施形態では、支持基板23上に形成する4本の溝62及び結合部63によるガイドラインにおいて、Y方向に溝62及び結合部63の位置を比較したときに、全てのライン上で溝62及び結合部63の位置が揃っている例であるが、各ライン上で溝62及び結合部63の位置がずれていても良い。例えば、図18に示すように、隣接するライン間で溝62と結合部63の配列周期を半周期ずらし、あるライン上の溝62に対応する位置に、隣接するライン上の結合部63を形成しても良い。

[0078] なお、上述の第3実施形態では、フレキシブル基板26の折れ曲がり位置のガイドとしてガラス基板27に溝（及び結合部）を用いているが、溝の他にフレキシブル基板26に低剛性部61を設けてもよい。この場合には、図19に示すように、ガラス基板27の溝62及び結合部63の別に関わらず、溝62及び結合部63に対応する位置に、直線上の低剛性部61が設けられる。

[0079] また、図20に示すように、フレキシブル基板26は、ガラス基板27の溝62に対応する部分にだけミシン目状に低剛性部66を設けても良い。この場合、直上の溝62による支持基板23の湾曲促進効果と、低剛性部66による湾曲促進効果が相乗する。このため、支持基板23を湾曲させたときに、一つの直線上に並んだガラス基板27の溝62とフレキシブル基板26の低剛性部66に沿って、結合部63に湾曲のための応力が伝わりやすくな

り、溝 6 2 等をミシン目状にしても、フレキシブル基板 2 6 の折り曲げラインをより確実に直線状にすることができる。

[0080] 図 2 1 に示すように、ガラス基板 2 7 の溝 6 2 下には低剛性部を設けず、結合部 6 3 に対応する位置に低剛性部 6 7 を設けることにより、ミシン目状に低剛性部を設けても良い。この場合、フレキシブル基板 2 6 の低剛性処理が少なく済むと同時に、フレキシブル基板 2 6 の湾曲方向をより確実に直線状にすることができる。

[0081] また、図 2 2 に示すように、ガラス基板 2 7 の溝 6 2 及び結合部 6 3 の周期に対して、半周期ずらして低剛性部 6 8 を設けても良い。

[0082] なお、上述の第 1 〜 第 3 実施形態では、Y 方向に円筒面状に湾曲した線源グリッド 1 2 , 第 1 グリッド 1 3 , 第 2 グリッド 1 4 を例に説明しているが、これらのグリッド 1 2 ~ 1 4 は球面状に湾曲したものであっても良い。このように、グリッド 1 2 ~ 1 4 を球面状に湾曲させる場合、図 2 3 に示すように、上述の第 1 〜 第 3 実施形態で X 方向に延伸し、Y 方向に並べて設けていた小グリッド 1 7 ~ 2 1 をさらに X 方向に分断し、X 方向にもグリッド 1 2 ~ 1 4 を湾曲させれば良い。この場合、フレキシブル基板 2 6 の折れ曲がりのガイドとなるようにガラス基板 2 7 に設ける溝は、上述の第 1 〜 第 3 実施形態と同様にして Y 方向に沿って設けておけば良い。

[0083] なお、上述の第 1 〜 第 3 実施形態では、支持基板 2 3 に小ダリッド 1 7 ~ 2 1 を配置するときに、下地基板 3 1 をガラス基板 2 7 の表面に貼り付け、グリッド部 3 2 が露呈されるように配置しているが、図 2 4 に示すように、ダリッド部 3 2 をガラス基板 2 7 の表面に貼り付け、下地基板 3 1 が露呈されるようにしても良い。

[0084] なお、上述の第 1 〜 第 3 実施形態では、支持基板 2 3 を湾曲させてダリッドを製造する例であるが、次に説明するように、支持基板 2 3 を湾曲した形状で維持しやすくすることが好ましい。

[0085] 例えば、図 2 5 に示すように、支持基板 2 3 を湾曲させて形成した第 2 グリッド 1 4 を、同じ湾曲形状の台座 7 1 に接着剤で貼り付けること等により

固定する。こうすると、より確実に支持基板 23 の湾曲形状を維持しやすい。また、支持基板 23 を湾曲させる時に、台座 71 に沿って湾曲させるようにすることで、台座 71 への第 2 グリッド 14 の貼り付けと、湾曲形状の確実な固定化を同時に行なっても良い。台座 71 は、X 線透過性であれば材料は任意であるが、少なくともフレキシブル基板 26 よりも熱膨張係数が小さい材料で形成されていることが好ましい。

[0086] また、図 26 に示すように、支持基板 23 を湾曲させて第 2 グリッド 14 を形成した後、支持基板 23 の湾曲にともなって小グリッド 17 ~ 21 間に生じる隙間に、充填剤 72 を入れ、固化しても良い。充填剤 72 は、エポキシ接着剤や、銀ペースト、金ペースト等、任意の材料からなるものを用いることができる。但し、銀ペーストや金ペースト等、X 線吸収性の材料からなる充填剤を用いることが好ましい。X 線吸収性の充填剤を用いると、小グリッド 17 ~ 21 間を透過した X 線によるアーチファクト等のノイズ成分を低減することができる。

[0087] さらに、図 27 に示すように、フレキシブル基板 26 の代わりに形状記憶基板 73 を用いても良い。形状記憶基板 73 を用いる場合、記憶する形状を支持基板 23 の湾曲形状とし、第 2 グリッド 14 の作製時には平行平板状にしておく。そして、上述の第 1 ~ 第 3 実施形態と同様に、小グリッド 17 ~ 21 を配置した後、形状記憶基板 73 を記憶形状に戻すための処理（例えば熱処理）を施すことで、支持基板 23 を所定形状に湾曲させる。こうして形状記憶基板 73 を用いると、形状記憶基板 73 の形状記憶作用により、第 2 グリッド 14 の適切な湾曲状態を容易に維持することができる。形状記憶基板 73 は、形状記憶ポリマーや形状記憶合金から形成されたものを用いることができる。形状記憶ポリマーは、例えば、ポリノルボルネン、トランスポリイソプレン、ポリウレタン等である。形状記憶合金は、例えば、NiTi、NiTiO₂、NiTiCu 等である。

[0088] 同様に、図 28 に示すように、繊維状にした形状記憶ポリマーや形状記憶合金からなる形状記憶層 74 を可撓性樹脂（ポリイミド等）75 に編み込ん

だ複合基板 7 6 を、フレキシブル基板 2 6 の代わりに用いても良い。複合基板 7 6 も形状記憶基板 7 3 とほぼ同様の作用効果を示す。

[0089] なお、上述のように、形状記憶基板 7 3 や複合基板 7 6 を用いる場合には、ガラス基板 2 7 を貼り合わせず、形状記憶基板 7 3 や複合基板 7 6 上に小ダリッド 1 7 ~ 2 1 を直接貼り付けても良い。これは、形状記憶基板 7 3 や複合基板 7 6 の場合、フレキシブル基板 2 6 のように熱膨張係数が大きくなからである。

[0090] なお、上述の第 1 ~ 第 3 実施形態では、5 枚の小ダリッド 1 7 ~ 2 1 を用いて第 2 ダリッド 1 4 を形成しているが、使用する小ダリッドの枚数は 5 枚に限らない。小グリッドを円筒面状（あるいは球面状）に配置するためには少なくとも 2 枚の小グリッドが必要であるが、円筒面状（球面状）により近くするためには、小グリッドの枚数はできるだけ多いほうが良い。

[0091] なお、上述の第 1 ~ 第 3 実施形態では、線源ダリッド 1 2 , 第 1 ダリッド 1 3 , 第 2 グリッド 1 4 が全て吸収型グリッドであり、グリッド部 3 2 が X 線吸収部 3 2 a と X 線透過部 3 2 b とが交互に形成されている。この他に、第 1 ダリッド 1 3 にはいわゆる位相型ダリッドを用いても良い。位相型ダリッドは、X 線透過性を有する二種類の部材を表面に対して垂直に交互に配列したダリッドであり、例えば、吸収型ダリッドのダリッド部 3 2 において、X 線吸収部 3 2 a を空気からなる層（X 線吸収材を埋めていない状態）にしたものである。本発明は、位相型の小グリッドを用いる場合にも好適である。

[0092] なお、上述の第 1 ~ 第 3 実施形態では、線源ダリッド 1 2 、第 1 ダリッド 1 3 、第 2 グリッド 1 4 が全て円筒面状に湾曲しているが、少なくとも第 1 ダリッド 1 3 または第 2 ダリッド 1 4 の一方が円筒面状（あるいは球面状）に湾曲していれば良い。

[0093] なお、上記各実施形態は、第 1 及び第 2 グリッドを、その X 線透過部を通過した X 線を線形的（幾何光学的）に投影するように構成しているが、国際公開 WO 2 0 0 4 / 0 5 8 0 7 0 号公報（米国特許 7 1 8 0 9 7 9 号明細書

)等に記載のように、X線透過部でX線を回折することによりタルボ干渉効果が生じる構成としてもよい。この場合には、第1及び第2グリッド間の距離をタルボ距離に設定する必要がある。また、この場合には、第1グリッドを、吸収型グリッドに代えて、位相型グリッドとすることが可能である。位相型グリッドは、タルボ干渉効果により生じる縞画像（自己像）を、第2のダリッドの位置に形成する。

[0094] また、上記実施形態では、被検体HをX線源と第1グリッドとの間に配置しているが、被検体Hを第1ダリッドと第2ダリッドとの間に配置してもよい。この場合にも同様に位相コントラスト画像が生成される。また、上記実施形態では、線源ダリッド12を設けているが、線源ダリッド12を省略してもよい。

[0095] また、上記各実施形態では、一方向に延伸されかつ延伸方向に直交する配列方向に沿って交互に配置されたX線吸収部及びX線透過部を有する縞状の一次元グリッドを例に説明しているが、本発明は、X線吸収部及びX線透過部が直交する2方向に配列された二次元グリッドにも適用が可能である。この場合、複数回の撮影を行う縞走査法により位相コントラスト画像を生成してもよいし、1回の撮影によって位相コントラスト画像を生成してもよい。1回の撮影で位相コントラスト画像を生成するには、例えば、WO2010/050483号公報に記載のように、第1ダリッドに市松模様の位相型グリッドを使用し、第2ダリッドに網目模様の振幅型ダリッドを使用して、撮影を行う。この1枚の撮影画像にフーリエ変換を行い、縦横方向の1次スペクトルをそれぞれ抽出する。これらの1次スペクトルをフーリエ逆変換することで、2方向の位相微分画像が得られる。

[0096] なお、上述の第1～第3実施形態で説明した本発明によれば、特に温度変化（及び温度変化による熱膨張）を考慮した高品質な位相イメージング用グリッドを提供することができる。例えば、撮影時において、環境温度変化が生じるとダリッドの湾曲度が僅かに変化することがある。このとき、小グリッド17～21の相対的な配置精度が悪いと、小ダリッド17～21間の相

対的な配置のばらつきに応じて縞画像のコントラストが悪化してしまうことがある。しかし、本発明によれば、小グリッド17～21の相対的配置が正確であるため、環境温度に変化が生じても縞画像のコントラストの悪化を抑えることができる。また、グリッドの製造時には、接着剤を硬化させる等のために加熱することがあり、その熱によってフレキシブル基板26等が熱変形することがあるが、本発明によれば、上述のような熱変形があっても小グリッド17～21を相対的に高精度に配置可能である。

[0097] 上記各実施形態は、矛盾しない範囲で相互に組み合わせてもよい。本発明は、医療診断用の放射線画像撮影システムのほか、工業用や、非破壊検査等のその他の放射線撮影システムに適用可能である。また、本発明のグリッドは、X線撮影において散乱線を除去する散乱線除去用グリッドにも適用可能である。更に、本発明は、放射線として、X線以外にガンマ線等を用いる放射線画像撮影システムにも適用可能である。

請求の範囲

- [請求項 1] 平板状の下地基板と、前記下地基板上に形成され、放射線源の焦点から照射される放射線を部分的に透過して縞画像を生成するダリッド部とを有する複数の小ダリッドと、
- 可撓性を有する第 1 基板と前記第 1 基板よりも熱膨張係数が小さい第 2 基板とを貼り合わせて形成され、さらに前記第 2 基板上に設けられたアライメントマークにしたがって前記第 2 基板上に所定の配置で前記小グリッドを配列した後に、各々の前記小グリッドの前記グリッド部が前記放射線源の焦点を向くように湾曲された支持基板と、
- を備えることを特徴とする放射線画像撮影用ダリッド。
- [請求項 2] 前記第 2 基板はガラス基板であり、前記支持基板の湾曲にともなうて前記小グリッドの配列に応じて分断され、分断後の前記第 2 基板の切片と各小ダリッドの積層体が、湾曲した前記第 1 基板によって一体に保持されていることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の放射線画像撮影用ダリッド。
- [請求項 3] 前記第 2 基板の表面には、前記支持基板の折れ曲がり位置を特定するための溝が設けられていることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の放射線画像撮影用ダリッド。
- [請求項 4] 前記溝は、前記第 2 基板の表面に沿ってミシン目状に設けられていることを特徴とする請求の範囲第 3 項記載の放射線画像撮影用グリッド。
- [請求項 5] 前記溝は、前記第 2 基板を厚さ方向に部分的に切削したものであることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の放射線画像撮影用ダリッド。
- [請求項 6] 前記溝は、前記第 2 基板を厚さ方向に全て切削したものであることを特徴とする請求の範囲第 4 項記載の放射線画像撮影用ダリッド。
- [請求項 7] 前記第 1 基板は、前記第 2 基板に形成される前記溝に対応した直線上に、剛性を低下させた低剛性部を有することを特徴とする請求の範

図第 3 項記載の放射線画像撮影用ダリッド。

[請求項 8] 前記第 1 基板は、形状記憶材料を用いた基板であることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の放射線画像撮影用ダリッド。

[請求項 9] 前記小グリッドは、放射線吸収部と放射線透過部を交互に配列して形成された前記ダリッド部を有する吸収型ダリッドであることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の放射線画像撮影用ダリッド。

[請求項 10] 前記小グリッドは、放射線透過性を有する二種類の部材を交互に配列して形成された前記ダリッド部を有する位相型ダリッドであることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の放射線画像撮影用ダリッド。

[請求項 11] 平板状の下地基板と、前記下地基板上に形成され、放射線源の焦点から照射される放射線を部分的に透過して縞画像を生成するダリッド部とを有する複数の小ダリッドを形成する小ダリッド形成工程と、

可撓性を有し、平行平板状の第 1 基板と、前記第 1 基板よりも熱膨張係数が小さい平行平板状の第 2 基板とを貼り合わせて支持基板を形成する支持基板形成工程と、

前記第 2 基板上に設けられたアライメントマークにしたがって、前記小グリッドを前記第 2 基板上に所定配列で貼り付ける小グリッド貼付工程と、

前記小グリッドが貼り付けられた前記支持基板を、各々の前記小グリッドの前記ダリッド部が放射線源の焦点を向くように湾曲させる湾曲工程と、を備えることを特徴とする放射線画像撮影用グリッド製造方法。

[請求項 12] 前記第 2 基板上に、前記支持基板の折れ曲がり位置を特定するための溝を設ける溝形成工程を備えることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の放射線画像撮影用ダリッド製造方法。

[請求項 13] 前記第 1 基板に剛性の低い低剛性部を形成する低剛性処理工程を備えることを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の放射線画像撮影用グリッド製造方法。

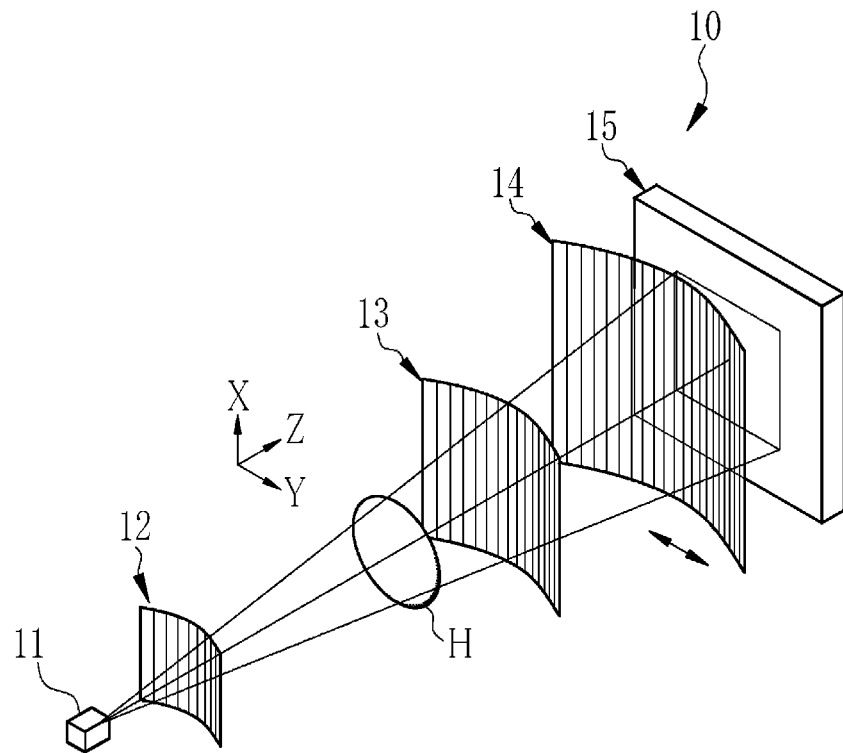
[請求項 14] 放射線源から放射された放射線を透過させて縞画像を生成する第 1 グリッドと、前記縞画像に強度変調を与える第 2 グリッドと、前記第 2 グリッドにより強度変調された縞画像を検出する放射線画像検出器とを有し、前記放射線画像検出器により検出された縞画像から位相コントラスト画像を生成する放射線画像撮影システムにおいて、前記第 1 グリッドまたは前記第 2 グリッドの少なくとも一方は、

平板状の下地基板と、前記下地基板上に形成され、放射線源の焦点から照射される放射線を部分的に透過して縞画像を生成するダリッド部とを有する複数の小ダリッドと、可撓性を有する第 1 基板と前記第 1 基板よりも熱膨張係数が小さい第 2 基板とを貼り合わせて形成され、前記第 2 基板上に設けられたアライメントマークにしたがって前記第 2 基板上に所定の配置で前記小グリッドが配列した後、各々の前記小ダリッドの前記ダリッド部が放射線源の焦点を向くように湾曲された支持基板と、を備えることを特徴とする放射線画像撮影システム。

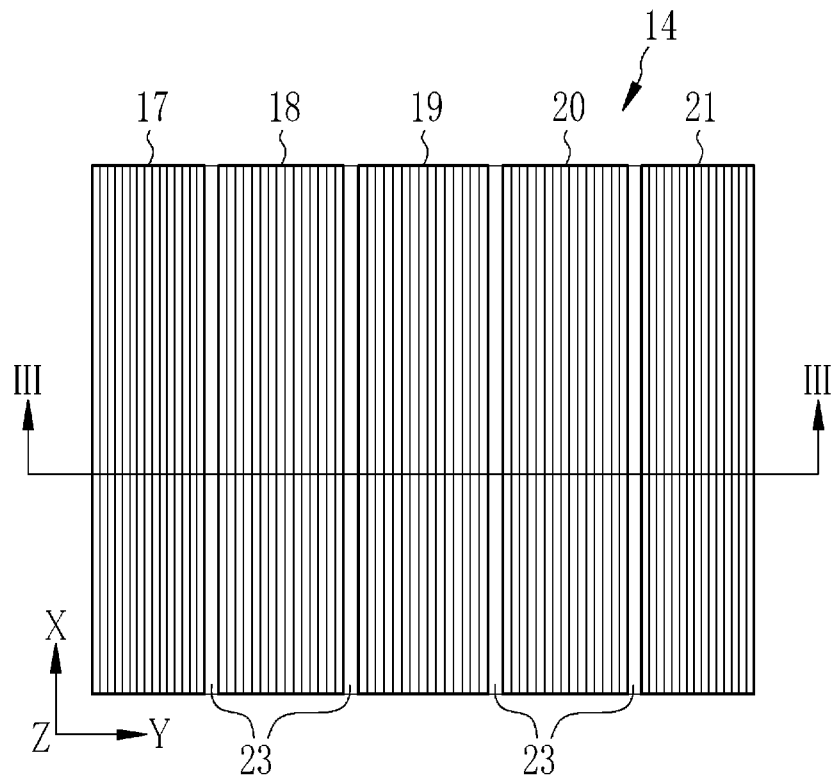
[請求項 15] 前記放射線源と前記第 1 グリッドとの間に配置され、前記放射線源から照射された放射線を領域選択的に遮蔽して多数のライン上の放射線を形成する線源ダリッドをさらに備えることを特徴とする放射線画像撮影システム。

[請求項 16] 前記線源グリッドは、平板状の下地基板と、前記下地基板上に形成され、放射線源の焦点から照射される放射線を部分的に透過して縞画像を生成するダリッド部とを有する複数の小ダリッドと、可撓性を有する第 1 基板と前記第 1 基板よりも熱膨張係数が小さい第 2 基板とを貼り合わせて形成され、前記第 2 基板上に設けられたアライメントマークにしたがって前記第 2 基板上に所定の配置で前記小ダリッドを配列した後、各々の前記小ダリッドの前記ダリッド部が放射線源の焦点を向くように湾曲された支持基板と、を備えることを特徴とする請求の範囲第 14 項記載の放射線画像撮影システム。

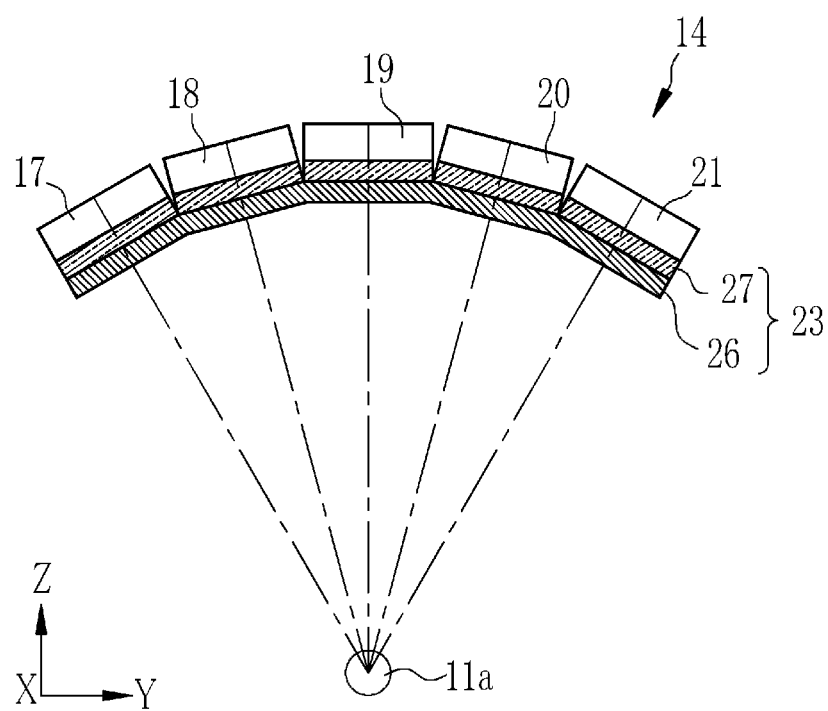
[図1]



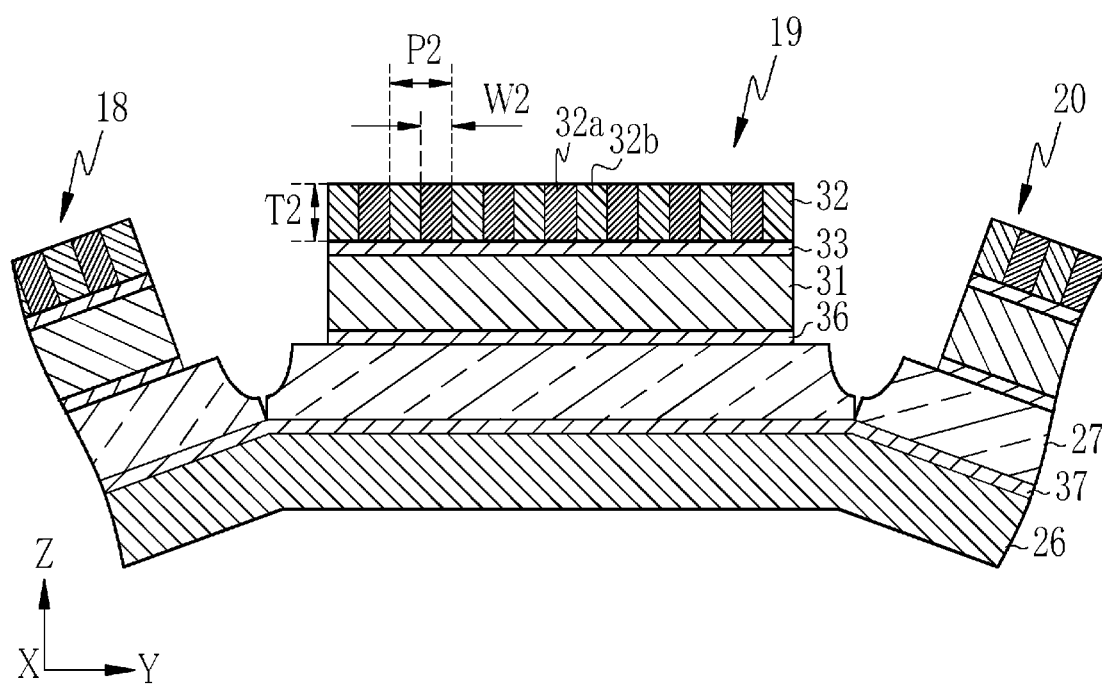
[図2]



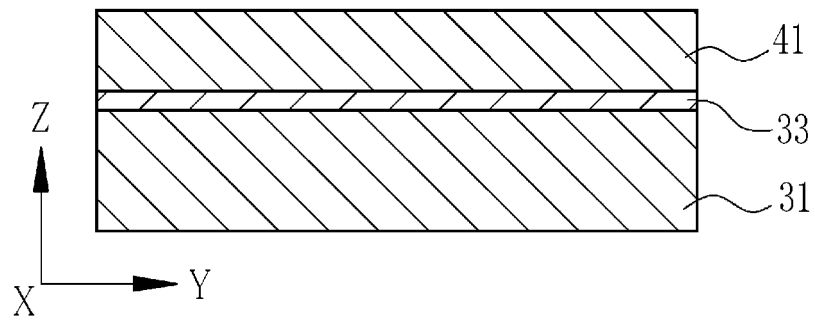
[図3]



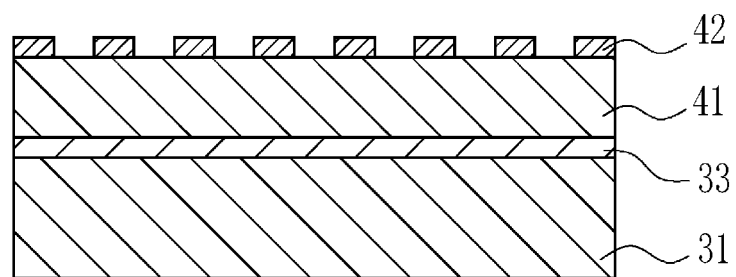
[図4]



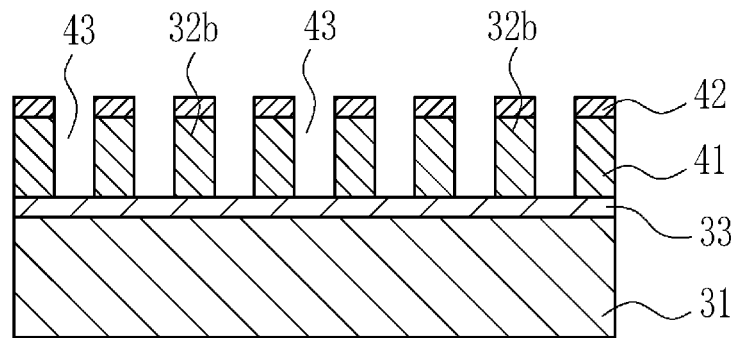
[図5]



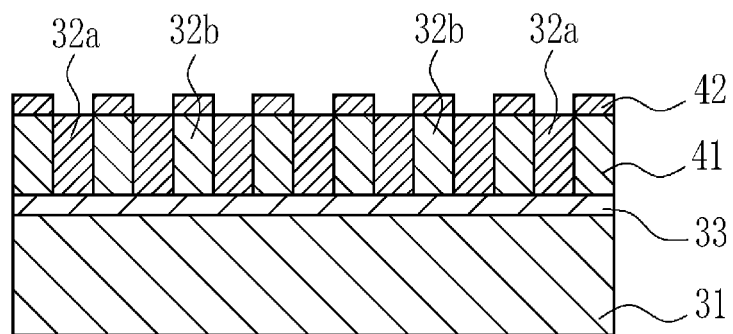
[図6]



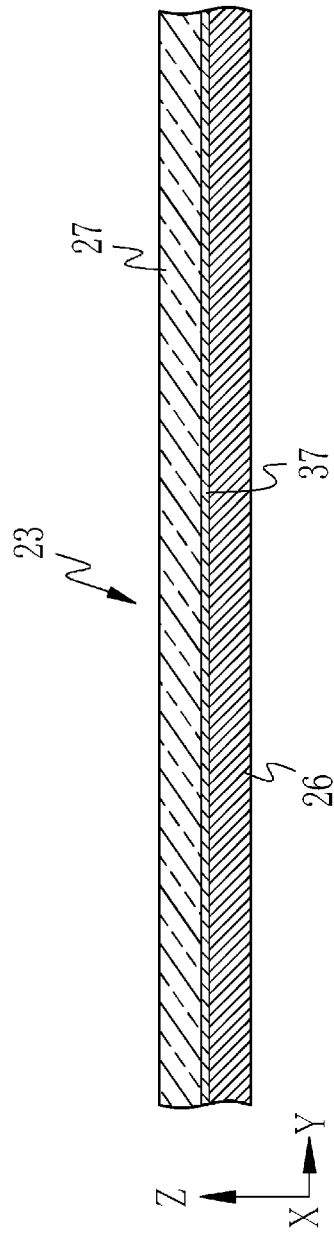
[図7]



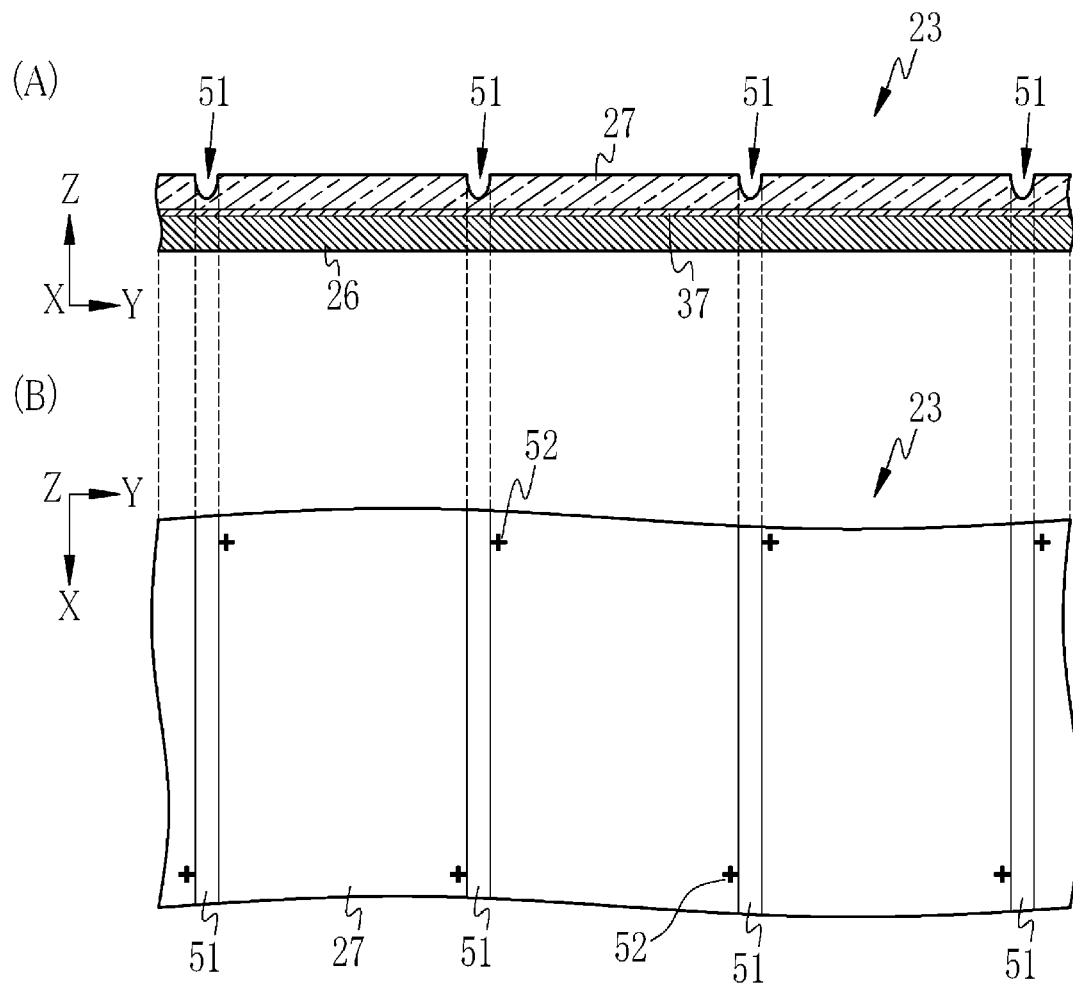
[図8]



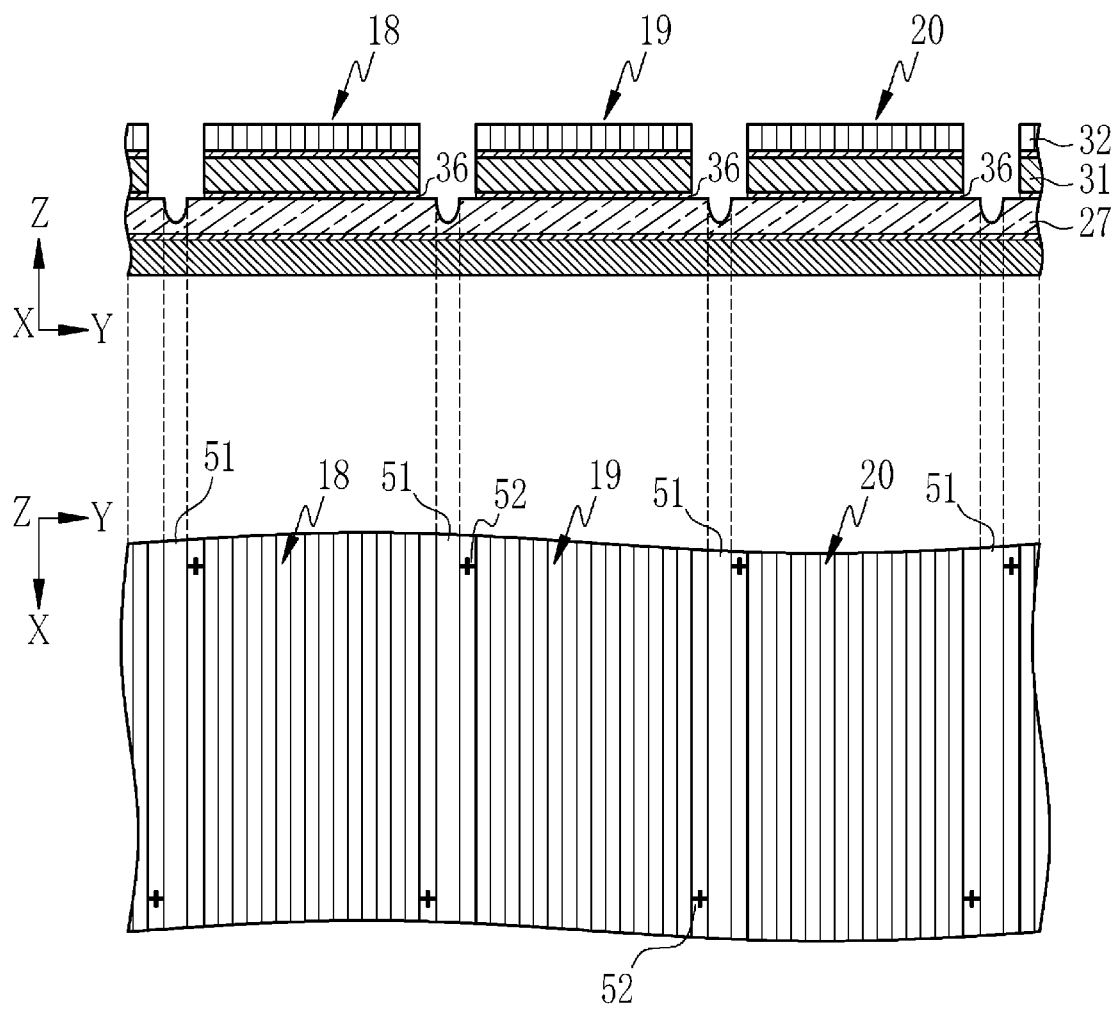
[図9]



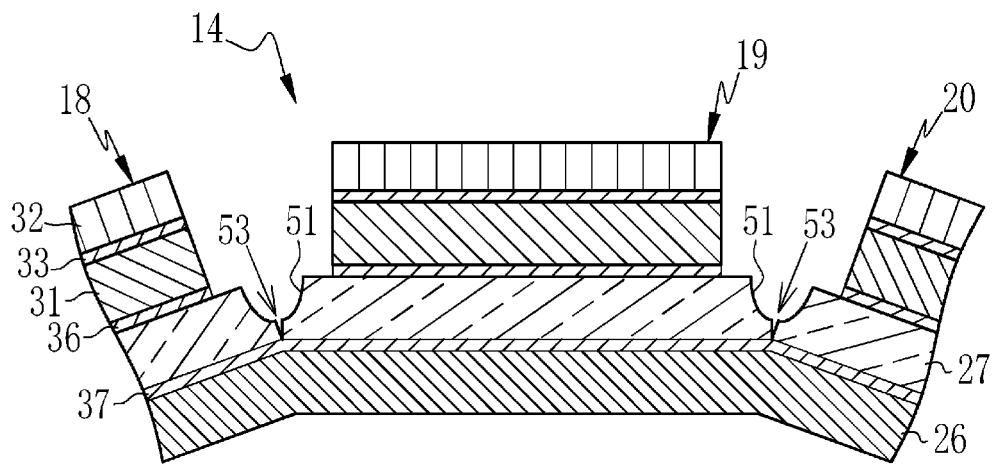
[図10]



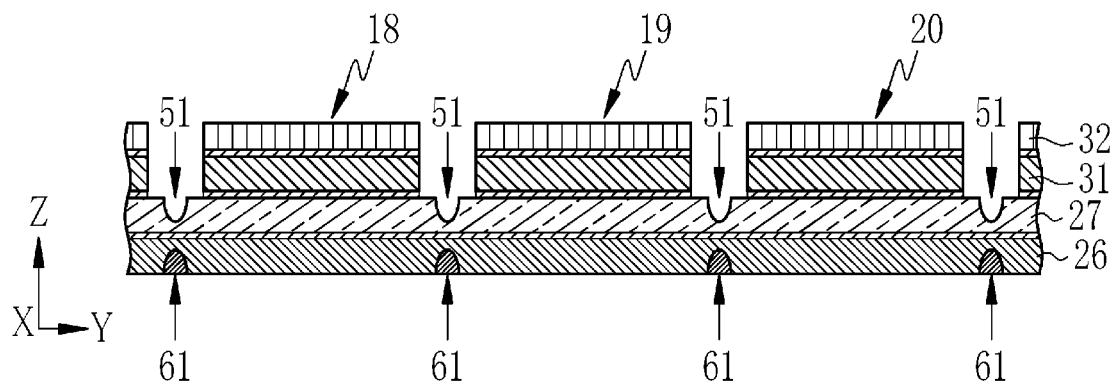
[図11]



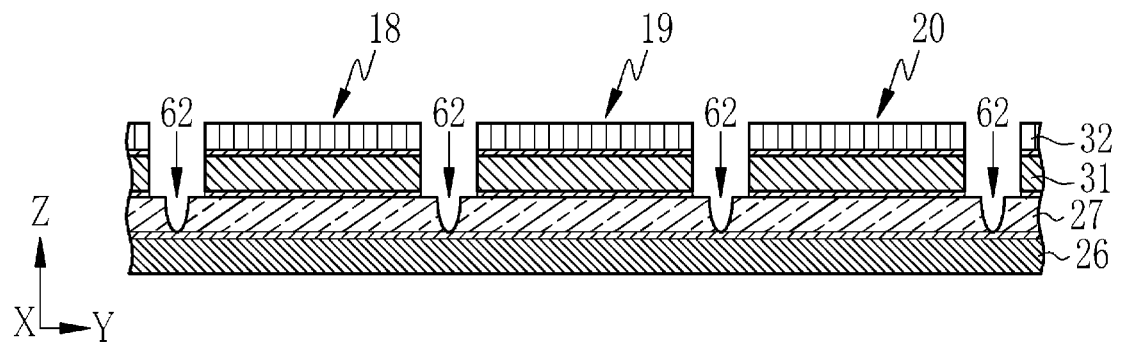
[図12]



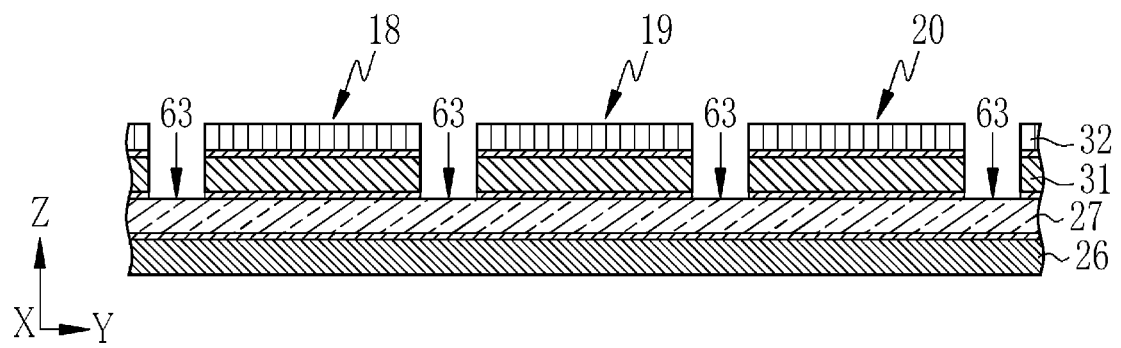
[図13]



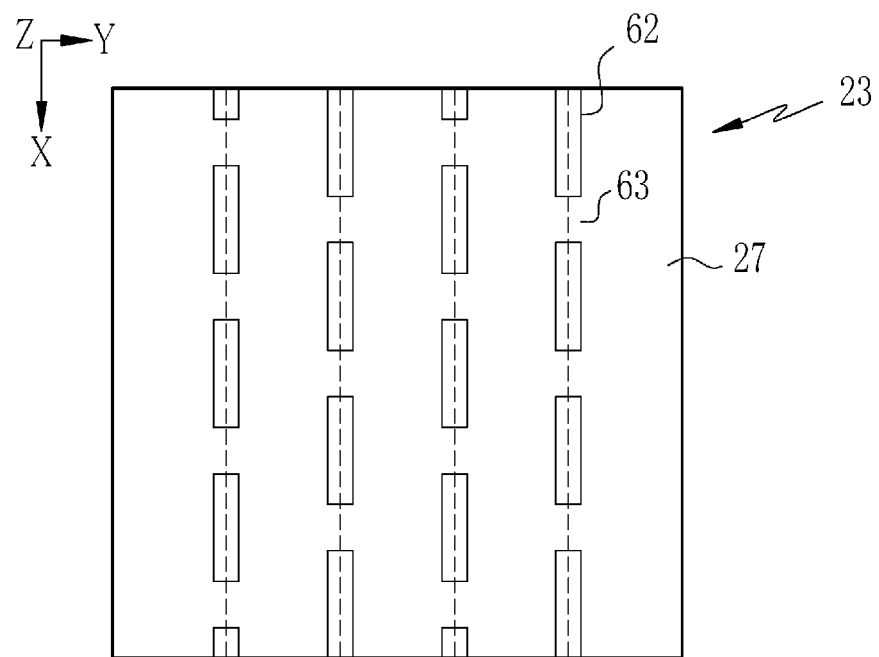
[図16]



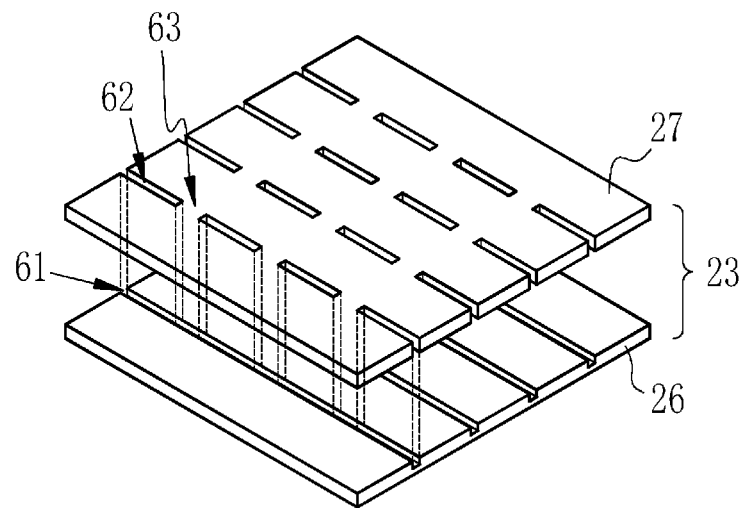
[図17]



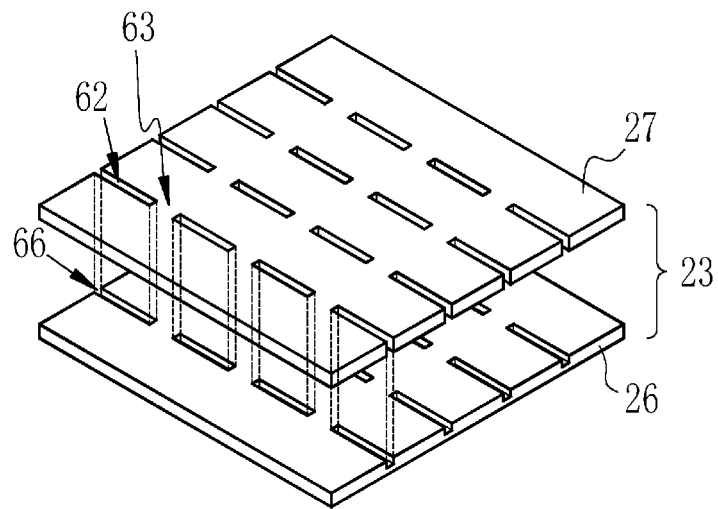
[図18]



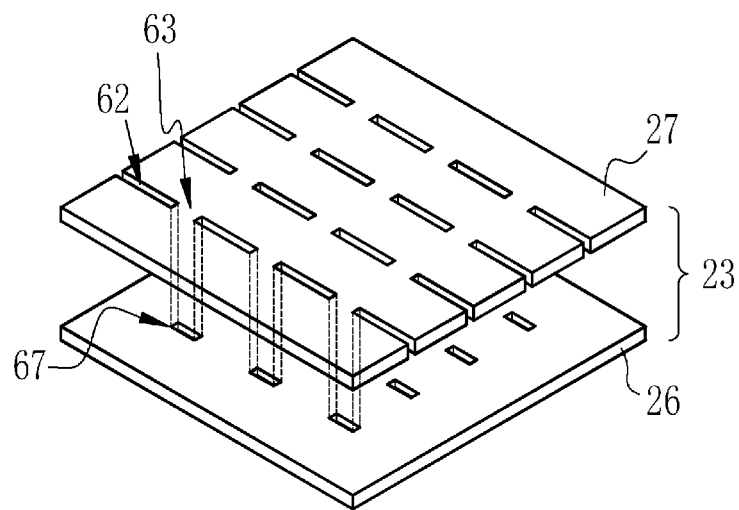
[図19]



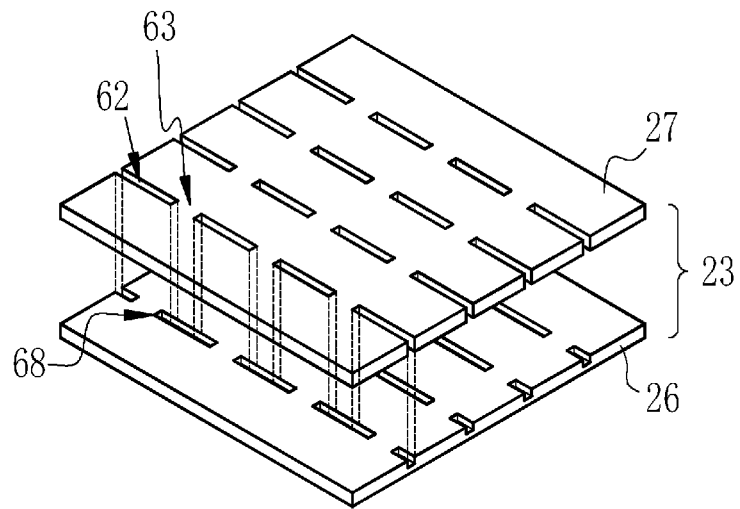
[図20]



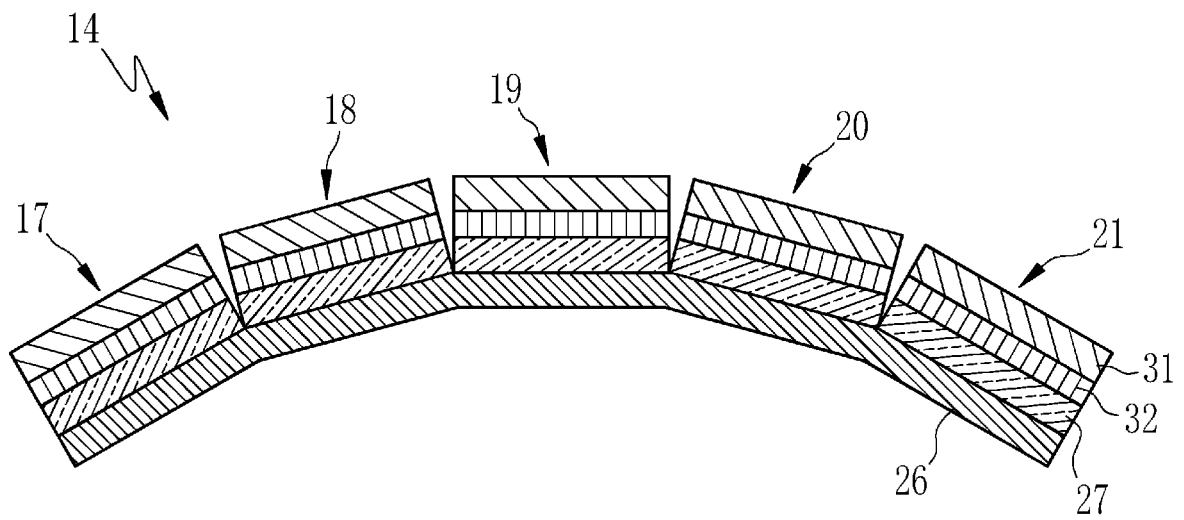
[図21]



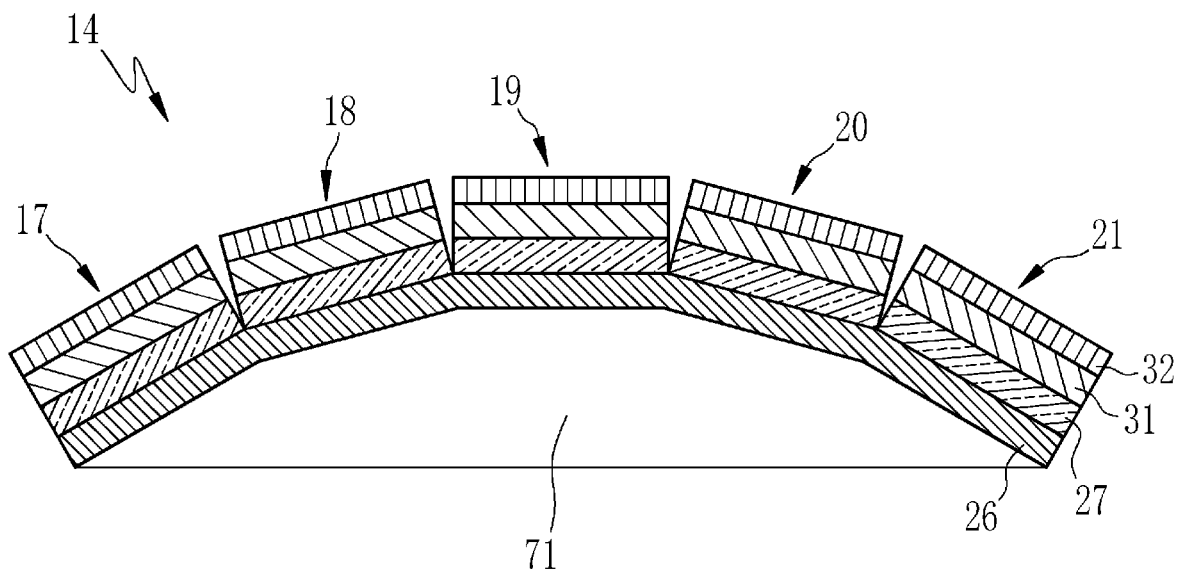
[図22]



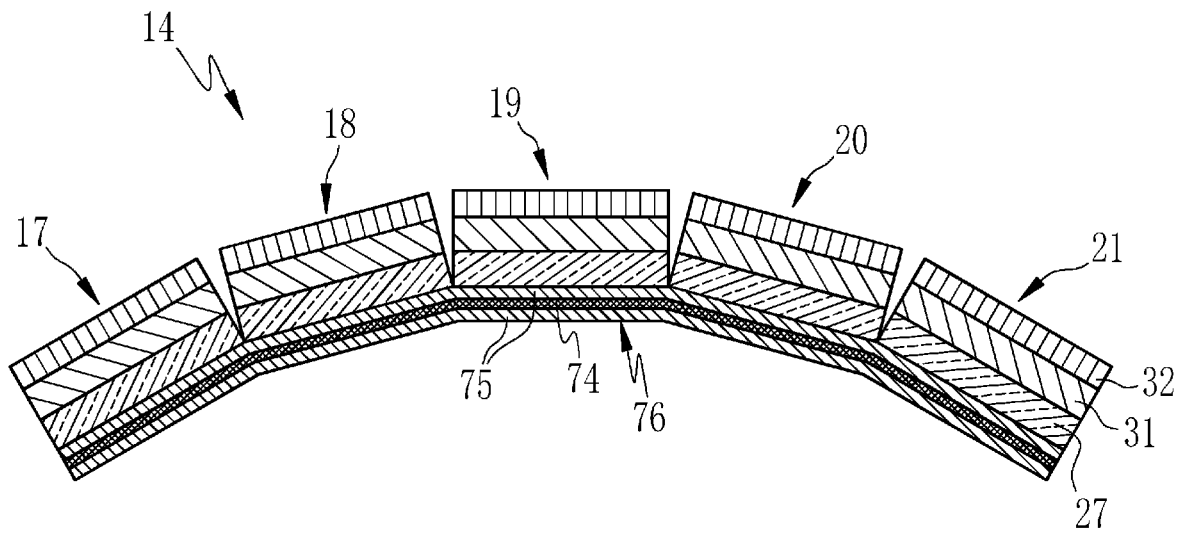
[図24]



[図25]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 012 / 082463

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01 T7/00 (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)

G01 T1 / 00 - 7 / 12, G21K1 / 00 - 3 / 00, G21K5 / 00 - 7 / 00, A61B6 / 00 - 6 / 14

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	1996-2013
Kokai	Jitsuyo	Shinan	1971-2013	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2013

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 2009-133823 A (Fujifilm Corp.), 18 June 2009 (18.06.2009), entire text; all drawings & US 2009/0110144 A1 & EP 2073040 A2	1-16
E, A	JP 2012-45099 A (Fujifilm Corp.), 08 March 2012 (08.03.2012), entire text; all drawings & WO 2012/026223 A	1-16



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

"I" 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

28 January, 2013 (28.01.13)

Date of mailing of the international search report

05 February, 2013 (05.02.13)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. 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. GOIT/00- 7/12 , G21K1/00- 3/00 , G21K5/00- 7/00 , A61B6/00- 6/14

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 - 19
日本国公開実用新案公報	1971 - 20
日本国実用新案登録公報	1996 - 20
日本国登録実用新案公報	1994 - 20

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)
8 年

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 2009-133823 A (富士フィルム株式会社) 2009. 06. 18, 全文全図 & US 2009/0110144 A1 & EP 2073040 A2	1-16
E, A	JP 2012-45099 A (富士フィルム株式会社) 2012. 03. 08, 全文全図 & WO 2012/026223 A	1-16

Γ 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

IA 「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」
IE 「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」
I 「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)」
IΘ 「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」
IP 「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

IT 「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」

IX 「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」

IY 「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」

IXI 「同一パテントファミリー文献」

国際調査を完了した日

28. 01. 2013

国際調査報告の発送日

05. 02. 2013

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)

村川 雄一

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

21

3608