

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-14547

(P2010-14547A)

(43) 公開日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int.Cl.
G 0 1 N 21/88 (2006.01)F 1
G 0 1 N 21/88テーマコード (参考)
2 G 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2008-174818 (P2008-174818)
(22) 出願日 平成20年7月3日(2008.7.3)(71) 出願人 000002107
住友重機械工業株式会社
東京都品川区大崎二丁目1番1号
(74) 代理人 100091340
弁理士 高橋 敬四郎
(74) 代理人 100105887
弁理士 来山 幹雄
(74) 代理人 100141302
弁理士 鶴飼 伸一
(72) 発明者 因藤 雅人
神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
機械工業株式会社横須賀製造所内
Fターム(参考) 2G051 AA07 AB02 AB07 BA06 BC01
CA03 CA04 CB01 CB06 EC06

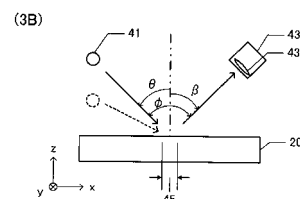
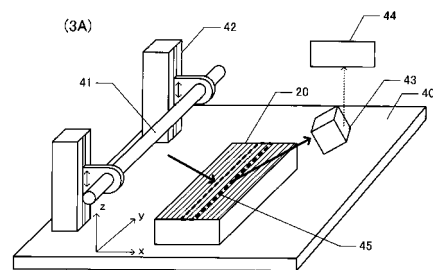
(54) 【発明の名称】 表面検査方法、及びびびりマーク検査装置

(57) 【要約】

【課題】 びびりマークの高低差は、研削痕の高低差に比べて微小である。このため、赤外線による像ゆがみを観察する方法等では、研削痕による像のゆがみと、びびりマークによる像のゆがみを区別することが困難である。

【解決手段】 第1の方向に研削された被研削面を有する研削物を準備する。第1の方向と、被研削面の法線とに平行な仮想平面の一方の側に赤外線光源を配置し、他方の側に赤外線検出器を配置する。赤外線光源によって照射され、被研削面で回折された回折光を、赤外線検出器で検出する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の方向に研削された被研削面を有する研削物を準備する工程と、

前記第 1 の方向と、前記被研削面の法線とに平行な仮想平面の一方の側に赤外線光源を配置し、他方の側に赤外線検出器を配置し、前記赤外線光源によって照射され、前記被研削面で回折された回折光を、前記赤外線検出器で検出する工程とを有する表面検査方法。

【請求項 2】

前記回折光を前記赤外線検出器で検出する工程は、前記第 1 の方向に関して、前記回折光の光強度分布を検出する請求項 1 に記載の表面検査方法。

10

【請求項 3】

前記赤外線光源は、前記第 1 の方向に長い形状を有し、

前記回折光を前記赤外線検出器で検出する工程は、

前記被研削面内に、前記第 1 の方向に長い観測対象領域を画定する工程と、

前記赤外線光源及び前記赤外線検出器の一方を移動させることによって、前記観測対象領域を前記赤外線検出器で観測するときの観測角を変化させて、前記観測対象領域からの回折光の前記第 1 の方向に関する光強度分布を測定する工程とを含む請求項 1 または 2 に記載の表面検査方法。

【請求項 4】

さらに、前記観測角を変えて測定した複数の光強度分布を、前記第 1 の方向に関する位置ごとに前記観測角に関して積算し、積算された光強度分布の自己相関度を求める工程を含む請求項 3 に記載の表面検査方法。

20

【請求項 5】

前記赤外線検出器は対物レンズを含み、該対物レンズの光軸は、前記被研削面の法線方向から前記第 1 の方向に直交する方位に傾斜している請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の表面検査方法。

【請求項 6】

第 1 の方向に研削された被研削面を有する研削物の該被研削面の、該第 1 の方向に長い観測対象領域に、該被研削面の法線方向から、該第 1 の方向に直交する方位に傾けた方向から赤外線を照射する赤外線光源と、

30

前記赤外線光源から放射されて前記観測対象領域で回折された赤外域の回折光を検出する赤外線検出器と

を有するびびりマーク検査装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、研削された表面の検査に適した表面検査方法、及び、びびりマーク検査装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

40

研削物を工具により研削すると、工具と研削物との間で継続的にびびり振動が発生する場合がある。びびり振動が発生すると、研削物の表面に、びびり振動に対応した痕跡が発生する。この痕跡は、「びびりマーク」と呼ばれる。びびりマークの有無の検査は、従来、目視または「すりとり」と呼ばれる方法で行われていた。

【0003】

一般に、研削された表面には、検索方向に平行な研削痕が残る。この研削痕の高低差は $100\mu\text{m}$ 程度である。これに対し、びびりマークの高低差は数 μm である。研削痕の高低差に比べて、びびりマークの高低差が微小であるため、びびりマークの有無の判別を目視で行うことは困難である。

【0004】

50

「すりとり」と呼ばれる方法では、下面が平坦な金属片を使用して被研削面に塗料を塗布し、塗布された塗料の様子を観察する。安定した検査精度を得るには、作業者に熟練が必要であり、検査精度に個人差が出る。

【 0 0 0 5 】

検査対象物の表面に映った赤外線光源の像のゆがみを観察することにより、表面の微小な凹凸の有無を判定することができる（特許文献 1 及び 2）。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 1 3 4 3 6 2 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 1 5 6 4 2 0 号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

びびりマークの高低差は、研削痕の高低差に比べて微小である。赤外線による像ゆがみを観察する方法では、研削痕による像のゆがみと、びびりマークによる像のゆがみとを区別することが困難である。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の一観点によると、

第 1 の方向に研削された被研削面を有する研削物を準備する工程と、

前記第 1 の方向と、前記被研削面の法線とに平行な仮想平面の一方の側に赤外線光源を配置し、他方の側に赤外線検出器を配置し、前記赤外線光源によって照射され、前記被研削面で回折された回折光を、前記赤外線検出器で検出する工程とを有する表面検査方法が提供される。

20

【 0 0 0 9 】

本発明の他の観点によると、

第 1 の方向に研削された被研削面を有する研削物の該被研削面の、該第 1 の方向に長い観測対象領域に、該被研削面の法線方向から、該第 1 の方向に直交する方位に傾けた方向から赤外線を照射する赤外線光源と、

前記赤外線光源から放射されて前記観測対象領域で回折された赤外線の回折光を検出する赤外線検出器とを有するびびりマーク検査装置が提供される。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

回折光を観測することにより、被研削面に生じた研削痕の周期のばらつきを検知することができる。このばらつきにより、びびりマークの有無を判定することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

図 1 A に、一般的な研削装置の斜視図を示す。テーブル 1 0 の上に、研削の対象である研削物 2 0 が載置される。研削物の被研削面に平行な面を $x y$ 面とし、被研削面の法線方向を z 方向とする $x y z$ 直交座標系を定義する。テーブル 1 0 は、 y 方向に移動する。研削物 2 0 の上方に、砥石ヘッド 3 0 が支持されている。砥石ヘッド 3 0 の下端に、砥石 3 1 が取り付けられている。砥石 3 1 は円盤状であり、その中心軸が x 軸に平行になる姿勢で砥石ヘッド 3 0 に支持されている。砥石 3 1 は、その中心軸を回転中心として回転する。砥石ヘッド 3 0 は、 x 軸に平行なレール 3 2 に支持されており、 x 方向に移動可能である。

40

【 0 0 1 2 】

砥石ヘッド 3 0 を静止させて砥石 3 1 を回転させながら、テーブル 1 0 を y 方向に移動させることにより、研削物 2 0 の被研削面の y 方向に長い帯状領域を、 y 方向に研削することができる。砥石ヘッド 3 0 を x 方向にずらして同様の研削を行うことにより、被研削面の全領域を研削することができる。

50

【 0 0 1 3 】

図 1 B に、研削された研削物 2 0 の被研削面の平面図を模式的に示す。研削物 3 0 を y 方向に研削したため、y 方向に平行な多数の研削痕 2 1 が観察される。研削痕 2 1 は、例えば高低差が $100\text{ }\mu\text{m}$ 程度の凹凸で構成される。

【 0 0 1 4 】

図 2 に、びびりマークが発生した研削物 2 0 の被研削面の模式図を示す。y 方向に平行な多数の研削痕 2 1 が観察される。被研削面にびびりマークが発生すると、研削痕 2 1 の x 方向に関する密度相対的に低い第 1 の領域 2 2 と、密度が相対的に高い第 2 の領域 2 3 とが、y 方向に周期的に現れることがわかった。本実施例では、びびりマークの高低差を直接検知するのではなく、研削痕の密度のばらつきを検出することにより、間接的にびびりマークの有無を判定する。

10

【 0 0 1 5 】

図 3 A に、実施例によるびびりマーク検査装置の斜視図を示す。テーブル 4 0 の上に、検査対象の研削物 2 0 が載置される。テーブル 4 0 の上面（載置面）を x y 面とし、その法線方向を x 軸とする x y z 直交座標系を定義する。研削物 2 0 を研削したときの検索方向が y 軸と平行になるように、研削物 2 0 が配置される。テーブル 4 0 の上に、y 方向に長い帯状の観測対象領域 4 5 が画定されている。研削物 2 0 の被研削面の一部が観測対象領域 4 5 内に配置される。

【 0 0 1 6 】

テーブル 4 0 の上に、赤外線光源 4 1 及び赤外線検出器 4 3 が配置されている。赤外線光源 4 1 は、支持機構 4 2 により昇降可能に（z 方向に移動可能に）支持されている。赤外線光源 4 1 は、y 方向に平行な線光源と考えることができ、波長 $10\text{ }\mu\text{m} \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ の赤外線を放射する。赤外線光源 4 1 には、例えば棒状のヒータを用いることができる。

20

【 0 0 1 7 】

赤外線検出器 4 3 は、テーブル 4 0 上に固定される。赤外線検出器 4 3 には、例えばサーモグラフィが用いられる。赤外線検出器 4 3 は、研削物 2 0 の表面のうち、観測対象領域 4 5 を含む領域で回折された赤外線を検出し、2 次元画像データを生成する。生成された画像データは、画像処理装置 4 4 に入力される。画像処理装置 4 4 は、入力された 2 次元画像データに基づいて画像処理を行う。

【 0 0 1 8 】

図 3 B に、研削物 2 0、赤外線光源 4 1、及び赤外線検出器 4 3 の z x 面内における配置を示す。y z 面に平行で、かつ観測対象領域 4 5 と交差する仮想平面の一方の側（x 軸の負の側）に赤外線光源 4 1 が配置され、他方の側（正の側）に赤外線検出器 4 3 が配置されている。赤外線検出器 4 3 の視野の、x 方向に関するほぼ中央に、観測対象領域 4 5 が配置される。

30

【 0 0 1 9 】

赤外線光源 4 1 から放射され、観測対象領域 4 5 に入射する赤外線の入射角を θ とする。赤外線検出器 4 3 の対物レンズ 4 3 a の光軸は、x 軸の正の向きに傾いている。この光軸と、研削物 2 0 の表面の法線とのなす角度を β とする。観察角 φ は、 $\theta + \beta$ と定義される。赤外線光源 4 1 を z 方向に移動させると、入射角 θ 及び観察角 φ が変化する。

40

【 0 0 2 0 】

観測対象領域 4 5 に赤外線が入射すると、回折光が生じる。0 次回折光は、被研削面の法線とのなす角度が入射角 θ と等しくなり、入射光とは反対向きに傾いた方向に生じる。また、高次回折光の伝搬方向は、回折格子の周期、すなわち研削痕の周期に依存する。なお、研削痕は、回折格子のように厳密に一定の周期で配置されるわけではない。さらに、赤外線光源 4 1 から放射される赤外線は、単一波長ではない。これらの要因により、例えば 1 次回折光は、ある広がり角を持って伝搬する。このとき、広がり角を持って伝搬する 1 次回折光の中心光線の方向は、研削痕の密度に依存する。

【 0 0 2 1 】

図 2 に示すように、研削痕 2 1 の密度の異なる領域 2 2、2 3 からの 1 次回折光の中心

50

光線の伝搬方向は、相互に異なる。従って、１次回折光を検出することにより、びびりマークの有無を判定することができる。なお、２次以上の回折光を検出してもよい。

【００２２】

次に、図３Ａ～図４Ｇを参照して、第１の実施例による表面検査方法について説明する。

【００２３】

図３Ａに示したテーブル４０の上に、表面が研削された研削物２０を配置する。研削物２０は、研削方向がｙ軸と平行になる姿勢で、かつ研削された表面の一部が観測対象領域４５と重なるように配置される。赤外線光源４１から研削物２０に赤外線を照射し、赤外線検出器４３で研削物２０の表面の赤外線画像を取得する。赤外線光源４１をｚ方向に移動させて入射角 θ を変化させ、複数の赤外線画像を取得する。

10

【００２４】

図４Ａ～図４Ｆに、入射角 θ を θ_1 ($=\beta$) から θ_6 ($>\theta_1$) まで変化させて取得した赤外線画像の一例を示す。図４Ａにおいては、入射角 θ_1 が、赤外線検出器４３の対物レンズ４３ａの光軸と研削物２０の表面の法線とのなす角度 β と等しい。このため、観測対象領域４５からの正反射光（０次回折光）が、赤外線検出器４３に入射する。このため、視野のほぼ中央に、ｙ軸方向に延在する明るい帯状領域５０が観察される。

【００２５】

入射角 θ を θ_2 まで大きくすると、図４Ｂに示すように、赤外線検出器４３の視野内で帯状領域５０がｘ軸の正の方向に移動し、観察対象領域４５から外れる。さらに、例えば図２に示した研削痕２１の密度が相対的に高い第２の領域２３からの１次回折光による像５１が現れる。この像５１は、ｙ方向に離散的に、かつ周期的に分布する。さらに、入射角 θ を θ_3 まで大きくすると、図４Ｃに示すように、帯状の明るい領域５０が視野内の下端まで移動し、１次回折光による明るい領域５１が大きくなる。

20

【００２６】

入射角 θ を θ_4 まで大きくすると、図４Ｄに示すように、０次回折光による像が視野から外れ、１次回折光による明るい像５１がより大きくなる。このとき、像５１が、観察対象領域４５と部分的に重なる。

【００２７】

さらに入射角 θ を θ_5 まで大きくすると、図４Ｅに示すように、第２の領域２３からの１次回折光による明るい領域５１が、視野内でｘ軸の正の方向に移動する。さらに、入射角 θ を θ_6 まで大きくすると、図４Ｆに示すように、研削痕２１の密度が相対的に低い第１の領域２２からの１次回折光による像５２が、ｙ軸方向に関して像５１の間に現れる。

30

【００２８】

図４Ｂ～図４Ｆに示すように、ｙ軸方向に関して周期的に像５１、５２が現れる場合、検出物２０にびびりマークが発生していると考えられる。また、像５１、５２のｙ軸方向に関する周期により、びびりマークの周期を求めることができる。

【００２９】

図４Ｇに示すように、入射角 θ が θ_1 から θ_6 までの各画像から、観測対象領域４５内の画像のみを抽出し、入射角 θ の大きさの順番に並べて１枚の画像に合成する。これにより、観測対象領域４５からの回折光のｙ軸方向に関する強度分布が、入射角 θ の関数として得られる。

40

【００３０】

図４Ａ～図４Ｆに示した画像の縦軸は、ｘ方向に相当する。すなわち、研削物２０の表面のｘ方向に関して異なる位置からの回折光を検出していることになる。これに対し、図４Ｇに示した合成画像は、観測対象領域４５からの回折光による画像である。図４Ｇに示した画像処理を行うことにより、研削物２０の表面の特定の領域（観測対象領域４５）についてびびりマークの有無を検知することができる。

【００３１】

図５に、実際の研削物を観察したときの合成画像の一例を示す。入射角 θ が、角度 β に

50

等しいとき、観測対象領域からの 0 次回折光により、y 軸方向の全ての位置において、光強度が高くなっている。

【0032】

入射角 θ が $\alpha 1$ のとき、y 軸方向に離散的に、かつ周期的に分布する明るい像が現れている。入射角 θ が $\alpha 2$ のとき、入射角 θ が $\alpha 1$ の位置に現れていた明るい像の間に、やや明るい像が現れている。この観察結果から、研削物に、びびりマークが発生していることがわかる。

【0033】

図 6 A に、他の研削物を観察して得られた合成画像を示す。図 5 に示した例では、合成画像から直ちにびびりマークの発生が検知されたが、図 6 A に示した合成画像からは、検知困難である。

10

【0034】

図 6 B に、図 6 A に示した合成画像から求めた 1 次元光強度分布及び自己相関度を示す。横軸は、y 軸方向の位置を単位「mm」で表す。右縦軸は、移動平均との差分を表し、左縦軸は自己相関を表す。

【0035】

図 6 A に示した 2 次元合成画像の各位置の光強度を、 θ 方向に積算し、y 軸方向に関する 1 次元光強度分布を求めた。この 1 次元光強度分布の移動平均からの差分を、細い実線で示す。この移動平均との差分のグラフの自己相関度を、太い実線で示す。自己相関度から、光強度分布は、y 軸方向に関して周期約 3.8 mm の周期性を持つことがわかる。

20

【0036】

このように、図 6 A に示した 2 次元合成画像からは、周期性の有無の判別が困難である場合でも、光強度を θ 方向に関して積算し、y 軸方向に関する自己相関度を求めることにより、容易に周期性の有無を判別することができる。これにより、個人差を無くし、より客観的にびびりマークの有無の判別を行うことができる。

【0037】

上記実施例では、赤外線光源 41 を z 方向に移動させることにより、入射角 θ を変化させたが、観測対象領域 45 を中心とした円筒面に沿って赤外線光源 41 を移動させてもよい。

【0038】

30

また、上記実施例では、入射角 θ を変化させることにより、観察角 φ を変化させたが、赤外線検出器 43 を z 方向に移動させることにより、観察角 φ を変化させてもよい。

【0039】

上記実施例では、光源として赤外線光源を用いた。光源の波長は、研削痕の周期とほぼ同程度とすることが好ましい。一般的に、研削痕の周期は数十 μm ~ 100 μm である。このため、光源として、波長 10 μm 以上の遠赤外線を放射するものを用いることが好ましい。

【0040】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

40

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図 1】(1A) は、研削装置の斜視図であり、(1B) は、研削された研削物の平面図である。

【図 2】びびりマークが発生している研削物の平面図である。

【図 3】(3A) は、実施例によるびびりマーク検査装置の斜視図であり、(3B) は、赤外線光源、赤外線検出器、及び研削物の位置関係を示す図である。

【図 4 - 1】(4A) ~ (4F) は、入射角を変化させて得られる赤外線画像の一例を示す模式図である。

【図 4 - 2】(4G) は、得られた複数の赤外線画像、及びこれらの赤外線画像の観測対

50

象領域の画像を合成して得られた合成画像を示す模式図である。

【図 5】実際に得られた合成画像である。

【図 6】(6 A) は、実際に得られた合成画像であり、(6 B) は、(6 A) の合成画像から算出された 1 次元光強度分布得及び自己相関を示すグラフである。

【符号の説明】

【 0 0 4 2 】

1 0 テーブル

2 0 研削物

2 1 研削痕

2 2 第 1 の領域

2 3 第 2 の領域

3 0 砥石ヘッド

3 1 砥石

3 2 レール

4 0 テーブル

4 1 赤外線光源

4 2 支持機構

4 3 赤外線検出器

4 3 a 対物レンズ

4 4 画像処理装置

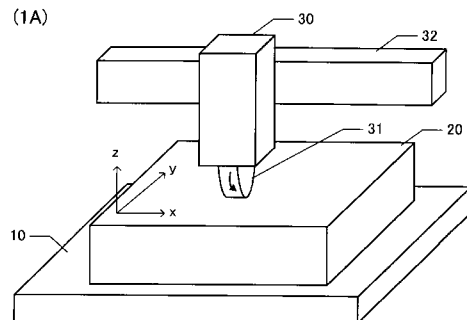
4 5 観測対象領域

5 0、5 1、5 2 明るい領域

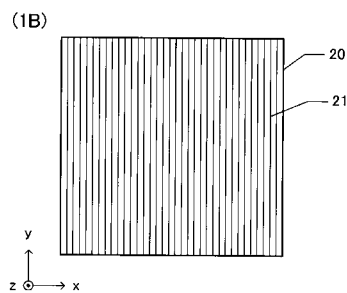
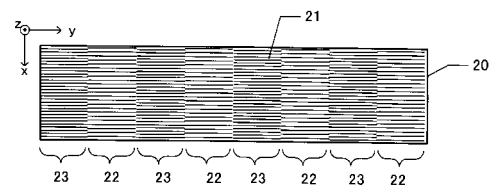
10

20

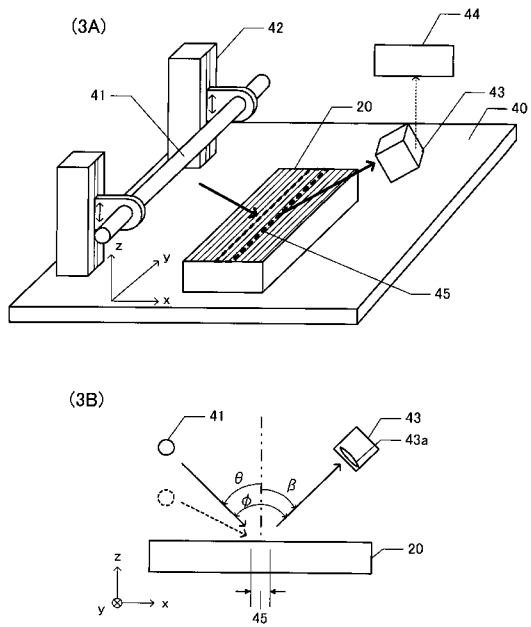
【図 1】



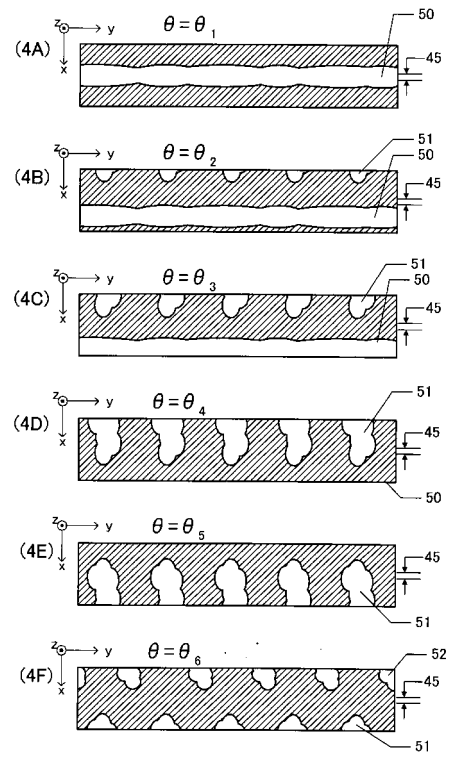
【図 2】



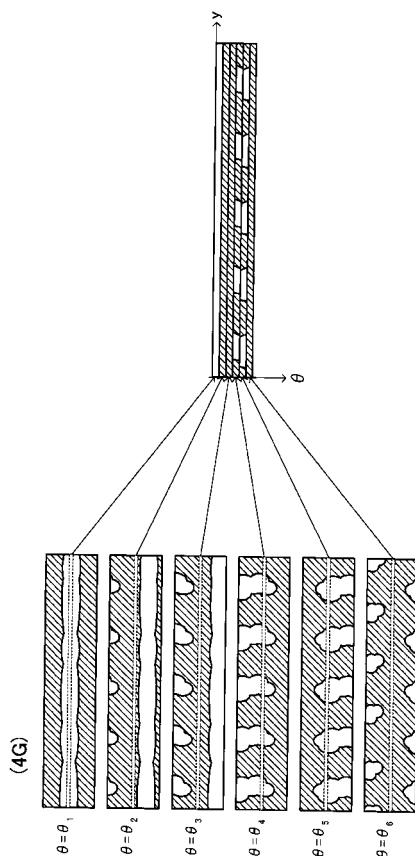
【 図 3 】



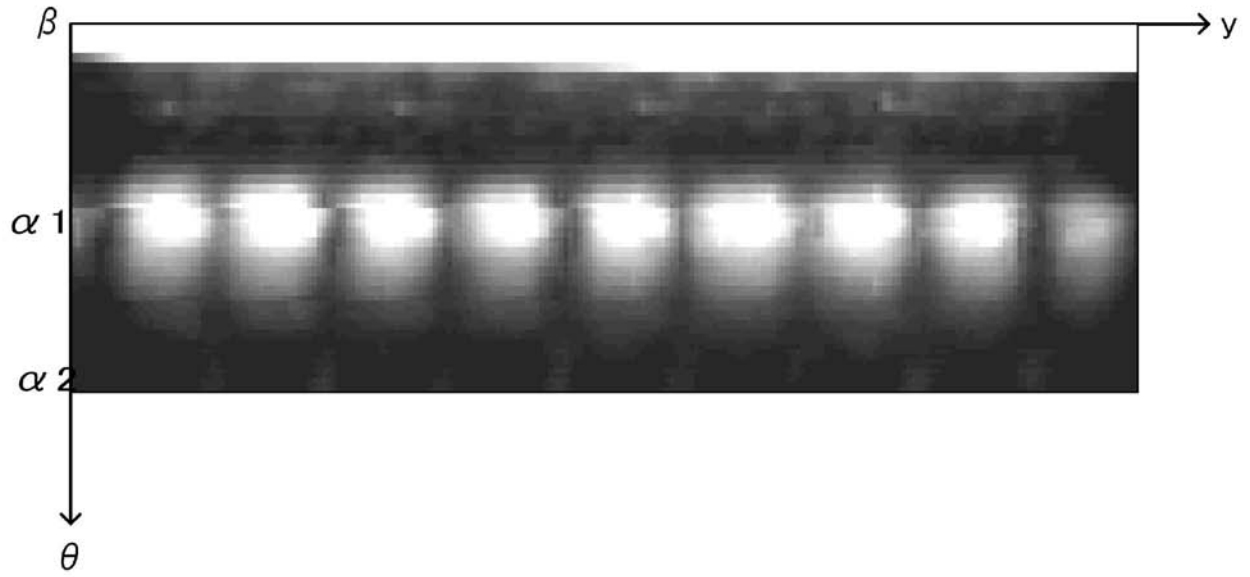
【 図 4 - 1 】



【 図 4 - 2 】



【 図 5 】



【 図 6 】

(6A)



(6B)

