

(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2014-109640

(P2014-109640A)

(43) 公開日 平成26年6月12日(2014.6.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 21/06 (2006.01)	GO2B 21/06	2GO51
GO2B 21/36 (2006.01)	GO2B 21/36	2HO52
GO1N 21/88 (2006.01)	GO1N 21/88	H

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-263208 (P2012-263208)	(71) 出願人	504151365 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 茨城県つくば市大穂1番地1
(22) 出願日	平成24年11月30日(2012.11.30)	(74) 代理人	100093816 弁理士 中川 邦雄
		(72) 発明者	栗原 俊一 茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内
		(72) 発明者	小林 仁 茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内
		(72) 発明者	吉岡 正和 茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内 最終頁に続く

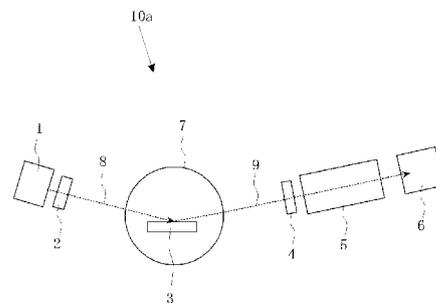
(54) 【発明の名称】 プリスタリング観察装置

(57) 【要約】

【課題】材料のプリスタリングを観察する装置を提供する。

【解決手段】白色光源からの白色光を偏光素子により直線偏光に変え、観察対象の表面に入射させ、該観察対象の表面で反射する反射光を検光素子により偏光成分を選別し特定の直線偏光に変え、これを作動距離の長い顕微鏡の光学系により集光させて拡大像を結像させ、画像表示部で画像表示する構成とした。また、観測対象を密閉容器の中に置くことで、観察機器が陽子線や中性子線などの粒子線の影響を受けることなく、観察対象の表面を鮮明に観察することを可能にする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

白色光を発生する白色光源、該白色光源からの白色光を直線偏光に変える偏光素子、該直線偏光を観察対象の表面に入射させた時に該観察対象の表面で反射する反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変える検光素子、該直線偏光を集光する作動距離の長い顕微鏡の光学系、及び該作動距離の長い顕微鏡の光学系を通過する偏光を検出し画像表示する画像表示部から構成されることを特徴とするプリスタリング観察装置。

【請求項 2】

白色光を発生する白色光源、該白色光源からの白色光を直線偏光に変える偏光素子、該直線偏光を密閉容器の中に置かれた観察対象の表面に入射させた時に該観察対象の表面で反射し該密閉容器の外に出射される反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変える検光素子、該直線偏光を集光する作動距離の長い顕微鏡の光学系、及び該作動距離の長い顕微鏡の光学系を通過する偏光を検出し画像表示する画像表示部から構成されることを特徴とするプリスタリング観察装置。

10

【請求項 3】

前記観察対象が、ベリリウム材料製のターゲット材料であることを特徴とする請求項 2 に記載のプリスタリング観察装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、材料の膨れ上がり（以下、プリスタリングという）を観察するためのプリスタリング観察装置に関する。更には、密閉容器の中に置かれた材料のプリスタリングを観察するためのプリスタリング観察装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

近年、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT：Boron Neutron Capture Therapy）に使用される中性子発生用ターゲット材料の開発が行われている。中性子発生用ターゲット材料を用いる中性子発生の原理は、陽子線とターゲット材料との物理的な核反応に基づくものであるが、通常、陽子線がターゲット材料を通過する過程で水素に変わる反応も生起する。

30

【0003】

ターゲット材料に気体（水素等）が蓄積されることに起因するターゲット材料のプリスタリングによるターゲット材料の破壊を未然に防止するためには、プリスタリングを観察することが重要課題となっている。

【0004】

従来、前記プリスタリングを観察するための観察方法及び装置は、殆ど知られていないが、プリスタリングによって材料表面に凹凸が生じるので、材料表面の凹凸を観察する手段を応用することが考えられる。

【0005】

材料表面の凹凸を観察する手段としては、例えば、レーザーによる表面粗さ測定が知られている（特許文献 1～3）。

40

【0006】

特許文献 1 には、単一波長のレーザー光を発生するレーザー光源としてレーザーダイオードを用い、該レーザー光源により発生するレーザー光をビームスプリッタにより透過光と反射光とに分光し、反射光を測定対象面に所定の入射角度 θ_0 で入射させた時に測定対象面で反射する反射光を受光器（フォトダイオード）で受光する光学系が開示されている。

【0007】

特許文献 2 及び 3 には、半導体レーザー発生のレーザー光を集光レンズで集光して被測定物の表面へ垂直に投光した時に被測定物の表面で反射する反射光を集光レンズで集光し

50

、これを表面変位検出用の位置検出素子に結像させる光学系が開示されている。

【0008】

しかしながら前記のようなレーザー光学系を用いてもプリスタリングの精密観察を行うことは、後述の比較例で示すように非常に困難であった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平5-52539号公報

【特許文献2】特開平5-264249号公報

【特許文献3】特開平6-42944号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的は、材料のプリスタリングを観察するための装置を提供することである。更には、密閉容器の中に置かれた使用状態に在る観察対象のプリスタリングをリアルタイム・その場観察可能なプリスタリング観察装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明者らは、上記の目的を達成するために鋭意研究を重ねた結果、観察対象の表面に入射及び反射する白色光として直線偏光を用いることによって、凹凸の小さな観察対象の表面でも驚くほどコントラストの良好な精細画像が得られることを見だし、この知見に基づいて本発明を完成するに至った。

20

【0012】

すなわち、本発明は、上記課題を解決するため、

1 .

白色光を発生する白色光源、該白色光源からの白色光を直線偏光に変える偏光素子、該直線偏光を観察対象の表面に入射させた時に該観察対象の表面で反射する反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変える検光素子、該直線偏光を集光する作動距離の長い顕微鏡の光学系、及び該作動距離の長い顕微鏡の光学系を通過する偏光を検出し画像表示する画像表示部から構成されることを特徴とするプリスタリング観察装置の構成とした。

30

2 .

白色光を発生する白色光源、該白色光源からの白色光を直線偏光に変える偏光素子、該直線偏光を密閉容器の中に置かれた観察対象の表面に入射させた時に該観察対象の表面で反射し該密閉容器の外に出射される反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変える検光素子、該直線偏光を集光する作動距離の長い顕微鏡の光学系、及び該作動距離の長い顕微鏡の光学系を通過する偏光を検出し画像表示する画像表示部から構成されることを特徴とするプリスタリング観察装置の構成とした。

3 .

前記観察対象が、ベリリウム材料製のターゲット材料であることを特徴とする前記2 . に記載のプリスタリング観察装置。

40

【発明の効果】

【0013】

本発明は、陽子線や中性子線などの粒子線の影響を受けることなく、密閉容器の中に置かれた観察対象の表面観察を可能とする装置であるので、例えば、真空チャンバーの中に置かれた使用状態に在るターゲットの表面のプリスタリングのリアルタイム・その場観察が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】材料表面で反射する反射光のS偏光成分及びP偏光成分の反射率と入射角との関係を示す図である。

50

【図 2】本発明であるプリスタリング観察装置の光学系を説明する図である。破線矢印は、白色光の進行方向を示す。

【図 3】本発明の他の一つのプリスタリング観察装置を説明する図である。破線矢印は、白色光の進行方向を示す。

【図 4】図 1 の装置を用いて観察された銅板表面の観察画像である（実施例 1）。

【図 5】図 2 の装置を用いて観察された銅板表面の観察画像である（実施例 2）。

【図 6】図 2 の装置を用いて観察されたターゲット材料（ベリリウム材料）の表面の観察画像である（実施例 3）。

【図 7】図 1 の装置の偏光素子を用いずに観察した銅板表面の観察画像である（比較例 1）。

【図 8】図 2 の装置の偏光素子を用いずに観察された銅板表面の観察画像である（比較例 2）。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明は、観察対象の表面に入射させる白色光を偏光素子により直線偏光に変え、該観察対象の表面で反射する光を検光素子により偏光成分を選別し特定の直線偏光に変え、と共に適切な入射角が選択される光学系を有することに第一の特徴がある。この特徴によってコントラストの高い表面観察画像を得ることが可能である。

【0016】

更に密閉容器の中に置かれている観察対象を観察する場合には作動距離の長い顕微鏡の光学系を用いることで鮮明な表面観察画像を得ることが可能であることに第二の特徴がある。この特徴によって例えば真空チャンバー等の密閉容器に置かれた観察対象の表面を観察することが可能である。

【0017】

このように、観察対象の表面の偏光特性情報を持つ直線偏光を用いて作動距離の長い顕微鏡の光学系によって拡大像を結像することは、本発明が初めてのことであり、又、本発明によって初めて密閉容器の中にある観察対象の表面のプリスタリングを鮮明に観察することができる。

【0018】

本発明の一つは、白色光を発生する白色光源、該白色光源からの白色光を直線偏光に変える偏光素子、該直線偏光を観察対象の表面に入射させた時に該観察対象の表面で反射する反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変える検光素子、該直線偏光を集光する作動距離の長い顕微鏡の光学系、及び該作動距離の長い顕微鏡の光学系を通過する偏光を検出し画像表示する画像表示部から構成される。

【0019】

前記観察対象とは、プリスタリングを生じる材料のことをいう。プリスタリングを生じる材料には、例えば、陽子線の衝突によって中性子を発生するターゲット材料、水素吸蔵材料、水素吸着性の材料、圧縮水素ボンベに用いられる金属材料、固体高分子型燃料電池に用いられる材料、核融合炉に用いられる材料、道路橋床版材料、塗膜材料、等を挙げることができるが、これらに限定されるものではない。

【0020】

前記白色光源としては、特に限定されるものではなく、遠赤外領域～真空紫外領域の白色光を発生する白色光源を用いることができる。本発明では、画像表示及び画像の目視のために、通常は、可視領域の白色光を発生する白色光源を用いるのが好ましい。可視領域の中でも波長 495～570 nm の緑色光、波長 570～590 nm の黄色光、590～620 nm の橙色光、620～750 nm の赤色光を発生する白色光源であるのが好ましい。

【0021】

前記偏光素子としては、白色光源からの白色光を直線偏光に変える偏光素子を用いる。通常、偏光顕微鏡の偏光子のことをポラライザと呼び、本発明の偏光素子も、このポララ

10

20

30

40

50

イザと同じ意味である。上記直線偏光には、偏光素子の入射面に垂直な偏光（S偏光という）、及び偏光素子の入射面に平行な偏光（P偏光という）がある。

【0022】

本発明の白色光を直線偏光に変える偏光素子としては、白色光を直線偏光に変えることができるものであれば、特に限定するものではない。例えば、偏光子、偏光板、偏光プリズム、偏光フィルター、偏光ビームスプリッタ等を挙げることができる。

【0023】

前記検光素子とは、観察対象の表面の偏光特性を輝度または色の变化として観察することを可能にするものであり、前記偏光素子の偏光振動面と90°になる角度で配置できる偏光素子のことである。

【0024】

通常、偏光顕微鏡の検光子のことをアナライザと呼び、本発明の検光素子も、このアナライザと同じ意味である。前記偏光素子（ポラライザ）と検光素子（アナライザ）とは、互いに区別されるものである。

【0025】

本発明の反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変える検光素子としては、前記反射光をS偏光またはP偏光に変えることができるものであれば、特に限定するものではない。例えば、偏光顕微鏡に用いられる回転偏光子、偏光板、偏光プリズム、偏光フィルター、偏光ビームスプリッタ等を挙げることができる。

【0026】

前記作動距離の長い顕微鏡の光学系としては、観察対象からの距離に応じた作動距離を持つ顕微鏡の光学系を適宜選択する。観察対象と作動距離の間隔が数mm～数十mmの範囲にある場合には、通常の光学顕微鏡の光学系を用いることができる。一方、それ以上の間隔の場合には、作動距離が数十mmより長い、例えば20mmより長い、光学顕微鏡の光学系を用いるのが好ましい。

【0027】

作動距離の長い顕微鏡の光学系であれば、上記通常の顕微鏡の光学系の作動距離もカバーしているので、作動距離の長い顕微鏡の光学系を用いるのが好ましい。

【0028】

作動距離の長い光学顕微鏡の光学系としては、例えば、長距離顕微鏡（別名、長焦点顕微鏡）の光学系を用いるのが好ましい。該長距離顕微鏡の光学系としては、例えば、メニスカス形状のコレクタレンズ 主鏡 コレクタレンズの裏側に蒸着された副鏡から構成される光学系が知られている。

【0029】

本発明では、検光素子からの直線偏光を顕微鏡の光学系により集光させて拡大像を結像するので、前記顕微鏡の光学系とその手前に置かれる前記検光素子との幾何学的な位置関係については、観察対象の表面で反射する反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変えられ、該特定の直線偏光の進行方向と顕微鏡の光学系における対物レンズの光軸とが平行になるように検光素子と顕微鏡の光学系を配置するのが好ましい。

【0030】

前記画像表示部としては、前記顕微鏡の光学系で形成される結像の画像表示が可能なものであれば特に限定するものではなく、従来の画像表示装置を用いることができる。例えば、CCDイメージセンサを搭載したデジタルカメラ等を用いることができる。

【0031】

また、本発明の他の一つは、白色光を発生する白色光源、該白色光源からの白色光を直線偏光に変える偏光素子、該直線偏光を密閉容器の中に置かれた観察対象の表面に入射させた時に該観察対象の表面で反射し該密閉容器の外に出射される反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変える検光素子、該直線偏光を集光する作動距離の長い顕微鏡の光学系、及び該作動距離の長い顕微鏡の光学系を通過する偏光を検出し画像表示する画像表示部から構成される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

前記密閉容器とは、観察対象を自然環境とは異なる環境に置く容器のことである。密閉容器としては、例えば、白色光透過部、例えばガラス製の小窓など、を備える真空チャンバー、グローボックス、各種の反応容器、各種の格納容器、等を挙げることができる。

【 0 0 3 3 】

前記密閉容器の中に置かれた観察対象の表面を観察する場合には、密閉容器の外から観察対象の表面を観察するのが望ましいので、作動距離の長い光学顕微鏡の光学系を用いるのが好ましい。作動距離の長い光学顕微鏡の光学系としては、例えば、前記に挙げた長距離顕微鏡の光学系を用いるのが好ましい。

【 0 0 3 4 】

一般に、材料表面で反射する反射光のS偏光成分とP偏光成分との反射率の差は、図1に示すようにP偏光成分の反射率が極小となる入射角よりも大きな 60° から 80° の範囲にある入射角において急激に大きくなる。

【 0 0 3 5 】

ここで、本発明では、上記、P偏光成分の反射率が極小となる入射角のことを“ブリュースター角”、とすることにする。これは、光学用語では、誘電体材料の反射光の偏光成分のうちP偏光の反射率がゼロになる時の入射角のことをブリュースター角と定義されていることからのアナロジーである。

【 0 0 3 6 】

本発明は、この自然法則を利用して白色光源からの白色光を直線偏光に変え、該直線偏光を観察対象の表面に適切な入射角度で入射させ、観察対象の表面で反射する反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変えることによってコントラストが良好な観察画像を得ることができることを見いだしたことにある。

【 0 0 3 7 】

すなわち、本発明は、反射光の偏光成分の反射率の差が最大になるような入射角を設定して偏光を入射し、反射光の偏光成分を選別し特定の直線偏光に変えることに特徴があるのであって、界面からの反射、散乱によるバックグラウンドノイズを低減するために入射角をブリュースター角に設定することではない。したがって、本発明では直線偏光を観察対象の表面に入射させる時の入射角を適切な角度に設定するのが好ましい。

【 0 0 3 8 】

本発明における入射角は、必ずしもブリュースター角及びその近傍の角度である必要はなく、通常は、観察対象のブリュースター角よりも大きな角度であるのが好ましい。

【 0 0 3 9 】

また、本発明の更に他の一つは、前記観察対象がベリリウム材料製のターゲット材料であることを特徴とするプリスタリング観察装置である。

【 0 0 4 0 】

前記密閉容器の中に置かれた観察対象をベリリウム材料製のターゲット材料とするのは、BNC等を用いられる中性子発生用のターゲット材料としてベリリウム材料製のターゲット材料が好ましいからである。

【 0 0 4 1 】

前記ベリリウム材料製のターゲット材料とは、金属ベリリウム、酸化ベリリウム等のベリリウム原子をベリリウム材料の材料成分として含有するベリリウム材料を、ターゲット材料の構成成分として含有するターゲット材料のことである。

【 0 0 4 2 】

前記直線偏光を密閉容器の中に置かれたベリリウム材料製のターゲット材料の表面に入射させる入射角は、該ベリリウム材料のブリュースター角よりも大きな入射角度で入射させるのが好ましい。これは、ベリリウム材料の表面で反射する反射光の偏光成分のうちS偏光の反射率とP偏光の反射率の差が、ベリリウム材料のブリュースター角よりも大きい時に、極大にすることができるからである。該入射角は、通常、ベリリウム材料の表面でのブリュースター角（通常、 $57^\circ \sim 60^\circ$ である）よりも大きい角度である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

以下に図面を参照しつつ本発明の一側面を実施形態（以下、「本実施形態」とも表記する）として詳細に説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 4 4 】

本発明であるプリスタリング観察装置 10 の光学系を図 2 に示す。白色光源 1 からの白色光が偏光素子 2 によって直線偏光に変えられ観察対象 3 の表面に入射（入射光 8）され、観察対象 3 の表面で反射する反射光 9 が検光素子 4 によって偏光成分が選別され特定の直線偏光に変えられ、作動距離の長い顕微鏡の光学系 5 に入り、該光学系によって拡大像が結像され、後方の画像表示部 6 において画像表示される。前記直線偏光の入射角は、通常、60°よりも大きく90°未満である。

10

【 実施例 2 】

【 0 0 4 5 】

本発明の他の一つのプリスタリング観察装置 10 a を図 3 に示す。白色光源 1 からの白色光が偏光素子 2 によって直線偏光に変えられ、密閉容器 7 の中に置かれた観察対象 3 の表面に入射（入射光 8）され、観察対象 3 の表面で反射し該密閉容器の外に出射される反射光 9 が検光素子 4 によって偏光成分が選別され特定の直線偏光に変えられ、作動距離の長い顕微鏡の光学系 5 に入り、該作動距離の長い顕微鏡の光学系によって拡大像が結像され、後方の画像表示部 6 において画像表示される。前記直線偏光の入射角は、通常、60°よりも大きく以上90°未満である。

20

【 実施例 3 】

【 0 0 4 6 】

実施例 1 の装置を用いて観察対象の表面を撮影した。白色光源 1 としては、白色ランプを用いた。偏光素子 2 としては、回転ホルダー付の薄膜型偏光子（ショット社製造品：ファイバーバンドル出力端用ポラライジングフィルター）を用いた。また、検光素子 4 としては、回転偏光子（エドモンドオプティクス社製造品：ガラス偏光フィルター）を用いた。

【 0 0 4 7 】

作動距離の長い顕微鏡の光学系 5 としては、作動距離 35 cm の長距離顕微鏡の光学系を用いた。画像表示部 6 としては、CCD デジタルカメラを用いた。観察対象 3 としては、銅板を用いた。観察対象 3 への入射角は、70°とした。得られた銅板の表面の撮影画像を図 4 に示す。矢印で示す部分には周囲より明るい斑痕が認められる（後述の図 7 と、略、同一の場所を観察している。）。図 4 から明らかのように、後述の図 7 との比較から、本発明によって表面状態が鮮明に観察されることが確認される。

30

【 実施例 4 】

【 0 0 4 8 】

実施例 2 の装置を用いて観察対象 3 の表面を撮影した。白色光源 1 としては、白色ランプを用いた。偏光素子 2 としては、回転ホルダー付の薄膜型偏光子（ショット社製造品：ファイバーバンドル出力端用ポラライジングフィルター）を用いた。また、検光素子 4 としては、回転偏光子（エドモンドオプティクス社製造品：ガラス偏光フィルター）を用いた。

40

【 0 0 4 9 】

作動距離の長い顕微鏡の光学系 5 としては、作動距離 35 cm の長距離顕微鏡の光学系を用いた。画像表示部 6 としては、CCD デジタルカメラを用いた。密閉容器 7 としては、真空チャンバーを用いた。該真空チャンバーの中に観察対象として標準表面粗さを有する銅板を置いた。真空チャンバーの真空度は、0.1 Pa とした。観察対象 3 への入射角は、80°とした。得られた銅板の表面の撮影画像を図 5 に示す。図 5 から明らかのように、後述の図 8 との比較から、本発明によって表面状態が鮮明に観察されることが確認される。

【 実施例 5 】

50

【 0 0 5 0 】

実施例 2 の装置を用いて観察対象の表面を撮影した。白色光源 1 としては、白色ランプを用いた。偏光素子 2 としては、回転ホルダー付の薄膜型偏光子（ショット社製造品：ファイバーバンドル出力端用ポラライジングフィルター）を用いた。また、検光素子 4 としては、回転偏光子（エドモンドオプティクス社製造品：ガラス偏光フィルター）を用いた。作動距離の長い顕微鏡の光学系 5 としては、作動距離 35 cm の長距離顕微鏡の光学系を用いた。画像表示部 6 としては、CCD デジタルカメラを用いた。

【 0 0 5 1 】

密閉容器 7 としては、陽子線を照射できる真空チャンバーを用いた。該真空チャンバーの中に観察対象としてベリリウム材料製のターゲット材料を置いた。真空チャンバーの真空度を 10^{-6} Pa とし、該ターゲット材料に 750 keV の陽子線を照射しながらターゲット材料に白色偏光を入射させた。入射角は、 80° とした。得られたターゲット材料の表面の撮影画像を図 6 に示す。図 6 から明らかなように、表面状態が鮮明に観察されることが確認される。

10

[比較例 1]

【 0 0 5 2 】

実施例 1 の装置の偏光素子 2 及び検光素子 4 を用いないで実施例 3 で用いた観察対象と同じ銅板の表面の撮影画像を図 7 に示す。矢印で示す部分には周囲より明るい図 4 と同じ斑痕が認められる。図 7 から明らかなように、表面状態の観察が不鮮明であることが確認される。

20

[比較例 2]

【 0 0 5 3 】

実施例 2 の装置の偏光素子 2 及び検光素子 4 を用いないで実施例 4 で用いた観察対象と同じ標準表面粗さを有する鋼板の表面の撮影画像を図 8 に示す。図 8 から明らかなように、表面状態の観察が不鮮明であることが確認される。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 4 】

本発明は、陽子線、中性子線の使用環境において、密閉容器内に観察対象を置くことで、観察機器が陽子線や中性子線などの粒子線の影響を受けることなく、密閉容器の中に置かれた観察対象の表面を鮮明に観察することを可能にする装置であるので、例えば、真空チャンバーの中に置かれた使用状態に在るターゲット表面のプリスタリングのリアルタイム・その場観察、等の多くの産業上の利用が可能である。

30

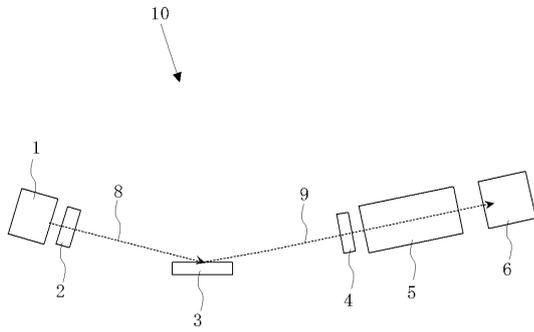
【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

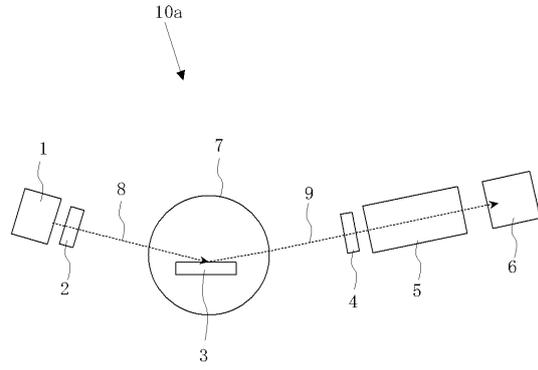
- 1 白色光源
- 2 偏光素子
- 3 観察対象
- 4 検光素子
- 5 作動距離の長い顕微鏡の光学系
- 6 画像表示部
- 7 密閉容器
- 8 入射光
- 9 反射光
- 10 プリスタリング観察装置
- 10 a プリスタリング観察装置

40

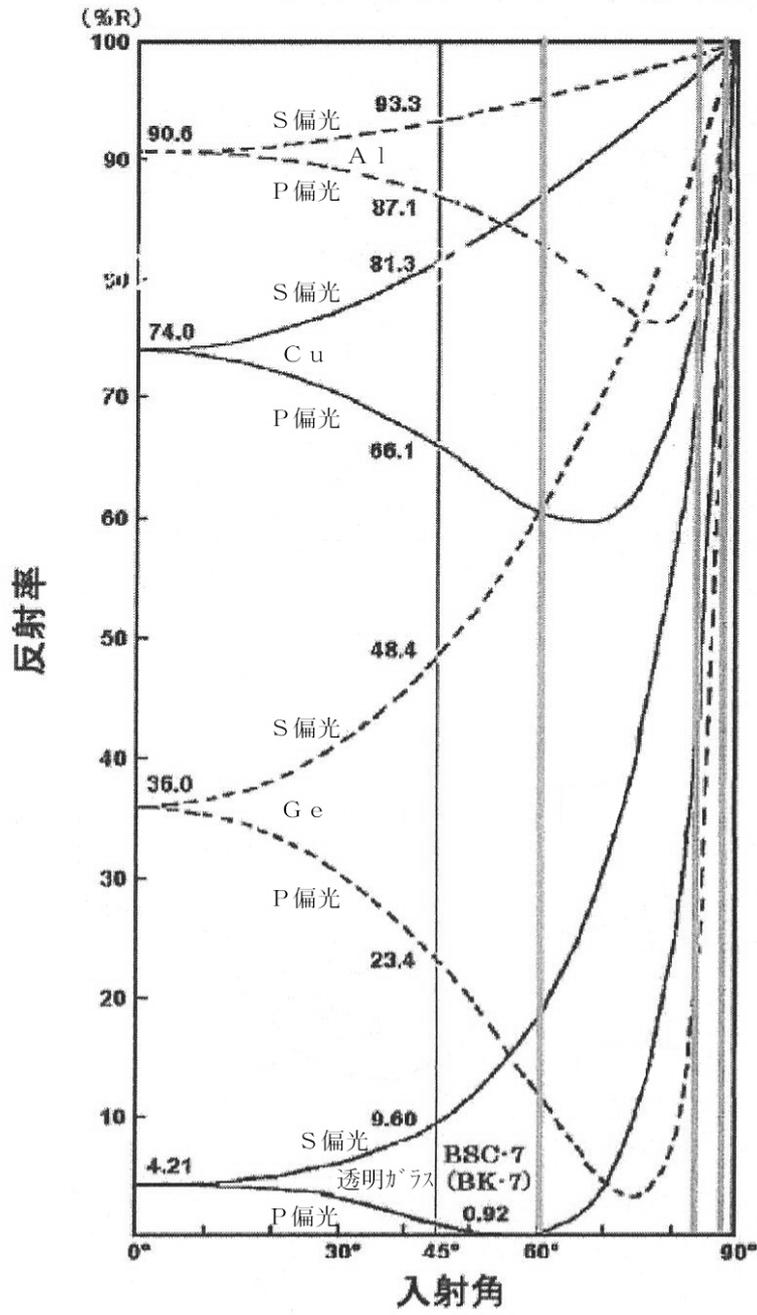
【 図 2 】



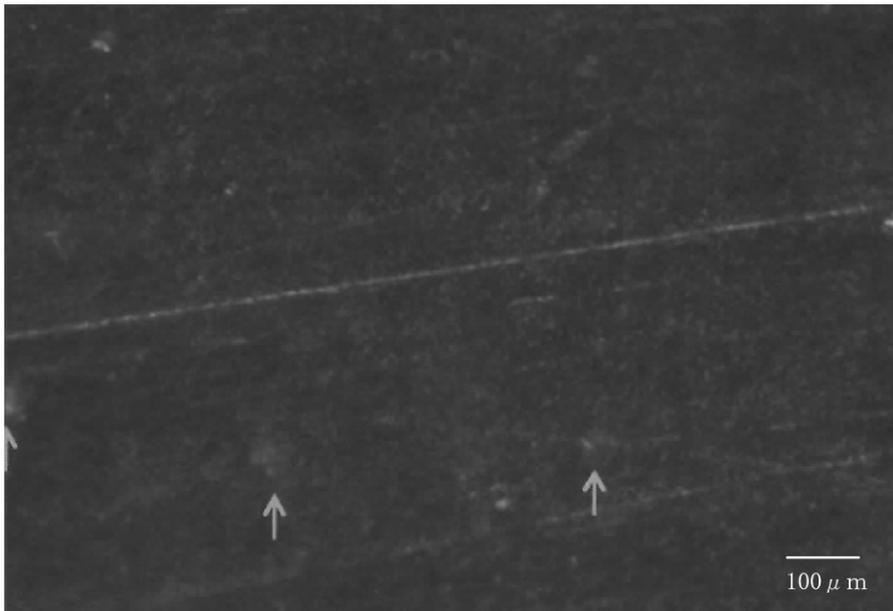
【 図 3 】



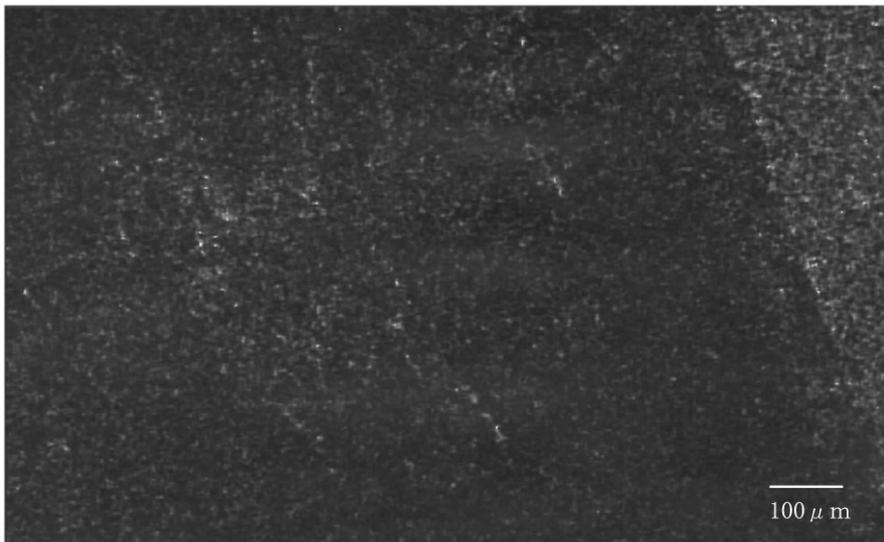
【 図 1 】



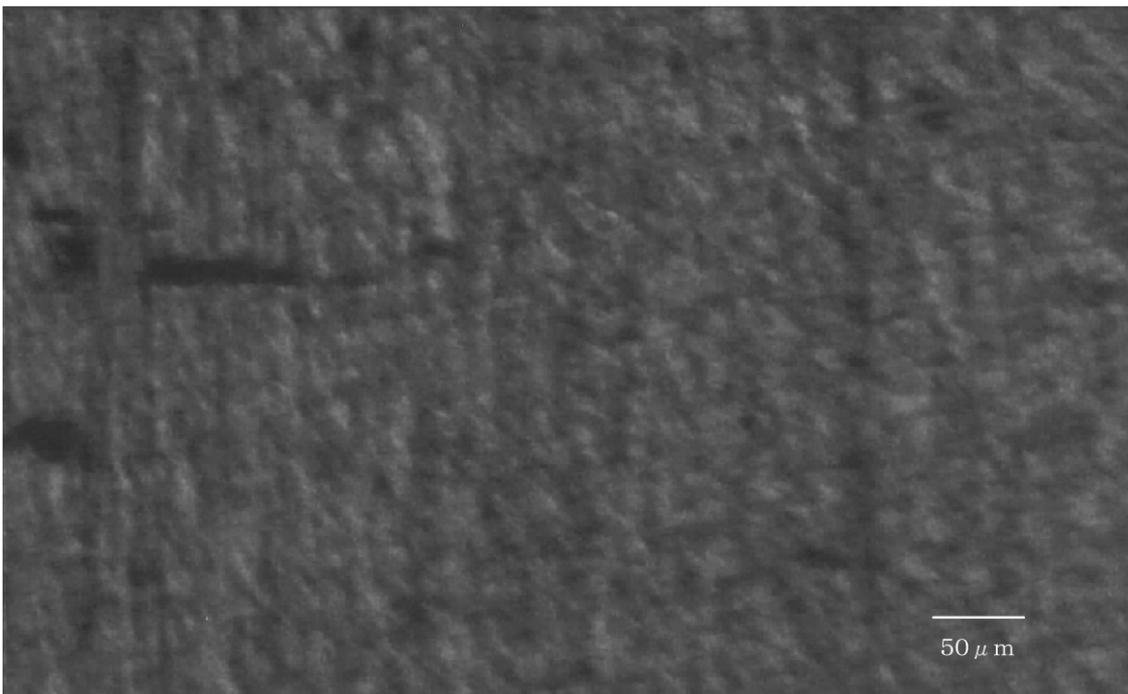
【 図 4 】



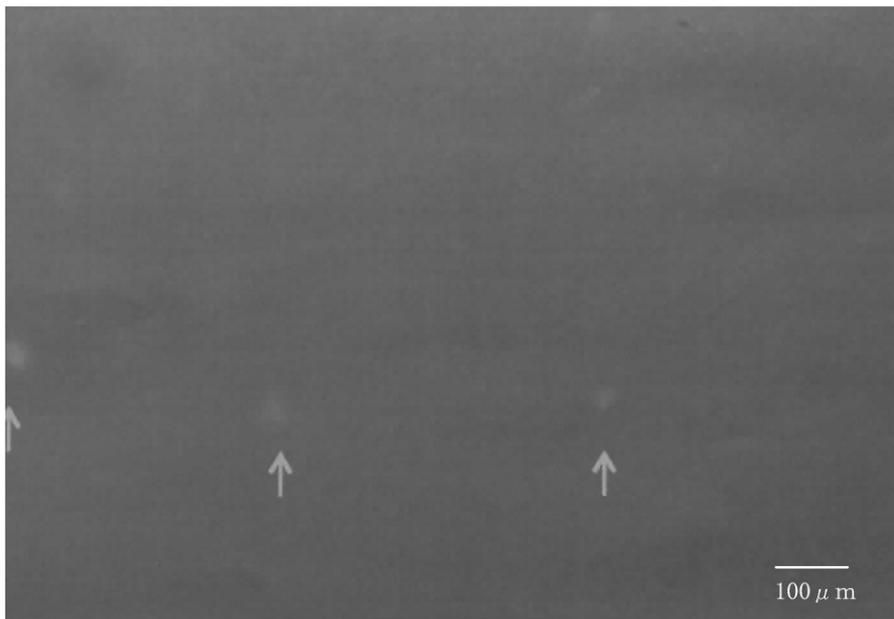
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 松本 浩

茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内

Fターム(参考) 2G051 AA90 AB20 BA11 BA20 CA04 CB01 CC20

2H052 AA01 AB07 AF14 AF21