

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)特許公報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3462179号

(P 3 4 6 2 1 7 9)

(45)発行日 平成15年11月5日(2003.11.5)

(24)登録日 平成15年8月15日(2003.8.15)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G01N 21/27

G01N 21/27

C

請求項の数 2 (全7頁)

(21)出願番号 特願2001 - 15567(P 2001 - 15567)

(22)出願日 平成13年1月24日(2001.1.24)

(65)公開番号 特開2002 - 214131(P 2002 - 214131 A)

(43)公開日 平成14年7月31日(2002.7.31)

審査請求日 平成13年1月24日(2001.1.24)

(73)特許権者 501126803

八戸工業高等専門学校
青森県八戸市大字田面木字上野平16番地
1号

(73)特許権者 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(73)特許権者 000102739

エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロ
ジ株式会社
東京都新宿区西新宿二丁目1番1号

(74)代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

審査官 樋口 宗彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】表面プラズモン共鳴現象測定装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源と、

この光源からの光を偏光するための偏光子と、

この偏光子を通過した光を集光するシリンダーレンズと、

このシリンダーレンズからの光が入射され、表面プラズモン共鳴現象を計測するための金属薄膜が形成されたプリズムと、

このプリズムから反射された光を計測するCCDラインセンサとを備えた表面プラズモン共鳴現象測定装置において、

前記光源をレーザー光源とし、このレーザー光源の平行光が拡げられ、このレーザー光源からの光を複数の線形のビーム形状に変換する光学回析素子を設け、前記プリズムからの円形ビーム形状の光を線形ビーム形状に変えて

2

前記CCDラインセンサに導くシリンダーレンズを設けたことを特徴とする表面プラズモン共鳴現象測定装置。

【請求項2】 光源と、

この光源からの光が入射され、表面プラズモン共鳴現象を計測するための金属薄膜が形成されたプリズムと、このプリズムから反射された光を偏光するための偏光子と、

この偏光子を通過した光を集光するレンズと、

このレンズから出射された光を計測するCCDラインセンサとを備えた表面プラズモン共鳴現象測定装置において、

前記光源をレーザー光源とし、このレーザー光源の平行光が拡げられ、このレーザー光源からの光を複数の線形のビーム形状に変換する光学回析素子を設け、前記プリズムからの円形ビーム形状の光を線形ビーム形状に変えて

10

前記 C C D ラインセンサに導くシリンダーレンズを設けたことを特徴とする表面プラズモン共鳴現象測定装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学系を用いて非測定溶液中の特定物質を定量あるいは定性的に測定する表面プラズモン共鳴現象測定装置に関し、特に、被測定物に接した金属薄膜での表面プラズモン共鳴現象を利用し、液体やガスなどの被測定物の屈折率の変化を検知し定性・定量測定を行う表面プラズモン共鳴現象測定装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】従来、化学プロセス計測や環境計測あるいは臨床検査等において、呈色反応や免疫反応を利用した測定が行われているが、この測定方法では被測定物をサンプル抽出する必要があるばかりか、煩雑な操作や標識物質を必要とする等の問題あった。このため、標識物質を必要とすることなく、高感度で被測定物中の化学物質の定性・定量測定の可能なセンサとして光励起表面プラズモン共鳴現象を利用したセンサが提案され、実用化されている。

【 0 0 0 3 】図 6 は従来の表面プラズモン共鳴 (Surface Plasmon Resonance 以下、S P R と略称する) 現象測定装置のモデル図である。同図において、1 は単色光の光源であって、この光源 1 から放射された光が偏光子 2 を通過すると、p 偏光のみが通過する。この p 偏光は、入射側レンズ 3 5 で集光されてプリズム 4 に入射される。プリズム 4 の底面には被測定物 4 0 に接する金属薄膜 5 が設けられており、偏光子 2 を通過した p 偏光をこのプリズム 4 に入射角 θ で入射させ、金属薄膜 5 を照射することによって、金属薄膜 5 からの反射光の強度変化を光検出器である C C D ラインセンサ 8 で検出している。

【 0 0 0 4 】すなわち、光源 1 から放射された光は、プリズム 4 と金属薄膜 5 の境界でエバネッセント波となり、その波数は次式により表される。

$$K_{ev} = K_p n_p \sin \theta$$

ここで、 K_p は入射光の波数、 n_p はプリズム 4 の屈折率、 θ は入射角である。一方、金属膜表面では、表面プラズモン波が生じ、その波数は次式により表される。

$$K_{sp} = (c/w) \cdot (n^2 / (n^2 + n^2))$$

ここで、 c は光速、 w は角振動数、 n は金属薄膜の誘電率、 n は被測定物の屈折率である。

【 0 0 0 5 】このエバネッセント波と表面プラズモン波の波数が一致する入射角 θ のとき、エバネッセント波は表面プラズモンの励起に使われ、反射光として計測される光量が減少する。S P R 現象はプリズム 4 に設けた金属薄膜 5 に接する被測定物 4 0 の屈折率に依存するため、例えば被測定物 4 0 を水とした場合、図 7 に示すように、ある角度で極小を有する曲線として検出すること

ができ、被測定物 4 0 の濃度変化による屈折率変化を測定するばかりか、金属薄膜 5 上に抗体などを固定することにより、抗原との結合による抗体の屈折率変化を測定することにより、特定物質の定量を行うことができる。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】近年、S P R 現象測定装置はその応用範囲が広まり、屋外での携帯センサとしての使用が考えられ、小型化・低価格化が求められている。しかしながら、上述した従来の表面プラズモン共鳴現象測定装置においては、図 6 に示すように、細長く形成された C C D ラインセンサ 8 を照射するビーム形状 2 3 が円形となるので、ラインセンサ 8 を照射する光の効率が低下する。したがって、小型化をすると C C D ラインセンサ 8 の感度が低下するという問題があり、そのためには各光学構成部品の精度を上げざるを得ず、低価格化が困難となっていた。また、小型化された装置では、マルチチャンネル計測ができないという問題もあった。

【 0 0 0 7 】本発明は上記した従来の問題に鑑みてなされたもので、第 1 の目的は低価格化を図ることにある。第 2 の目的は小型化を図ることにある。第 3 の目的はマルチチャンネルの測定を可能にすることにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、請求項 1 に係る発明は、光源と、この光源からの光を偏光するための偏光子と、この偏光子を通過した光を集光するシリンダーレンズと、このシリンダーレンズからの光が入射され、表面プラズモン共鳴現象を計測するための金属薄膜が形成されたプリズムと、このプリズムから反射された光を計測する C C D ラインセンサとを備えた表面プラズモン共鳴現象測定装置において、前記光源をレーザー光源とし、このレーザー光源の平行光が拡げられ、このレーザー光源からの光を複数の線形のビーム形状に変換する光学回析素子を設け、前記プリズムからの円形ビーム形状の光を線形ビーム形状に変えて前記 C C D ラインセンサに導くシリンダーレンズを設けたものである。また、請求項 2 に係る発明は、光源と、この光源からの光が入射され、表面プラズモン共鳴現象を計測するための金属薄膜が形成されたプリズムと、このプリズムから反射された光を偏光するための偏光子と、この偏光子を通過した光を集光するレンズと、このレンズから出射された光を計測する C C D ラインセンサとを備えた表面プラズモン共鳴現象測定装置において、前記光源をレーザー光源とし、このレーザー光源の平行光が拡げられ、このレーザー光源からの光を複数の線形のビーム形状に変換する光学回析素子を設け、前記プリズムからの円形ビーム形状の光を線形ビーム形状に変えて前記 C C D ラインセンサに導くシリンダーレンズを設けたものである。したがって、1 個の光源で複数の光が放射される。

【 0 0 0 9 】

【 0 0 1 0 】

【 0 0 1 1 】

【 0 0 1 2 】

【 0 0 1 3 】

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図を用いて説明する。図 1 は本発明に係る表面プラズモン共鳴現象測定装置のモデル図である。同図において、上述した図 6 に示す従来技術において説明した同一または同等の部材については同一の符号を付し詳細な説明は適宜省略する。本発明の特徴とするところは、出射側の集光レンズ 6 と CCD ラインセンサ 8 との間に、円形のビーム形状の光を線形のビーム形状に変換するシリンダーレンズ 7 を設けた点にある。

【 0 0 1 5 】このように構成することにより、プリズム 4 で反射した光は、出射側レンズ 6 上のビーム形状 2 2 が円形になり、この光がシリンダーレンズ 7 を通過すると、CCD ラインセンサ 8 上のビーム形状 2 3 が線形になる。したがって、CCD ラインセンサ 8 の検出表面の外形状とビーム形状 2 3 とがほぼ一致するので、CCD ラインセンサ 8 上に効率よく光が照射される。このため、CCD ラインセンサ 8 での感度が向上することにより、SPR 現象測定装置 1 を構成する各種の部品の精度を上げることなく小型化しても検出の精度を低下させることがないので、製造コストを増大させることなく小型化を図ることができる。

【 0 0 1 6 】また、この第 1 の実施の形態では、入射側レンズ 3 もシリンダーレンズとし、入射側レンズ上の円形のビーム形状 2 0 を、金属薄膜 5 上のビーム形状 2 1 が線形になるように変換している。このように構成することにより、光源 1 から放射された光がシリンダーレンズ 3 によって、拡散することなく絞られ、光源 1 からの光が効率よく金属薄膜 5 の表面に照射されるので、CCD ラインセンサ 8 による検出精度が向上する。

【 0 0 1 7 】図 2 および図 3 は本発明の第 2 の実施の形態を示し、図 2 はモデル図、図 3 は構成図である。この第 2 の実施の形態においては、入射側レンズをシリンダーレンズ 3 1 と集光レンズ 3 2 に分けるとともに、出射側レンズもシリンダーレンズ 6 1 と集光レンズ 6 2 に分けたものである。また、集光レンズ 6 2 とシリンダーレンズ 7 との間に、シリンダーレンズ 7 によって光を圧縮する方向と直交する方向に延在するスリット孔 2 4 を有するスリット板 1 0 を設けている。図 3 において、1 2 は筐体であって、プリズム 4 が取り付けられた部位に金属薄膜 5 が臨む窓 1 3 が穿設され、筐体 1 2 内には光の光路を変える 4 枚のミラー 1 4 a ないし 1 4 d と偏光子 1 5 とが設けられている。

【 0 0 1 8 】全体を符号 1 6 で示すものは、ミラー 1 4 a、シリンダーレンズ 3 1、ミラー 1 4 b および集光レンズ 3 2 から構成される入射系であって、この入射系 1

6 を介して光源 1 からの光がプリズム 4 に入射角度 θ_i で入射する。全体を符号 1 7 で示すものは、シリンダーレンズ 6 1、偏光子 1 5、集光レンズ 6 2、ミラー 1 4 c、スリット板 1 0、ミラー 1 4 d およびシリンダーレンズ 7 から構成される反射系であって、この反射系 1 7 を介してプリズム 4 からの光が反射角度 θ_r で反射する。筐体 1 2 内には、これら入射系 1 6 と反射系 1 7 とを、入射角度 θ_i と反射角度 θ_r とが同一の状態に保たれたまま、同期して駆動する図示を省略した駆動装置が設けられている。このように、入射系 1 6 と反射系 1 7 とを同期して駆動するようにしたことにより、光の入射角度と反射角度を同期して可変できるので、各種の被測定物の測定を容易かつ短時間で行うことが可能になる。

【 0 0 1 9 】このような構成とすることによっても、入射側レンズでの円形のビーム形状 2 0 を、金属薄膜 5 の表面上のビーム形状 2 1 を線形に変換している。また、スリット板 1 0 のスリット孔 2 4 によって、一旦、シリンダーレンズ 7 による光の圧縮方向と直交する方向に出射光を圧縮していることにより、出射光が拡散することなく絞られるので、光源 1 からの光が効率よく CCD ラインセンサ 8 上に照射される。したがって、CCD ラインセンサ 8 の感度が向上するので、CCD ラインセンサ 8 による検出精度が向上する。

【 0 0 2 0 】図 4 は本発明の第 3 の実施の形態を示すモデル図である。この第 3 の実施の形態では、光源 1 をレーザー光源とし、この光源 1 の平行光を拡げて線形のビーム形状とする光学回折素子 1 8 を設け、この光学回折素子 1 8 による光の拡張方向を、シリンダーレンズ 3 1 と集光レンズ 3 2 による光の圧縮方向と直交するようにした点に特徴を有している。また、集光レンズ 6 2 と CCD ラインセンサ 8 との間には、シリンダーレンズ 7 を設けずに、スリット孔 2 4 が小孔に形成されたスリット板 1 0 を設けている。

【 0 0 2 1 】このような構成とすることにより、光源 1 から放射された平行光は、光学回折素子 1 8 によって拡張され、入射側レンズ上のビーム形状 2 0 が線形となり、さらにシリンダーレンズ 3 1 と集光レンズ 3 2 とによって、プリズム 4 上のビーム形状 2 1 が点に変換される。プリズム 4 から反射した光は、シリンダーレンズ 6 1 と集光レンズ 6 2 上のビーム形状 2 2 が線形になるので、スリット板 1 0 のスリット孔 2 4 を通過した光は、CCD ラインセンサ 8 でのビーム形状 2 3 が線形となる。

【 0 0 2 2 】したがって、CCD ラインセンサ 8 の検出表面の外形状とビーム形状 2 3 とが対応するので、CCD ラインセンサ 8 上に効率よく光が照射される。このため、CCD ラインセンサ 8 での感度が向上することにより、SPR 現象測定装置 1 を構成する各種の部品の精度を上げることなく小型化しても検出の精度を低下させることがないので、製造コストを増大させることなく小

型化を図ることができる。

【0023】また、光源 1 の円形形状をしたビーム光を、光学回析素子 1 8 とシリンダーレンズ 3 1 および集光レンズ 3 2 とによって 2 回絞り、金属薄膜 5 上のビームの形状 2 1 を点状としたことにより、光源 1 から放射された光が、拡散することなく絞られる。したがって、光源 1 からの光が効率よく金属薄膜 5 の表面に照射されるので、CCD ラインセンサ 8 による検出精度が向上する。

【0024】図 5 は本発明の第 4 の実施の形態を示すモデル図である。この第 4 の実施の形態においては、符号 1 9 で示す光学回析素子によって、レーザー光の光源 1 の平行光が上げられ、入射側レンズ上のビームの形状 2 0 が 3 本の線形のビームに形成される点に特徴を有する。このような構成によれば、シリンダーレンズ 3 1 と集光レンズ 3 2 とを通過し、プリズム 4 に入射して金属薄膜 5 を照射する光のビーム形状 2 1 は 3 個の点状になり、金属薄膜 5 で反射した光は出射側レンズ上のビーム形状 2 2 が 3 本の線形のビームとなる。スリット板 1 0 にはこれら 3 本の線形のビームに対応して 3 個の小孔 2 4 が穿孔されており、これら小孔 2 4 を通過した光は、CCD ラインセンサ 8 上のビーム形状が 3 本の線形ビームとなる。

【0025】したがって、CCD ラインセンサ 8 においては、これら 3 本の線形ビームを同時に検出することができるので、金属薄膜 5 上の複数点でのマルチチャンネル測定が可能になる。また、光学回析素子 1 9 とシリンダーレンズ 3 1 および集光レンズ 3 2 とによってビーム形状を 2 回絞り、金属薄膜 5 上のビームの形状 2 1 を点としたことにより、ビーム内で出射光量はほぼ均一になる。したがって、CCD ラインセンサ 8 の長手方向の両端において光量が低下するようなことがないので、CCD ラインセンサ 8 のいずれの部位においても SPR の測定の感度が良好になる。

【0026】

【実施例】筐体 1 2 の外形寸法を 9 0 × 1 4 0 mm とした。また、第 1 および第 2 の実施の形態における単色光の光源 1 は赤色 LED を用いた。また、入射角度 を $68 \pm 5^\circ$ とした。

【0027】第 3 および第 4 の実施の形態における光学回析素子 1 8 , 1 9 をロッドレンズとしてもよい。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複数点でのマルチチャンネル測定が可能になる。また、光源からの光を光学回析素子と入射側レンズによってビーム光を 2 回絞り、金属薄膜上のビームの形状を点としたことにより、ビーム内の出射光量がほぼ均一になる。したがって、CCD ラインセンサの長手方向の両端において光量が低下するようなことがないので、光検出器のいずれの部位においても SPR の測定の感度が良好になる。

【0029】

【0030】

【0031】

【0032】

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に係る表面プラズモン共鳴現象測定装置のモデル図である。

20 【図 2】 本発明の第 2 の実施の形態のモデル図である。

【図 3】 本発明の第 2 の実施の形態の構成図である。

【図 4】 本発明の第 3 の実施の形態を示すモデル図である。

【図 5】 本発明の第 4 の実施の形態を示すモデル図である。

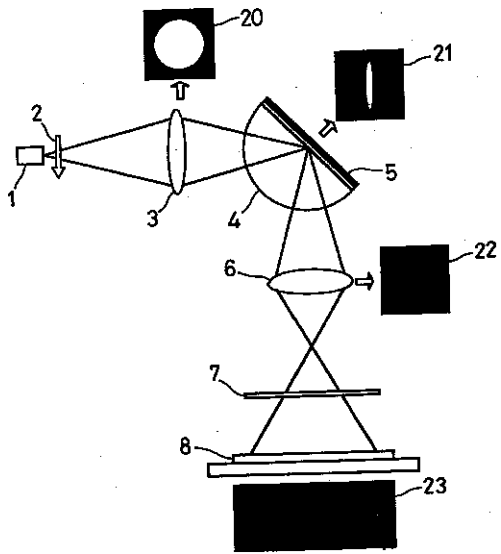
【図 6】 従来の表面プラズモン共鳴現象測定装置のモデル図である。

【図 7】 SPR 現象をグラフで表した図である。

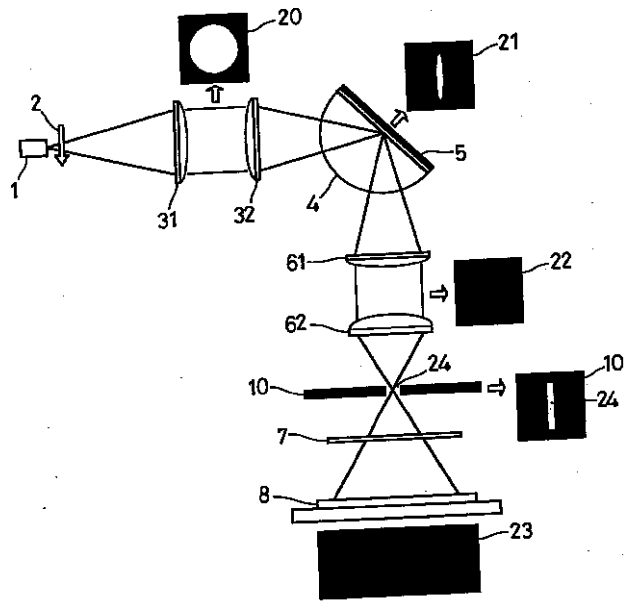
30 【符号の説明】

1...光源、2...偏光子、3, 3 1, 6 1...シリンダーレンズ、4...プリズム、5...金属薄膜、6...集光レンズ、7...シリンダーレンズ、8...CCD ラインセンサ、1 0...スリット板、1 2...筐体、1 6...入射系、1 7...反射系、1 8, 1 9...光学回析素子、2 0...入射側レンズ上のビーム形状、2 1...プリズム上のビーム形状、2 2...反射側レンズ上のビーム形状、2 3...ラインセンサ上のビーム形状、2 4...スリット孔。

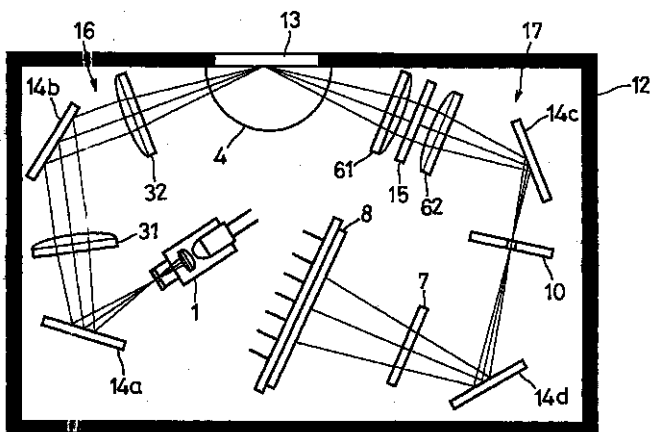
【 図 1 】



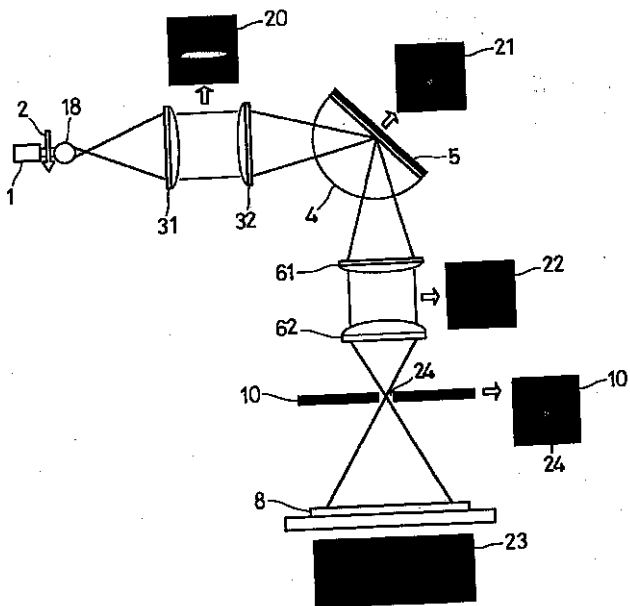
【 図 2 】



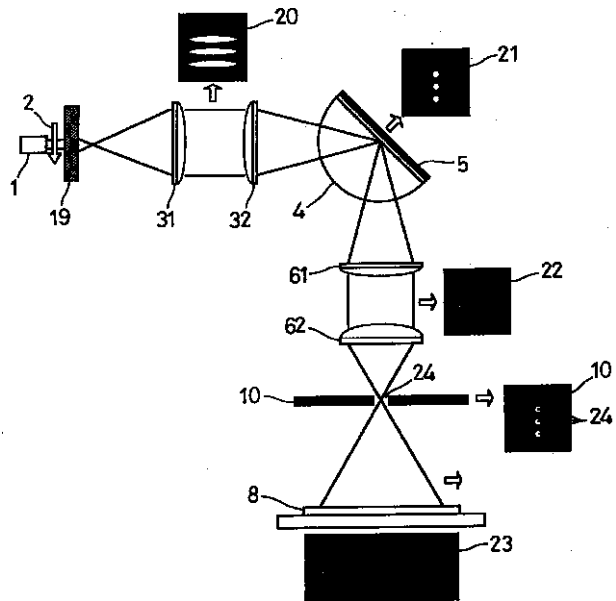
【 図 3 】



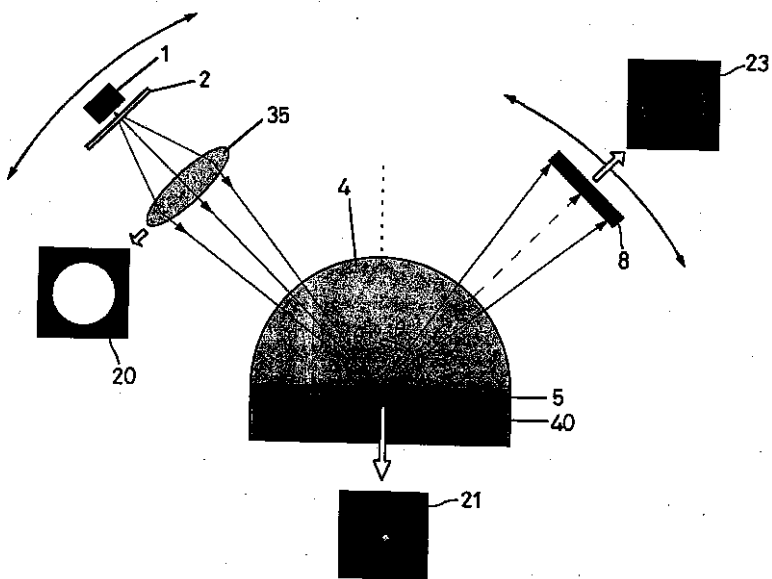
【 図 4 】



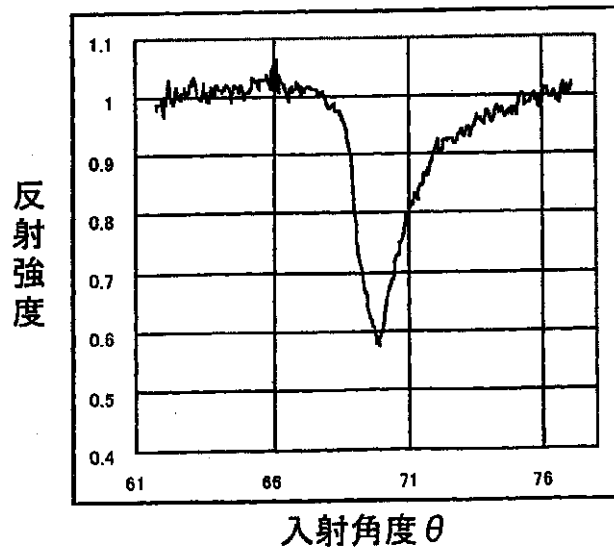
【 図 5 】



【 図 6 】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 浅野 泰一
青森県八戸市大字田面木字上野平16番地
1 高専宿舍202

(72)発明者 正留 隆
福岡県大牟田市東萩尾町150

(72)発明者 今任 稔彦
福岡県福岡市早良区南庄二丁目 8 番 8 号
307

(72)発明者 伏貫 義十
鹿児島県鹿児島市武岡一丁目 3 番地16

(72)発明者 岩崎 弦
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号
日本電信電話株式会社内

(72)発明者 丹羽 修
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号
日本電信電話株式会社内

(72)発明者 田部井 久男
東京都新宿区西新宿二丁目 1 番 1 号 エ
ヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー
株式会社内

(72)発明者 飛田 達也
東京都新宿区西新宿二丁目 1 番 1 号 エ
ヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー
株式会社内

(56)参考文献 特開 平 7 - 159319 (J P , A)

特開 平 9 - 262332 (J P , A)

特開2001 - 255267 (J P , A)

特開2002 - 48707 (J P , A)

特開2002 - 195944 (J P , A)

特表 平 4 - 501462 (J P , A)

特表2001 - 526386 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)

G01N 21/00 - 21/01

G01N 21/17 - 21/61

G01N 21/62 - 21/74

P A T O L I S