

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5109112号
(P5109112)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int. Cl.	F 1				
G 0 1 J	4/04	(2006.01)	G 0 1 J	4/04	Z
G 0 2 B	5/18	(2006.01)	G 0 2 B	5/18	
G 0 2 B	5/30	(2006.01)	G 0 2 B	5/30	

請求項の数 1 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-317352 (P2005-317352)	(73) 特許権者	304021288
(22) 出願日	平成17年10月31日(2005.10.31)		国立大学法人長岡技術科学大学
(65) 公開番号	特開2007-121235 (P2007-121235A)		新潟県長岡市上富岡町1603-1
(43) 公開日	平成19年5月17日(2007.5.17)	(74) 代理人	100091373
審査請求日	平成20年10月10日(2008.10.10)		弁理士 吉井 剛
		(74) 代理人	100097065
			弁理士 吉井 雅栄
		(72) 発明者	小野 浩司
			新潟県長岡市稲葉町441番地の10
		(72) 発明者	畑山 晃
			新潟県長岡市藤橋町2-4440 第2藤
			見荘109号
		(72) 発明者	佐々木 友之
			新潟県長岡市深沢町1016 メゾンK1
			01

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏光解析システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

周期的に変化した固定化された分子配向構造を有する重合層を含む回折格子素子と、この回折格子素子からの回折光強度を測定する検出素子とを含む偏光解析システムであって、前記回折格子素子は、強度変調露光により形成される分子配向方向が一定で配向秩序度が周期的に変調された格子ベクトルを有する回折格子と、偏光変調露光により形成される分子配向方向が周期的に変調された格子ベクトルを有する回折格子とを含むものであり、前記強度変調露光により形成された回折格子からの回折光強度を測定して入射偏光の方位角を決定し、前記偏光変調露光により形成された回折格子からの回折光強度を測定して入射偏光の楕円率を決定するように構成したことを特徴とする偏光解析システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光波の偏光を測定・解析するシステムにおいて、偏光回折素子の回折特性を応用し、偏光子の回転機構などの機械駆動を含まない偏光解析システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

光情報処理の高性能化に伴い、光波の持つパラメーターの一つである偏光を利用する光学機器及びシステムが普及してきている。例えば光磁気記録システムにおいては、光磁気

記録材料の磁気カー効果による光波の偏波面の回転を検出することによって記録ピットの検出を行っている。また、次世代の高密度記録方式であるホログラム記録においても、偏光多重の概念が提案されている。また、表面分析や光学薄膜の解析に用いられているエリプソメトリでは、表面からの反射光の偏光状態を検出することによって、薄膜の厚さや屈折率を決定する。このような「偏光」を利用した種々の応用をさらに高機能にしていくためには、簡便な偏光状態の解析システムが必要であり、その重要性は今後増大していくものと考えられる。

【0003】

光波は電磁波であり、光波の電界ベクトルは、波の進行方向（z軸とする）に常に直交している（横波）。電界ベクトルは、波の進行に伴って時間的に振動しながら進行するが、ベクトルの時間的軌跡は、2つの電界成分 E_x 、 E_y の振幅 A_x 、 A_y 及び、位相差で決まり、以下の式（1）で与えられる。

【0004】

【数1】

$$\left(\frac{E_x}{A_x}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{A_y}\right)^2 - 2\frac{\cos\Delta}{A_x A_y} E_x E_y = \sin^2\Delta \quad \dots (1)$$

【0005】

（1）式で与えられる電界ベクトルの時間的軌跡によって偏光が定義されており、その形は一般的には図1に示すような楕円で与えられる。偏光解析を行うということは、この楕円の楕円率及び楕円の傾きを決定することになる。一般的に使われている直線偏光や円偏光は、この楕円の特別な場合に相当する。

【0006】

従来上記の楕円率及び傾きを決定するためには、1/4波長板とグラントムソンプリズム等の検光子の2つが最低限必要で、消光法や回転検光子法などの測定方法により、1/4波長板とグラントムソンプリズムを機械的に回転させて計測する必要があり、解析速度が遅いだけでなく、高価な波長板や検光子を必要とするという欠点があった。

【0007】

【特許文献1】特開2004-341024号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従来から使用されてきた偏光解析システムは、回転機構を有する波長板と偏光子を組み合わせ、消光位置を検出するものであった。測定の高速度化や解析システムのコンパクト化を実現し、高密度光記録システムや高速なエリプソメトリーに応用するために、このような機械的回転機構を用いない偏光解析システムが期待されている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

添付図面を参照して本発明の要旨を説明する。

【0010】

周期的に変化した固定化された分子配向構造を有する重合層を含む回折格子素子と、この回折格子素子からの回折光強度を測定する検出素子とを含む偏光解析システムであって、前記回折格子素子は、強度変調露光により形成される分子配向方向が一定で配向秩序度が周期的に変調された格子ベクトルを有する回折格子と、偏光変調露光により形成される分子配向方向が周期的に変調された格子ベクトルを有する回折格子とを含むものであり、前記強度変調露光により形成された回折格子からの回折光強度を測定して入射偏光の方位角を決定し、前記偏光変調露光により形成された回折格子からの回折光強度を測定して入

10

20

30

40

50

射偏光の楕円率を決定するように構成したことを特徴とする偏光解析システムに係るものである。

【発明の効果】

【0011】

本発明は上述のように構成したから、周期的に変化した固定化された分子配向構造を有する重合層を含む回折格子素子と、回折格子素子からの回折光強度を測定する検出素子を含むことによって、機械駆動部を要しない偏光解析システムが提供される。

【0012】

さらに、本発明では、分子配向方向が一定で配向秩序度が周期的に変調された格子ベクトルと、分子配向方向が周期的に変調された格子ベクトルを含む回折格子素子を有することにより、機械駆動部を要しない偏光解析システムが提供される。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

好適と考える本発明の実施形態（発明をどのように実施するか）を、図面に基づいて本発明の作用を示して簡単に説明する。

【0014】

すでに述べたように、光波の偏光は、光波の電界ベクトルの時間的軌跡の形によって定義されており、一般的には図1に示すような楕円状の軌跡を描く。楕円の形状を決定するためには、2次元平面の360度の任意の方向の光波の振幅を測定する必要があり、従来からある特定の方向の光波のみを透過する偏光子を用い、それを機械的に回転させて、お

20

【0015】

高価な偏光子とそれを駆動するための機械駆動部を要しない偏光解析システムを提供するために、本発明では、周期的に変化した固定化された分子配向構造を有する重合層を含む回折格子素子を用いる。このような回折格子素子を光学設計の上に作製すると、光波の電界ベクトルの方向によって回折効率の異なる異方性を有する回折格子素子を形成することが可能である。我々は、性質の異なる異方性回折格子の特性を組み合わせ、その2次元回折光のおおのこの回折光強度比を測定・解析することによって、任意の偏光状態を同定できることを見出し本発明に至った。

【0016】

30

回折格子素子は、光を分波する光学素子として広く用いられている。このような回折格子素子の代表的な作製方法としては、半導体集積回路などの作製に用いるフォトリジストを用いる方法が挙げられる。フォトリジストを塗布した基板に、フォトマスクや干渉法によって周期的に強度変調された紫外線露光を行うことによって、表面に凹凸を有する回折格子を形成し、これから金型を作製して複製することができる。このようにして形成された回折素子は、光学的異方性を有しないため、本発明で提案するような偏光解析システムに用いることはできない。

【0017】

回折格子素子を偏光解析システムに用いるためには、入射の偏光によって回折効率が異なるといった機能を有する必要がある。我々はすでに、有機分子の周期的分子配向構造を固定化することによって、このような偏光依存性を有する回折格子素子（偏光回折素子）を形成可能であることを提案している〔特願2003-134355（特開2004-341024）〕。本発明は、前記発明の結果に基き鋭意工夫した結果、光学設計された2次元偏光回折素子とその回折光強度を検出する素子を組み合わせたシステムを用いることにより、本発明の機械駆動部不要な偏光解析システムの提供に至ったものである。

40

【0018】

上記のような、偏光回折素子を形成するためには、光学的異方性を高度に制御し、周期性を持たせた構造を有することが必要である。このような目的を達成するためには、例えば光化学反応によって屈折率変化を生じさせる際に同時に光学的異方性を生じさせることが考えられる。

50

【 0 0 1 9 】

このようなことが可能な材料として例えば、ネガ型のフォトレジストであるポリビニルシンナメート (PVCi) が知られている。ポリビニルシンナメートフィルムに直線偏光紫外光を照射すると、ケイ皮酸部の -C=C- 結合が偏光の電界方向に平行方向となる場合に光を選択的に吸収して 2 量化し、その部分の屈折率は低下する。このことを利用すれば、光学的異方性を周期的に制御することが可能であるが、誘起される屈折率異方性は 0.01 以下と非常に小さいため実用性に乏しい。

【 0 0 2 0 】

また、その他の代表的な材料として、アゾベンゼンを含む高分子材料を用いることが検討されている。アゾベンゼン分子は光や熱のような外部からの刺激によってシス体とトランス体の間で異性化反応が起こり、このことを利用して分子配向を制御することができ周期的な分子配向制御も光照射によって行うことが可能である。しかしながら、従来検討されてきた、アゾベンゼンを含む高分子材料では、光学的異方性の発現性があまり大きくないだけでなく、熱や光などの外場の影響によって特性が変化する、あるいは可視領域での光吸収があるなど、高い安定性を要求される受動型の光デバイスへの応用が困難である。

【 0 0 2 1 】

上記の状況を鑑み、本発明では、周期的分子配向構造を有する光学的に透明な高分子層を用いること、さらに光反応性高分子液晶を用いることで、メソゲン配向に伴う大きな屈折率異方性による高機能化と高い耐熱性を発現できることを応用し、本発明に係わる偏光解析システムを提供する。

【 0 0 2 2 】

光学設計された 2 次元分子配向パターンを形成する方法としては、マスク露光法、レーザービーム描画法、干渉露光法、などを例示することができ、本発明においては特に限定するものではないが、微細で多様な 2 次元分子配向パターンを形成するためには、干渉露光法を用いることが望ましい。干渉露光法で、2 次元分子配向パターンを形成する方法として、2 光波干渉露光において回折格子を重ね書きする方法や、3 光波以上の多光束干渉露光による方法を例示できるが、本発明では特に限定されない。

【 0 0 2 3 】

干渉光の強度分布及び偏光分布は、図 2 にまとめるように 2 光波の偏光状態に強く依存する (図 2 の中の は 2 光波の位相差をあらわしている)。2 光波の干渉を考える時、2 光波の偏光状態が互いに等しいときには、偏光状態は一定で強度が変調される (強度変調)。また、2 光波の偏光状態が互いに直交している場合には、強度は一定で偏光状態が変調される (偏光変調)。前述した偏光に対して分子配向が誘起されるような機能性材料にこのような干渉光を照射すると、空間的に配向状態が変調された構造を形成できる。具体的には、強度変調露光を行うと、分子配向方向が一定で配向秩序度が周期的に変調された格子ベクトルが形成され、偏光変調露光を行うと分子配向方向が周期的に変調された格子ベクトルが形成される。

【 0 0 2 4 】

今、図 2 中に P P で記載された干渉光によって回折格子を形成したとする。このような露光によって形成された回折格子の透過を表す Jones マトリックスは、以下の式 (2) で与えられる。

【 0 0 2 5 】

【数 2】

$$\mathbf{T} = \begin{pmatrix} e^{i\Delta\Phi(\delta)} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \dots (2)$$

【 0 0 2 6 】

ここで、

10

20

30

40

50

【数3】

$$\Delta\Phi(\delta) = 2 \frac{\pi d \Delta n}{\lambda} \cos^2(\delta/2) \equiv 2\Delta\varphi \cos^2(\delta/2) \quad \dots (3)$$

である。但し、 d は格子の厚さ、 n は誘起された複屈折の大きさ、 λ は波長をあらわしている。(1)式を級数展開して1次の成分を取り出すと、(4)式のようになる。

【0027】

【数4】

10

$$\mathbf{T}_{\pm 1} = i\Delta\varphi e^{i\delta} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + i\Delta\varphi e^{-i\delta} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \dots (4)$$

【0028】

今、入射光として直線偏光を想定し、偏光方向の方位角を θ と書くと、回折格子からの出射光のJonesベクトルは、(5)式で与えられる。

【0029】

20

【数5】

$$\mathbf{E} = \mathbf{T}_{\pm 1} \cdot \begin{pmatrix} \sin\theta \\ \cos\theta \end{pmatrix} \quad \dots (5)$$

【0030】

(5)式から、回折効率 η は、(6)式で与えられる。

【0031】

30

【数6】

$$\eta_{\pm 1} = \Delta\varphi^2 \sin^2\theta \quad \dots (6)$$

【0032】

次に、図2のOCで記載されている干渉光で回折格子を形成したとする。このような露光によって形成された回折格子の透過を表すJonesマトリックスは、以下の式(7)で与えられる。

40

【0033】

【数7】

$$\mathbf{T} = \begin{pmatrix} \cos\Delta\varphi + i\sin\Delta\varphi \cos\delta & i\sin\Delta\varphi \sin\delta \\ i\sin\Delta\varphi \sin\delta & \cos\Delta\varphi - i\sin\Delta\varphi \cos\delta \end{pmatrix} \quad \dots (7)$$

【0034】

(7)式から一次の成分を取り出すと、(8)式のようになる。

【0035】

50

【数 8】

$$\mathbf{T}_{\pm 1} = \frac{\sin \Delta \varphi}{2} e^{i\delta} \begin{pmatrix} i & 1 \\ 1 & -i \end{pmatrix} + \frac{\sin \Delta \varphi}{2} e^{-i\delta} \begin{pmatrix} i & -1 \\ -1 & -i \end{pmatrix} \quad \dots (8)$$

【0036】

(8) 式で決まる回折効率は、入射偏光の方位角には依存せず、偏光の楕円率に依存する。楕円偏光は次に示す(9)式で表される。

10

【0037】

【数 9】

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} \sin \theta \exp(i\Delta) \\ \cos \theta \end{pmatrix} \quad \dots (9)$$

【0038】

従って回折効率は、次に示す(10)式で表される。

20

【0039】

【数 10】

$$\eta_{\pm 1} = \mu \frac{\sin^2 \Delta \varphi}{2} \sin \Delta \quad \dots (10)$$

【0040】

(6) 式からわかるように、PP露光で形成された回折格子の回折効率は、入射偏光の方位角に強く依存する。その依存性を図3に示す。また、(10)式からわかるように、OC露光で形成された回折格子の回折効率は、入射偏光の方位角には依存せず、楕円率に依存する。その依存性を図4に示す。図3及び図4から、PP露光で形成された回折格子(分子配向方向が一定で配向秩序度が周期的に変調された格子ベクトルを有する)と、OC露光で形成された回折格子(分子配向方向が周期的に変調された格子ベクトルを有する)からの回折光強度を測定することで、入射偏光の楕円率と方位角の両方を決定できることになる。

30

【0041】

回折格子を形成する高分子材料としては光学的透明性と十分な分子配向と光学的異方性を発現するものであれば良いが、側鎖にメソゲンを有する高分子液晶を用いることによって、材料の液晶性を利用して、高度に配向した状態を形成でき、大きな光学的異方性を発現することができる。さらに好ましくは、高分子層が側鎖に光架橋性のメソゲンを有する高分子液晶であってそのメソゲン末端に光反応性基を有することによって、偏光を用いた分子配向プロセスによって微細な周期配向構造を形成できるだけでなく、架橋構造を取ることによって光素子として応用する際に必要な耐熱性を確保することが可能となる。

40

【0042】

回折素子の製造方法としては、上記の光反応性高分子液晶を溶媒に溶解した液を透明基板上に薄く塗布した後に乾燥し、特定の偏光あるいは強度もしくはその両方が周期的に変調している光波によって露光硬化し、その後熱処理による再配向を行う方法や、上記の薄

50

く塗布した層に熱を加えながら特定の偏光あるいは強度もしくはその両方が周期的に変調している光波によって露光硬化させる方法が考えられるが、露光後に熱処理を行う方法が、装置構造が簡略であるなどの点で好ましい。

【0043】

上記の光反応性高分子液晶を溶解する溶媒、濃度および溶解方法は特に限定されず、用いる基板や乾燥時間などによって適宜選択される。溶液を均一に塗布する方法としては、スピコート法、グラビアコート法、コンマコート法などが考えられるが、特に限定されるものではなく、必要とされる面積、基板形状、精度などによって適宜選択される。基板は透明基板であれば特に限定されるものではないが、機能性高分子層の機能を最大限引き出すために、固有複屈折率の小さい透明基板材料が好ましい。このような性質を有する透明基板材料としては、各種ガラス、石英、などの無機材料、ポリメチルメタクリレート、ポリカーボネート、ノルボルネン系高分子、セルロース系高分子、ポリエステル系高分子、などの有機材料を例示できる。基板の形態は特に限定するものではなく、板状、フィルム状などを用途によって適宜選択できる。

10

【0044】

以下、実施例により本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの例によって限定されるものではない。

【実施例】

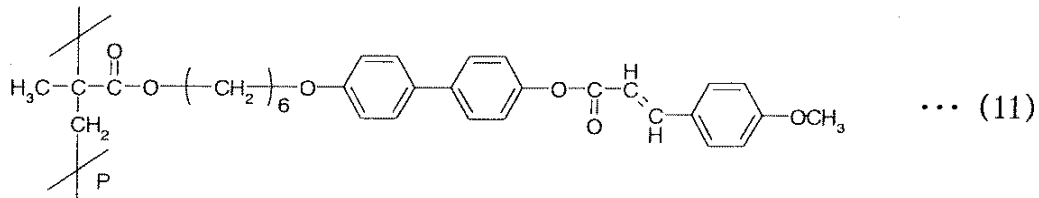
【0045】

本発明の具体的な実施例について図面に基づいて説明する。

20

【0046】

【化1】



30

【0047】

上式(11)の化学構造式を有し、光反応性基がメソゲンに直接結合している光反応性高分子液晶〔液晶温度領域：116 から300 以上まで(約300 で分解)〕をクロロホルムに1重量%の濃度で溶解し、石英基板の上にスピコーターを用いて約0.3 μmの厚みとなるように塗布した。本実施例では、図5(a)に示すようなA、B、C、Dの4種類の格子ベクトルを有する回折格子素子を形成した。4種類の格子ベクトルの成す角は互いに45度であった。He-Cdレーザー(波長：325nm)の光をビームスプリッターにより2つに分け、まず2光波の偏光状態を光学台に対して垂直として干渉させた光波(PP干渉)を95mJ/cm²照射しAの格子を形成し、次にフィルムを45度回転させBの格子を形成、さらに45度回転させCの格子を形成した。次に、さらにフィルムを45度回転させた後、2光波の偏光状態を一方は右回り円偏光、他方を左回り円偏光として干渉させた光波(OC干渉)を95mJ/cm²照射しDの格子を形成した。さらに150で15分間熱処理を行って2次元偏光回折素子を作製した。作製された回折格子素子は4つの方向の異なる格子ベクトルを有しているため、図5(b)に示すように、8つの1次回折光が発生した。これらの回折光強度をフォトダイオードによって測定し、図6に示すフローに従って解析し、偏光状態を決定できる。このことを実証するため、任意の3種類の偏光状態を有する光について偏光解析を行った。その結果を図7に示す。図7のシンボルで記載している結果は、従来通りグラントムソンプリズムを回転させて観測した結果であり、曲線が本発明によりおこなった偏光解析の結果である。図7に示すように、本発明によれば、機械駆動部を必要とせず、従来と同等の偏光解析が可能であることがわかる。

40

50

【0048】

尚、本発明は、実施例に限られるものではなく、各構成要件の具体的構成は適宜設計し得るものである。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】楕円偏光の電界ベクトルの軌跡を示す説明図である。

【図2】2光波の偏光状態と干渉した結果を模式的に表した説明図である。

【図3】PP干渉で形成した回折格子素子の回折効率と入射直線偏光の方位角の関係の計算結果を示すグラフである。

【図4】OC干渉で形成した回折格子素子の回折効率と入射楕円偏光の位相差の関係の計算結果を示すグラフである。

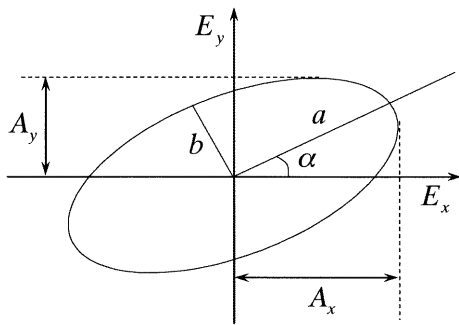
10

【図5】本実施例で作製された2次元回折格子の説明図であって、(a)は4つの格子ベクトルの概念を表しており、(b)は形成された回折格子素子からの回折像を模式的に表している。

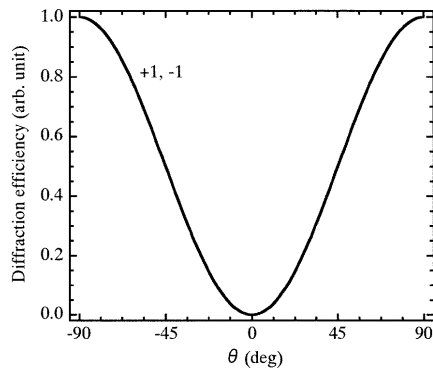
【図6】本実施例の偏光解析法のフローである。

【図7】本実施例による偏光解析の結果を示す説明図であって、シンボルは従来の技術による解析結果であり、曲線が本実施例での結果である。

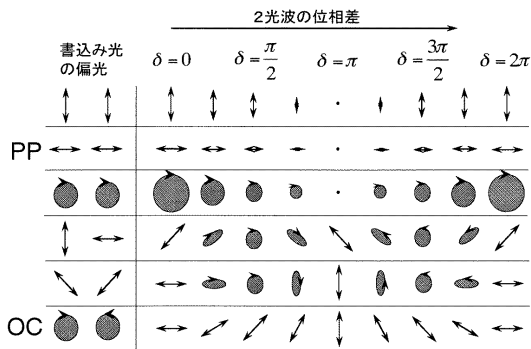
【図1】



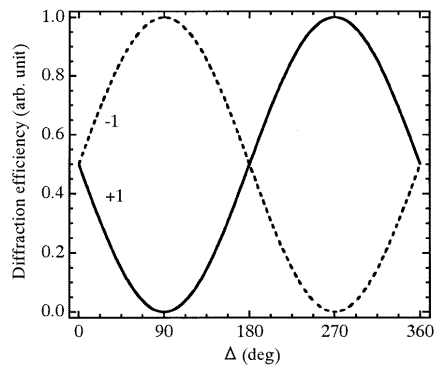
【図3】



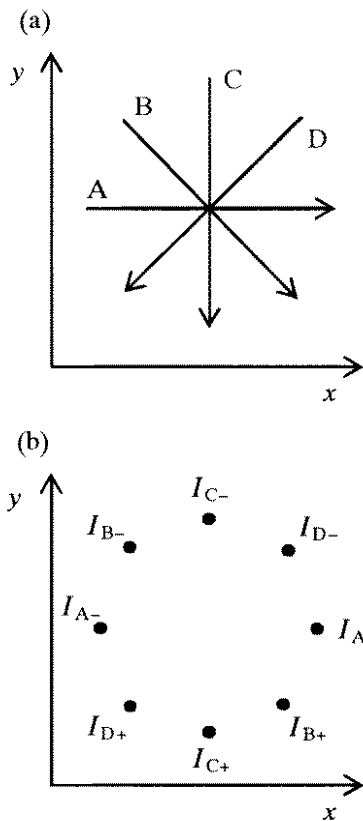
【図2】



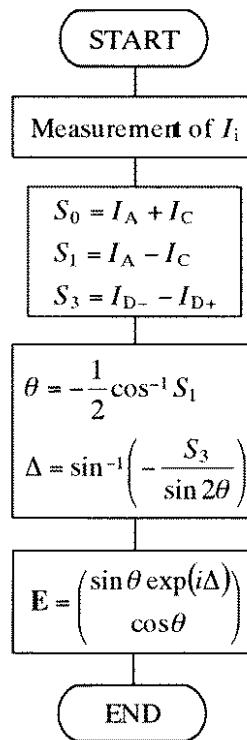
【図4】



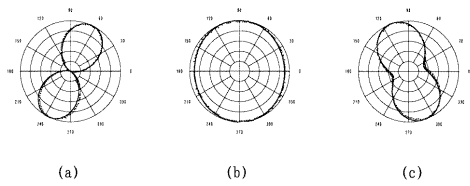
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 江本 顕雄
新潟県長岡市才津南町1965-1 清和寮
(72)発明者 川月 喜弘
兵庫県姫路市辻井4丁目7-31-8

審査官 平田 佳規

- (56)参考文献 特開平01-173840(JP,A)
特開2004-341024(JP,A)
工業材料, 2004年 2月 1日, Vol.52 No.2, p.71~75

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 4/00 - 4/04
G01N 21/21 - 21/23
G01B 11/00 - 11/30
G01M 11/00
G02B 5/18
G02B 5/30
G02F 1/1335