

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5140409号
(P5140409)

(45) 発行日 平成25年2月6日(2013.2.6)

(24) 登録日 平成24年11月22日(2012.11.22)

(51) Int.Cl.

G01J 4/04 (2006.01)
G01N 21/21 (2006.01)

F 1

G01J 4/04
G01N 21/21Z
Z

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-335355 (P2007-335355)
 (22) 出願日 平成19年12月26日 (2007.12.26)
 (65) 公開番号 特開2009-156712 (P2009-156712A)
 (43) 公開日 平成21年7月16日 (2009.7.16)
 審査請求日 平成22年9月9日 (2010.9.9)

(73) 特許権者 302060650
 株式会社フォトニックラティス
 宮城県仙台市青葉区南吉成6丁目6-3
 I C Rビル
 (73) 特許権者 000206967
 大塚電子株式会社
 大阪府枚方市招提田近三丁目26番3号
 (74) 代理人 100116850
 弁理士 廣瀬 隆行
 (72) 発明者 佐藤 尚
 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468番地
 株式会社フォトニックラティス内
 (72) 発明者 川上 彰二郎
 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468番地
 株式会社フォトニックラティス内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】偏光計測器、測定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

偏光子アレイ(1)と、前記偏光子アレイ(1)を通過した光を受光し、受光した光の強度を測定できる受光素子(2)とを具備する偏光計測器であって、

前記偏光子アレイ(1)は、

前記光を受光する面をX-Y平面としたとき、

前記X-Y平面は、X方向にn(3以上の整数)列以上、Y方向に4行以上の四角形の分割領域に分割され、

前記分割領域のそれぞれは、その領域内において透過偏光軸の方向が一定であり、

前記分割領域のX方向の番号をxとし、Y方向の番号をyとし、前記分割領域を(x, y)とすると、

前記分割領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、前記分割領域の透過偏光軸が所定角度ずつ右回りに増加する行を第1の行とし、

前記分割領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、前記分割領域の透過偏光軸が所定角度ずつ左回りに増加する行を第2の行とし、

前記分割領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、前記分割領域の透過偏光軸が所定角度ずつ右回りに増加する行を第3の行とし、

前記分割領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、前記分割領域の透過偏光軸が所定角度ずつ左回りに増加する行を第4の行とした場合に、

10

20

X 方向に n 列及び Y 方向に 4 行に並ぶ前記分割領域により画定される矩形領域では、前記第 1 の行、前記第 2 の行、前記第 3 の行、及び前記第 4 の行がこの順に配置され、

前記第 1 の行から前記第 4 の行における所定角度は、 $180/n [^\circ]$ であり、

前記第 1 の行及び前記第 2 の行が構成する行群の透過偏光軸の方向が、 180° の回転対称となり、

前記第 3 の行及び前記第 4 の行が構成する行群の透過偏光軸の方向が、 180° の回転対称となり、

かつ、前記矩形領域全体として、透過偏光軸の方向が 180° の回転対称となり、

前記受光素子(2)は、

10

前記分割領域(x , y)を通過した光を領域ごとに受光することができるよう複数の受光部を有する、

偏光計測器。

【請求項 2】

偏光子アレイ(1)と、前記偏光子アレイ(1)を通過した光を受光し、受光した光の強度を測定できる受光素子(2)とを具備する偏光計測器であって、

前記偏光子アレイ(1)は、

前記光を受光する面を X - Y 平面としたとき、

前記 X - Y 平面は、X 方向に n (3 以上の整数) 列以上、Y 方向に 4 以上の偶数行の四角形の分割領域に分割され、

20

前記分割領域のそれぞれは、その領域内において透過偏光軸の方向が一定であり、

前記分割領域の X 方向の番号を x とし、Y 方向の番号を y とし、前記分割領域を(x , y)とすると、

前記分割領域のうち y が一定の行には、n 個の前記分割領域が含まれ、

それぞれの行には、基準となる方向から、 $180m/n [^\circ]$ ($m = 0, 1, 2, \dots, n-1$) だけずれた透過偏光軸を有する前記分割領域が全て配置され、

隣接する 2 つの行からなる行群であって、各分割領域の透過偏光軸が、 180° の回転対称となるように配置される行群を有し、

かつ、前記偏光子アレイ全体として、透過偏光軸の方向が 180° の回転対称となり

30

,

前記受光素子(2)は、

前記領域(x , y)を通過した光を領域ごとに受光することができるよう複数の受光部を有する、

偏光計測器。

【請求項 3】

前記偏光子アレイ(1)は、

自己クローニング法により製造されたフォトニック結晶を含む偏光子アレイであり、

前記受光素子(2)は、

40

CCD (Charge Coupled Device) 又は CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) を含むエリーゼンサを具備する、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の偏光計測器。

【請求項 4】

楕円偏光、円偏光、又は直線偏光の光を、測定対象(20)である複屈折率を有する透明基板又は透明フィルムに照射するための光源(21)と、

前記光源(21)から前記測定対象(20)に照射され、測定対象を透過した光が入射する偏光測定器(22)と、

を具備する、透明基板又は透明フィルムの位相差又は主軸方向を測定するためのシス

50

ム(23)であって、

前記偏光測定器として、請求項3に記載の偏光計測器を用いる、
システム。

【請求項5】

橿円偏光、円偏光、又は無偏光の光を、測定対象(30)である透過率に偏光依存性を有する基板又はフィルムに照射するための光源(31)と、

前記光源から前記測定対象に照射され、測定対象を透過した光が入射する偏光測定器(32)と、

を具備する、基板又はフィルムの偏光特性を測定するためのシステム(33)であって、

前記偏光測定器として、請求項3に記載の偏光計測器を用いる、
システム。

【請求項6】

波長板アレイ(10)と、前記波長板アレイ(10)を透過した光が照射する偏光板(11)と、前記偏光板(11)を通過した光を受光し、受光した光の強度を測定できる受光素子(12)とを具備する偏光計測器であって、

前記波長板アレイ(10)は、

前記光を受光する面をX-Y平面としたとき、

前記X-Y平面は、X方向にn(3以上の整数)列以上、Y方向に4行以上の四角形の分割領域に分割され、

前記分割領域のそれぞれは、その領域内において透過偏光軸の方向が一定であり、

前記分割領域のX方向の番号をxとし、Y方向の番号をyとし、前記分割領域を(x, y)とすると、

前記分割領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、前記分割領域の透過偏光軸が所定角度ずつ右回りに増加する行を第1の行とし、

前記分割領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、前記分割領域の透過偏光軸が所定角度ずつ左回りに増加する行を第2の行とし、

前記分割領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、前記分割領域の透過偏光軸が所定角度ずつ右回りに増加する行を第3の行とし、

前記分割領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、前記分割領域の透過偏光軸が所定角度ずつ左回りに増加する行を第4の行とした場合に、

X方向にn列及びY方向に4行に並ぶ前記分割領域により画定される矩形領域では、前記第1の行、前記第2の行、前記第3の行、及び前記第4の行がこの順に配置され、

前記第1の行から前記第4の行における所定角度は、 $180/n [^\circ]$ であり、

前記第1の行及び前記第2の行が構成する行群の透過偏光軸の方向が、 180° の回転対称となり、

前記第3の行及び前記第4の行が構成する行群の透過偏光軸の方向が、 180° の回転対称となり、

かつ、前記矩形領域全体として、透過偏光軸の方向が 180° の回転対称となり、

前記偏光板(11)は、
偏光軸が一定であり、

前記受光素子(12)は、

前記領域(x, y)を通過した光を領域ごとに受光することができるよう複数の受光部を有する、

偏光計測器。

【請求項7】

波長板アレイ(10)と、前記波長板アレイ(10)を透過した光が照射する偏光板(

10

20

30

40

50

11)と，前記偏光板(11)を通過した光を受光し，受光した光の強度を測定できる受光素子(12)とを具備する偏光計測器であって，

前記波長板アレイ(10)は，

前記光を受光する面をX-Y平面としたとき，

前記X-Y平面は，X方向にn(3以上の整数)列以上，Y方向に4以上の偶数行の四角形の分割領域に分割され，

前記分割領域のそれぞれは，その領域内において透過偏光軸の方向が一定であり，

前記分割領域のX方向の番号をxとし，Y方向の番号をyとし，前記分割領域を(x,y)とすると，

前記分割領域のうちyが一定の行には，n個の前記分割領域が含まれ，

それぞれの行には，基準となる方向から， $180m/n [^\circ]$ (m=0, 1, 2, ..., n-1)だけずれた透過偏光軸を有する前記分割領域が全て配置され，

隣接する2つの行からなる行群であって，各分割領域の透過偏光軸が， 180° の回転対称となるように配置される行群を有し，

かつ，前記偏光子アレイ全体として，透過偏光軸の方向が 180° の回転対称となり，

前記偏光板(11)は，

偏光軸が一定であり，

10

前記受光素子(12)は，

前記領域(x,y)を通過した光を領域ごとに受光することができるよう複数の受光部を有する，

偏光計測器。

【請求項8】

前記波長板アレイ(10)は，

自己クローニング法により製造されたフォトニック結晶を含む波長板アレイであり，前記受光素子(12)は，

C CD又はCMOSを含むエリアセンサを具備する，

30

請求項6又は請求項7に記載の偏光計測器。

【請求項9】

橍円偏光，円偏光，又は直線偏光の光を，測定対象(20)である複屈折率を有する透明基板又は透明フィルムに照射するための光源(21)と，

前記光源(21)から前記測定対象(20)に照射され，測定対象を透過した光が入射する偏光測定器(22)と，

を具備する，透明基板又は透明フィルムの位相差又は主軸方向を測定するためのシステム(23)であって，

前記偏光測定器として，請求項8に記載の偏光計測器を用いる，

システム。

40

【請求項10】

橍円偏光，円偏光，又は無偏光の光を，測定対象(30)である透過率に偏光依存性を有する基板又はフィルムに照射するための光源(31)と，

前記光源から前記測定対象に照射され，測定対象を透過した光が入射する偏光測定器(32)と，

を具備する，基板又はフィルムの偏光特性を測定するためのシステム(33)であって，

前記偏光測定器として，請求項8に記載の偏光計測器を用いる，
システム。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】**【0001】**

本発明は、偏光測定器、測定システムなどに関する。より詳しく説明すると、本発明は、偏光面又は位相板の光軸が異なる領域を複数含む行を交互に配置したアレイを有する偏光測定器又は測定システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

透明なフィルム、及び板状基板は、ディスプレイや光ディスクなどに用いられる光学部品として使用されている。例えば液晶ディスプレイでは、液晶分子の配向によって光源の偏光を変化させて輝度情報を変換している。このため、パネルを構成するフィルムは、等方性（位相差0）であることが要求される。また光記録装置では、信号を読み取るために偏光変換が用いられている。光記録装置の光ディスクの基板には、偏光状態を保持させる必要がある。よって、基板自体は、等方性であることが望ましい。また、他の用途では偏光を制御するために、ある特定の位相差を持たせたいという要求もある。

10

【0003】

しかしながら、フィルムや基板は、歪みや応力により複屈折を生じることがある。また、フィルムや基板の異方性により、光学異方性が発現し、これによりフィルム内や基板内において位相差が生じることもある。したがって、製造工程や組立工程では、フィルムや基板が等方性であること、所望の位相差を維持していることを検査する必要がある。偏光を解析する一般的な方法は、偏光アナライザを機械的に回転させて、時系列に偏光アナライザを構成する偏光方向に対する受光強度を測定するというものである。しかしながら、この方法は、装置が大型になる、瞬時に測定ができないという欠点がある。すなわち、従来の測定装置では、高精度測定および高速測定の要求と、製造ラインに組み込み際に要求されるロバスト性とを両立することが困難であった。

20

【0004】

また、フィルムや基板の偏光特性を測定するために、光軸が異なる複数の偏光子をアレイ状に形成し、それを透過する光強度を複数の受光素子を用いて同時に計測する方法がある。この方法によれば、得られた偏光子の光軸方位角と受光強度の情報から偏光解析を行なうことができる。この方法は、入射光の偏光状態を基準として、フィルムを通した後の偏光状態の変化からフィルムが有する位相差および主軸方位を求めるというものである。このような観点から、特開2007-263593号公報（下記特許文献1）では、「偏光が円偏波もしくは橢円偏波の既知の偏光状態をもつ光を被測定フィルムに入射し、フィルムを透過することによる偏光状態の変化を、透過偏光の方向が異なるようにパタン化された偏光子とエリアセンサなどの受光素子アレイとを組み合わせた偏光計測装置により測定する」方法が開示されている。そして、同文献の図3では、「透過偏光の方向が領域ごとに異なるようにパタン化された偏光子」の例が開示されている。同文献に開示された偏光測定装置であっても、測定対象の偏光状況などを把握することはできる。しかしながら、光源からの光ビームの位置がずれるなど入射光の強度分布に傾斜が生じた場合、適切に偏光面や位相差を観測できないという問題がある。

30

【特許文献1】特開2007-263593号公報

40

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

本発明は、光源からの光ビームの位置がずれるなど入射光の強度分布に変化が生じた場合であっても、適切に偏光面や位相差を測定できる偏光測定器や測定システムなど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】**【0006】**

上記の課題は、偏光子アレイを具備する偏光測定器や測定システムであって、偏光子アレイが複数の行を有し、各行は、透過偏光軸が所定の方向から $180(1/n)^\circ$ 、 18

50

$0 (2/n)^\circ, \dots$, 及び $180\{(n-1)/n\}^\circ$ ずれた領域を有するものにより解決される。

【0007】

また、上記課題は、波長板アレイを具備する偏光測定器や測定システムであって、波長板アレイが複数の行を有し、各行は、波長板の光軸が所定の方向から $180(1/n)^\circ, 180(2/n)^\circ, \dots$, 及び $180\{(n-1)/n\}^\circ$ ずれた領域を有するものにより解決される。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、光源からの光ビームの位置がずれるなど入射光の強度分布に変化が生じた場合であっても、適切に偏光面や位相差を測定できる偏光測定器や測定システムなどを提供できる。 10

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

第1の側面に係る偏光計測器

以下、図面を用いて本発明を具体的に説明する。図1は、本発明の偏光子アレイを有する偏光計測器の概略図である。図1に示されるように、本発明の第1の側面に係る偏光計測器(3)は、偏光子アレイ(1)と、偏光子アレイ(1)を通過した光を受光し、受光した光の強度を測定できる受光素子(2)とを具備する。 20

【0010】

図2は、透過偏光軸の方向が 45° ずつ増加する偏光子アレイの例を示す図である。図2に示されるように、本発明の第1の側面に係る偏光子アレイ(1)は、光を受光する面をX-Y平面としたとき、X方向に3列以上、Y方向に2列以上の四角形の領域に分割されている。X方向の数として、好ましくは4以上である。そして、分割されたそれぞれの領域は、その領域内において透過偏光軸の方向(偏光方向)が一定とされる。また、本明細書では、領域のX方向の番号をxとし、Y方向の番号をyとし、領域を(x, y)とする。たとえば、最も右の領域であって、最も下に位置する領域を(1, 1)とすればよい。偏光子アレイ(1)は、複数の行を有しており、具体的には2行、4行、6行を有する偏光子アレイがあげられる。各領域は、第1の行と第2の行とに区別される。 30

【0011】

第1の行は、領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、領域の透過偏光軸が所定角度ずつ右回りに増加する行である。第2の行は、領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、領域の透過偏光軸が所定角度ずつ左回りに増加する行である。なお、第1の行及び第2の行における所定角度は、nを3以上の自然数として、 $180/n [^\circ]$ である。図2中、矢印は、透過偏光軸の方向を意味する。なお、各行はn個又はn+1個の列を有するものが好ましい。 30

【0012】

図2に示される例では、xが増加するにつれ、透過偏光軸の方向が 45° ずつ増加する。すなわち、この例では、 $x=1$ を基準として、xがひとつ増えるごとに透過偏光軸の方向が 45° 増える。ただし、nは3以上であれば任意に設定することができ、例えば16列(または17列)の場合には角度のステップを 11.25° とすればよい。図2に示される例では、Y軸方向には2行の領域に分割されている。Y軸方向の行数は、2以上の任意の整数とすることができる。 40

【0013】

図2に示される例では、第1行及び第2行の組の透過偏光軸の方向が 180° の回転対称パターンとなっている。すなわち、中心点を中心として偏光子アレイを 180° 回転させた場合に、偏光子アレイ全体の透過偏光軸の方向が変化しない。

【0014】

図3は、透過偏光軸の方向が 22.5° ずつ増加する偏光子アレイの例を示す図である。図3に示されるように、この偏光子アレイは、4行8列の領域を含む。図3に示される 50

偏光子アレイは、1行目($y = 1$)および3行目($y = 3$)の領域が、X座標が増えるにつれて、透過偏光軸の方向がX軸の正方向に対して右周りで回転している。一方、図3に示される偏光子アレイは、2行目($y = 2$)と4行目($y = 4$)の領域は、X座標が増えるにつれて、偏光軸の軸方向がX軸の正方向に対して左回りで回転している。

【0015】

図3に示される例では、第1行及び第2行の組(行群)の透過偏光軸の方向が 180° の回転対称パターンとなっており、第3行及び第4行の組(行群)も透過偏光軸の方向が 180° の回転対称パターンとなっている。すなわちそれらの行群を 180° 回転させた場合に、透過偏光軸の方向は変化しない。このようにして領域が配置された偏光子アレイは、同じ透過軸方向をもつ複数の偏光子を通過して受光された強度を平均化する。ここで光ビームに強度分布がある場合には、その影響が低減される。また、ビームと受光素子との相対位置がX方向に変化した場合、ある方向の偏光子のうち、1行目と3行目が増加するときには、2行目と4行目の強度は減少するため、互いにキャンセルすることになる。このため、入射光の強度分布に変化が生じた場合であっても、適切に測定対象の偏光面を測定できることとなる。なお、図3に示される例では、偏光子アレイ全体としても透過偏光軸の方向が 180° の回転対称パターンとなっている。すなわち、偏光子アレイの中心点を中心として、偏光子アレイを 180° 回転させた場合に、偏光子アレイ全体としての透過偏光軸の方向は変わらない。

【0016】

偏光子アレイは、光軸の異なる複数の偏光子が一体形成されたものが望ましい。このような偏光子アレイとして、自己クローニング法により製造されたフォトニック結晶による偏光子アレイがあげられる。自己クローニング法は、特開2001-83321号公報、特開2003-315552号公報などに開示されたとおり公知である。自己クローニング法を用いて製造された偏光子アレイは、各領域に存在する偏光子の透過偏光方位角度を高精度に決定でき、各領域を微細にすることができる、さらには、各領域の境界を無視できるほど(数十nmオーダー)小さくすることができる。この結果、損失や散乱などを抑えることができ、最適な偏光子アレイを実現できる。

【0017】

フォトニック結晶偏光子は、特開2007-263593号公報などに開示された周期的な溝列を形成した透明材料基板上に、透明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質とを界面の形状を保存しながら、交互に積層することにより製造できる。

【0018】

このようにして得られた周期構造体にz方向から無偏波光または楕円偏光を入射すると、溝列と平行な偏波即ちy偏波と、それに直交するx偏波とに対して、TEモードまたはTMモードの光がそれぞれ周期構造体の内部に励起される。通常、多層膜では光が伝搬できる波長領域と、光が反射されて遮断される波長領域とをもつ。自己クローニング法では、例えば、TM波が透過し、TE波が反射されるように設計することができる。予め基板に作製する溝列の方向を、領域ごとに制御することで透過偏光軸の方向を制御した偏光子アレイを一体的に製造できる。

【0019】

フォトニック結晶偏光子は、構成する材料の屈折率、充填率、溝列の周期 L_x 、積層方向の周期 L_z を調整することで、動作波長域を自由に設定することができる。低屈折率媒質としては SiO_2 を主成分とする材料が最も一般的であり、透明波長領域が広く、化学的、熱的、機械的にも安定であり、成膜も容易に行なえる。しかしながらその他の光学ガラスでもよく、 MgF_2 のようにより屈折率の低い材料を用いてもよい。高屈折率材料としては、 Si 、 Ge などの半導体や、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 HfO_2 、 Si_3N_4 などの酸化物や窒化物が使用でき、透明波長範囲が広く、可視光領域でも使用できる。一方、半導体は透明である波長域は近赤外域に限定されるが、屈折率が大きい利点がある。

【0020】

10

20

30

40

50

フォトニック結晶の作製方法を次に説明する。まず、石英ガラスからなる基板上に電子ビームリソグラフィとドライエッティングにより周期的な溝を形成する。あるいはフォトリソグラフィや干渉露光、ナノインプリントを用いても良い。この基板上に、 SiO_2 および Ta_2O_5 のターゲットを用い、バイアス・スパッタリング法（あるいはスパッタ成膜とスパッタエッティングを組み合わせたプロセス）により、 SiO_2 層と Ta_2O_5 層を交互に積層する。そのとき、各層の x 軸方向に周期的な凹凸の形状を保存しながら成膜を行なう。

【0021】

次に偏光状態を記述する方法の一つであるストークスパラメータ（Sパラメータ）を用いて、偏光測定の原理を説明する。フィルムを入れない初期状態の偏光状態を楕円率角（楕円率 $= \tan^{-1} \frac{b}{a}$ ）、長軸方位 θ とする。このときの S パラメータは式 1 と書き表される。

【0022】

【数1】

$$\begin{aligned} S_1 &= \cos 2\beta \cos 2\gamma \\ S_2 &= \cos 2\beta \sin 2\gamma \quad (\text{式1}) \\ S_3 &= \sin 2\beta \end{aligned}$$

【0023】

次に位相差をもつフィルムを挿入したとき、透過光の偏光状態が楕円率角 θ' 、長軸方向 ϕ' に変化したとする。そのときの S パラメータは同様に式 2 となる。

【0024】

【数2】

$$\begin{aligned} S'_1 &= \cos 2\beta' \cos 2\gamma' \\ S'_2 &= \cos 2\beta' \sin 2\gamma' \quad (\text{式2}) \\ S'_3 &= \sin 2\beta' \end{aligned}$$

【0025】

ここで偏光度はフィルムを入れる前後で 1、即ち完全偏光と仮定する。またフィルムの位相差 δ は十分小さい ($\delta \ll 1$) とすると、位相差 δ と主軸方位 θ は近似的に式 3 で表される。

【0026】

10

20

30

40

【数3】

$$\tan 2\theta = \frac{S_1' - S_1}{S_2' - S_2}$$

$$\sin \rho = \pm \frac{\sqrt{(S_1' - S_1)^2 + (S_2' - S_2)^2}}{S_3} = \frac{S_1' - S_1}{S_3 \sin 2\theta} \quad (\text{式3})$$

10

【0027】

すなわち、上記式3で示される関係を用いることで、所定の測定対象の位相差や偏光軸方向を測定できることとなる。

【0028】

また、偏光子の透過軸の方位と受光強度の関係は、正弦波で振動する成分とDC成分の合成で表される。正弦波成分の振幅と位相およびDC成分とを、最小二乗法によるフィッティングやフーリエ解析などから求め、それらの値から光の偏光情報、即ち楕円率および主軸方位を求めることができる。

【0029】

図4は、偏光子方位角を横軸に、受光される光強度を縦軸にプロットしたグラフを示す。図4(a)は、測定対象であるフィルムのリタデーションが1°の場合のグラフであり、図4(b)は、測定対象であるフィルムのリタデーションが3°の場合のグラフである。図4(a)及び図4(b)では、円偏光を入射した場合であって、フィルムの位相差と主軸方位をパラメータにしたグラフである。入射光の受光強度は、偏光子の方位角によらずに0.5で一定である。図4(a)から、フィルムのリタデーション(位相差)が1°の場合、受光強度が正弦波成分を持つことが分かる。また位相(ピークとなる偏光子の方位角)が、主軸方位によって変化していることがわかる。図4(b)から、リタデーションが3°になると、正弦波の振幅が大きくなっていることがわかる。このように、検出された光の強度が変化することを用いて、フィルムの位相差と主軸方位が求められる。

20

【0030】

受光素子(2)は、領域(x, y)を通過した光を領域ごとに受光することができるよう複数の受光部を有する。具体的な受光素子として、CCD(C h a r g e C o u p l e d D e v i c e)又はCMOS(C o m p l e m e n t a r y M e t a l O x i d e S e m i c o n d u c t o r)を含むエリアセンサを有するものがあげられる。

【0031】

フォトニック結晶偏光子は領域を微細に分割することができるため、CCDやCMOSなどのエリアセンサ、あるいはラインセンサと組み合わせることに適している。センサの素子間隔と偏光子の領域が一致していれば直に接着をして一体化することが可能である。さらに結像レンズを用いることで、測定領域を格段に広げることができ、大面積の一括計測、高スループットの計測を実現できる。また、偏光子と受光素子との間にリレーレンズを配置して、偏光子アレイの像を受光素子上に結像しても良い。または偏光子アレイと受光素子の間をファイバ束で繋いでも良い。

30

【0032】

第2の側面に係る偏光計測器

次に、本発明の第2の側面に係る偏光計測器について説明する。第2の側面に係る偏光計測器は、偏光子アレイの構成が第1の側面に係る偏光計測器と異なる。すなわち、第2の側面に係る偏光計測器は、第1の側面に係る偏光計測器において説明した構成を適宜採用することができる。すなわち、第2の側面に係る偏光計測器は、図1に示されるように、偏光子アレイ(1)と、偏光子アレイ(1)を通過した光を受光し、受光した光の強度

40

50

を測定できる受光素子(2)とを具備する。

【0033】

本発明の第2の側面に係る偏光子アレイ(1)は、第2の側面に係る偏光子アレイ(1)と同様、光を受光する面をX-Y平面としたとき、X方向に3列以上、Y方向に2列以上の四角形の領域に分割されている。X方向の数として、好ましくは4以上である。そして、分割されたそれぞれの領域は、その領域内において透過偏光軸の方向(偏光方向)が一定とされる。また、本明細書では、領域のX方向の番号をxとし、Y方向の番号をyとし、領域を(x, y)とする。たとえば、最も右の領域であって、最も下に位置する領域を(1, 1)とすればよい。偏光子アレイ(1)は、複数の行を有しており、具体的には2行、4行、6行を有する偏光子アレイがあげられる。各領域は、第1の行と第2の行とに区別される。10

【0034】

本発明の第2の側面に係る偏光子アレイ(1)は、領域のうちyが一定の行には、nを3以上の自然数として、n個の領域が含まれる。そして、n個の領域のそれには、基準となる方向から、 $180m/n [^\circ]$ (m = 0, 1, 2, ..., 及び n - 1)だけずれた透過偏光軸を有する領域が全て配置される。さらに、本発明の第2の側面に係る偏光子アレイ(1)は、隣接する2つの行からなる行群であって、各領域の透過偏光軸が、 180° の回転対称となるように配置される行群を有する。

【0035】

図6は、本発明の第2の側面に係る偏光子アレイの例を示す図である。図6に示される偏光子アレイは、図2に示される偏光子アレイに対応するものである。すなわち、図6に示される偏光子アレイの各行には、図2に示される偏光子アレイの各行に含まれる領域が順序を代えて配置されている。たとえば、図2の第1行を見ると、y軸の負方向となす角が、それぞれ 45° , 90° , 135° , 180° となっている。そして、図6では、y軸の負方向となす角が、それぞれ 45° , 135° , 90° , 180° となっている。つなり、第2の側面に係る偏光子アレイでは、各行に透過偏光軸が所定の方向から $180(1/n)^\circ$, $180(2/n)^\circ$, ..., 及び $180\{(n-1)/n\}^\circ$ ずれた領域が含まれている。なお、 $x = 1, 2, 3, \dots, (n-1)$ に対応して、 $m = 1, 2, 3, \dots, (n-1)$ となる領域が配置された例が、本発明の第1の側面に係る偏光子アレイといえる。2030

【0036】

本発明の第1の側面に係る偏光測定器又は本発明の第2の側面に係る偏光測定器の好ましい利用態様は、光源及び偏光測定器を具備し、透明基板又は透明フィルムの位相差又は主軸方向を測定するためのシステムである。図5は、本発明の位相差又は主軸方向を測定するためのシステムの例を示す図である。すなわち、このシステム(23)は、測定対象(20)に、光源(21)からの光を照射し、測定対象を透過した光が偏光測定器(22)に入射するシステムである。図中、符号24はコリメータレンズを示し、符号25は偏光子を示し、符号26は1/4波長板を示す。

【0037】

光源(21)は、橭円偏光、円偏光、又は直線偏光の光を、測定対象(20)である複屈折率を有する透明基板又は透明フィルムに照射するためのものである。40

【0038】

偏光測定器(22)は、光源(21)から測定対象(20)に照射され、測定対象を透過した光が入射し、位相差や各領域の透過偏光軸の方向(主軸方向)を測定するための装置である。偏光測定器として、先に説明したものを使宜採用することができる。

【0039】

なお、橭円偏光、円偏光、又は直線偏光の光は、たとえば、光源と測定対象との間に設けられた光学系を用いて得ることができる。光学系として、図5に示されるように、コリメータレンズ(24)、偏光子(25)及び1/4波長板(26)を具備するものがあげられる。50

【 0 0 4 0 】

本発明の第1の側面に係る偏光測定器又は本発明の第2の側面に係る偏光測定器の好ましい利用態様は、光源及び偏光測定器を具備する、基板の偏光特性又はフィルムの偏光特性を測定するためのシステムに関する。なお、本明細書において、偏光特性とは、遮断する偏光軸の方向又は各偏光の透過率の比（偏光消光比）を意味する。図7は、基板の偏光特性又はフィルムの偏光特性を測定するためのシステムを示すブロック図である。図7中、符号34は、コリメータレンズを示す。このシステム（33）は、測定対象（30）に光源（31）からの光を照射し、偏光測定器（32）により基板又はフィルムの偏光特性を測定するためのシステムである。

【 0 0 4 1 】

10

光源（31）は、橢円偏光、円偏光、又は無偏光の光を、測定対象（30）である透過率に偏光依存性を有する基板又はフィルムに照射するためのものである。

【 0 0 4 2 】

偏光測定器（32）として、偏光測定器として、先に説明したものを適宜採用することができます。

【 0 0 4 3 】**第3の側面に係る光計測器**

次に、本発明の第3の側面に係る光計測器について説明する。図8は、波長板アレイを有する光計測器の例を示す図である。図8に示されるように、本発明の第3の側面に係る光計測器は、波長板アレイ（10）と、波長板アレイ（10）を透過した光が照射する偏光板（11）と、偏光板（11）を通過した光を受光し、受光した光の強度を測定できる受光素子（12）とを具備する。

20

【 0 0 4 4 】

本発明の第3の側面に係る光計測器に用いられる波長板アレイは、複数の領域に光軸の異なる波長板がアレイ状に配置されたものである。それぞれの波長板として、たとえば、1/4波長板があげられる。なお、第3の側面に係る光計測器は、第1の側面に係る光計測器と対応している。すなわち、第3の側面に係る光計測器における波長板アレイとして、第1の側面に係る光計測器における偏光子アレイにおける透過偏光軸の方向を波長板の光軸の方向と読み替えたものを適宜用いればよい。このような波長板アレイも、自己クローニング法を用いた波長板アレイの製造方法により容易に製造できる。

30

【 0 0 4 5 】

本発明の第3の側面に係る光計測器に用いられる波長板アレイ（10）として、光が照射する面をX-Y平面としたとき、X-Y平面は、X方向に3列以上、Y方向に2列以上の四角形の領域に分割され、分割されたそれぞれの領域は、その領域内において波長板の光軸が一定であり、領域のX方向の番号をxとし、Y方向の番号をyとし、領域を（x, y）とすると、領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、領域の波長板の光軸が所定角度ずつ右回りに増加する行を第1の行とし、領域のうちyの値が一定であり、xが1つ増えるごとに、領域の波長板の光軸が所定角度ずつ左回りに増加する行を第2の行とした場合に、第1の行及び第2の行は交互に配置され、第1の行及び第2の行における所定角度は、nを3以上の自然数として、 $180/n [^\circ]$ であるものがあげられる。

40

【 0 0 4 6 】

本発明の第3の側面に係る光計測器に用いられる偏光板（11）は、偏光軸（透過偏光軸の方向）が一定であればよい。このような偏光板は公知である。偏光板（11）は、波長板アレイ（10）と平行となるように配置されることが好ましい。また、偏光板（11）の透過偏光軸の方向は、波長板アレイのX-Y平面に対して任意の方向となるようにすることができる。

【 0 0 4 7 】

次に、本発明の第3の側面に係る光計測器の測定原理を説明する。図9は、波長板の光軸の方向と受光強度との関係例を示すグラフである。図9に示されるグラフは、 180° 。

50

に対して 1 周期の変化をする成分と 2 周期の変化をする成分と D C 成分との重ね合わせたものである。橿円率 ϵ と長軸方位 γ は、1 周期と 2 周期で変化するフーリエ成分を F_1 、 F_2 とすると以下の式で表わされる。

【 0 0 4 8 】

【 数 4 】

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{1-\epsilon}{4\epsilon}$$

$$\gamma = -\frac{1}{2} \arg(F_2) \quad (式4)$$

10

【 0 0 4 9 】

これより偏光子アレイタイプと同様に、第 3 の側面に係る光計測器を用いることで、測定対象の各領域における位相差および主軸方位を求めることができることがわかる。

【 0 0 5 0 】

第 4 の側面に係る光計測器

20

次に、本発明の第 4 の側面に係る光計測器について説明する。本発明の第 4 の側面に係る光計測器は、波長板アレイ(10)と、波長板アレイ(10)を透過した光が照射する偏光板(11)と、偏光板(11)を通過した光を受光し、受光した光の強度を測定できる受光素子(12)とを具備する。

【 0 0 5 1 】

第 4 の側面に係る光計測器は、第 2 の側面に係る光計測器と対応している。すなわち、第 4 の側面に係る光計測器における波長板アレイとして、第 2 の側面に係る光計測器における偏光子アレイにおける透過偏光軸の方向を波長板の光軸の方向と読み替えたものを適宜用いればよい。このような波長板アレイも、自己クローニング法を用いた波長板アレイの製造方法により容易に製造できる。

30

【 0 0 5 2 】

本発明の第 4 の側面に係る光計測器に用いられる波長板アレイ(10)として、波長板アレイ(10)は、光を受光する面を X-Y 平面としたとき、X-Y 平面は、X 方向に 3 列以上、Y 方向に 2 列以上の四角形の領域に分割され、分割されたそれぞれの領域は、その領域内において透過偏光軸の方向が一定であり、領域の X 方向の番号を x とし、Y 方向の番号を y とし、領域を (x, y) とすると、領域のうち y が一定の行には、 n を 3 以上の自然数として、 n 個の領域が含まれ、それぞれの領域には、基準となる方向から、 $180^\circ / n [^\circ]$ ($m = 0, 1, 2, \dots, n-1$)だけずれた波長板の光軸を有する領域が全て配置され、隣接する 2 つの行からなる行群であって、各領域の透過偏光軸が、 180° の回転対称となるように配置される行群を有するものがあげられる。

40

【 0 0 5 3 】

本発明の第 3 の側面に係る偏光測定器又は本発明の第 4 の側面に係る偏光測定器の好ましい態様として、波長板アレイ(10)は、自己クローニング法により製造されたフォトニック結晶を含む波長板アレイであり、受光素子(12)は、C C D 又は C M O S を含むエリアセンサを具備するものがあげられる。

【 0 0 5 4 】

本発明の第 3 の側面に係る偏光測定器又は本発明の第 4 の側面に係る偏光測定器の好ましい利用態様は、光源及び偏光測定器を具備し、透明基板又は透明フィルムの位相差又は主軸方向を測定するためのシステムである。図 5 は、本発明の位相差又は主軸方向を測定するためのシステムの例を示す図である。すなわち、このシステム(23)は、測定対象

50

(20)に、光源(21)からの光を照射し、測定対象を透過した光が偏光測定器(22)に入射するシステムである。図中、符号24はコリメータレンズを示し、符号25は偏光子を示し、符号26は1/4波長板を示す。

【0055】

光源(21)は、橢円偏光、円偏光、又は直線偏光の光を、測定対象(20)である複屈折率を有する透明基板又は透明フィルムに照射するためのものである。

【0056】

偏光測定器(22)は、光源(21)から測定対象(20)に照射され、測定対象を透過した光が入射し、位相差や各領域の透過偏光軸の方向(主軸方向)を測定するための装置である。偏光測定器として、先に説明したものと適宜採用することができる。

10

【0057】

なお、橢円偏光、円偏光、又は直線偏光の光は、たとえば、光源と測定対象との間に設けられた光学系を用いて得ることができる。光学系として、図5に示されるように、コリメータレンズ(24)、偏光子(25)及び1/4波長板(26)を具備するものがあげられる。

【0058】

本発明の第3の側面に係る偏光測定器又は本発明の第4の側面に係る偏光測定器の好ましい利用態様は、光源及び偏光測定器を具備する、基板の偏光特性又はフィルムの偏光特性を測定するためのシステムに関する。図6中、符号34は、コリメータレンズを示す。このシステム(33)は、測定対象(30)に光源(31)からの光を照射し、偏光測定器(32)により基板又はフィルムの偏光特性を測定するためのシステムである。

20

【0059】

光源(31)は、橢円偏光、円偏光、又は無偏光の光を、測定対象(30)である透過率に偏光依存性を有する基板又はフィルムに照射するためのものである。

【0060】

偏光測定器(32)として、偏光測定器として、先に説明したものと適宜採用することができる。

【実施例1】

【0061】

以下、実施例を用いて本発明を具体的に説明する。本実施例は、本発明の第1の側面に係る偏光計測器に関する。すなわち、偏光計測器は、偏光子アレイと、偏光子アレイを通過した光を受光し、受光した光の強度を測定できる受光素子とを具備する。図10は、実施例1で用いた偏光子アレイの例を示す図である。図10に示された偏光子アレイは、偏光子アレイのX軸方向の分割数を16に、Y方向の分割数を4としている。その結果、図2に示される偏光子アレイは、16列×4行の領域を有するアレイパタンとなっている。各領域のX軸方向の長さは、2.2mmであり、Y軸方向の長さは、2.2mmであった。矢印は偏光子の透過軸方向を表しており、Y軸方向を0°とする。1行目と3行目は左端が0°であり、右方向に移動するにつれて透過軸が時計周りに回転している。一方、2行目と4行目は右端が0°であり、左方向に移動するにつれて透過軸が時計周りに回転している。

30

【0062】

図11は、所定の偏光状態を有する光を図10に示す偏光子アレイに照射したときの取得画像を示す。入射した光の波長は550nmであり、光ビームの直径は約5mmであった。光ビームを偏光子アレイとCCDセンサの中心に照射し、そこからX軸方向、Y軸方向にそれぞれ0.5mmシフトさせた。そのときにリタデーションの変化量は、X軸方向で0.1nm、Y軸方向は0.3nmであり、ビームの位置変動に対してロバストな特性であった。

40

【実施例2】

【0063】

本実施例は、本発明の第2の側面に係る偏光計測器に関する。すなわち、偏光計測器は

50

，偏光子アレイと，偏光子アレイを通過した光を受光し，受光した光の強度を測定できる受光素子とを具備する。偏光子アレイが複数の行を有し，各行は，透過偏光軸が所定の方向から $180(1/n)^\circ$ ， $180(2/n)^\circ$ ，……，及び $180\{(n-1)/n\}^\circ$ ずれた領域を有する。この例では，偏光子アレイがX方向とY方向に16列×16行に分割された領域を有する。すなわち，本実施例におけるnは16である。

【0064】

図12は，実施例2の偏光計測器に所定の偏光を有する光を入射した場合の観測パターンを示す画像である。図12では，明暗を16段階のグレースケールを用いて表示している。図12に示されるように，この偏光子アレイは，各行ごとに16種類の偏光透過軸方向を有する領域をランダムに配置している。このように配置することで，入射ビームの強度分布が測定精度に与える影響や，入射ビームの中心位置が測定中にずれることによる影響をなくすことができる。10

【産業上の利用可能性】

【0065】

本発明は，光学機器などの分野で利用されうる。

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図1】図1は，本発明の偏光子アレイを有する偏光計測器の概略図である。

【図2】図2は，透過偏光軸の方向が 45° ずつ増加する偏光子アレイの例を示す図である。20

【図3】図3は，透過偏光軸の方向が 22.5° ずつ増加する偏光子アレイの例を示す図である。

【図4】図4は，偏光子方位角を横軸に，受光される光強度を縦軸にプロットしたグラフを示す。図4(a)は，測定対象であるフィルムのリタデーションが 1° の場合のグラフであり，図4(b)は，測定対象であるフィルムのリタデーションが 3° の場合のグラフである。

【図5】図5は，本発明の位相差又は主軸方向を測定するためのシステムの例を示す図である。

【図6】図6は，本発明の第2の側面に係る偏光子アレイの例を示す図である。

【図7】図7は，基板の偏光特性又はフィルムの偏光特性を測定するためのシステムを示すブロック図である。30

【図8】図8は，波長板アレイを有する光計測器の例を示す図である。

【図9】図9は，波長板の光軸の方向と受光強度との関係例を示すグラフである。

【図10】図10は，実施例1で用いた偏光子アレイの例を示す図である。

【図11】図11は，所定の偏光状態を有する光を図10に示す偏光子アレイに照射したときの取得画像を示す。

【図12】図12は，実施例2の偏光計測器に所定の偏光を有する光を入射した場合の観測パターンを示す画像である。

【符号の説明】

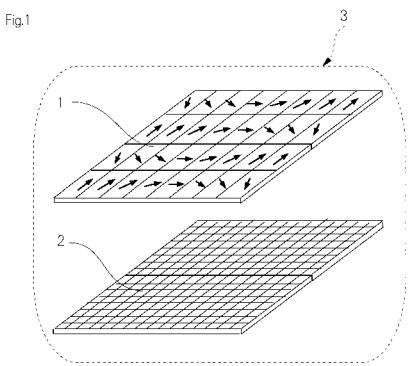
【0067】

1 偏光子アレイ

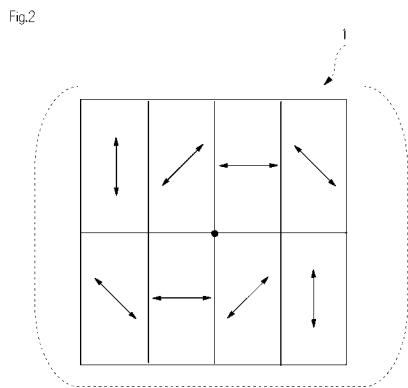
2 受光素子

40

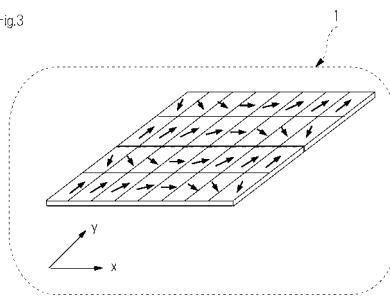
【図1】



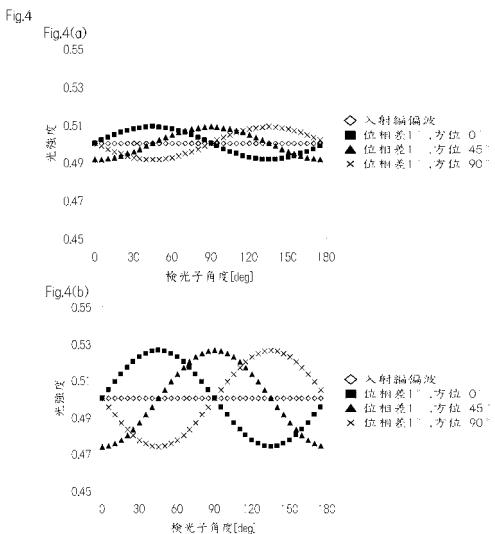
【図2】



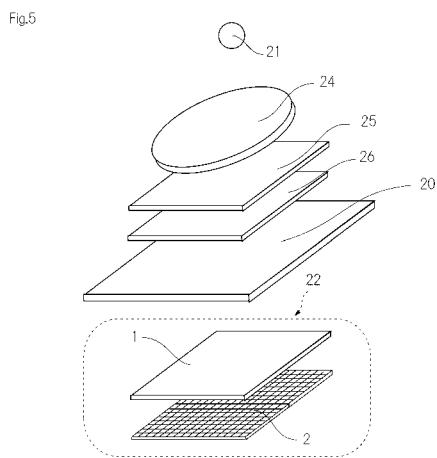
【図3】



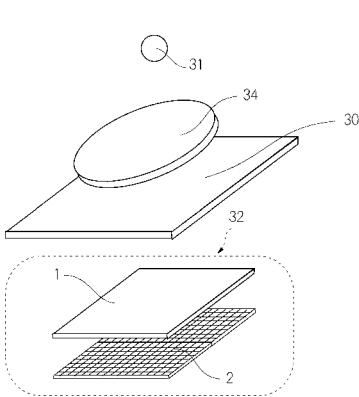
【図4】



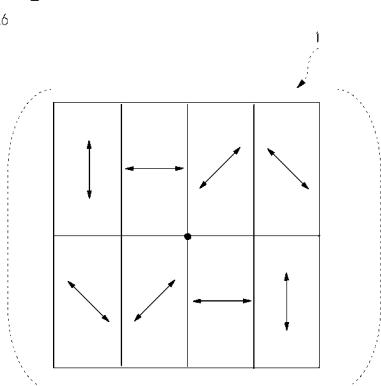
【図5】



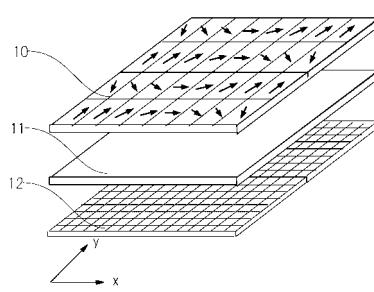
【図7】



【図6】

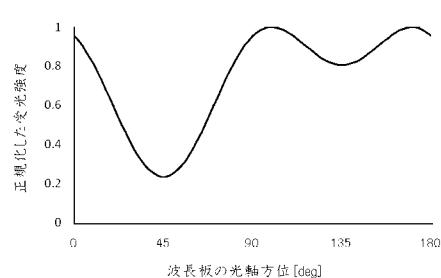


【図8】



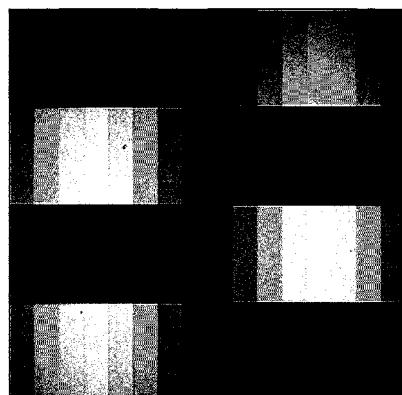
【図9】

Fig.9



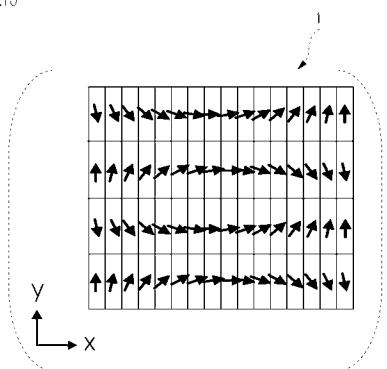
【図11】

Fig.11



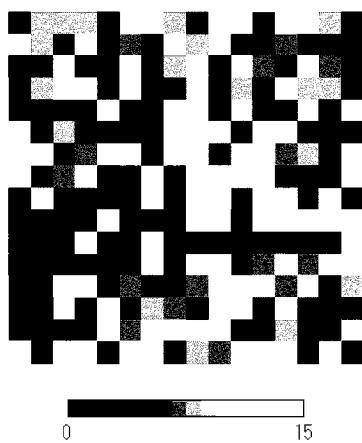
【図10】

Fig.10



【図12】

Fig.12



フロントページの続き

(72)発明者 銅田 知広

大阪府枚方市招提田近3丁目26-3 大塚電子株式会社内

審査官 田中 洋介

(56)参考文献 特開2007-263593(JP,A)

特表2001-512821(JP,A)

特開2005-308612(JP,A)

米国特許第04286843(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J3/00-4/04

G01N21/00-21/01、21/17-21/61