

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 9 月 7 日(07.09.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/117602 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/66 (2006.01) H01L 31/04 (2006.01)
G01N 21/21 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/072219
- (22) 国際出願日: 2011 年 9 月 28 日(28.09.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-045940 2011 年 3 月 3 日(03.03.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本スクリーン製造株式会社(DAINIPPON SCREEN MFG. CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の 1 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤原 裕之(FUJIWARA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒5011193 岐阜県岐阜市柳戸 1 番 1 国立大学法人岐阜大学内 Gifu (JP). 山口 真二(YAMAGUCHI, Shinji) [JP/JP]; 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の 1 大日本スクリーン

製造株式会社内 Kyoto (JP). 杉本 克雄(SUGIMOTO, Yoshio) [JP/JP]; 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の 1 大日本スクリーン製造株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 松阪 正弘, 外(MATSUSAKA, Masahiro et al.); 〒5420081 大阪府大阪市中央区南船場 1 丁目 1 1 番 9 号 長堀八千代ビル 6 階 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

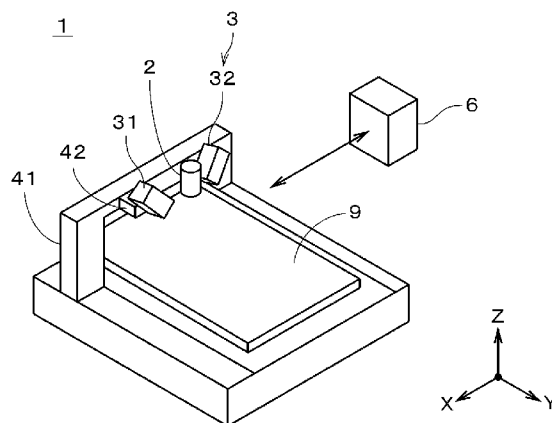
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー

[続葉有]

(54) Title: CRYSTALLIZATION-INDEX ACQUISITION DEVICE AND CRYSTALLIZATION-INDEX ACQUISITION METHOD

(54) 発明の名称: 結晶化指数取得装置および結晶化指数取得方法

[図1]



(57) Abstract: In this crystallization-index acquisition device (1), the theoretical dielectric function (93) of a microcrystalline-silicon film (5) is expressed as the composition of a plurality of partial dielectric-function models, and a crystallization index (κ) indicating the degree of crystallization of the microcrystalline-silicon film (5) is set on the basis of the amplitude of one of said partial dielectric-function models; namely, a high-energy-peak model (95) that contributes to a high-energy-side peak (92) in the imaginary part of the dielectric function of the crystalline-silicon film. Each of the parameters for the plurality of partial dielectric-function models is then expressed in terms of the crystallization index (κ), and by changing the parameter values by changing the crystallization index (κ), the theoretical dielectric function (93) is fitted to a measured dielectric function obtained by a spectroscopic ellipsometer. This makes it possible to easily and precisely obtain the crystallization index (κ) of the microcrystalline-silicon film (5).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/117602 A1



ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, 添付公開書類:

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

結晶化指数取得装置 (1) では、微結晶シリコン膜 (5) の理論誘電関数 (93) を複数の部分誘電関数モデルの合成として表現し、微結晶シリコン膜 (5) における結晶化の程度を示す結晶化指数 κ が、複数の部分誘電関数モデルのうち、結晶シリコン膜の誘電関数における虚部の高エネルギー側のピーク (92) に寄与する高エネルギーピークモデル (95) の振幅に基づいて設定される。そして、複数の部分誘電関数モデルに含まれるパラメータ群の各パラメータを結晶化指数 κ により表現し、結晶化指数 κ を変更することにより各パラメータの値を変更し、分光エリプソメータ (3) により取得された測定誘電関数に対する理論誘電関数 (93) のフィッティングが行われる。これにより、微結晶シリコン膜 (5) の結晶化指数 κ を容易かつ精度良く求めることができる。

明 細 書

発明の名称：結晶化指数取得装置および結晶化指数取得方法

技術分野

[0001] 本発明は、対象物上に形成された微結晶シリコン膜における結晶化の程度を示す結晶化指数を取得する技術に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球環境問題への注目の高まりにより、クリーンな太陽光を利用する太陽電池の開発が行われており、特に、大面積化および低コスト化が可能な薄膜シリコン太陽電池が次世代の太陽電池として注目されている。薄膜シリコン太陽電池の製造では、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法等によりガラス基板上にシリコン膜が形成される。シリコン膜としては、アモルファスシリコン膜や、アモルファス成分と結晶成分とが混在する微結晶シリコン膜等が利用される。

[0003] 特開平 1 1 - 3 1 7 4 3 3 号公報は、多結晶半導体膜の結晶粒子の粒径を測定する技術に関する。特開平 1 1 - 3 1 7 4 3 3 号公報の検査方法では、評価対象の多結晶半導体薄膜（評価試料）の誘電率が、分光エリプソメータによる測定結果に基づいて求められる。そして、評価試料の誘電率が、平均粒径が既知の複数種類の多結晶半導体薄膜（標準試料）の誘電率と比較され、これにより算出された誘電率のピーク値の半値全幅との相関を取ることで、評価試料の粒径が求められる。

[0004] ところで、微結晶シリコン膜では、アモルファス成分と結晶成分との混在により、誘電関数が複雑になる。また、微結晶シリコン膜は、成膜の際に、膜厚の増加に従って結晶化の程度（すなわち、アモルファス成分と結晶成分の割合）が変化する。このため、微結晶シリコン膜のエリプソメトリ解析を行う際に、結晶化の程度を精度良く求めつつ解析を行おうとすると、解析すべきパラメータ数が非常に多くなってしまい、微結晶シリコン膜の光学特性を精度良く求めることが困難である。例えば、特開平 1 1 - 3 1 7 4 3 3

号公報では、多結晶半導体薄膜の誘電率のピーク値に注目して結晶粒子の粒径を求めることが提案されているが、誘電率のピーク値以外の部分を無視することになるため、粒径の算出精度を向上することに限界がある。

[0005] また、微結晶シリコン膜における結晶化の程度を非破壊にて測定する方法としては、ラマン分光法が知られている。しかしながら、ラマン分光法では、測定に使用するレーザ光の波長によって測定可能な膜厚が決定されるため、微結晶シリコン膜のように膜厚方向で結晶化の程度が変化する場合であっても、膜厚方向において均一であるものと仮定された結晶化の程度を求めることになる。また、測定対象の膜厚が、測定可能な所定の膜厚よりも厚い場合や薄い場合、結晶化の程度を正しく求めることができない。さらに、ラマン分光法では、膜厚を測定することができない。

発明の概要

[0006] 本発明は、対象物上に形成された微結晶シリコン膜における結晶化の程度を示す結晶化指数を取得する結晶化指数取得装置に向けられており、結晶化指数を容易かつ精度良く取得することを目的としている。

[0007] 本発明に係る結晶化指数取得装置は、分光エリプソメータと、前記分光エリプソメータにて対象物上の微結晶シリコン膜に対して測定を行うことにより取得された測定スペクトルから測定誘電関数を求め、前記微結晶シリコン膜の理論誘電関数に含まれるパラメータ群の値を変更して前記理論誘電関数の前記測定誘電関数に対するフィッティングを行うことにより、結晶化指数を求める演算部とを備え、前記理論誘電関数が、結晶シリコン膜の誘電関数における虚部の2つのピークのうち高エネルギー側のピークに寄与する高エネルギーピークモデルを含む複数の部分誘電関数モデルを合成することにより表現され、前記パラメータ群に前記高エネルギーピークモデルの振幅が含まれ、前記振幅が前記結晶化指数にて表現され、他の部分誘電関数モデルの少なくとも1つのパラメータも前記結晶化指数にて表現され、前記フィッティングの際に、前記結晶化指数が変更されることにより、前記結晶化指数にて表現されるパラメータが変更される。結晶化指数取得装置では、結晶化指

数を容易かつ精度良く取得することができる。

[0008] 好ましくは、前記演算部において、前記フィッティングの際に前記微結晶シリコン膜の膜厚も変更され、前記結晶化指数と共に前記膜厚も求められる。

[0009] 他の好ましい実施の形態では、前記複数の部分誘電関数モデルのそれぞれが、前記結晶化指数にて表現される少なくとも1つのパラメータを含む。より好ましくは、前記パラメータ群の各パラメータが、前記結晶化指数にて表現される。

[0010] 他の好ましい実施の形態では、前記演算部が、前記フィッティングにおいて、微結晶シリコン膜中に生じると仮定したボイドの体積分率をパラメータとして含む有効媒質理論を用い、前記体積分率を変更することにより、前記理論誘電関数の振幅を変更する。より好ましくは、前記演算部により、微結晶シリコン膜を膜厚方向において複数の層に分割し、前記複数の層のそれぞれについて、前記結晶化指数および前記体積分率を変更して前記フィッティングが行われる。

[0011] 本発明は、また、対象物上に形成された微結晶シリコン膜における結晶化の程度を示す結晶化指数を取得する結晶化指数取得方法にも向けられている。前記結晶化指数取得方法は、a) 分光エリプソメータにて対象物上の微結晶シリコン膜に対して測定を行うことにより測定スペクトルを取得し、前記測定スペクトルから測定誘電関数を求める工程と、b) 前記微結晶シリコン膜の理論誘電関数に含まれるパラメータ群の値を変更して前記理論誘電関数の前記測定誘電関数に対するフィッティングを行うことにより、結晶化指数を求める工程とを備え、前記理論誘電関数が、結晶シリコン膜の誘電関数における虚部の2つのピークのうち高エネルギー側のピークに寄与する高エネルギーピークモデルを含む複数の部分誘電関数モデルを合成することにより表現され、前記パラメータ群に前記高エネルギーピークモデルの振幅が含まれ、前記振幅が前記結晶化指数にて表現され、他の部分誘電関数モデルの少なくとも1つのパラメータも前記結晶化指数にて表現され、前記フィッティ

ングの際に、前記結晶化指数が変更されることにより、前記結晶化指数にて表現されるパラメータが変更される。

[0012] 上述の目的および他の目的、特徴、態様および利点は、添付した図面を参照して以下に行うこの発明の詳細な説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]結晶化指数取得装置を示す斜視図である。

[図2]コンピュータの構成を示す図である。

[図3]コンピュータが実現する機能構成を示すブロック図である。

[図4]微結晶シリコン膜の誘電関数を示す図である。

[図5]微結晶シリコン膜の測定誘電関数および理論誘電関数を示す図である。

[図6]微結晶シリコン膜の高エネルギーピークモデルを示す図である。

[図7.A]パラメータと結晶化指数との関係を示す図である。

[図7.B]パラメータと結晶化指数との関係を示す図である。

[図7.C]パラメータと結晶化指数との関係を示す図である。

[図7.D]パラメータと結晶化指数との関係を示す図である。

[図7.E]パラメータと結晶化指数との関係を示す図である。

[図7.F]パラメータと結晶化指数との関係を示す図である。

[図7.G]パラメータと結晶化指数との関係を示す図である。

[図7.H]パラメータと結晶化指数との関係を示す図である。

[図8]結晶化指数を取得する処理の流れを示す図である。

[図9]微結晶シリコン膜の誘電関数を示す図である。

[図10]微結晶シリコン膜の分割態様を示す図である。

[図11.A]微結晶シリコン膜の偏光状態を示す図である。

[図11.B]微結晶シリコン膜の偏光状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 図1は、本発明の一の実施の形態に係る結晶化指数取得装置1を示す斜視図である。結晶化指数取得装置1は、対象物である薄膜シリコン太陽電池用のガラス基板9上に形成された微結晶シリコン膜中における結晶化の程度を

示す結晶化指数を取得する装置である。ガラス基板 9 のサイズは、例えば 1 ～ 2 m（メートル）角である。

[0015] 結晶化指数取得装置 1 は、ガラス基板 9 上を撮像する撮像部 2、後述の測定スペクトルを取得するための分光エリプソメータ 3、図 1 中の Y 方向に移動可能な Y 方向移動部 4 1、図 1 中の X 方向に移動可能な X 方向移動部 4 2、並びに、各種演算処理を行う CPU や各種情報を記憶するメモリ等により構成されたコンピュータ 6 を備え、コンピュータ 6 は結晶化指数取得装置 1 の各構成を制御する制御部としての役割を果たす。X 方向移動部 4 2 は Y 方向移動部 4 1 上に設けられ、X 方向移動部 4 2 には、撮像部 2 および分光エリプソメータ 3 が固定される。結晶化指数取得装置 1 では、分光エリプソメータ 3 による光の照射位置をガラス基板 9 上の各位置に自在に配置することが可能となっている。

[0016] 分光エリプソメータ 3 は、ガラス基板 9 の上方（図 1 中の（+Z）側）に配置される照明部 3 1 および受光部 3 2 を備え、照明部 3 1 からガラス基板 9 に向けて偏光した白色光が照射され、受光部 3 2 にてガラス基板 9 からの反射光が受光される。受光部 3 2 は、反射光が入射する検光子および反射光の分光強度を取得する分光器を有し、検光子の回転位置、および、分光器により取得された反射光の分光強度がコンピュータ 6 へと出力される。コンピュータ 6 では、複数の振動数（または、波長）の光のそれぞれの偏光状態として、p 偏光成分と s 偏光成分との位相差および反射振幅比角が求められる。すなわち、位相差および反射振幅比角の振動数スペクトル（以下、「測定スペクトル」と総称する。）が取得される。

[0017] 図 2 は、コンピュータ 6 の構成を示す図である。コンピュータ 6 は、各種演算処理を行う CPU 6 1、基本プログラムを記憶する ROM 6 2 および各種情報を記憶する RAM 6 3 をバスラインに接続した一般的なコンピュータシステムの構成となっている。バスラインにはさらに、情報記憶を行う固定ディスク 6 5、各種情報の表示を行うディスプレイ 6 6、操作者からの入力を受け付けるキーボード 6 7 a およびマウス 6 7 b、光ディスク、磁気ディ

スク、光磁気ディスク等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体 60 から情報の読み取りを行ったり記録媒体 60 に情報の書き込みを行う読取／書込装置 68、並びに、外部との通信を行う通信部 69 が、適宜、インターフェイス（I/F）を介する等して接続される。

[0018] コンピュータ 6 には、事前に読取／書込装置 68 を介して記録媒体 60 からプログラム 600 が読み出され、固定ディスク 65 に記憶される。そして、プログラム 600 が RAM 63 にコピーされるとともに CPU 61 が RAM 63 内のプログラム 600 に従って演算処理を実行することにより（すなわち、コンピュータがプログラムを実行することにより）、コンピュータ 6 が、後述の演算部としての処理を行う。

[0019] 図 3 は、CPU 61 がプログラム 600 に従って動作することにより、CPU 61、ROM 62、RAM 63、固定ディスク 65 等が実現する機能構成を示すブロック図である。図 3 において、演算部 7 の測定誘電関数演算部 71 および結晶化指数演算部 73 が CPU 61 等により実現される機能であり、記憶部 72 が固定ディスク 65 等により実現される機能である。なお、演算部 7 の機能は専用の電氣的回路により実現されてもよく、部分的に電氣的回路が用いられてもよい。

[0020] 次に、結晶化指数取得装置 1 における結晶化指数の測定原理について述べる。ここでは、CVD 工程において、原料ガスであるモノシラン（ SiH_4 ）の流量と水素（ H_2 ）の流量との割合を変更しつつ、複数のシリコン基板上に微結晶シリコン膜を順次形成することにより、結晶化の程度が互いに異なる複数の微結晶シリコン膜が準備されているものとする。そして、これらの微結晶シリコン膜について、結晶化指数取得装置 1 の分光エリプソメータ 3 にて取得された測定スペクトルから誘電関数が求められる。なお、結晶化の程度が異なる複数の微結晶シリコン膜は、モノシランの流量と水素の流量との割合以外の条件（例えば、成膜時の温度や他のガスの流量、プラズマを発生させるための電圧）を変更することにより作製されてもよい。

[0021] 図 4 は、これらの微結晶シリコン膜の誘電関数を示す図である。誘電関数

ε は、実部である ε_1 と虚部である ε_2 とを含む複素関数にて表現され（すなわち、虚数単位を i として ($\varepsilon = \varepsilon_1 + i \varepsilon_2$) ）、図 4 の縦軸は誘電関数の虚部 ε_2 を示し、横軸は振動数に対応する光子エネルギーを示している。図 4 では、各微結晶シリコン膜の誘電関数の虚部 ε_2 を示す線に、当該微結晶シリコン膜の形成時における水素の流量をモノシランの流量で割った値である水素希釈率 R の値 ($R = 10, 30, 50, 100$) を付している。また、図 4 では、アモルファス成分を実質的に有しない結晶シリコン膜の誘電関数の虚部も、「c-Si」の符号を付して共に示す。なお、図 4 の誘電関数は、分光エリプソメータ 3 にて取得された測定スペクトルから求められたものであり、後述する Tauc-Lorentz モデルや Harmonic モデルを用いることなく求めたものである。

[0022] 図 4 に示す誘電関数のうち、 $R = 10$ の誘電関数では、結晶シリコン膜の誘電関数における虚部の 2 つのピーク 91, 92 に対応する成分はほとんど存在しないが、 $R = 30, 50, 100$ の各誘電関数では、低エネルギー側のピーク 91 および高エネルギー側のピーク 92（以下、「低エネルギーピーク 91」および「高エネルギーピーク 92」という。）に対応する変化が、光子エネルギーが 3.4 eV および 4.25 eV の近傍に存在する。これは、成膜時の水素希釈率 R が大きい微結晶シリコン膜では、膜中の結晶成分の割合が増大し、結晶成分に起因するピーク 91, 92 の影響が顕在化することによるものと考えられる。

[0023] 図 5 は、 $R = 50$ の微結晶シリコン膜の誘電関数を解析した結果を示すものである。図 5 中の複数の丸印は、分光エリプソメータ 3 による測定スペクトルから求められた誘電関数（以下、「測定誘電関数」という。）を示し、線 93 は、誘電関数をモデル化した理論誘電関数を示す。理論誘電関数 93 は、低エネルギーピーク 91（図 4 参照）に寄与する部分誘電関数モデル 94、高エネルギーピーク 92（図 4 参照）に寄与する部分誘電関数モデル 95、並びに、低エネルギーピーク 91 および高エネルギーピーク 92 に寄与するもの以外をモデル化した部分誘電関数モデル 96 を合成することにより

表現される。

[0024] 以下の説明では、部分誘電関数モデル 94～96 をそれぞれ、「低エネルギーピークモデル 94」、「高エネルギーピークモデル 95」および「バックグラウンドモデル 96」という。本実施の形態では、低エネルギーピークモデル 94 およびバックグラウンドモデル 96 として、*Tauc-Lorentz* モデルを用い、高エネルギーピークモデル 95 として、*Harmonic* モデルが用いられる。

[0025] 図 5 に示すように、理論誘電関数 93 は、測定誘電関数に精度良く一致している。したがって、低エネルギーピークモデル 94、高エネルギーピークモデル 95 およびバックグラウンドモデル 96 を合成することにより、微結晶シリコン膜の誘電関数を精度良く表現できることが理解される。

[0026] ここで、上記 3 つの部分誘電関数モデルのうち、高エネルギーピークモデルに注目する。図 6 は、水素希釈率 $R = 20, 30, 70, 100$ にてそれぞれ成膜された微結晶シリコン膜について、図 5 に示す $R = 50$ の微結晶シリコン膜と同様に解析し、得られた 3 つの部分誘電関数モデルのうち高エネルギーピークモデルを図示したものである。図 6 では、図 5 に示す $R = 50$ の微結晶シリコン膜の高エネルギーピークモデルも共に示す。また、図 6 では、各微結晶シリコン膜の高エネルギーピークモデルを示す線に、各微結晶シリコン膜の形成時における水素希釈率 R の値を付している。

[0027] 図 6 に示すように、高エネルギーピークモデルの振幅は、水素希釈率 R が大きくなるに従って、すなわち、微結晶シリコン膜中の結晶成分の割合が増大するに従って漸次増大する。そこで、微結晶シリコン膜における結晶化の程度を示す結晶化指数 κ を、 $R = 100$ の高エネルギーピークモデルの振幅に対する各 R の高エネルギーピークモデルの振幅の割合として設定する。具体的には、 $R = 100$ のときに結晶化指数 κ は 1 となり、 R が小さくなるに従って κ も小さくなり、 $R = 0$ のときに κ も 0 となる。高エネルギーピークモデルの振幅は、結晶化指数 κ に正比例する。

[0028] 結晶化指数取得装置 1 では、測定対象となる微結晶シリコン膜の測定の事

前処理として、上述の水素希釈率 $R = 20, 30, 50, 70, 100$ にてそれぞれ成膜された微結晶シリコン膜の3つの部分誘電関数モデル（すなわち、低エネルギーピークモデル、高エネルギーピークモデルおよびバックグラウンドモデル）のパラメータと、結晶化指数 κ との関係が、記憶部 72（図3参照）に記憶される。

[0029] 図7. Aないし図7. Hはそれぞれ、各パラメータと結晶化指数 κ との関係を示す図である。図7. Aないし図7. Cはそれぞれ、低エネルギーピークモデルのバンドギャップ E_g 、半値全幅 C および振幅 A と結晶化指数 κ との関係を示す。図7. Dは、高エネルギーピークモデルの半値全幅 C と結晶化指数 κ との関係を示す。図7. Eないし図7. Hはそれぞれ、バックグラウンドモデルのバンドギャップ E_g 、半値全幅 C 、ピーク位置のエネルギー E_n および振幅 A と結晶化指数 κ との関係を示す。

[0030] 結晶化指数取得装置1では、これらのパラメータ、および、結晶化指数 κ の設定基準である高エネルギーピークモデルの振幅が、後述するフィッティングの際に値が変更される理論誘電関数のパラメータ群となる。パラメータ群の各パラメータは、図7. Aないし図7. Hに示す関係にて、結晶化指数 κ にて表現される。なお、高エネルギーピークモデルの振幅は、上述のように結晶化指数 κ に比例しており、図示は省略する。本実施の形態では、各パラメータが、結晶化指数 κ の関数として表現される。図7. Aないし図7. Hでは、記憶部 72 に記憶される上記関数を実線にて示す。理論誘電関数に含まれる各パラメータと結晶化指数 κ との関係は、例えば、表形式にて記憶部 72 に記憶されてもよい。

[0031] 図8は、ガラス基板9上の微結晶シリコン膜の結晶化指数 κ を取得する処理の流れを示す図である。結晶化指数取得装置1では、結晶化指数 κ が未知の微結晶シリコン膜が設けられたガラス基板9が搬入されると、分光エリプソメータ3にてガラス基板9上の微結晶シリコン膜の所定位置に対して測定を行うことにより測定スペクトルが取得される（ステップS11）。続いて、演算部7の測定誘電関数演算部71（図3参照）により、上記測定スペク

トルから測定誘電関数が求められる（ステップS 1 2）。

[0032] 次に、結晶化指数演算部 7 3（図 3 参照）により、微結晶シリコン膜の理論誘電関数に含まれる上記パラメータ群（すなわち、図 7. A ないし図 7. H に示すパラメータ）の値、および、微結晶シリコン膜の膜厚の値を変更して、理論誘電関数の測定誘電関数に対するフィッティングが行われる。結晶化指数取得装置 1 では、当該フィッティングの際に、結晶化指数 κ が変更されることにより、結晶化指数 κ により表現される（本実施の形態では、結晶化指数 κ の関数として表現される）上記パラメータ群の各パラメータの値が変更される。そして、理論誘電関数が測定誘電関数に最も近くなる結晶化指数 κ の値および膜厚の値が求められる（ステップ S 1 3）。

[0033] 以上に説明したように、結晶化指数取得装置 1 では、微結晶シリコン膜の理論誘電関数に含まれるパラメータ群の各パラメータを結晶化指数 κ により表現し、結晶化指数 κ を変更することにより各パラメータの値を変更して理論誘電関数の測定誘電関数に対するフィッティングが行われる。これにより、理論誘電関数に含まれるパラメータ群の各パラメータを個別に変更してフィッティングを行う場合に比べて、微結晶シリコン膜の結晶化指数 κ を容易かつ迅速に求めることができる。また、上記各パラメータを個別に変更する場合、局所解を求めてしまうおそれがあるが、各パラメータを結晶化指数 κ にて表現することにより、パラメータが局所解を取ることを防止することができ、フィッティングを容易かつ精度良く行うことができる。

[0034] さらに、上述のように、理論誘電関数全体を測定誘電関数全体に対してフィッティングすることにより、理論誘電関数の一部の値（例えば、ピーク値）のみを測定誘電関数の対応する値に合わせる場合に比べて、結晶化指数 κ をより精度良く求めることができる。また、フィッティングの際に微結晶シリコン膜の膜厚も変更されることにより、当該膜厚も結晶化指数 κ と共に容易かつ精度良く求めることができる。なお、結晶化指数取得装置 1 の使用者の要求に応じて、求められた結晶化指数 κ および膜厚のうち、膜厚のみが出力されてもよい。

- [0035] 結晶化指数取得装置 1 では、結晶化指数 κ が求められることにより、理論誘電関数の合成に利用される複数の部分誘電関数モデル（すなわち、低エネルギーピークモデル、高エネルギーピークモデルおよびバックグラウンドモデル）の各パラメータも精度良く求められ、高精度な理論誘電関数を得ることができる。その結果、微結晶シリコン膜のエリプソメトリー解析を容易かつ高精度に行うことが可能となる。
- [0036] 結晶化指数取得装置 1 では、必ずしも、理論誘電関数に含まれるパラメータ群の全てのパラメータが結晶化指数 κ にて表現される必要はなく、複数の部分誘電関数モデルのそれぞれが、結晶化指数 κ にて表現される少なくとも 1 つのパラメータを含んでいればよい。これにより、それぞれが理論誘電関数の一部である全ての部分誘電関数モデルが結晶化指数 κ により表現されることになるため、パラメータが局所解を取る可能性を低減することができる。その結果、フィッティングを容易かつ精度良く行うことができる。
- [0037] ところで、微結晶シリコン膜では、対象物上における成膜工程中に結晶化が進行するため、微結晶シリコン膜の対象物に近い部位では、対象物から遠い部位に比べて、結晶粒の境界である結晶粒界が多くなる。このため、水素希釈率 R 等の成膜条件が同じであっても、微結晶シリコン膜は、その膜厚によって誘電関数が異なる。
- [0038] 図 9 は、水素希釈率 $R = 50$ にて成膜された膜厚 $345 \text{ \AA}$ （オングストローム）の微結晶シリコン膜、および、膜厚 $165 \text{ \AA}$ の微結晶シリコン膜の誘電関数を示す図である。図 9 中の誘電関数は、分光エリプソメータ 3 による測定スペクトルから求められたものである。線 81 および線 82 はそれぞれ、膜厚 $345 \text{ \AA}$ の微結晶シリコン膜の誘電関数における実部 ε_1 および虚部 ε_2 を示す。線 83 および線 84 はそれぞれ、膜厚 $165 \text{ \AA}$ の微結晶シリコン膜の誘電関数における実部 ε_1 および虚部 ε_2 を示す。
- [0039] 図 9 に示すように、膜厚 $165 \text{ \AA}$ の微結晶シリコン膜における誘電関数のピーク位置は、実部 ε_1 および虚部 ε_2 共に、膜厚 $345 \text{ \AA}$ の微結晶シリコン膜における誘電関数のピーク位置とほぼ一致しており、膜厚 $165 \text{ \AA}$ の微結

晶シリコン膜における誘電関数の振幅は、膜厚 345 Å の微結晶シリコン膜における誘電関数の振幅に比べて小さい。これは、膜厚 165 Å の微結晶シリコン膜中の結晶粒界が、膜厚 345 Å の微結晶シリコン膜に比べて多いことに起因すると考えられる。微結晶シリコン膜中の結晶粒界の増減は、微結晶シリコン膜中のボイドの増減と解釈することができる。

[0040] そこで、結晶粒界に起因して微結晶シリコン膜中に生じると仮定したボイドの体積分率を f_{mSiC} 、基準とする膜厚 345 Å の微結晶シリコン膜の誘電関数を ϵ_{ref} 、真空の誘電関数を ϵ_{b} として、膜厚 165 Å の微結晶シリコン膜の誘電関数 ϵ_{h} は、有効媒質近似により数 1 を満たすものとする。

[0041] [数1]

$$(1 - f_{\text{mSiC}}) \frac{\epsilon_{\text{ref}} - \epsilon_{\text{h}}}{\epsilon_{\text{ref}} + 2\epsilon_{\text{h}}} + (f_{\text{mSiC}}) \frac{\epsilon_{\text{b}} - \epsilon_{\text{h}}}{\epsilon_{\text{b}} + 2\epsilon_{\text{h}}} = 0$$

[0042] 数 1 中の f_{mSiC} は、膜厚 345 Å の微結晶シリコン膜における結晶粒界の存在に起因すると仮定したボイドの体積分率と、膜厚 165 Å の微結晶シリコン膜における結晶粒界の存在に起因すると仮定したボイドの体積分率との差と捉えられてもよい。

[0043] 結晶化指数取得装置 1 では、図 8 のステップ S 13 における結晶化指数演算部 73（図 3 参照）によるフィッティングにおいて、結晶化指数 κ を取得する対象が比較的薄い微結晶シリコン膜の場合等、必要に応じて、上記ボイドの体積分率 f_{mSiC} をパラメータとして含む有効媒質理論（本実施の形態では、有効媒質近似）を用い、体積分率 f_{mSiC} を変更することにより、微結晶シリコン膜の理論誘電関数の振幅が変更される。

[0044] 上述の膜厚が異なる 2 種類の微結晶シリコン膜を例にとると、膜厚 345 Å の微結晶シリコン膜については、上記有効媒質理論を用いることなく、精度良くフィッティングを行うことができた。また、膜厚 165 Å の微結晶シリコン膜については、有効媒質理論を用いない場合は、フィッティングの精度が低下し、上記有効媒質理論を用いることにより、精度良くフィッティン

グを行うことができた。その結果、2種類の微結晶シリコン膜の結晶化指数 κ はおよそ等しくなり、膜厚165 Åの微結晶シリコン膜におけるボイドの体積分率 f_{mSiC} は、膜厚345 Åの微結晶シリコン膜を基準として、1.9%となった。このように、結晶化指数取得装置1では、微結晶シリコン膜が比較的薄い場合であっても、有効媒質理論を用いることにより、結晶化指数 κ を精度良く求めることができる。その結果、比較的薄い微結晶シリコン膜のエリプソメトリ解析を容易かつ高精度に行うことが可能となる。

[0045] 次に、微結晶シリコン膜が比較的厚い場合の結晶化指数 κ の算出について説明する。上述のように、微結晶シリコン膜では、対象物上における成膜工程中に結晶化が進行するため、微結晶シリコン膜の対象物に近い部位では、対象物から遠い部位に比べて、結晶粒の境界である結晶粒界が多くなり、ボイドの体積分率 f_{mSiC} も大きくなる。また、微結晶シリコン膜が比較的厚い場合、微結晶シリコン膜の対象物に近い部位は、対象物から遠い部位に比べて結晶化指数 κ が小さくなる。

[0046] そこで、結晶化指数演算部73では、図10に示すように、ガラス基板9上の微結晶シリコン膜5を、膜厚方向においてガラス基板9に近い方から第1層51、第2層52、第3層53および第4層54の複数の層に分割して（すなわち、微結晶シリコン膜5は、当該複数の層が膜厚方向に積層されたものであると仮定して）、ステップS13におけるフィッティングが行われる。本実施の形態では、当該フィッティングにおいて、上記複数の層51～54に加えて、微結晶シリコン膜5の表面の微小な凹凸（以下、「表面層55」という。）についても考慮する。

[0047] 具体的には、第1層51、第2層52、第3層53および第4層54のそれぞれについて、上述の膜厚165 Åの微結晶シリコン膜と同様に、結晶粒界の存在に起因して微結晶シリコン膜中に生じると仮定したボイドを考慮する有効媒質理論を用い、各層の結晶化指数 κ 、膜厚およびボイドの体積分率をそれぞれ変更する。また、表面層55については、第4層54と同様の結晶化指数 κ を有する微結晶シリコン膜と空気の層とが同体積ずつ存在すると

仮定して有効媒質理論を用い、結晶化指数 κ および膜厚をそれぞれ変更する。そして、これらの変更を行いつつ、第1層51～第4層54、および、表面層55の理論誘電関数を合成した合成理論誘電関数と、測定誘電関数とのフィッティングが行われる。

[0048] 表1は、膜厚約800 Åの微結晶シリコン膜5について上述のフィッティングを行って求められた各層の結晶化指数 κ 、膜厚およびボイドの体積分率を示す。また、図11. Aおよび図11. Bはそれぞれ、微結晶シリコン膜5の偏光状態を示す図である。図11. Aおよび図11. B中の複数の丸印は、分光エリプソメータ3により測定された Ψ および Δ （すなわち、測定スペクトル）を示し、実線はそれぞれ、上述のフィッティングにより求められた Ψ および Δ の理論スペクトルを示す。

[0049] [表1]

	κ	膜厚 (Å)	ボイドの体積分率
表面層	0. 824	42. 1	—
第4層	0. 824	191. 7	0. 0 %
第3層	0. 608	191. 7	1. 4 %
第2層	0. 458	173. 8	6. 1 %
第1層	0. 357	221. 0	7. 3 %

[0050] 表1に示すように、結晶化指数 κ の値は、ガラス基板9に最も近い第1層51が最も小さく、ガラス基板9から離れるに従って大きくなる。また、ボイドの体積分率は、ガラス基板9に最も近い第1層51が最も大きく、ガラス基板9から離れるに従って小さくなる。これは、対象物上における成膜工程中に結晶化が進行するという微結晶シリコン膜の性質に合致している。また、図11. Aおよび図11. Bに示すように、結晶化指数演算部73により求められた微結晶シリコン膜5の偏光状態に関する理論スペクトルは、分光エリプソメータ3による測定スペクトルに精度良く一致している。

[0051] このように、結晶化指数取得装置1では、微結晶シリコン膜を膜厚方向に

において複数の層に分割し、複数の層のそれぞれについて、結晶化指数 κ 、膜厚およびボイドの体積分率を変更してフィッティングが行われることにより、比較的厚い膜の結晶化指数 κ の分布および膜厚を、精度良く求めることができる。結晶化指数取得装置1では、当該フィッティングは、各層の膜厚を固定して行われてもよい。この場合であっても、比較的厚い膜の結晶化指数 κ の分布を精度良く求めることができる。なお、微結晶シリコン膜の膜厚方向における分割数は、適宜変更されてよい。また、表面層55による影響が比較的小さい場合には、表面層55については考慮しなくてもよい。

[0052] ところで、比較的厚い微結晶シリコン膜の解析を行う場合、微結晶シリコン膜の各層において、理論誘電関数に含まれるパラメータ群の各パラメータを個別に変更してフィッティングを行おうとすると、パラメータ数が非常に多くなってしまい、結晶化指数 κ の算出に多大な時間を要したり、パラメータが局所解を取ってしまうおそれがある。これに対し、結晶化指数取得装置1では、微結晶シリコン膜を分割した各層の理論誘電関数に含まれるパラメータ群の各パラメータを、各層の結晶化指数 κ により表現し、結晶化指数 κ を変更することにより各パラメータの値を変更して理論誘電関数の測定誘電関数に対するフィッティングが行われる。これにより、比較的厚い微結晶シリコン膜の結晶化指数 κ を容易かつ迅速に求めることができる。その結果、比較的厚い微結晶シリコン膜のエリプソメトリー解析を容易かつ高精度に行うことが可能となる。

[0053] 以上、本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

[0054] 例えば、低エネルギーピークモデル、高エネルギーピークモデルおよびバックグラウンドモデルとして、上記実施の形態とは異なるモデルが用いられてもよい。例えば、高エネルギーピークモデルとして、 $T a u c - L o r e n t z$ モデルが用いられてもよい。

[0055] 結晶化指数取得装置1では、図7．Aないし図7．Hに示すパラメータ以外の部分誘電関数モデルのパラメータが、結晶化指数 κ により表現され、理

論誘電関数の測定誘電関数に対するフィッティングの際に、結晶化指数 κ の変更に伴って変更されてよい。

[0056] 結晶化指数取得装置 1 では、理論誘電関数は、必ずしも、低エネルギーピークモデル、高エネルギーピークモデルおよびバックグラウンドモデルを合成することにより表現される必要はなく、高エネルギーピークモデルを含む複数の部分誘電関数モデルを合成することにより表現されていればよい。フィッティングの際に値が変更されるパラメータ群についても、パラメータ群の全てのパラメータが結晶化指数 κ にて表現される必要はなく、当該パラメータ群に含まれる高エネルギーピークモデルの振幅、および、上記複数の部分誘電関数モデルに含まれる他の部分誘電関数モデルの少なくとも 1 つのパラメータが結晶化指数 κ にて表現されていればよい。これにより、微結晶シリコン膜の結晶化指数 κ を容易かつ精度良く取得することができる。

[0057] 結晶化指数取得装置 1 では、ガラス基板 9 以外の太陽電池用の基板や、プラスチックフィルム等、様々な対象物上に形成された微結晶シリコン膜の結晶化指数 κ を取得することが可能である。また、微結晶シリコン膜は、CVD 法以外の手法にて形成されたものであってよい。

[0058] 発明を詳細に描写して説明したが、既述の説明は例示的であって限定的なものではない。したがって、本発明の範囲を逸脱しない限り、多数の変形や態様が可能であるといえる。

符号の説明

- [0059]
- | | |
|-----|-----------|
| 1 | 結晶化指数取得装置 |
| 3 | 分光エリプソメータ |
| 5 | 微結晶シリコン膜 |
| 7 | 演算部 |
| 9 | ガラス基板 |
| 5 1 | 第 1 層 |
| 5 2 | 第 2 層 |
| 5 3 | 第 3 層 |

- 5 4 第4層
- 5 5 表面層
- 9 1 低エネルギーピーク
- 9 2 高エネルギーピーク
- 9 3 理論誘電関数
- 9 4 低エネルギーピークモデル
- 9 5 高エネルギーピークモデル
- 9 6 バックグラウンドモデル
- S 1 1 ~ S 1 3 ステップ

請求の範囲

[請求項1] 対象物（９）上に形成された微結晶シリコン膜（５）における結晶化の程度を示す結晶化指数を取得する結晶化指数取得装置（１）であって、

分光エリプソメータ（３）と、

前記分光エリプソメータ（３）にて対象物（９）上の微結晶シリコン膜（５）に対して測定を行うことにより取得された測定スペクトルから測定誘電関数を求め、前記微結晶シリコン膜（５）の理論誘電関数（９３）に含まれるパラメータ群の値を変更して前記理論誘電関数（９３）の前記測定誘電関数に対するフィッティングを行うことにより、結晶化指数を求める演算部と、

を備え、

前記理論誘電関数（９３）が、結晶シリコン膜の誘電関数における虚部の２つのピーク（９１，９２）のうち高エネルギー側のピーク（９２）に寄与する高エネルギーピークモデル（９５）を含む複数の部分誘電関数モデルを合成することにより表現され、

前記パラメータ群に前記高エネルギーピークモデル（９５）の振幅が含まれ、前記振幅が前記結晶化指数にて表現され、他の部分誘電関数モデルの少なくとも１つのパラメータも前記結晶化指数にて表現され、

前記フィッティングの際に、前記結晶化指数が変更されることにより、前記結晶化指数にて表現されるパラメータが変更される。

[請求項2] 請求項１に記載の結晶化指数取得装置（１）であって、

前記演算部において、前記フィッティングの際に前記微結晶シリコン膜（５）の膜厚も変更され、前記結晶化指数と共に前記膜厚も求められる。

[請求項3] 請求項１または２に記載の結晶化指数取得装置（１）であって、
前記複数の部分誘電関数モデルのそれぞれが、前記結晶化指数にて

表現される少なくとも1つのパラメータを含む。

[請求項4] 請求項3に記載の結晶化指数取得装置(1)であって、
前記パラメータ群の各パラメータが、前記結晶化指数にて表現される。

[請求項5] 請求項1ないし4のいずれかに記載の結晶化指数取得装置(1)であって、
前記演算部が、前記フィッティングにおいて、微結晶シリコン膜(5)中に生じると仮定したボイドの体積分率をパラメータとして含む有効媒質理論を用い、前記体積分率を変更することにより、前記理論誘電関数(93)の振幅を変更する。

[請求項6] 請求項5に記載の結晶化指数取得装置(1)であって、
前記演算部により、微結晶シリコン膜(5)を膜厚方向において複数の層に分割し、前記複数の層のそれぞれについて、前記結晶化指数および前記体積分率を変更して前記フィッティングが行われる。

[請求項7] 請求項1ないし6のいずれかに記載の結晶化指数取得装置(1)であって、
前記対象物(9)が、太陽電池用の基板である。

[請求項8] 対象物(9)上に形成された微結晶シリコン膜(5)における結晶化の程度を示す結晶化指数を取得する結晶化指数取得方法であって、
a) 分光エリプソメータ(3)にて対象物(9)上の微結晶シリコン膜(5)に対して測定を行うことにより測定スペクトルを取得し、前記測定スペクトルから測定誘電関数を求める工程と、
b) 前記微結晶シリコン膜(5)の理論誘電関数(93)に含まれるパラメータ群の値を変更して前記理論誘電関数(93)の前記測定誘電関数に対するフィッティングを行うことにより、結晶化指数を求める工程と、
を備え、

前記理論誘電関数(93)が、結晶シリコン膜の誘電関数における

虚部の2つのピーク（91，92）のうち高エネルギー側のピーク（92）に寄与する高エネルギーピークモデル（95）を含む複数の部分誘電関数モデルを合成することにより表現され、

前記パラメータ群に前記高エネルギーピークモデル（95）の振幅が含まれ、前記振幅が前記結晶化指数にて表現され、他の部分誘電関数モデルの少なくとも1つのパラメータも前記結晶化指数にて表現され、

前記フィッティングの際に、前記結晶化指数が変更されることにより、前記結晶化指数にて表現されるパラメータが変更される。

[請求項9] 請求項8に記載の結晶化指数取得方法であって、

前記b)工程において、前記フィッティングの際に前記微結晶シリコン膜（5）の膜厚も変更され、前記結晶化指数と共に前記膜厚も求められる。

[請求項10] 請求項8または9に記載の結晶化指数取得方法であって、

前記複数の部分誘電関数モデルのそれぞれが、前記結晶化指数にて表現される少なくとも1つのパラメータを含む。

[請求項11] 請求項10に記載の結晶化指数取得方法であって、

前記パラメータ群の各パラメータが、前記結晶化指数にて表現される。

[請求項12] 請求項8ないし11のいずれかに記載の結晶化指数取得方法であって、

前記b)工程において、前記フィッティングの際に、微結晶シリコン膜（5）中に生じると仮定したボイドの体積分率をパラメータとして含む有効媒質理論を用い、前記体積分率を変更することにより、前記理論誘電関数（93）の振幅を変更する。

[請求項13] 請求項12に記載の結晶化指数取得方法であって、

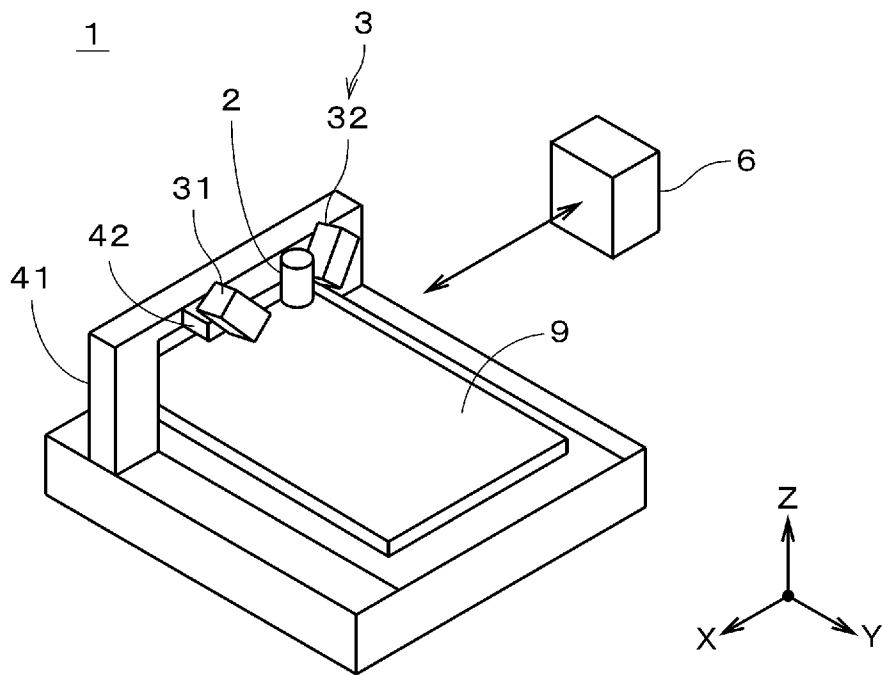
前記b)工程において、微結晶シリコン膜（5）を膜厚方向において複数の層に分割し、前記複数の層のそれぞれについて、前記結晶化

指数および前記体積分率を変更して前記フィッティングが行われる。

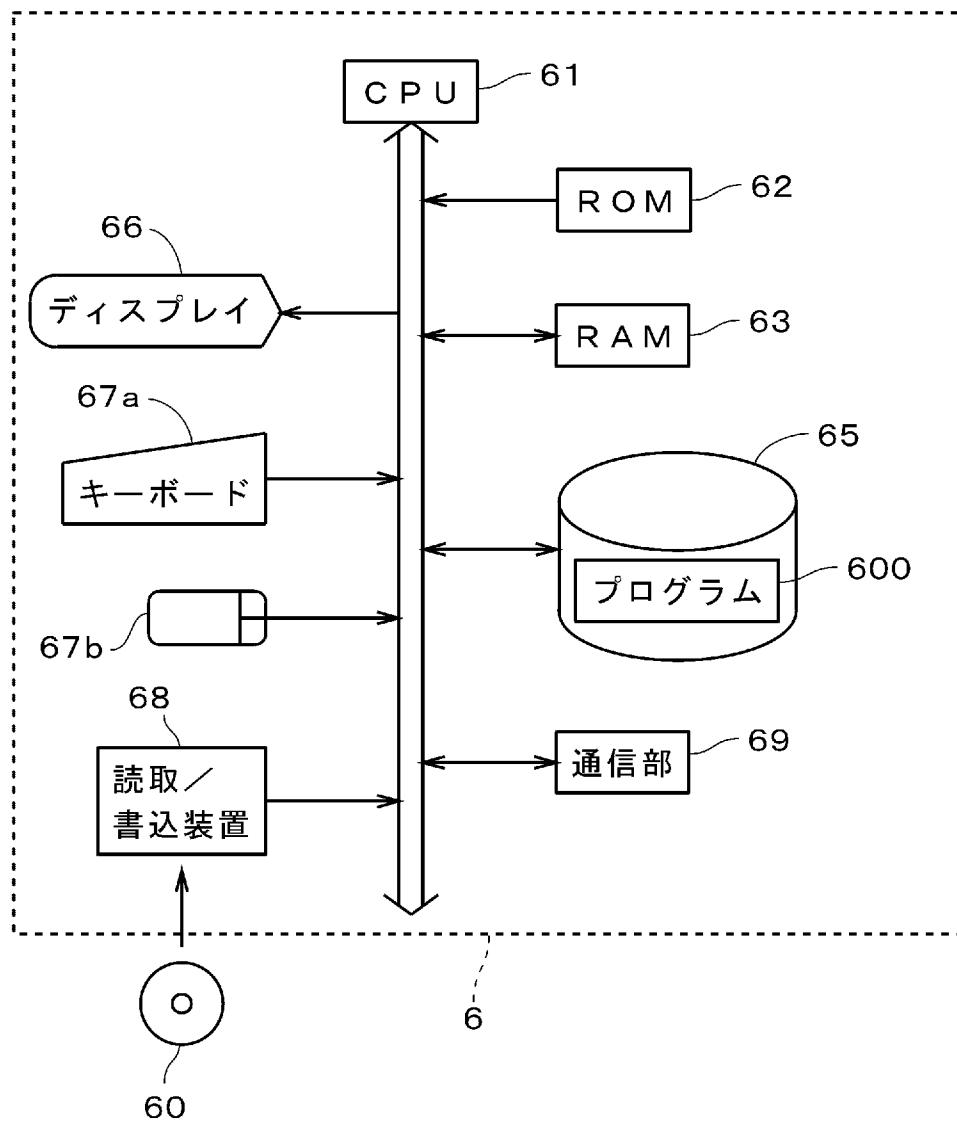
[請求項14] 請求項8ないし13のいずれかに記載の結晶化指数取得方法であって、

前記対象物（9）が、太陽電池用の基板である。

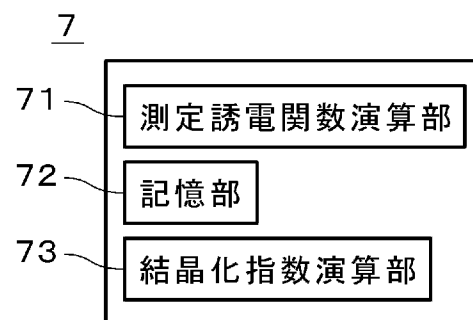
[図1]



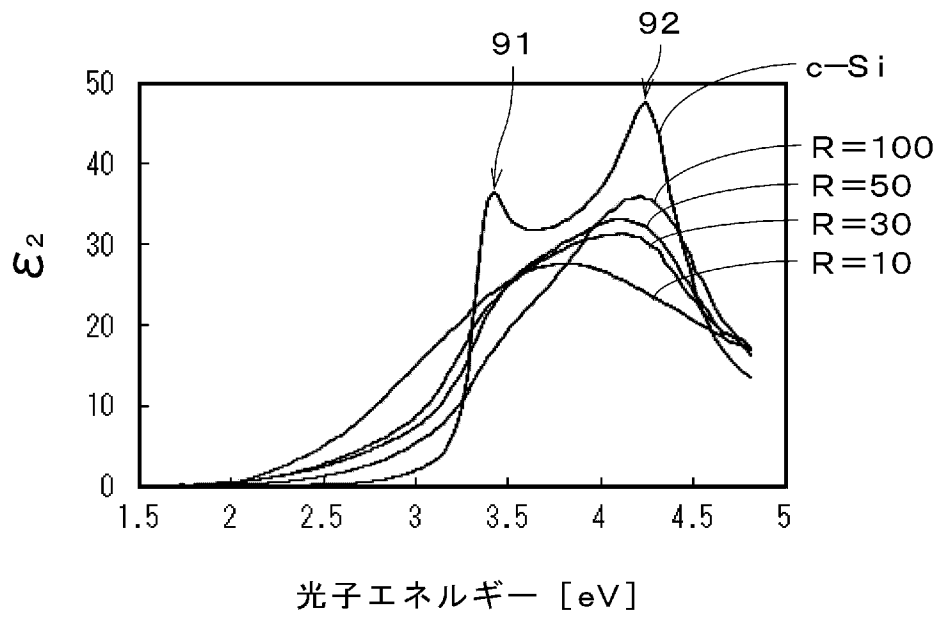
[図2]



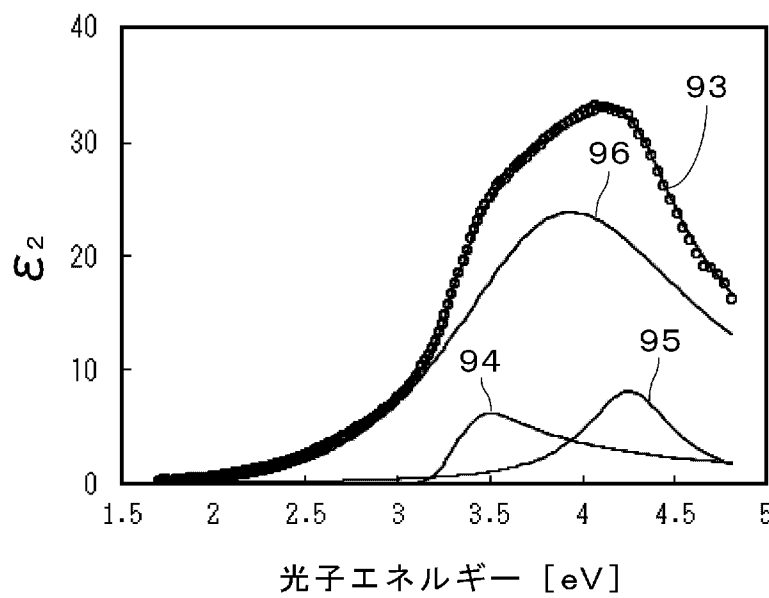
[図3]



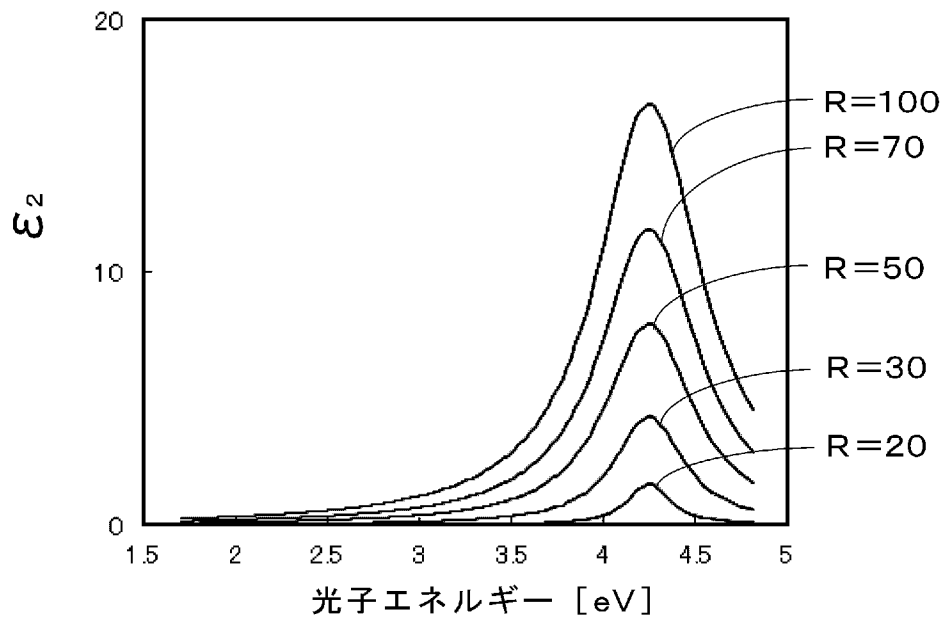
[図4]



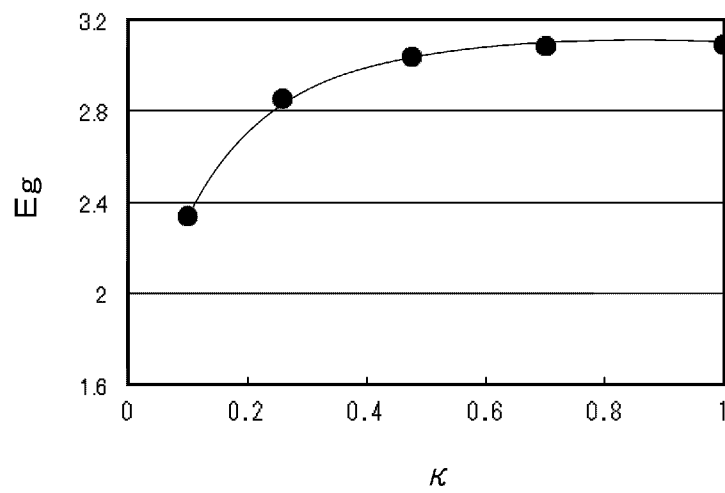
[図5]



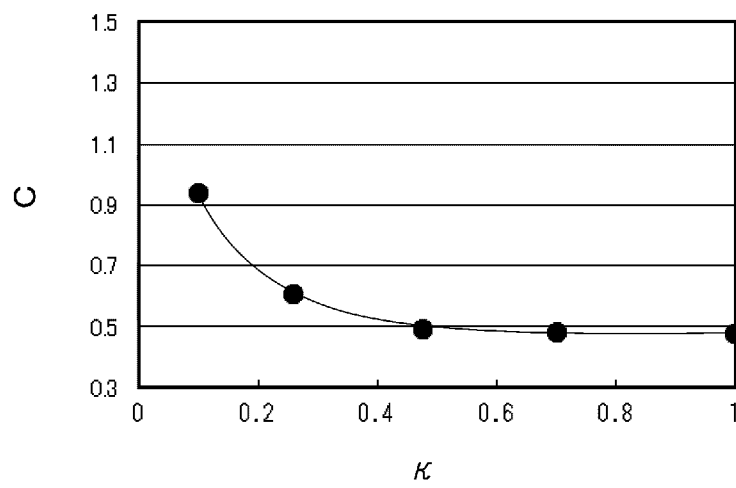
[図6]



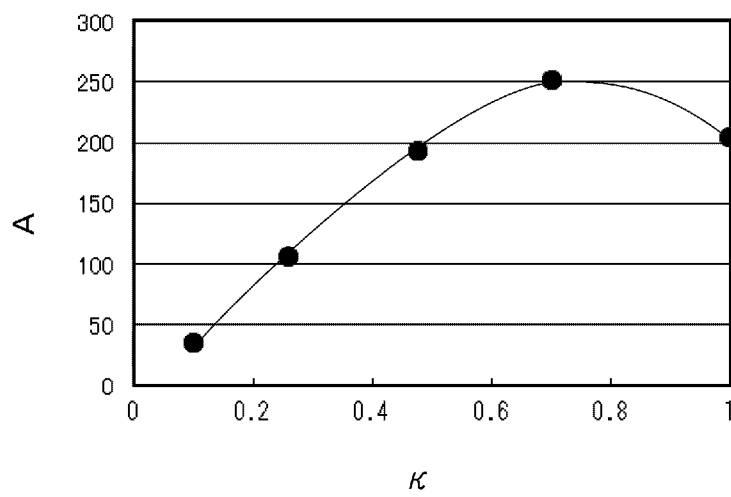
[図7.A]



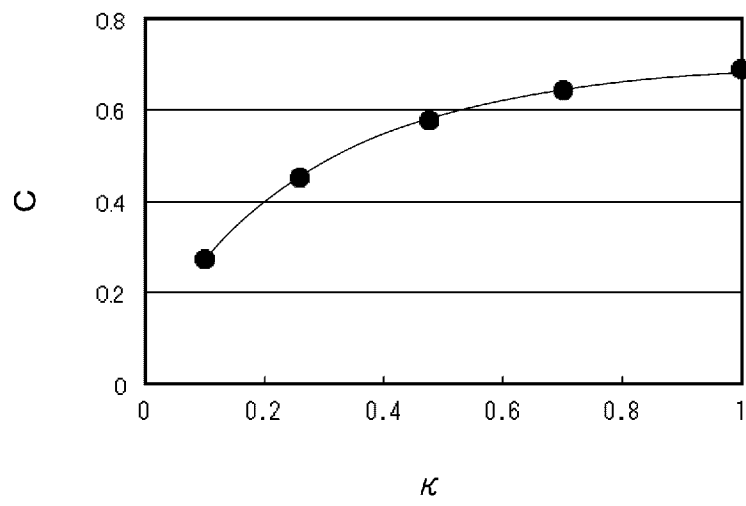
[図7.B]



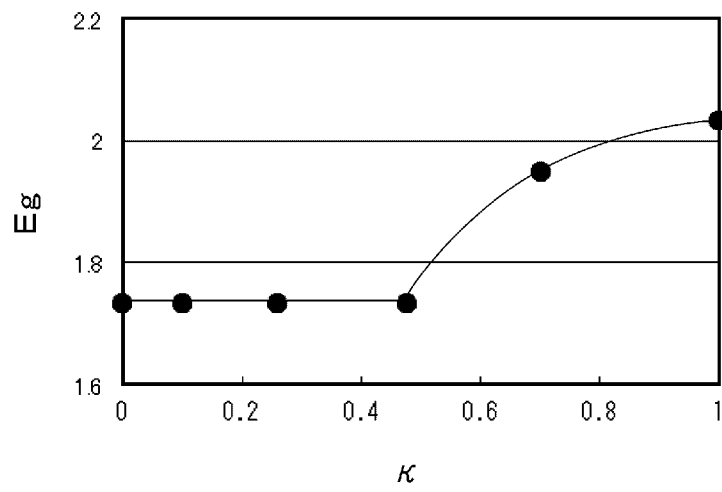
[図7.C]



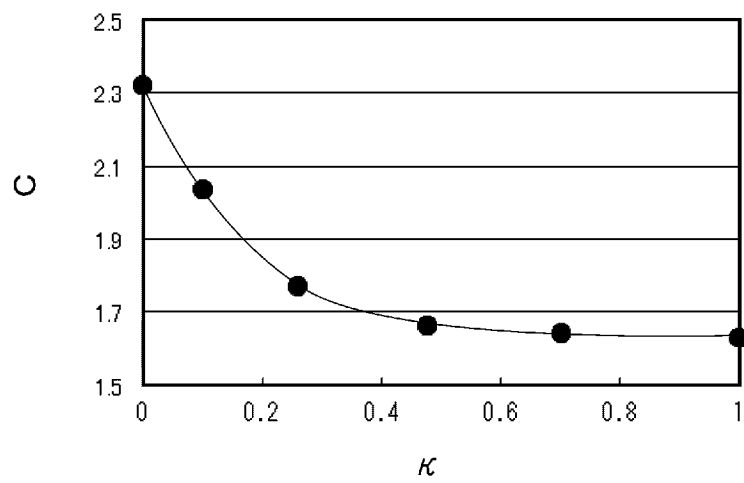
[図7.D]



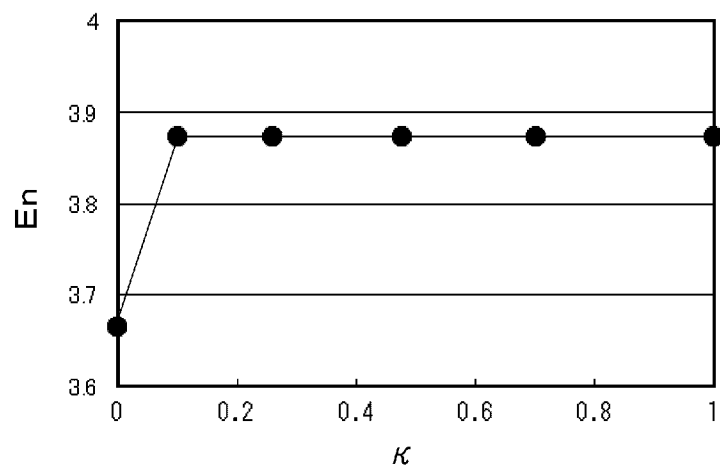
[図7.E]



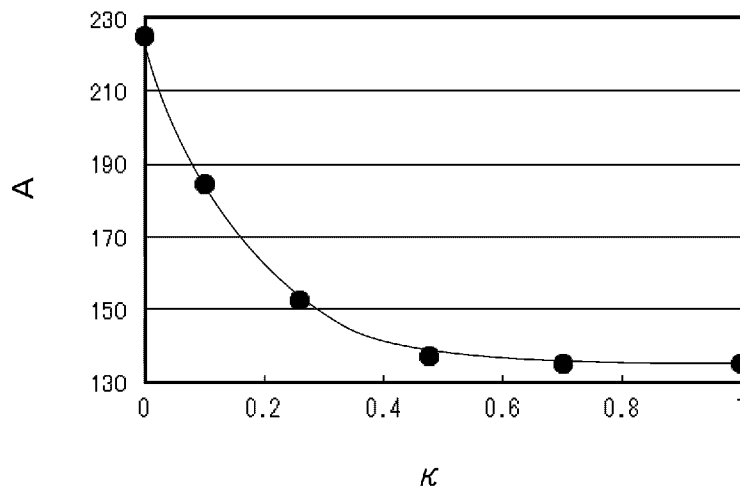
[図7.F]



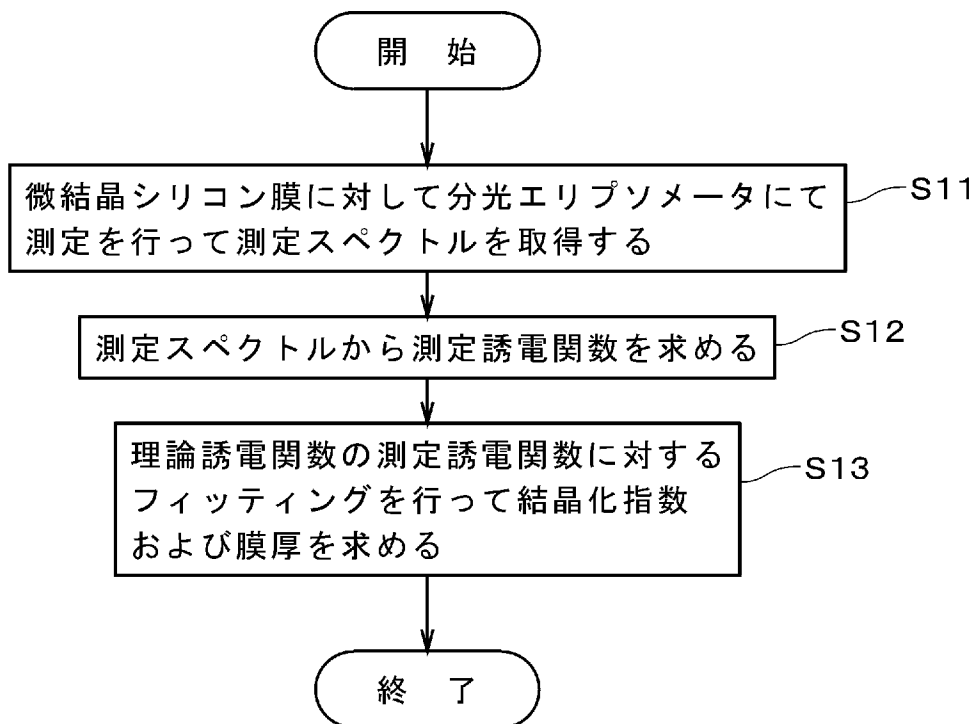
[図7.G]



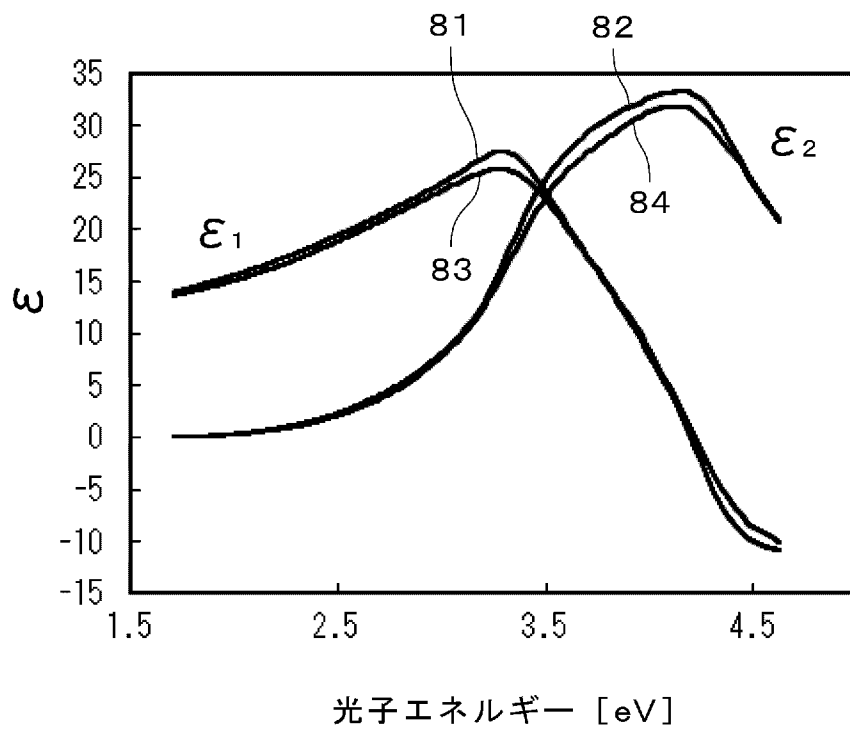
[図7.H]



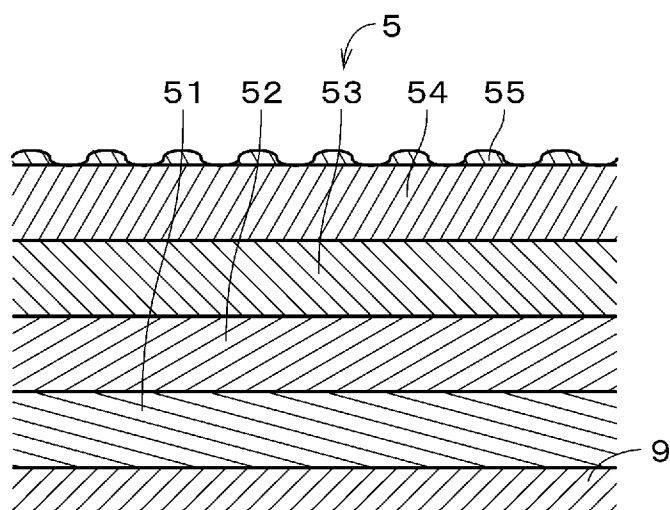
[図8]



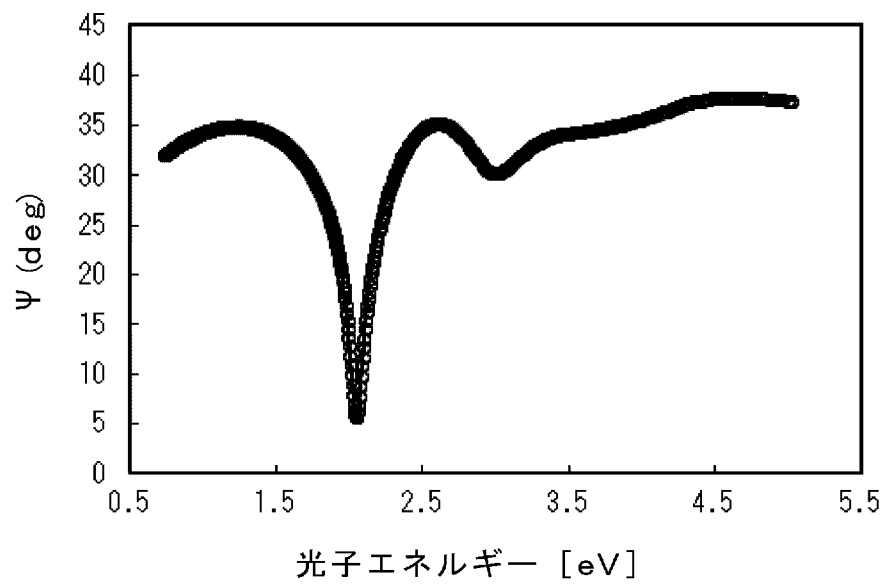
[図9]



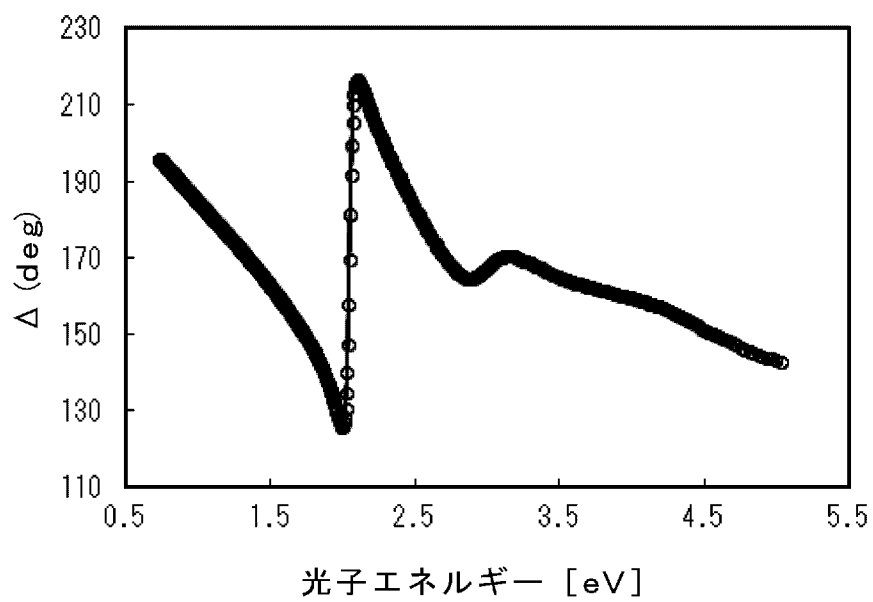
[図10]



[図11.A]



[図11.B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/072219

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/66(2006.01)i, G01N21/21(2006.01)i, H01L31/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/66, G01N21/21, H01L31/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2003/073515 A1 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Sharp Corp.), 04 September 2003 (04.09.2003), page 10, lines 9 to 15 & JP 3943080 B2 & AU 2003211649 A1	1-14
A	WO 2009/145068 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 03 December 2009 (03.12.2009), paragraph [0067] & US 2011/0097823 A1 & EP 2284869 A1 & CN 102047385 A	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 November, 2011 (09.11.11)

Date of mailing of the international search report
22 November, 2011 (22.11.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/66(2006.01)i, G01N21/21(2006.01)i, H01L31/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/66, G01N21/21, H01L31/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2003/073515 A1（独立行政法人産業技術総合研究所、シャープ株式会社）2003.09.04, 第10頁第9～15行 & JP 3943080 B2 & AU 2003211649 A1	1 - 1 4
A	WO 2009/145068 A1（三菱電機株式会社）2009.12.03, 段落0067 & US 2011/0097823 A1 & EP 2284869 A1 & CN 102047385 A	1 - 1 4

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 9 . 1 1 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 2 . 1 1 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

堀江 義隆

5 N

9 1 7 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3586