

(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
2010 年 9 月 30 日(30.09.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/110219 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 27/28 (2006.01) G02B 5/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/054849
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 19 日(19.03.2010)
- (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 2009-073637 2009 年 3 月 25 日(25.03.2009) JP
特願 2009-249355 2009 年 10 月 29 日(29.10.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 明石 朋義 (AKASHI, Tomoyoshi) [JP/JP]; 〒0991595 北海道北見市豊地 30 番地 京セラ株式会社北海道北見工場内 Hokkaido (JP). 中島 嘉一郎 (NAKASHIMA, Kaichirou) [JP/JP]; 〒0991595 北海道北見市豊地 30 番地 京セラ株式会社北海道北見工場内 Hokkaido (JP). 庄田 学史 (SHOUDA, Michifumi) [JP/JP]; 〒0991595 北海道北見市豊

地 30 番地 京セラ株式会社北海道北見工場内 Hokkaido (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, JP, 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, RO, RS, RU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

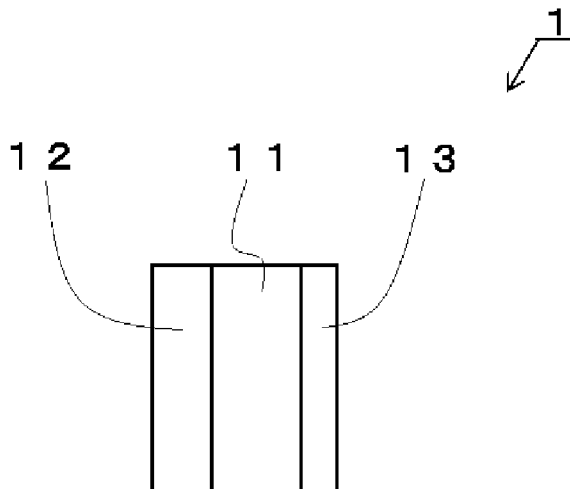
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: OPTICAL ISOLATOR ELEMENT AND OPTICAL MODULE USING THE SAME

(54) 発明の名称: 光アイソレータ素子およびこれを用いた光モジュール

[図1]



(57) Abstract: An optical isolator element (1) comprises a faraday rotator (11) which rotates a plane of polarization of light, a light absorption type first polarizer (12) arranged on one surface side of the Faraday rotor (11) and having a layer in which metal particles are distributed, and a light absorption type second polarizer (13) arranged on the other surface side of the Faraday rotor (11) and having a metal particle layer in which metal particles are distributed at a density higher than the density of the metal particles distributed in the metal particle layer of the first polarizer (12). It is possible to prevent a deterioration in isolation caused by light reflected between the second polarizer (13) and the first polarizer (12).

(57) 要約: 光アイソレータ素子 1 は、光の偏光面を回転させるファラデー回転子 11 と、このファラデー回転子 11 の一方向側に配置され、金属粒子が分布する層を有する光吸収型の第 1 偏光子 12 と、ファラデー回転子 11 の他方向側に配置され、第 1 偏光子 12 の金属粒子層に分布す

る金属粒子の密度より大きい密度で金属粒子が分布する金属粒子層を有する光吸収型の第 2 偏光子 13 とを備えている。第 2 偏光子 13 と第 1 偏光子 12 との間で反射光が生じることを原因とするアイソレーション劣化を抑制できる。

明 細 書

発明の名称：

光アイソレータ素子およびこれを用いた光モジュール

技術分野

[0001] 本発明は、発光素子への反射戻り光を遮断する光アイソレータおよびこれを用いた光モジュールに関する。発光素子を搭載した光モジュールは光通信機器またはセンサー用光源等に使用される。

背景技術

[0002] 光アイソレータ素子は、ファラデー回転子と、このファラデー回転子を挟む第1偏光子および第2偏光子とを有している。光アイソレータ素子は、第1方向の光（以下、順方向の光という）をそのまま透過させる一方、第1方向と逆の第2方向の光（以下、逆方向の光という）を遮断する。また、光アイソレータ素子には、第1偏光子、第1ファラデー回転子、第2偏光子、第2ファラデー回転子、第3偏光子が順次配置されて構成される多層タイプもあり、同様の働きを持つ。

[0003] このような光アイソレータ素子を構成する偏光子には、一般に吸収型偏光子が用いられている。吸収型偏光子とは、ガラス中に銅、銀、またはカドミウム等のハロゲン化物の結晶を形成させ、その結晶を加熱により一方向に延伸するとともに、水素雰囲気中で還元することによって、針状の金属粒子をガラス中に析出させたものである（例えば、特開平08-50205号公報参照）。

[0004] しかしながら、このような偏光子を用いた光アイソレータ素子では、ガラス中のハロゲン化金属の濃度を一定以上大きくすることができないので、必要な消光比特性を得るためには、金属粒子が分布する層の厚みを厚くする必要がある。通常、偏光子表面から50 μ mの深さまで金属粒子層が分布している。そして、分布深さを深くすることによって金属粒子の量を確保し、所望の消光比特性を得ている。このため、このタイプの偏光子は厚みを薄くし

難しいという問題がある。

[0005] また、偏光子の厚みが厚いと、光アイソレータ素子を小さくできないという問題がある。入射する光のスポット径が次第に拡大するような光ビームの場合、スポット径が光アイソレータ素子より大きくなると、スポット中の周辺光が遮られてしまうケラレが生じて光損失を生じる。このため、光アイソレータ素子のサイズをスポット径より十分大きくしておく必要がある。したがって、光アイソレータ素子を小型化し難しいという問題があった。

[0006] また吸収型偏光子には、スパッタリング等の物理蒸着法でガラス表面に金属粒子を埋め込み、これを延伸して配向させることで、偏光機能を有するタイプもある（例えば、特開平０９－１７８９３９号公報）。

[0007] このタイプの偏光子を用いて光アイソレータ素子を作製した場合、ガラス表面からの金属粒子の分布深さを浅くすることができ、偏光子の厚みを薄くすることができる。その代償として、所望の消光比特性を得るために、ガラス表面の金属粒子密度を高くし、金属粒子の量を確保する必要がある。

[0008] しかしながら、ガラス表面での金属粒子の密度を高くした場合、ガラス表面での屈折率が高くなり、その屈折率差によって光の反射を生じる場合がある。この場合、例えば、図９に示すように、第１偏光子６２側から光アイソレータ素子６０に逆方向の光９１が入射したとする。逆方向の光９１は第２偏光子６３で遮られるのであるが、第２偏光子６３の金属粒子密度の高い界面６３ａで一部反射した反射光９２が、再び第１偏光子６２の金属粒子密度の高い界面６２ａで反射し、第２偏光子６３側から外側へ出射光９３として出射されてしまう場合がある。逆方向の光の一部がこのように光アイソレータ素子６０を透過してしまうので、アイソレーション特性が劣化するという問題が生じる。

発明の概要

[0009] 以上のような問題に鑑み、本発明は、アイソレーション特性の劣化が少なく、薄くすることが容易な光アイソレータ素子の提供を目的とする。

[0010] 本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子は、光の偏光面を回転させ

るファラデー回転子と、このファラデー回転子の一方面側に配置される第1偏光子と、前記ファラデー回転子の他方面側に配置される第2偏光子とを備える。前記第1偏光子および前記第2偏光子は、金属粒子が分布する金属粒子層を有する光吸収型の偏光子である。そして、前記第2偏光子は、前記第1偏光子の金属粒子層に分布する金属粒子の密度より大きい密度で金属粒子が分布する金属粒子層を有している。

[0011] また、本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子は、金属粒子が分布する金属粒子層を有する光吸収型の第1、第2、第3偏光子と、前記第1および第2偏光子の間に配置された第1ファラデー回転子と、前記第2および第3偏光子の間に配置された第2ファラデー回転子とが一系列に並べて配置されている。そして、前記第1、第2、第3偏光子のうち、いずれか一枚の偏光子の前記金属粒子層に分布する金属粒子密度が他の偏光子の前記金属粒子層に分布する金属粒子密度より大きいことを特徴とする。

[0012] また、本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子は、金属粒子が分布する金属粒子層を有する光吸収型の第1、第2、第3偏光子と、前記第1および第2偏光子の間に配置された第1ファラデー回転子と、前記第2および第3偏光子の間に配置された第2ファラデー回転子とが一系列に並べて配置されている。そして、前記第1および第3偏光子の前記金属粒子層に分布する金属粒子密度が、前記第2偏光子の前記金属粒子層に分布する金属粒子密度より大きいことを特徴とする。

[0013] また、本発明の一実施形態に係る光モジュールは、内部に発光素子を備え、前記発光素子から出射された光信号の光路中に上記いずれかの光アイソレータ素子が挿入されていることを特徴とする。

[0014] 本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子によれば、ファラデー回転子を介して互いに対向する偏光子のいずれか一方に分布する金属粒子層の金属粒子密度が他方の偏光子に分布する金属粒子層の金属粒子密度より小さいことにより、一方の偏光子で生じる反射光を少なくして光アイソレータ素子のアイソレーションの劣化を減じることができる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1] 本発明の光アイソレータ素子の実施の形態の一例を示す側面図である。
- [図2A] 図 1 の光アイソレータ素子を用いた他の実施形態の例を示す側面図である。
- [図2B] 図 1 の光アイソレータ素子を用いた他の実施形態の例を示す側面図である。
- [図2C] 図 1 の光アイソレータ素子を用いた他の実施形態の例を示す側面図である。
- [図3A] 本発明の光アイソレータ素子の実施の形態の他の例を示す側面図である。
- [図3B] 本発明の光アイソレータ素子の実施の形態の他の例を示す側面図である。
- [図4A] 本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子を透過する光の態様を示す模式図である。
- [図4B] 本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子を透過する光の態様を示す模式図である。
- [図5A] 本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子を透過する光の態様を示す模式図である。
- [図5B] 本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子を透過する光の態様を示す模式図である。
- [図6] 本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子を用いた光ファイバ保持部品の例を示す断面図である。
- [図7] 本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子を用いた光ファイバ保持部品の例を示す要部拡大断面図である。
- [図8] 本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子を用いた光ファイバ保持部品の他の例を示す要部拡大断面図である。
- [図9] 従来の光アイソレータ素子を透過する逆方向光の様態を示す模式図である。

[図10A] タイプAの吸収型偏光子の例を模式的に示すな視図である。

[図10B] タイプBの吸収型偏光子の例を模式的に示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施の形態の各例について図面に基づき詳細に説明する。

[0017] 図1に、本発明の一実施形態に係る光アイソレータ1を示す。光アイソレータ1は、ファラデー回転子11の一方および他方に第1偏光子12と第2偏光子13が配置された構造とされている。それぞれの素子11, 12, 13はそれぞれ一定厚みの板状であり平行に配置されている。ファラデー回転子11と、その両側に配置された第1偏光子12および第2偏光子13とは、例えば、接着剤を用いて一体に接着固定されている。なお、接着剤は、素子11, 12, 13と同じ屈折率を持つものが適しており、接着剤の種類としては、アクリル系やエポキシ系の熱硬化型、UV硬化型、両者の併用タイプのものが使用される。勿論、接着剤ではない他の透明媒体、例えば空気等を介して配置されていても良い。

[0018] ファラデー回転子11は、テルビウム(Tb)、ガドリニウム(Gd)またはホルミウム(Ho)を添加したビスマス(Bi)置換ガーネットまたはYIGガーネット、さらには磁石が不要な自己バイアス型のものが用いられる。ファラデー回転子11の表面に、例えば、チタニア(TiO_2)およびシリカ(SiO_2)、または、5酸化2タンタル(Ta_2O_5)および SiO_2 等の多層膜で構成される反射防止膜を形成してもよい。このような反射防止膜を用いれば、ファラデー回転子11の表面における光の反射を反射量0.2%以下にすることができる。ファラデー回転子11の厚みは、ファラデー回転子11の材質の種類と使用する光の波長にあわせて、ファラデー回転角が例えば 45° になるような厚みに調整されている。具体的に、材質の種類と使用する波長によって異なるがおおむね、0.2~0.5mmの厚みを有する。そして、順方向光に対して、第1偏光子12と第2偏光子13の透過偏波面が互いに 45° になるように配置される。

[0019] 吸収型偏光子には、タイプAとタイプBがある。光アイソレータ素子1の

第1偏光子12は、表面または内層に含まれる金属粒子層に分布する金属粒子の密度が第2偏光子13の表面または内層に含まれる金属粒子層に分布する金属粒子の密度より小さいタイプAの偏光子である。これに対して、第2偏光子13は、表面または内層に含まれる金属粒子層に分布する金属粒子の密度が第1偏光子12の表面または内層に含まれる金属粒子層に分布する金属粒子の密度より大きいタイプBの偏光子である。

[0020] なお、図1ではファラデー回転子11の左側に第1偏光子11を配置し、右側に第2偏光子13を配置した例を示しているが、その逆に配置されても全く同じである。光アイソレータ素子1は、ファラデー回転子11のいずれか一方の面にタイプAの偏光子、他方の面にタイプBの偏光子が配置されたものである。または、ファラデー回転子11を挟んでタイプAおよびタイプBの偏光子を対向させて配置されたものである。

[0021] 図10AはタイプAの偏光子を模式的に表した斜視図、図10BはタイプBの偏光子を模式的に表した斜視図である。タイプAおよびタイプBの偏光子は、表面に近い偏光子内部に金属粒子M1、M2が散在している。いくつかの金属粒子M1、M2は偏光子の1軸方向（図10A、図10Bにおいては上下方向）に長径を有する細長い形状を有している。図10Aに示すタイプAの偏光子には、深さD1の金属粒子層71に金属粒子M1が散在し、図10Bに示すタイプBの偏光子には、深さD2の金属粒子層72に金属粒子M2が散在している。

[0022] なお、図10A、図10Bは金属粒子層71、72が偏光子の表面付近に形成されている例を示すが、金属粒子層71、72が偏光子の内部に形成されていてもよい。この場合は、金属粒子M1、M2の密度が偏光子の内部において最も高くなる。ここで、金属粒子層71、72の深さD1、D2は、TEMを用いた断面観察によって金属粒子M1、M2の存在が確認される金属粒子層71、72の厚さで定義される。

[0023] 図10A、図10Bに示すように、タイプBの偏光子の表面または内層に分布する金属粒子層72の厚みD2は、タイプAの偏光子の金属粒子層71

の厚み D_1 の $1/2$ 以下である。そして、タイプAの偏光子では、表面または内層に分布する金属粒子M1の分布密度がタイプBの偏光子より小さく、分布する金属粒子M1の分布厚さ D_1 がタイプBの偏光子の分布厚さ D_2 より厚い。

[0024] タイプAの偏光子は、先ず石英ガラス等のガラス中に銅(Cu)、銀(Ag)、またはカドミウム(Cd)等のハロゲン化物結晶を形成させる。このガラスおよびハロゲン化物結晶を加熱により軟化させてガラスとともに一方向に延伸しつつ、水素雰囲気中で加熱還元してガラス表面に金属粒子M1を析出させたものである。ハロゲン化物結晶は、延伸される過程において一部が一方向に配向された針状結晶となり、還元されて針状の金属粒子M1が形成される。

[0025] このタイプAの偏光子は、ハロゲン化物結晶表面または、ハロゲン化物結晶内部に形成された金属粒子M1が、偏光子表面から $20\mu\text{m}$ 以上の深さまで分布している。しかし、金属粒子M1の分布密度が低いため、表面層の屈折率は母材(石英ガラスであれば $n=1.46$)と同程度となっている。金属粒子M1の分布密度が低いため、偏光子内の屈折率はほぼ一定の値となり、対空気に対して偏光子の反射は4%程度のほぼ安定した反射率となる。表面に $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ または $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiO}_2$ 等の多層膜で構成されたARコートを実施することにより、反射率を0.5%未満にすることが可能である。しかしながら、金属粒子M1の分布深さ D_1 が深いため、厚みが薄い偏光子を作製する等の目的には不適である。具体的に、タイプAの偏光子の厚みは、 $0.1\sim 1\text{mm}$ の範囲である。

[0026] タイプBの偏光子は、スパッタリング等でガラス等の母材表面に金属粒子M2を埋め込み、これを加熱してガラスとともに一方向に延伸することによって、針状の金属粒子M2を一方向に配向させ、偏光機能を発揮するものである。ガラス中にハロゲン化物を含まないという特徴があり、金属粒子M2はガラス表面から高々 $10\mu\text{m}$ の範囲に分布している。金属粒子M2には、タイプAの偏光子と同じく銅または銀等の金属が使用される。

[0027] タイプBの偏光子は、遮断偏光方向（遮断される方向の偏波面を有する）の光に対して母材表面近くでの金属粒子M2の密度が高いため、屈折率が高くなり、対空気層に対して偏光子の反射は4～15%程度の反射が発生する。遮断偏光方向の光に対しては、ARコートを表面に施しても、0.5～11%程度の反射が発生する。透過偏光方向（透過される偏波面を有する）の光に対しては、金属粒子M2は光を透過させる。屈折率は母材のガラスと同程度の一定の値となり、反射率は、対空気層に対して4%程度の安定した反射率となる。この場合は、ARコートを表面に施すことにより0.5%未満程度の反射率にすることが可能となる。母材表面での金属粒子M2の分布密度を低くした場合は、偏光子の消光比が劣化するためアイソレータ素子1に使用する偏光子としては不適となる。本タイプBの偏光子は、母材表面に金属粒子M2が集中しているため、厚みが薄い偏光子を作製する等の目的には好適である。具体的に、タイプBの偏光子の厚みは、0.03 μ m～1mmの範囲で作製することができる。

[0028] 金属粒子M1、M2の分布密度は、偏光子を薄くカットした断面をTEMにて観測することによって確認することが可能である。観測された金属粒子M1、M2は、EDS（エネルギー分散型X線分析）を用いて、金属の種類を特定することができる。なお、母材表面から金属粒子M1、M2が観測されなくなる深さを分布深さとする。タイプBの偏光子は、母材内部に金属原子を含まないので、XPS（X線光電子分光分析）等の元素分析機器にて分布深さを調べることも可能である。タイプAの偏光子では、金属粒子M1、M2として析出していないハロゲン化金属を母材中に含むため、XPSによる分析で分布深さを特定することは困難である。

[0029] タイプAの偏光子は、金属粒子の密度が全体に低い分布深さは深く、50 μ m付近まで分布しているという特徴を持っている。それに対してタイプBの偏光子では、表面付近の分布密度は高い分布深さは浅く、金属粒子が高々深さ10 μ mの表面付近に集中しているという特徴を持っている。吸収型偏光子は、消光比特性を向上させるため、偏光子の両側表面に金属粒子を

含む層が形成されている。タイプAの偏光子の場合は、金属粒子の分布深さが深いため、両面に金属粒子層を形成した場合は、偏光子を薄くするのはさらに困難である。

[0030] このようにタイプBの偏光子は、金属粒子の分布深さがタイプAの $1/2$ 以下の深さとなっている。そして、両タイプの偏光子を組み合わせることで、アイソレーション特性の劣化を改善することが可能である。これを図4を用いて説明する。

[0031] 図4Aは、第1偏光子12にタイプAの偏光子、第2偏光子13にタイプBの偏光子を用いたものである。逆方向の入射光41が入射した場合、第2偏光子13の高屈折率な金属粒子層13aで入射光41の一部が反射し、反射光42が発生する。しかし、第1偏光子12には高屈折率な層がないため、第1偏光子12による反射光43はほとんど生じない。実際、タイプAの第1偏光子12の表面12aの反射は、0.5%以下であり、アイソレーション特性に影響を与える程の反射光43を生じる虞は少ない。なお、反射光42はファラデー回転子11内を往復することになるので、第1偏光子12で大半吸収されてしまう。

[0032] また、図4Bのように、第2偏光子13側から逆方向の入射光41が入射した場合には、タイプAの第1偏光子12には高屈折率な層がないため、逆方向の入射光41は、第1偏光子12の金属粒子層12aでほとんど反射光42を生じない。したがって、反射光42が第2偏光子12の金属粒子層12aで反射したとしても、反射光43は非常に小さなもので、アイソレーション特性を劣化させる虞は少ない。

[0033] このような本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子1は、複数枚重ねて用いることができ、アイソレーション特性をさらに向上させることができる。このような複数枚重ねて用いた光アイソレータ2の例を図2A、図2B、図2Cを用いて説明する。

[0034] 図2Aの光アイソレータ素子2は、第1偏光子23および第4偏光子26にタイプBの偏光子を用い、第2偏光子24および第3偏光子25にタイプ

Aの偏光子を用いた例を示す。図2Bの光アイソレータ素子2は、第1偏光子23および第4偏光子26にタイプAの偏光子を用い、第2偏光子24および第3偏光子25にタイプBの偏光子を用いた例を示す。図2Cの光アイソレータ素子2は、第1偏光子23にタイプBの偏光子を用い、第2偏光子24、第3偏光子25、第4偏光子26はタイプAの偏光子を用いた例を示している。

[0035] タイプBの偏光子をできるだけ多く使用した方が光アイソレータ素子2の厚みを薄くする等の目的のためには望ましいが、図2Cのように本発明の一実施形態に係る光アイソレータ素子1に従来型のタイプAを両側に用いた光アイソレータ素子を重ねて用いることは可能である。なお、第2偏光子24および第3偏光子25は偏光方向が同じになるように方向を合わせて重ねる必要がある。

[0036] 図2A、図2B、図2Cでは、図1の光アイソレータを2段に重ねて組み合わせた例を示したが、3段以上組み合わせる構成することもできる。また、図2A、図2B、図2Cでは図1の光アイソレータを多層に組み合わせる場合の全ての例を示していないが、重ね方に制限はなく、その他の重ね方も可能である。例えば、第1偏光子23および第3偏光子25をタイプBの偏光子とし、第2偏光子24および第4偏光子26がタイプAの偏光子としてもよい。

[0037] 次に本発明の別の実施形態に係る光アイソレータ素子3を図3A、図3Bを用いて説明する。

[0038] 本実施形態の光アイソレータ素子3は、ファラデー回転子が2枚使用されたもので、図2A、図2B、図2Cに示す光アイソレータ素子2に比較して、アイソレーションは、低くなるが、図1に示す光アイソレータ素子1に比較して十分高いアイソレーション特性を得ることができ、図2A、図2B、図2Cに示す光アイソレータ素子2に対して薄型化できるというメリットがある。

[0039] 本実施形態の光アイソレータ素子3は、第1偏光子33、第1ファラデー

回転子 3 1、第 2 偏光子 3 4、第 2 ファラデー回転子 3 2 および第 3 偏光子 3 5 が一列に並べて配置され、これらを積層して固定した構造とされている。各素子 3 3、3 1、3 4、3 2、3 5 は平行に配置されている。第 1 ファラデー回転子 3 1 および第 2 ファラデー回転子 3 2 には、図 1 に示すファラデー回転子 1 1 と同じものを使用することが可能である。そして、順方向光に対して第 2 偏光子 3 4 は第 1 偏光子 3 3 の透過偏波面に対して 45° となるように配置され、第 3 偏光子 3 5 は第 2 偏光子 3 4 の透過偏波面に対して 45° となるように配置される。

[0040] 図 3 A の光アイソレータ素子 3 は、第 1 偏光子 3 3 および第 3 偏光子 3 5 にタイプ B の偏光子を用い、第 2 偏光子 3 4 にタイプ A の偏光子を用いた例を示す。図 3 B の光アイソレータ素子 2 は、第 1 偏光子 3 3 および第 3 偏光子 3 5 にタイプ A の偏光子を用い、第 2 偏光子 3 4 にタイプ B の偏光子を用いた例を示している。光アイソレータ素子 3 としては、図 3 A、図 3 B の例のどちらでも用いることができる。

[0041] なお、図 3 B の例において、タイプ B の偏光子を第 2 偏光子 3 4 に配置する例を示したが、タイプ B を 1 枚使用する場合、タイプ B の偏光子は第 2 偏光子 3 4 に限られることはなく、第 1、第 2、第 3 偏光子 3 3、3 4、3 5 のいずれか一枚に用いることでもよい。このように、第 1、第 2、第 3 偏光子 3 3、3 4、3 5 のいずれか一枚の偏光子が金属粒子層に分布する金属粒子密度が大きいタイプ B の偏光子とすればよい。

[0042] ただし、図 3 A の構成とすると、より薄型の光アイソレータ素子 3 とできる可能性があり望ましい。これら光アイソレータ素子 3 のアイソレーション特性について、図 5 を用いて説明する。

[0043] 図 5 A は図 3 A の光アイソレータ素子 3 を用いた場合を示す。逆方向の入射光 4 1 に対し、タイプ B の第 3 偏光子 3 5 の金属粒子層 3 5 a で反射した反射光 4 2 が発生する。反射光 4 2 は、偏光子 3 4 がタイプ A の偏光子であるため、金属粒子層 3 4 a でほとんど反射されず、したがって第 2 偏光子 3 4 の金属粒子層 3 4 a で反射される反射光 4 3 は小さなものとなる。また、

反射光 4 2 は、第 2 ファラデー回転子 3 2 内を往復することになるので、第 2 偏光子 3 4 に戻ってきたときには偏光方向が 90° 回転しており、第 2 偏光子 3 4 を通過して第 1 偏光子 3 3 に到達する光は小さなものとなる。したがって、光アイソレータ素子 3 から出射される反射光 4 3 はアイソレーション特性を劣化させる程ではなくなる。

[0044] 図 5 B の光アイソレータ素子 3 は図 3 B の光アイソレータ素子 3 を用いた場合を示す。逆方向の入射光 4 1 は、第 3 偏光子 3 5 がタイプ A の偏光子であるため、金属粒子層 3 5 a でほとんど反射されず、反射光 4 2 は小さなものとなる。また、第 2 偏光子 3 4 の表面で生じた反射光 4 4 は、第 1 偏光子 3 3 がタイプ A の偏光子であるため、第 1 偏光子 3 3 でほとんど反射されず、反射光 4 5 は小さなものとなる。したがって、反射光 4 4 および反射光 4 5 は小さなものとなり、アイソレーション特性の劣化を生じる程ではない。図 3 B では、第 2 偏光子 3 4 にタイプ B の偏光子を用いたが、第 1 偏光子 3 3 または、第 3 偏光子 3 5 にタイプ B の偏光子を用いた場合でも同様の効果を得ることができる。

[0045] 図 6 に光アイソレータ素子 1, 2, 3 を用い、光モジュールの一部を構成する光アイソレータ素子付き光ファイバ保持部品を構成する場合の例を断面図で示す。この光アイソレータ素子 1, 2, 3 付き光ファイバ保持部品は、光ファイバ 5 3 を保持したフェルール 5 1 が保持部材 5 2 によって保持されている。フェルール 5 1 の先端面は光軸に対し斜め鏡面研磨が施されている。そして、光アイソレータ素子 1, 2, 3 のいずれかがフェルール 5 1 の先端面に接着剤等で固定されている。例えば、この図 6 に示すような光ファイバ保持部品を発光素子（不図示）が実装されたパッケージの光出力部等に用い、発光素子から出射された光信号の光路中に光アイソレータ 1, 2, 3 が挿入されることによって、光モジュールが構成される。なお、5 4 は光アイソレータ 1, 2, 3 の外側に配置された磁石を示す。

[0046] このように、発光素子から出射された光信号がレンズ等によって集光され、この集光ビームが光ファイバ 5 3 の先端に入射されるようにする場合、光

アイソレータ素子 1 の配置を光モジュールの使用用途に合わせ選択するのが良い。すなわち、フェルール 5 1 の先端面にタイプ A の偏光子 1 2、反対側がタイプ B の偏光子 1 3 となるように光アイソレータ 1 を配置するとよい。

[0047] このことを、図 7 を用いて説明する。発光素子からの集光ビーム 5 5 は、光ファイバ 5 3 の先端部付近で焦点を結ぶように設定される。光モジュールが光ファイバアンプに用いるポンプレーザモジュール等であり、光源出力が数 10mW～数 100mW クラスの大出力光である場合、金属粒子密度が大きいタイプ B の第 2 偏光子 1 3 を透過する光ビーム径が、金属粒子密度が小さいタイプ A の第 1 偏光子 1 2 の光ビーム径に対して大きくなるように光アイソレータ素子 1 を配置するのが好ましい。すなわち、発光素子側がタイプ B の第 2 偏光子 1 3、フェルール 5 1 の先端面側がタイプ A の第 1 偏光子 1 2 となるように配置するのが好ましい。このように配置すると、タイプ A に比較して金属粒子層の厚みが薄く、耐光性の低いタイプ B の第 2 偏光子 1 3 が、ビームのエネルギー密度が小さいビーム径の側に配置されるので、有利である。

[0048] また、フェルール 5 1 側から戻ってきた反射戻り光は、光ファイバ 5 3 のモードフィールド径程度のビーム径 5 5 で第 1 偏光子 1 2 に入射する。第 2 偏光子 1 3 に到達する際には、ビーム径が広がって大きくなっているので、第 2 偏光子 1 3 におけるビームのエネルギー密度は、第 1 偏光子 1 2 における密度に対して小さくなる。タイプ B の偏光子は表面の金属粒子の密度が高く、タイプ A に比較してビームが表面の金属粒子層で吸収され、局所的に過熱される傾向があって耐光性が低い。このため、ビーム径が大きくなる側の第 2 偏光子 1 3 にタイプ B の偏光子を使った方がよい。

[0049] 図 7 では、図 1 のアイソレータ素子 1 を用いて説明したが、図 2 A、図 2 B、図 2 C、図 3 A、図 3 B のアイソレータ素子 2、3 においても同様であり、ビーム径がより大きい側にタイプ B の偏光子が配置されるようにするのがよい。また、本説明では、光ファイバ保持部品について説明したが、光レセプタクルに対して使用する場合、また、アイソレータ素子単体で光アイソ

レータを構成する場合も、同様にビームのエネルギー密度が低い方にタイプBの偏光子を配置するようにすると耐光性を向上させることができる。

[0050] 一方で、光モジュールが、光変調器、特に10Gb/s～40Gb/s程度で高速度に直接変調を行う場合、光アイソレータ1の配置は、図8に示すようにフェルール51の先端面にタイプBの第2偏光子13、反対側にタイプAの第1偏光子12となるようにするのがよい。

[0051] このことを図11を用いて説明する。フェルール51側から戻ってきた反射戻り光56のうち、遮断偏光方向の光成分は、偏光子の金属粒子層に一旦吸収されて熱に変換されるが、一部が熱放射光57として再放射される。この時の放射方向は偏光子の法線方向を中心に広範囲に及ぶため、その一部が光ファイバ53に再度結合すると、光信号に対しノイズとなる。

[0052] 第2偏光子13がタイプBの偏光子であった場合、フェルール51側から戻ってきた反射戻り光56のうち、遮断偏光方向の光成分の一部が高屈折率な金属粒子層13aで反射されて反射光58になる。この時の反射角 θ は、第2偏光子13への入射角 ϕ に等しいため、光ファイバ53に対して大きな角度を持つ。従って、この反射光58は光ファイバ53へ結合し難い。また、反射されなかった遮断偏光方向の光成分は、金属粒子層で吸収された後に一部が熱放射光57として放射されるが、反射光58として反射された分、第2偏光子13の金属粒子に吸収される光が小さくなるため、吸収により生じる放射光57も少なくなる。従って、光ファイバ53と再結合する光の強度が小さくなり、光信号に対するノイズ成分も減少する。

[0053] なお、第2偏光子13の金属粒子層13aをファラデー回転子11側に配置することにより、光ファイバ53と金属粒子層13aとの間隔が広がるため、金属粒子層13aで生じた放射光57が光ファイバ53により結合し難くなり、光信号に対するノイズもより減少する。

[0054] 図6に示す光アイソレータ素子付き光ファイバ保持部品を構成する場合、このように集光ビームの焦点となる光ファイバ53の端面に光アイソレータ素子1, 2, 3を固定すれば、半導体レーザ等の発光素子（不図示）から放

射された光がレンズ（不図示）を介して集光され、光のスポット径が小さくなる場所に、光アイソレータ素子 1, 2, 3 が設置されるため、光アイソレータ素子 1, 2, 3 のサイズを小さくできるという利点がある。そして、本発明の実施形態に係る薄型の光アイソレータ素子 1, 2, 3 を用いれば、さらに小型でアイソレーション特性に優れる光ファイバ保持部品を提供することができる。

[0055] 次に、図 3 A に示す実施形態の光アイソレータ素子 3 の実施例を示す。図 3 A に示す光アイソレータ素子 3 を次の手順で作製した。

[0056] 第 1 ファラデー回転子 3 1 および第 2 ファラデー回転子 3 2 には、ビスマス置換型ガーネット（ $(\text{BiR})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ ）から成る厚み 0.45 mm のファラデー回転子を用いた。これに、第 2 偏光子 3 4 としてタイプ A、第 1 偏光子 3 3 および第 3 偏光子 3 5 としてタイプ B の偏光子を用いた。

[0057] タイプ A の偏光子には、 $\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3$ のガラス母材を用い、ガラス中に形成された銀のハロゲン化物結晶を加熱しつつ延伸して配向させ、水素雰囲気中で還元させた厚さ 200 μm のものを用いた。表面付近に析出された金属粒子（銀粒子）の分布深さが 50 μm のものを用いた。

[0058] タイプ B の偏光子には、同じく $\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3$ のガラス母材を用い、スパッタリングによってガラス中に形成された銀粒子を加熱しつつ延伸して作製した厚み 80 μm のものを用いた。表面付近の銀粒子の分布深さは 5 μm であった。

[0059] これらの素子を光学調芯した後に、UV 熱硬化併用接着剤を用いて接着し、その後、ダイサーを用いて幅 0.5 mm × 奥行 0.6 mm の長方形のサイズに切り分け、光アイソレータ素子 1 を作製した。

[0060] 次に比較例 1 として、従来の光アイソレータ素子を作製した。第 1 ファラデー回転子と第 2 ファラデー回転子は前述したファラデー回転子 3 1, 3 2 と同じものを用い、第 1 偏光子、第 2 偏光子および第 3 偏光子には、前述した第 2 偏光子 3 4 と同じタイプ A の偏光子を用いた。これをダイサーによって 0.5 mm × 0.6 mm のサイズに切り分け、従来の光アイソレータ素子

を作製した。

[0061] さらに比較例 2 として、第 1 偏光子、第 2 偏光子および第 3 偏光子に、前述した第 1 偏光子 33 と同じタイプ B の偏光子を用いたものを作製した。

[0062] そして、これらの光アイソレータ素子 2 および比較例 1、比較例 2 の光アイソレータ素子の厚みとアイソレーション特性を測定した。アイソレーション特性の測定は、波長 1550 nm、直径 0.3 mm のビーム径のコリメータ光学系に、各光アイソレータ素子を光透過方向と反対方向に挿入し、パワーメータで、その出力光強度を測定して求めた。なお、それぞれ 1 個ずつ評価を実施した。その結果を表 1 に示す。

[0063] [表 1]

	厚み [mm]	アイソレーション[dB]
本発明	1.266	62.3
比較例 1	1.508	61.8
比較例 2	1.145	19

[0064] 表 1 に示すように、比較例 1 では、厚み 1.508 mm、アイソレーション特性 61.8 dB、比較例 2 では、厚み 1.145 mm、アイソレーション特性 19 dB であるのに対して、本発明の一実施形態による光アイソレータ素子 2 では、厚み 1.266 mm、アイソレーション特性が 62.3 dB となり、アイソレーション特性において比較例 1 とは遜色なく、比較例 2 に対しては格段に向上していることが確認できた。また、小型化も達成出来ていることが認められた。

[0065] 以上の結果から、本発明の各実施形態に係る光アイソレータ素子 3 によれば、一列に並べて配置された光吸収型の第 1 偏光子 33、第 2 偏光子 34、第 3 偏光子 35 と、第 1 偏光子 33 および第 2 偏光子 34 の間に配置された第 1 ファラデー回転子 31 と、第 2 偏光子 34 および第 3 偏光子 35 の間に配置された第 2 ファラデー回転子 32 とを備えた光アイソレータ素子 2 の、第 1 偏光子 33 および第 3 偏光子 35 の組にタイプ B の偏光子を用い、第 2 偏光子 34 にタイプ A の偏光子を用いることにより、アイソレーション特性の劣化を生じないアイソレータ素子 3 が得られることが解った。また、これに

よってアイソレータ素子3を小型化することもできる。

[0066] なお、本発明は上述の実施の形態および実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内であれば種々の変更は可能である。例えば、上述の実施の形態の一例では偏光子のガラス母材として $\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3$ を用いたが、 Al_2O_3 等の他の酸化物系ガラス材料を使用してもよい。

[0067] また、上記実施の形態の説明において上下左右という用語は、単に図面上の位置関係を説明するために用いたものであり、実際の使用時における位置関係を意味するものではない。

符号の説明

[0068] 1, 2, 3 : 光アイソレータ素子
1 1 : ファラデー回転子
3 1 : 第1ファラデー回転子
3 2 : 第2ファラデー回転子
1 2, 3 3 : 第1偏光子
1 3, 3 4 : 第2偏光子
3 5 : 第3偏光子
5 1 : フェルルール
5 2 : キャピラリ
5 3 : 光ファイバ
5 4 : 磁石

請求の範囲

- [請求項1] 光の偏光面を回転させるファラデー回転子と、該ファラデー回転子の一方面側に配置され、金属粒子が分布する金属粒子層を有する第1偏光子と、前記ファラデー回転子の他方面側に配置され、前記第1偏光子の金属粒子層に分布する金属粒子の密度より大きい密度で金属粒子が分布する金属粒子層を有する第2偏光子とを備えたことを特徴とする光アイソレータ素子。
- [請求項2] 前記第1偏光子の前記金属粒子層の厚みが前記第2偏光子の前記金属粒子層の厚みより厚いことを特徴とする請求項1記載の光アイソレータ素子。
- [請求項3] 前記第1偏光子の前記金属粒子層の厚みが前記第2偏光子の前記金属粒子層の厚みの2倍以上であることを特徴とする請求項1記載の光アイソレータ素子。
- [請求項4] 前記第1偏光子は、透明基板上に物理的蒸着法により誘電体層と金属粒子層とを蒸着し、基板を延伸させることによって前記金属粒子層に含まれる金属粒子を細長い形状に成形した偏光子であり、前記第2偏光子は、ハロゲン化金属を含むガラス基材の表面近くにハロゲン化金属を還元させて形成された金属粒子を、基板を延伸させることによって細長い形状に成形した偏光子であることを特徴とする請求項1記載の光アイソレータ素子。
- [請求項5] 請求項1記載の光アイソレータ素子を複数枚重ねたことを特徴とする光アイソレータ素子。
- [請求項6] 一列に並べて配置され、金属粒子が分布する金属粒子層を有する光吸収型の第1、第2、第3偏光子と、前記第1および第2偏光子の間に配置された第1ファラデー回転子と、前記第2および第3偏光子の間に配置された第2ファラデー回転子とを備えた光アイソレータ素子であって、前記第1、第2、第3偏光子のうち、いずれか一枚の偏光子の前記金属粒子層に分布する金属粒子密度が他の偏光子の前記金属粒

子層に分布する金属粒子密度より大きいことを特徴とする光アイソレータ素子。

[請求項7] 前記第1, 第2, 第3偏光子のうち、いずれか一枚の偏光子の前記金属粒子層の厚みが他の偏光子の前記金属粒子層の厚みより薄いことを特徴とする請求項6記載の光アイソレータ素子。

[請求項8] 前記第1, 第2, 第3偏光子のうち、いずれか一枚の偏光子の前記金属粒子層の厚みが他の偏光子の前記金属粒子層の厚みの $1/2$ 以下であることを特徴とする請求項6記載の光アイソレータ素子。

[請求項9] 前記第1, 第2, 第3偏光子のうち、いずれか一枚の偏光子は、透明基板上に物理的蒸着方法により誘電体層と金属粒子層とを蒸着し、基板を延伸させることによって前記金属粒子層に含まれる金属粒子を細長い形状に成形した偏光子であり、他の偏光子は、ハロゲン化金属を含むガラス基材の表面近くにハロゲン化金属を還元させて形成された金属粒子を、基板を延伸させることによって細長い形状に成形した偏光子であることを特徴とする請求項6記載の光アイソレータ素子。

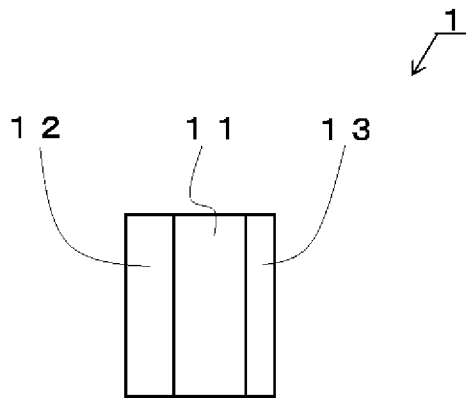
[請求項10] 一列に並べて配置され、金属粒子が分布する金属粒子層を有する光吸収型の第1, 第2, 第3偏光子と、前記第1および第2偏光子の間に配置された第1ファラデー回転子と、前記第2および第3偏光子の間に配置された第2ファラデー回転子とを備えた光アイソレータ素子であって、前記第1および第3偏光子の前記金属粒子層に分布する金属粒子密度が、前記第2偏光子の前記金属粒子層に分布する金属粒子密度より大きいことを特徴とする光アイソレータ素子。

[請求項11] 前記第1および第3偏光子の前記金属粒子層の厚みが前記第2偏光子の前記金属粒子層の厚みより薄いことを特徴とする請求項10記載の光アイソレータ素子。

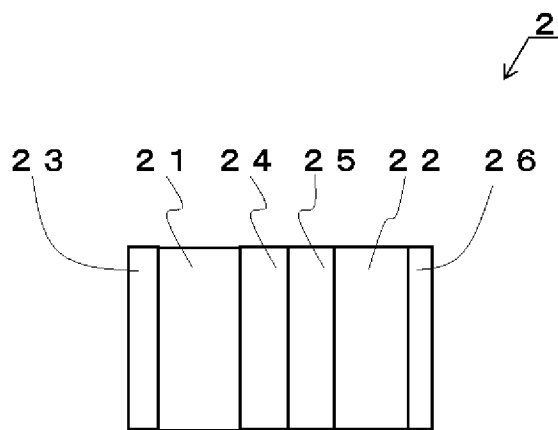
[請求項12] 前記第1および第3偏光子の前記金属粒子層の厚みが前記第2偏光子の前記金属粒子層の厚みの $1/2$ 以下であることを特徴とする請求項10記載の光アイソレータ素子。

- [請求項13] 前記第 1 および第 3 偏光子は、透明基板上に物理的蒸着方法により誘電体層と金属粒子層とを蒸着し、基板を延伸させることによって前記金属粒子層に含まれる金属粒子を細長い形状に成形した偏光子であり、前記第 2 偏光子は、ハロゲン化金属を含むガラス基材の表面近くにハロゲン化金属を還元させて形成された金属粒子を、基板を延伸させることによって細長い形状に成形した偏光子であることを特徴とする請求項 10 記載の光アイソレータ素子。
- [請求項14] 内部に発光素子を備え、前記発光素子から出射された光信号の光路中に請求項 1 記載の光アイソレータ素子が挿入されていることを特徴とする光モジュール。
- [請求項15] 前記発光素子から出射された集光ビームの途中に挿入され、前記第 1 偏光子を透過する光ビーム径が、前記第 2 偏光子を透過する光ビーム径に対して大きくなるように前記光アイソレータ素子が配置されていることを特徴とする請求項 14 記載の光モジュール。
- [請求項16] 内部に発光素子を備え、前記発光素子から出射された光信号の光路中に請求項 6 記載の光アイソレータ素子が挿入されていることを特徴とする光モジュール。
- [請求項17] 前記発光素子から出射された集光ビームの途中に挿入され、前記金属粒子層の金属粒子密度が大きい偏光子を透過する光ビーム径が、金属粒子密度が小さい偏光子を透過する光ビーム径に対して大きくなるように前記光アイソレータ素子が配置されていることを特徴とする請求項 16 記載の光モジュール。
- [請求項18] 内部に発光素子を備え、前記発光素子から出射された光信号の光路中に請求項 10 記載の光アイソレータ素子が挿入されていることを特徴とする光モジュール。

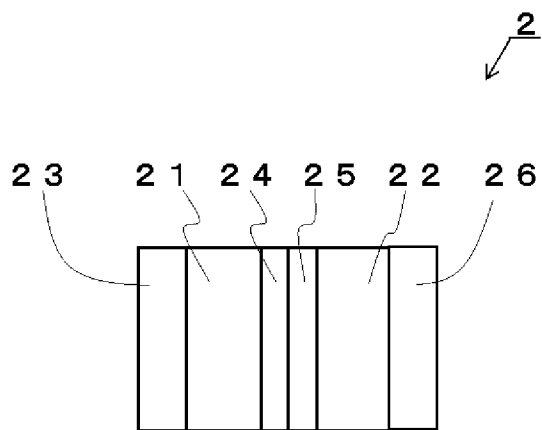
[図1]



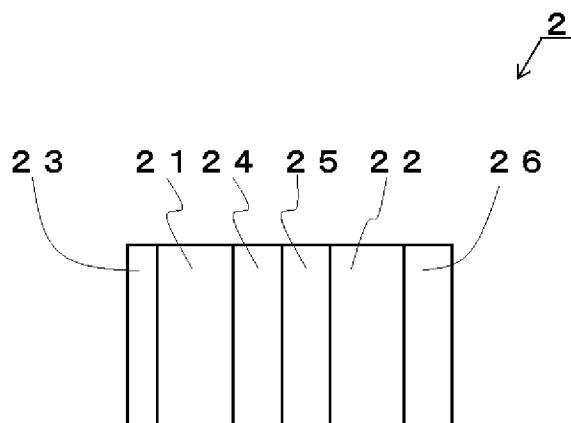
[図2A]



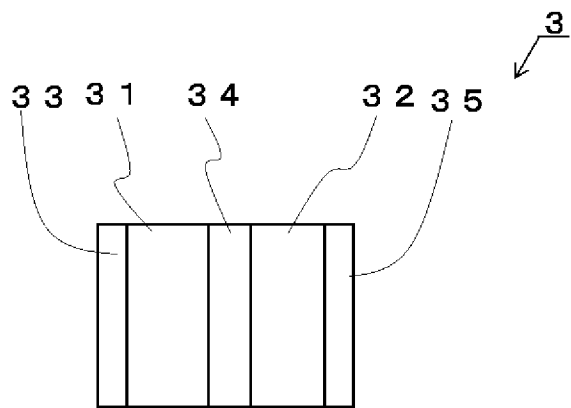
[図2B]



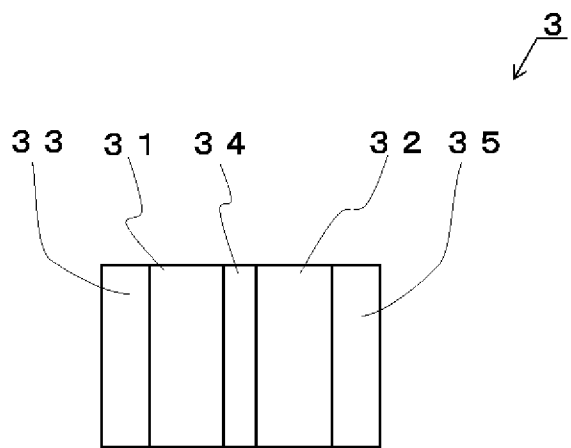
[図2C]



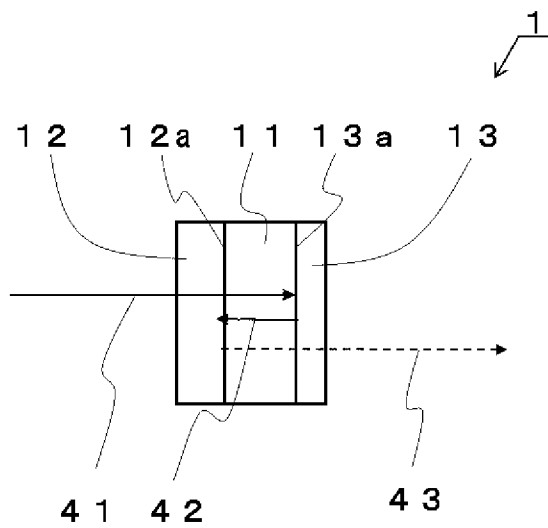
[図3A]



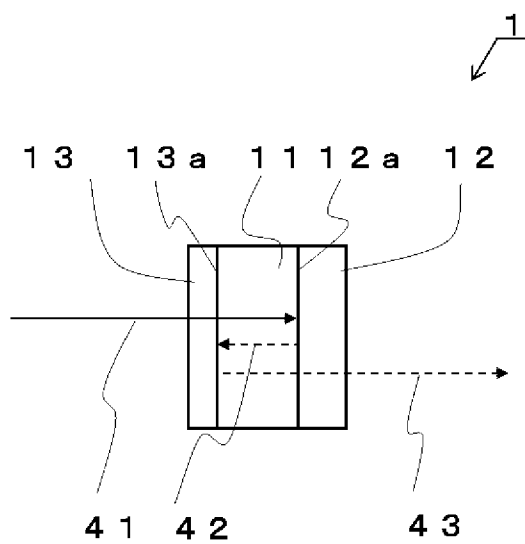
[図3B]



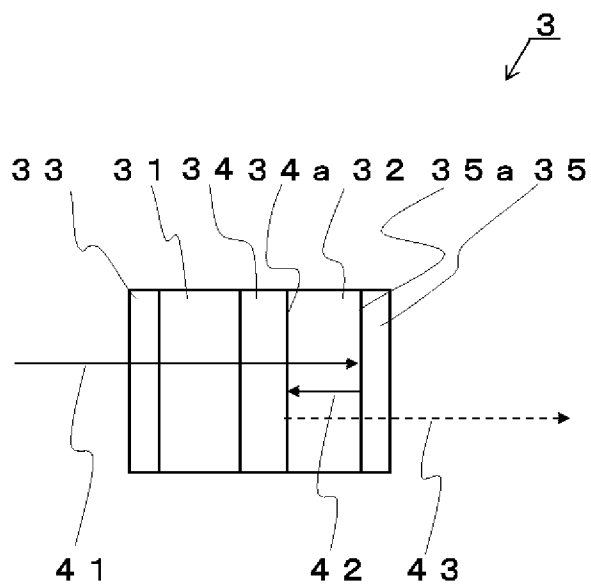
[図4A]



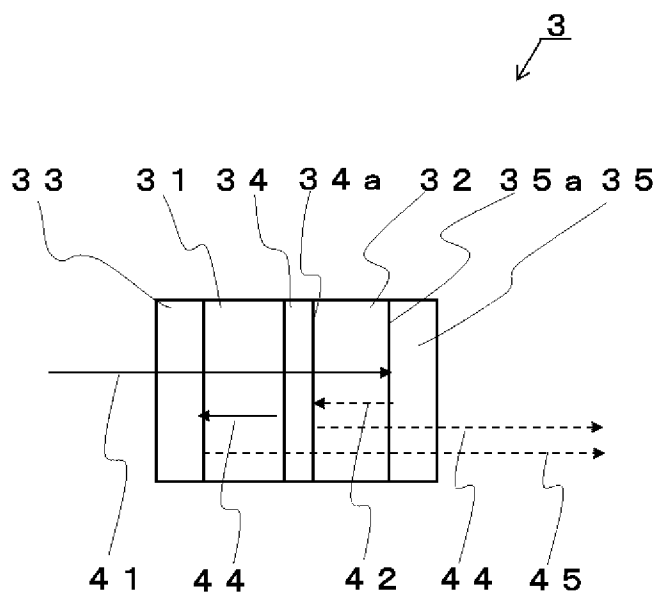
[図4B]



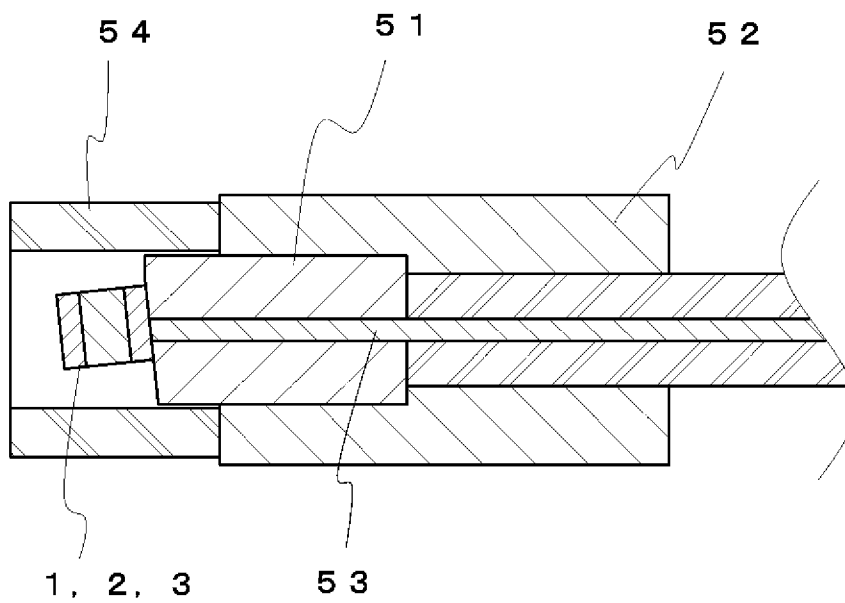
[図5A]



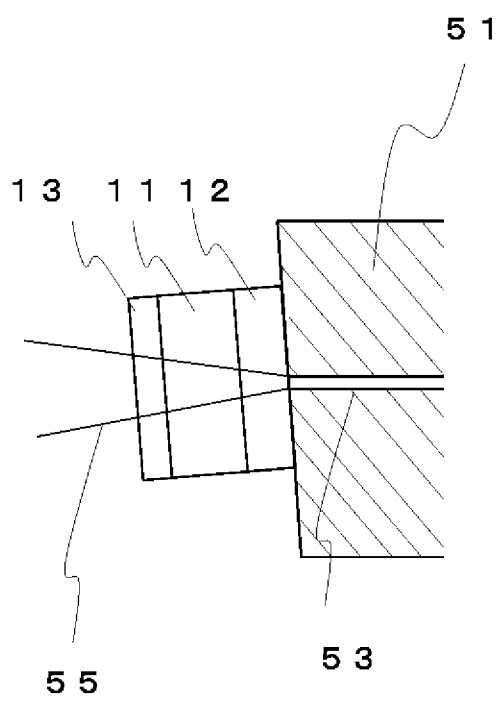
[図5B]



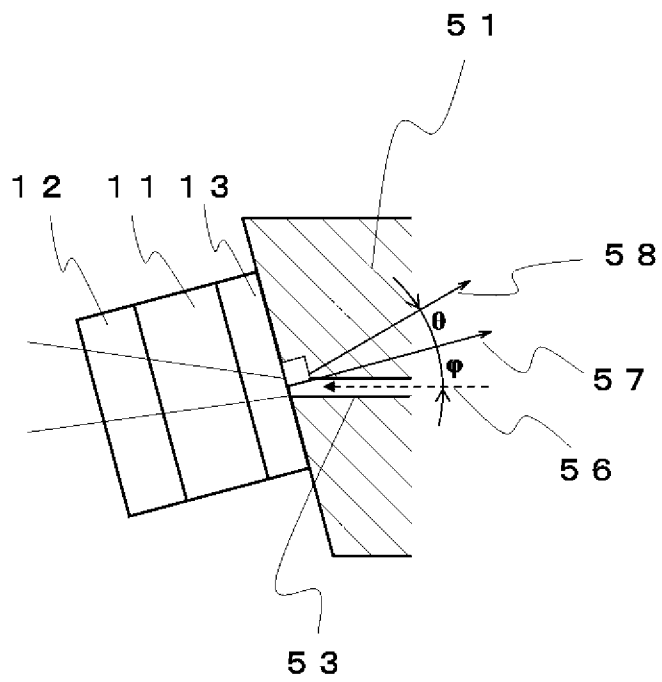
[図6]



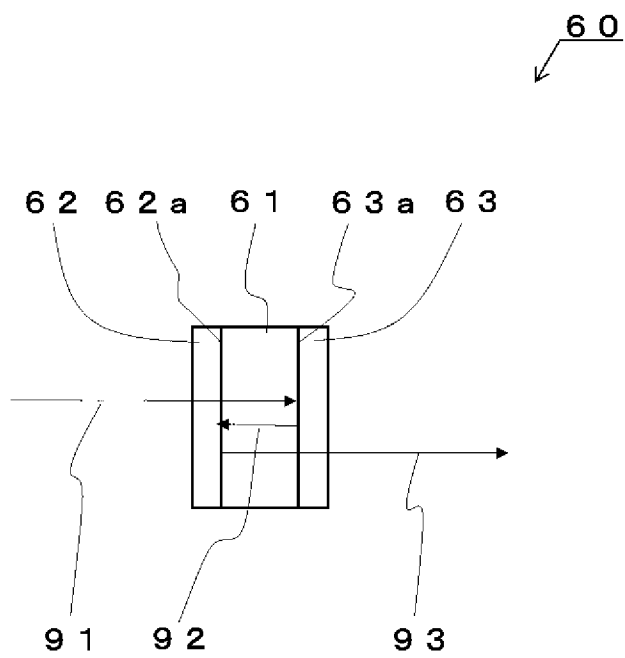
[図7]



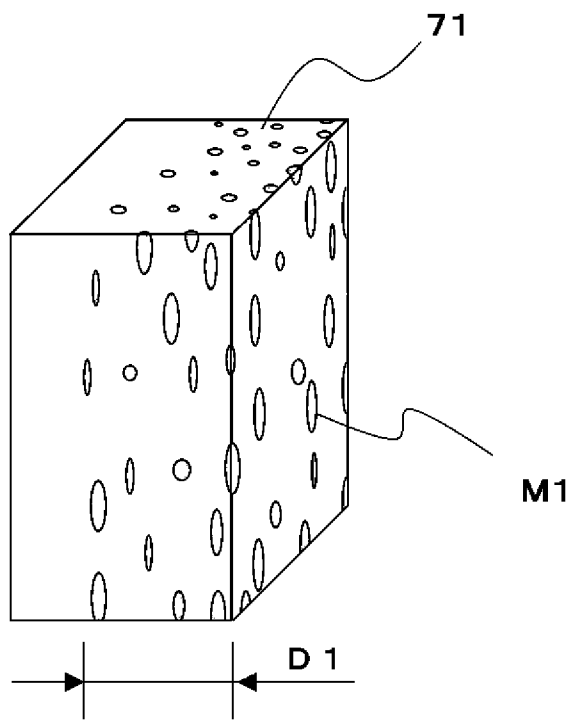
[図8]



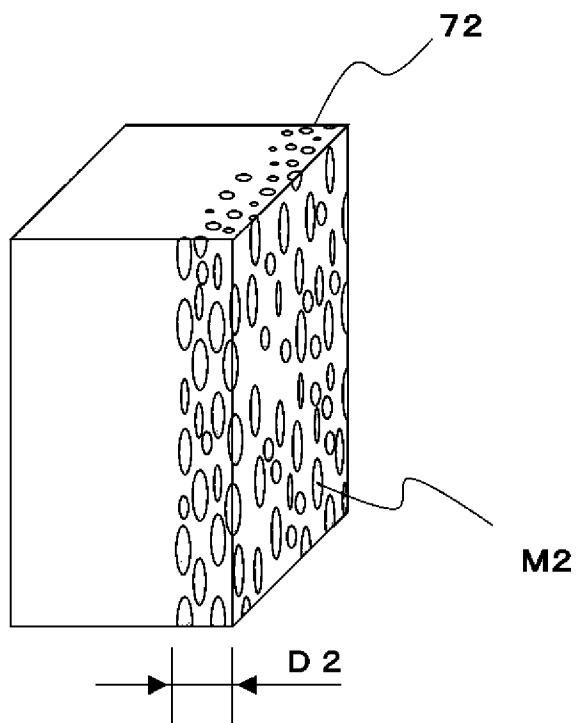
[図9]



[図10A]



[図10B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054849

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B27/28(2006.01) i, G02B5/30(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)

G02B27/28, G02B5/30

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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

CiNii, JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-284769 A (Kyocera Corp.), 19 October 2006 (19.10.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-18
A	JP 2006-208710 A (Kyocera Corp.), 10 August 2006 (10.08.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-18
A	JP 2000-284226 A (Kyocera Corp.), 13 October 2000 (13.10.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-18



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

12 April, 2010 (12.04.10)

Date of mailing of the international search report

20 April, 2010 (20.04.10)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054849

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-299329 A (Hoya Candeo Optronics Corp.), 11 December 2008 (11.12.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-18
A	JP 2001-51235 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 23 February 2001 (23.02.2001), entire text; all drawings (Family: none)	6-13, 16-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G02B27/28(2006.01)i, G02B5/30(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. G02B27/28, G02B5/30			
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 0 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 0 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 0 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） CiNii, JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)			
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	JP 2006-284769 A（京セラ株式会社）2006.10.19, 全文全図（ファ ミリーなし）	1-18	
A	JP 2006-208710 A（京セラ株式会社）2006.08.10, 全文全図（ファ ミリーなし）	1-18	
A	JP 2000-284226 A（京セラ株式会社）2000.10.13, 全文全図（ファ ミリーなし）	1-18	
☒ 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 1 2 . 0 4 . 2 0 1 0		国際調査報告の発送日 2 0 . 0 4 . 2 0 1 0	
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 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 野田 定文 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4	2 X 9 7 1 1

C (続き) . 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	JP 2008-299329 A (HOYA CANDEO OPTRONICS 株式会社) 2008. 12. 11, 全文全図 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2001-51235 A (信越化学工業株式会社) 2001. 02. 23, 全文全図 (ファミリーなし)	6-13, 16-18