



- (51) 国際特許分類 :
G02B 5/20 (2006.01) B32B 15/04 (2006.01)
B32B 7/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP20 14/002276
- (22) 国際出願日 : 2014 年 4 月 23 日 (23.04.2014)
- (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 2013-098442 2013 年 5 月 8 日 (08.05.2013) JP
- (71) 出願人 : 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者 : 大門 真 (HKADO, Makoto); 〒4801 192 愛知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内 Aichi (JP). 三雨 篤志 (MIURA, Atsushi); 〒4801 192 愛知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内 Aichi (JP). 藤川 久喜 (FUJIKAWA, Hisayoshi); 〒480 1192 愛知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究

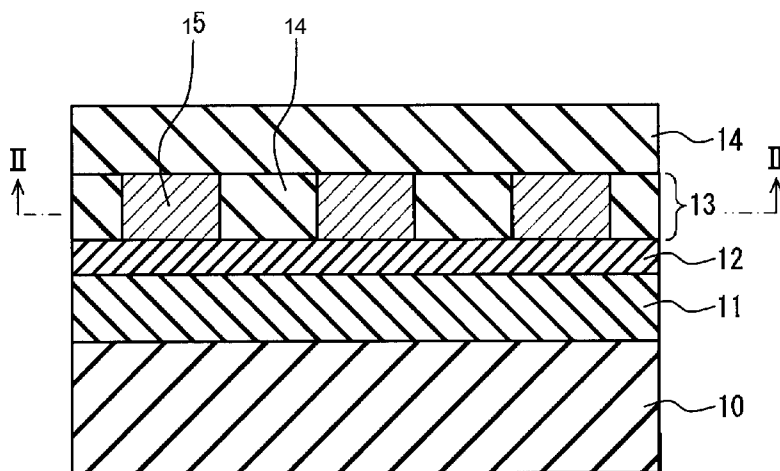
所内 Aichi (JP). 有木 伴秀 (ARIKI, Tomohide); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 杉浦 真紀子 (SUGIURA, Makiko); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 大塚 澄 (OTSUKA, Kiyoshi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 余郷 幸明 (OGO, Yukiaki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 立野 善英 (TACHINO, Yoshihide); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).

- (74) 代理人 : 金 順姫 (KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 1 3 番 1 9 号 瀧定ビル 6 階 Aichi (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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

[続葉有]

- (54) Title: OPTICAL FILTER
- (54) 発明の名称 : 光学フィルタ



(57) Abstract: An optical filter configured from a substrate (10) comprising SiO₂, a high-refractive-index layer (11) positioned on the substrate (10), a gap layer (12) positioned on the high-refractive-index layer (11), a metal layer (13, 23) positioned on the gap layer (12), and a protective layer (14) positioned on the metal layer (13, 23). The high-refractive-index layer (11) comprises TiO₂, which is a dielectric having a higher refractive index than the substrate (10). The gap layer (12) comprises SiO₂, the same as the substrate (10), and has a refractive index lower than that of the high-refractive-index layer (11). The metal layer (13, 23) has a periodic structure having a pattern in which square metal dots (15) comprising Al are arranged in a square lattice.

(57) 要約 : 光学フィルタは、SiO₂からなる基板 10 と、基板 10 上に位置する高屈折率層 11 と、高屈折率層 11 上に位置するギャップ層 12 と、ギャップ層 12 上に位置する金属層 13、23 と、金属層 13、23 上に位置する保護層 14 と、によって構成される。高屈折率層 11 は、基板 10 よりも屈折率の高い誘電体である TiO₂ からなる。ギャップ層 12 は、基板 10 と同様に SiO₂ からなり、高屈折率層 11 よりも屈折率が低い。金属層 13、23 は、平面視において、Al からなる正方形の金属ドット 15 が正方格子状に配列されたパターンの周期的構造を有している。





MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

/ < (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能な)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, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

添付公開書類：

－ 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称 : 光学フィルタ

関連出願の相互参照

- [0001] 本出願は、2013年5月8日に出願された日本国特許出願2013_98442号に基づくものであり、ここにその記載内容を参照により援用する。

技術分野

- [0002] 本開示は、表面プラズモン共鳴を用いて特定波長帯域の光を選択的に透過させる光学フィルタに関する。

背景技術

- [0003] 特定の波長帯の光を透過させる光学フィルタは、大きく分けて3種類の光学フィルタがある。第1の種類の光学フィルタは色素系の材料を用いる光学フィルタ（たとえば特許文献1）であり、第2の種類の光学フィルタは誘電体多層膜を用いる光学フィルタ（たとえば特許文献2）であり、第3の種類の光学フィルタは表面プラズモン共鳴を用いる光学フィルタ（たとえば特許文献3〜8）である。
- [0004] 色素系の材料を用いた光学フィルタは、カラー液晶ディスプレイなどに広く用いられており、主にRGB用の可視光領域に対応する光学フィルタが多い。色素系材料を用いた可視光領域の光学フィルタは、透過率、透過波長のピークの半値幅ともに良好な特性を示す。
- [0005] 誘電体多層膜を用いた光学フィルタは、屈折率の異なる誘電体膜を交互に所定の膜厚で積層させた構造であり、多くの光学部品に用いられている。誘電体多層膜を用いた光学フィルタは、透過率、透過波長のピークの半値幅ともに良好な特性であり、耐環境性にも優れている。また、誘電体多層膜を用いた光学フィルタは、近赤外領域においても良好な特性が得られる。
- [0006] 表面プラズモン共鳴を用いた光学フィルタは、周期的構造を有する金属層を有した構造であり、金属と誘電体との界面で生じる表面プラズモン共鳴を

利用する。表面プラズモン共鳴を用いた光学フィルタにおいては、周期的構造の周期長を調整したり、ホールやドットの形状を工夫することによって、所望の透過域を得たり、プラズモン増強による透過率の向上が試みられている。

[0007] 本願発明者は、光学フィルタと、光学フィルタに関する技術に関して下記を見出した。

[0008] 色素系の材料を用いた光学フィルタは、紫外線などによってフィルタの特性が劣化してしまうなど耐環境性に優れていない虞がある。また、近赤外線領域において良好な透過特性を示す材料がない虞がある。

[0009] 誘電体多層膜を用いた光学フィルタは、良好な特性を得るためには薄膜を10層以上積層させる必要があり、製造に手間がかかり低コスト化が難しい虞がある。また厚さ方向に波長依存性があるため、同一の工程で複数の波長フィルタを作製することができない虞がある。

[0010] 表面プラズモン共鳴を用いた光学フィルタは、構成が簡単であり、耐環境性も高いという利点があるが、上記2つの光学フィルタに比べて透過率や透過波長のピークの半値幅など特性が悪い虞がある。

先行技術文献

特許文献

- [0011] 特許文献1：日本国公開特許公報2010—134353号
特許文献2：日本国公開特許公報2008—5383号
特許文献3：日本国公開特許公報2008—270061号
特許文献4：日本国公開特許公報2006—509358号
特許文献5：日本国公開特許公報2000—111851号
特許文献6：日本国公開特許公報2007—258657号
特許文献7：日本国公開特許公報2010—160212号
特許文献8：日本国公開特許公報2011—171519号

発明の概要

[0012] 本開示の目的は、透過帯域の狭い特性を実現する表面プラズモン共鳴を用

いた光学フィルタを提供することである。

[0013] 本開示の一例によれば、表面プラズモン共鳴を用いて特定の波長帯域の光を選択的に透過させる光学フィルタにおいて、誘電体からなる第1誘電体層と、第1誘電体層上に位置し、第1誘電体層よりも屈折率の高い誘電体からなる第2誘電体層と、第2誘電体層上に位置し、第2誘電体層よりも屈折率の低い誘電体からなる第3誘電体層と、第3誘電体層上に位置し、周期的構造を有した金属からなり、第3誘電体層との界面で表面プラズモン共鳴を生じさせる金属層と、を有する光学フィルタが提供される。

[0014] 本開示によれば、金属層と第3誘電体層との界面に生じる表面プラズモン共鳴による大域的な波長フィルタリングだけでなく、第2誘電体層を設けたことによる伝搬モードの限定により狭帯域な波長フィルタリングを行うことができる。そのため、狭帯域な光学フィルタを実現することができる。特に、表面プラズモン共鳴を用いた光学フィルタでは従来難しかった近赤外領域に透過波長ピークを有する特性が実現されうる。

図面の簡単な説明

[0015] 本開示についての上記および他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照した下記の詳細な説明から、より明確になる。添付図面において

[図1] 図1は、実施例1の光学フィルタの構成を示した図であり、

[図2] 図2は、図1の切断線II-IIにおける、金属ドット15の配列パターンを示した図であり、

[図3] 図3は、他の金属層13の周期的構造を示した図であり、

[図4] 図4は、他の金属層13の周期的構造を示した図であり、

[図5] 図5は、他の金属層13の周期的構造を示した図であり、

[図6] 図6は、実施例1の光学フィルタの透過率波長依存性を示したグラフであり、

[図7] 図7は、実施例2の光学フィルタの構成を示した図であり、

[図8] 図8は、図7の切断線VIII-VIIIにおける、金属ドット25の配列パターンを示した図である。

発明を実施するための形態

[001 6] 以下、本開示の具体的な実施例について説明するが、本開示は実施例に限定されるものではない。

(実施例 1)

図 1 は、実施例 1 の光学フィルタの構成を示した図である。実施例 1 の光学フィルタは、図 1 のように、 SiO_2 からなる基板 10 と、基板 10 上に位置する高屈折率層 11 と、高屈折率層 11 上に位置するギャップ層 12 と、ギャップ層 12 上に位置する金属層 13 と、金属層 13 上に位置する保護層 14 と、によって構成されている。この光学フィルタは、その面に垂直に保護層 14 側から光を入射させ、基板側から出射される光を狭帯域とするものである。基板 10、高屈折率層 11、ギャップ層 12、保護層 14 は、それぞれ本開示の第 1 誘電体層、第 2 誘電体層、第 3 誘電体層、第 4 誘電体層に相当している。

[001 7] 基板 10 は、 SiO_2 からなる。 SiO_2 以外にも、高屈折率層 11 よりも屈折率の低い誘電体であれば任意の材料を用いることができる。

[001 8] 高屈折率層 11 は、厚さ 130 nm で、基板 10 よりも屈折率の高い誘電体である TiO_2 からなる。高屈折率層 11 は、基板 10 よりも屈折率の高い誘電体材料であれば、他の材料を用いてもよく、たとえば、 ZrO_2 などの酸化物や、 SiN などの窒化物でよい。高屈折率層 11 を導入することにより、光の伝搬モードを限定し、所望の帯域の透過率を抑制することができる。詳細については後述する。

[001 9] ギャップ層 12 は、基板 10 と同様に SiO_2 からなり、高屈折率層 11 よりも屈折率が低くなっている。ギャップ層 12 の厚さは 50 nm である。ギャップ層 12 は基板 10 と同じ材料である必要はなく、高屈折率層 11 よりも屈折率の低い材料であればよい。ただし、基板 10 と同一の材料を用いることで、高屈折率層 11 の厚さの設計が容易となり、実施例 1 の光学フィルタの構成が簡易となり、低コスト化を図ることができる。よって、ギャップ層 12 は同一材料もしくは誘電率がおおよそ等しい材料とすることが望ましい。

。

[0020] 金属層 13 は、図 2 に示すように、平面視において、A1 からなる金属ドット 15 が正方格子状に配列されたパターンの周期的構造を有している。金属ドット 15 の形状は直方体であり、平面視において正方形である。金属層 13 の厚さは 100 nm である。また、この周期的構造は、周期長（金属ドット 15 の中心の間隔）は 500 nm、金属ドット 15 の大きさ（正方形の一辺の長さ）は 250 nm である。金属ドット 15 間の隙間は、保護層 14 によって埋められている。これにより、金属ドット 15 が酸化等によって腐食することを防止している。

[0021] なお、金属層 13 の周期的構造は、図 2 に示したものに限るものではなく、表面プラズモン共鳴を生じうる任意の周期的構造であってよい。たとえば、正方格子状以外にも、三角格子状などの任意の周期的パターンに金属ドット 15 を形成してもよい。また、金属ドット 15 ではなく、金属層 13 を貫通する孔を周期的に開けた構造としてもよい。この場合も孔の配列は正方格子状、三角格子状など任意の周期的パターンとすることができる。また、ストライプ状の溝あるいは凸部を設けることで周期的パターンとしてもよい。金属層 13 の周期的構造が、ストライプ状の場合は、偏光方向がストライプ方向の光成分については、透過できない点に留意する。ドットあるいは孔の平面視での形状は、円、楕円、正三角形、正方形、正六角形など任意の形状を用いることができ、この形状によっても実施例 1 の光学フィルタの透過率等を制御することができる。また、ドットあるいは孔の側面は、傾斜を有していてもよい。また、ドット間の隙間や孔は、空洞であってもよいが、実施例 1 の金属層 13 のように誘電体（保護層 14）によって埋められていることが望ましい。これにより、金属層 13 の酸化等の腐食を防止するとともに、光学フィルタの物理的な耐久性、安定性を高めることができる。

[0022] 金属層 13 の周期的構造の一例を図 3～5 に示す。図 3 は、金属層 13 を貫通する正方形の孔 17 を正方格子状に配列したパターンである。図 4 は、正方形の金属ドット 15 を三角格子状に配列したパターンである。図 5 は、

ストライプ状の金属からなる凸部 18 を設けたパターンである。

[0023] たとえば、透過波長のピークを 400 ～ 2000 nm の間にするには、孔またはドットが三角格子状あるいは正方格子状に配列したパターンとし、その周期（ドット間の距離または孔間の距離）を 200 μm 以下とすることで可能となる。また、透過率や半値幅は、金属層 13 の厚さ、孔およびドットの大きさと形状によって制御可能である。透過率を 60 % 以上とするには、金属層 13 の厚さを 200 nm 以下とし、孔およびドットを円または多角形とし、その直径を周期の 2/3 以下とすることで実現できる。

[0024] 金属層 13 の材料は Al に限るものではなく、Au、Ag、Cu、Mg、Zr、In、Sn、Fe、Co、Ni、Rh、Ir、Pt などの金属単体やそれらの合金でよい。金属層 13 の材料は、ITO（インジウム酸化スズ）、酸化亜鉛、などの導電性酸化物を用いることもできる。表面プラズモン共鳴の効果が高い Al、Au またはそれらの合金とすることが望ましい。

[0025] 保護層 14 は、 SiO_2 からなり、金属層 13 を封止して酸化等の腐食を防止する。また、保護層 14 は、光学フィルタの透過率を高める。この構成により、ギャップ層 12 と金属層 13 との界面で生じる表面プラズモン共鳴と、金属層 13 と保護層 14 との界面で生じる表面プラズモン共鳴を利用することができるため、透過率を高めることができる。保護層 14 は金属層 13 上に位置するとともに、金属層 13 の金属ドット 15 の隙間を埋めている。保護層 14 はギャップ層 12 と異なる材料であってもよい。透過波長の半値幅を狭くするためには、ギャップ層 12 と保護層 14 は同一材料とするか、もしくは誘電率がおおよそ等しい材料とすることが望ましい。この保護層 14 は必ずしも必要ではないが、上記利点のため設けることが好ましい。また、金属ドット 15 の隙間を埋める部材を保護層 14 と異なるものとしてもよい。

[0026] なお、金属層 13 以外の各構成の材料、つまり基板 10、高屈折率層 11、ギャップ層 12 は、無機材料であってもよいし、有機材料であってもよい。フレキシブルな有機材料を用いることで、フィルム状の光学フィルタとす

ることも可能である。

[0027] 保護層 14 上に、入射光の反射を防ぐ膜、たとえば A R コート膜を形成してもよい。

[0028] 実施例 1 の光学フィルタは、以下の製造方法によって作製する。まず、基板 10 上に、スパッタや真空蒸着、化学蒸着 (C V D) などの方法によって誘電体層 11、ギャップ層 12 を順に形成する。次に、ギャップ層 12 上に、スパッタや真空蒸着などの方法によって金属層を形成し、その上に電子線 (E B) 描画、ナノインプリントなどを用いてレジストをパターニングする。そして、誘導結合プラズマ (I C P) エッチングなどを用いて金属層をエッチングすることで、周期的構造を有する金属層 13 を形成する。その後、金属層 13 上にスパッタ、真空蒸着、C V D などの方法によって保護層 14 を形成する。以上によって実施例 1 の光学フィルタが作製される。

[0029] 次に、実施例 1 の光学フィルタの動作について説明する。

[0030] 実施例 1 の光学フィルタは、その光学フィルタの主面に垂直に保護層 14 表面側から光を入射させ、基板 10 裏面側から光を透過させて取り出すものである。光を光学フィルタの主面に垂直に、保護層 14 側から入射させると、保護層 14 と金属層 13 の金属 ドット 15 との界面、および金属 ドット 15 とギャップ層 12 との界面において生じる表面プラズモン共鳴によって、所定の波長帯のみが透過される。つまり、所望の波長に透過率のピークを有した透過特性を有する。

[0031] この表面プラズモン共鳴を利用した波長フィルタリングでは、ピークよりも短波長側において十分に透過率を低減することができない虞がある。

[0032] この短波長側の光は、高屈折率層 11 を設けたことで抑制される。高屈折率層 11 は、高屈折率層 11 よりも屈折率の低い基板 10 とギャップ層 12 との間に設けた層であり、この高屈折率層 11 を設けたことで、下記数式 1 を満たす伝搬モードのみが高屈折率層 11 内を平面方向に伝搬することができる。なお、光学フィルタの主面に垂直に光を入射しているにもかかわらず、高屈折率層 11 を平面方向に伝搬する光が存在するのは、金属層 13 の周

期的構造による回折のためである。

[0033] [数1]

$$(k_0^2 \varepsilon_1 - \beta^2)^{\frac{1}{2}} d = m\pi + \arctan\left(\frac{\varepsilon_1 \cdot \beta^2 - k_0^2 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 \cdot k_0^2 \varepsilon_1 - \beta^2}\right)^{\frac{1}{2}} + \arctan\left(\frac{\varepsilon_1 \cdot \beta^2 - k_0^2 \varepsilon_3}{\varepsilon_3 \cdot k_0^2 \varepsilon_1 - \beta^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

上記数式1において、 k_0 は波数、 β は伝搬定数、 d は高屈折率層11の厚さ、 ε_1 、 ε_2 、 ε_3 はそれぞれ基板10、高屈折率層11、ギャップ層12の誘電率、 m は整数を示している。

[0034] 実施例1の光学フィルタでは、基板10とギャップ層12とで同一材料を用いているため、 $\varepsilon_1 = \varepsilon_3$ であり、数式1は次の数式2のようになる。

[0035] [数2]

$$\sqrt{k_0^2 \varepsilon_1 - \beta^2} d = m\pi + 2\arctan\left(\frac{\varepsilon_1 \cdot \beta^2 - k_0^2 \varepsilon_2}{\varepsilon_2 \cdot k_0^2 \varepsilon_1 - \beta^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

ギャップ層12を透過して高屈折率層11に入射した光のうち、この数式2を満たす伝搬モードの光は高屈折率層11中にトラップされ、高屈折率層11を透過して基板10へと入射することはない。したがって、基板10、高屈折率層11、ギャップ層12の3層の積層構造は、数式2を満たす波長帯を透過させない波長フィルタとして動作する。

[0036] この数式2を満たす伝搬モードにおいて許容される波長帯と、表面プラズモン共鳴による波長フィルタリングでの透過波長ピークより左側の帯域とが重なるようにし、かつ、数式2の伝搬モードにおいて禁止される波長帯域（つまり高屈折率層11を透過する波長帯域）と、表面プラズモン共鳴による波長フィルタリングでの透過波長ピークとが重なるように、高屈折率層11の厚さ d を設計する。実施例1の光学フィルタでは、高屈折率層11の厚さを130nmとすることで、750～850nmの帯域を透過させないように設計している。これにより、表面プラズモン共鳴による波長フィルタリングで十分に抑制されなかった透過波長ピークの短波長側を、高屈折率層11

の導入による波長フィルタリングによって抑制することができる。また、透過波長ピークの半値幅も、これにより一層狭くすることができる。

[0037] 図6は、実施例1の光学フィルタについて、透過率の波長依存性を示したグラフである。比較のため、実施例1の光学フィルタから高屈折率層11を省いた光学フィルタ（以下、比較例の光学フィルタ）についても透過率の波長依存性を示す。なお、図6はシミュレーションにより求めたものである。

[0038] 図6のように、実施例1の光学フィルタの透過率の波長依存性は、860nm付近にピークを有した特性であり、そのピークでの透過率は70%、半値幅はおよそ40nmである。一方、比較例の光学フィルタの透過率の波長依存性は、875nm付近にピークを有した特性であり、そのピークでの透過率は70%である。また、半値幅はおよそ60nmであり、実施例1の光学フィルタに比べて半値幅が大きい特性となっている。実施例1と比較例の光学フィルタでは、その透過特性が次の点で大きく異なっている。750～850nmの波長帯域では、実施例1の光学フィルタは10%程度の透過率であるのに対し、比較例の光学フィルタは30～40%の透過率である。この波長帯域において実施例1の光学フィルタが比較例の光学フィルタよりも透過を抑制できているのは、高屈折率層11を導入したことによる波長フィルタリングの効果であることが理解できる。また、半値幅も高屈折率層11の導入により60nmから40nmに狭くなっている。

[0039] 以上のように、実施例1の光学フィルタは、表面プラズモン共鳴を利用した大域的な波長フィルタリングと、高屈折率層11を設けて伝搬モードを限定することを利用した波長フィルタリングとを行うものであり、この2つの波長フィルタリング動作によって透過率が高く、透過波長のピークの半値幅の狭い特性を得ることができる。また、実施例1の光学フィルタは、透過波長ピークが近赤外領域（700～2500nm）にある。従来、近赤外領域に透過波長ピークを有する狭帯域な光学フィルタは、表面プラズモン共鳴を利用したものでは実現が難しかったが、本開示ではこれを実現することができる。

(実施例 2)

図 7 は、実施例 2 の光学フィルタの構成を示した図である。実施例 2 の光学フィルタは、実施例 1 の光学フィルタの金属層 13 を金属層 23 に替えたものであり、他の構成は実施例 1 の光学フィルタと同様である。

[0040] 金属層 23 は、図 8 に示すように、2 つの領域 23 A、23 B があり、領域 23 A では、所定の周期で金属ドット 25 が正方格子状に配列されたパターンとなっており、領域 23 B では、領域 23 A の周期よりも広い周期で、金属ドット 25 が正方格子状に配列されたパターンとなっている。このようなパターンは、実施例 1 の光学フィルタの製造工程において、金属層をエッチングする際のフォトレジストのパターンを替えるだけで作製することができる。

[0041] 金属層 23 の周期的構造の領域 23 A、23 B での周期の違いから、光が領域 23 A に入射する場合の透過波長ピークと、領域 23 B に入射する場合の透過波長ピークとは異なる。したがって、実施例 2 の光学フィルタは、1 つの光学フィルタにおいて、その光の入射位置の違いによって透過波長ピークを異ならせることができる。

[0042] なお、実施例 2 では金属層 23 の周期的構造を、その周期が異なる 2 つの領域としたが、周期が互いに異なる 3 つ以上の領域とすることも当然に可能である。

[0043] 本開示の光学フィルタは、フォトダイオードを用いたセンサ装置における S/N 比向上などに利用することができる。

[0044] 本開示の一態様によれば、表面プラズモン共鳴を用いて特定の波長帯域の光を選択的に透過させる光学フィルタにおいて、誘電体からなる第 1 誘電体層と、第 1 誘電体層上に位置し、第 1 誘電体層よりも屈折率の高い誘電体からなる第 2 誘電体層と、第 2 誘電体層上に位置し、第 2 誘電体層よりも屈折率の低い誘電体からなる第 3 誘電体層と、第 3 誘電体層上に位置し、周期的構造を有した金属からなり、第 3 誘電体層との界面で表面プラズモン共鳴を生じさせる金属層と、を有する光学フィルタが提供される。

- [0045] 第2誘電体層は、第1誘電体層よりも屈折率の高い誘電体であれば任意の材料を用いることができ、無機材料であっても有機材料であってもよい。作製の容易さ、低コスト化を考えると、第2誘電体層は酸化チタン (TiO_2)、 SiN (窒化ケイ素)、などの酸化物や窒化物であることが好ましい。
- [0046] 第2誘電体層を設けることにより、本開示に係る光学フィルタは特定の伝搬モードを透過させないようにできる。第2誘電体層の厚さを適切に設計することで、透過させたくない波長帯域を抑制することができる。
- [0047] 第1、3誘電体層には、第2誘電体層よりも屈折率の小さい任意の材料を用いることができ、無機材料であっても有機材料であってもよい。また、第1誘電体層と第3誘電体層とは異なる材料としてもよい。構造が簡易となり低コスト化を図ることができるので同じ材料とするのがよい。第1誘電体層、第3誘電体層には SiO_2 、 MgF_2 などを用いることができる。
- [0048] 金属層は、 Al 、 Au 、 Ag 、 Cu 、 Mg 、 Zr 、 In 、 Sn 、 Fe 、 Co 、 Ni 、 Rh 、 Ir 、 Pt などの金属単体やそれらの合金を用いることができる。金属層は、ITO (インジウム酸化スズ)、酸化亜鉛、などの導電性酸化物を用いることもできる。特に、表面プラズモン共鳴の効果が高い Al 、 Au またはそれらの合金とすることが望ましい。
- [0049] 金属層の周期的構造は、表面プラズモン共鳴を生じうる任意の周期的構造でよく、正方格子状、三角格子状、ストライプ状などの構造とすることができる。また、溝や孔などの凹部によって周期的構造を構成してもよい。ドットなどの凸部によって周期的構造を構成してもよい。ドットや孔の形状は、平面視で、円、楕円、正三角形、正方形、正六角形など任意の形状を用いることができ、その形状によって本開示の光学フィルタの特性を制御することも可能である。また、周期的構造の周期によって、本開示の光学フィルタの透過波長のピークを制御することができる。たとえば、ドットまたは孔を正方格子状あるいは三角格子状に配置して、周期を200nm以下とすれば、透過波長のピークを400〜2000nmの間に制御することができる。
- [0050] 凹部によって周期的構造を構成する場合、その凹部は空洞としてもよい。

その凹部は、金属層の酸化などによる腐食を防止するため、誘電体によって埋めるようにしてもよい。凸部によって周期的構造を構成する場合も同様である。

[0051] また、金属層の厚さは、本開示の光学フィルタの透過率、透過波長のピークの半値幅等に合わせて設計する。つまり、金属層の厚さによって本開示の光学フィルタの透過率や透過波長のピークの半値幅等の制御が可能である。

[0052] 金属層上には、第4誘電体層をさらに設けてもよい。金属層の酸化等による腐食を防止し、入射光の反射を防止するとともに、第4誘電体層と金属層との界面に生じる表面プラズモン共鳴を利用して本開示の光学フィルタの透過率、透過波長のピークの半値幅を向上させることができる。第4誘電体層は、第3誘電体層と同一材料としてもよい。

[0053] 本開示の他の態様としては、金属層は、所定周期の周期的構造を有する第1領域と、第1領域とは異なる周期の周期的構造を有する第2領域とを有する構造とすることができる。この構造により、第1領域を透過する光と第2領域を透過する光とで、透過領域を変えることができる。もちろん、第1、2領域とは周期の異なる第3領域、第1〜3領域とは周期の異なる第4領域などをさらに有する構造としてもよい。

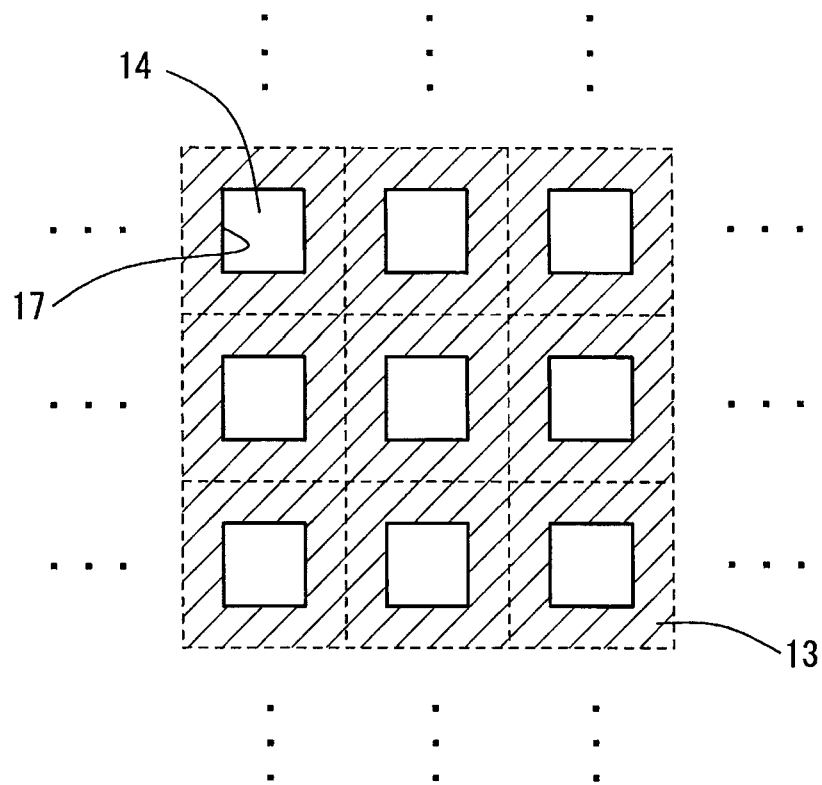
[0054] 本開示によれば、金属層と第3誘電体層との界面に生じる表面プラズモン共鳴による大域的な波長フィルタリングだけでなく、第2誘電体層を設けたことによる伝搬モードの限定により狭帯域な波長フィルタリングを行うことができる。そのため、狭帯域な光学フィルタを実現することができる。特に、表面プラズモン共鳴を用いた光学フィルタでは従来難しかった近赤外領域に透過波長ピークを有する特性が実現されうる。

[0055] 以上、本開示の実施形態、構成、態様を例示したが、本開示に係わる実施形態、構成、態様は、上述した各実施形態、各構成、各態様に限定されるものではない。例えば、異なる実施形態、構成、態様にそれぞれ開示された技術的部を適宜組み合わせ得られる実施形態、構成、態様についても本開示に係わる実施形態、構成、態様の範囲に含まれる。

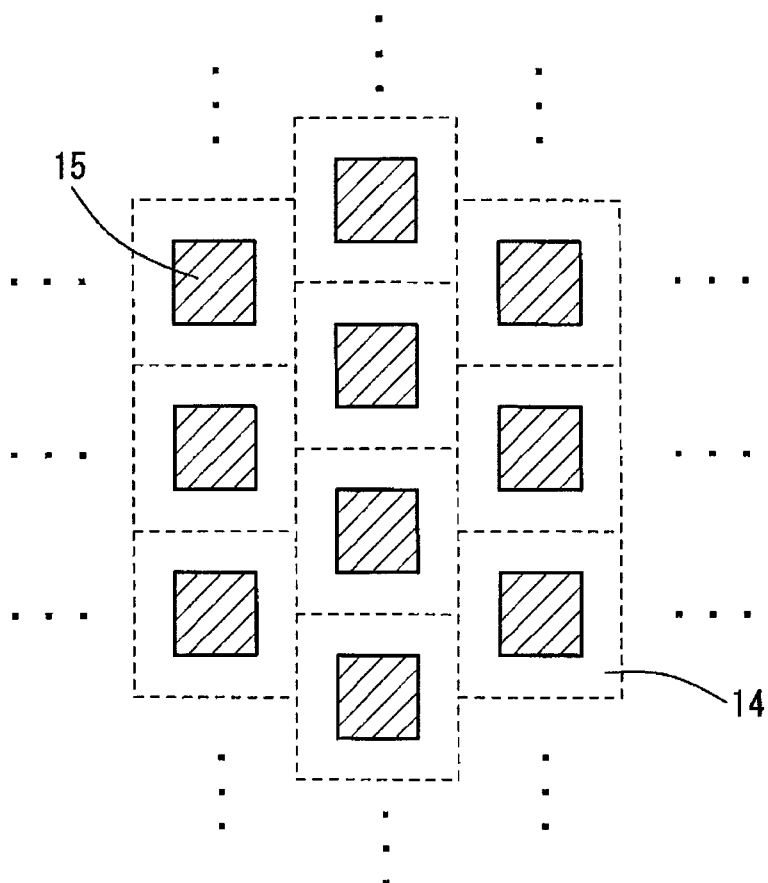
請求の範囲

- [請求項1] 表面プラズモン共鳴を用いて特定の波長帯域の光を選択的に透過させる光学フィルタにおいて、
- 誘電体からなる第1誘電体層 (10) と、
- 前記第1誘電体層 (10) 上に位置し、前記第1誘電体層 (10) よりも屈折率の高い誘電体からなる第2誘電体層 (11) と、
- 前記第2誘電体層 (11) 上に位置し、前記第2誘電体層 (11) よりも屈折率の低い誘電体からなる第3誘電体層 (12) と、
- 前記第3誘電体層 (12) 上に位置し、平面方向に周期的構造を有した金属からなり、前記第3誘電体層 (12) との界面で表面プラズモン共鳴を生じさせる金属層 (13、23) と、
- を有する光学フィルタ。
- [請求項2] 前記金属層 (23) は、所定周期の周期的構造を有する第1領域 (23A) と、前記第1領域 (23A) とは異なる周期の周期的構造を有する第2領域 (23B) と、を有する請求項1に記載の光学フィルタ。
- [請求項3] 前記第2誘電体層 (11) は、酸化物または窒化物である請求項1または請求項2に記載の光学フィルタ。
- [請求項4] 前記第2誘電体層 (11) は、酸化チタン、または窒化ケイ素である請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の光学フィルタ。
- [請求項5] 前記金属層 (13、23) は、Au、Al、またはそれらの合金である請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の光学フィルタ。
- [請求項6] 前記金属層 (13、23) 上に位置する第4誘電体層 (14) をさらに有する請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の光学フィルタ。
- [請求項7] 透過帯域が近赤外領域である請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の光学フィルタ。

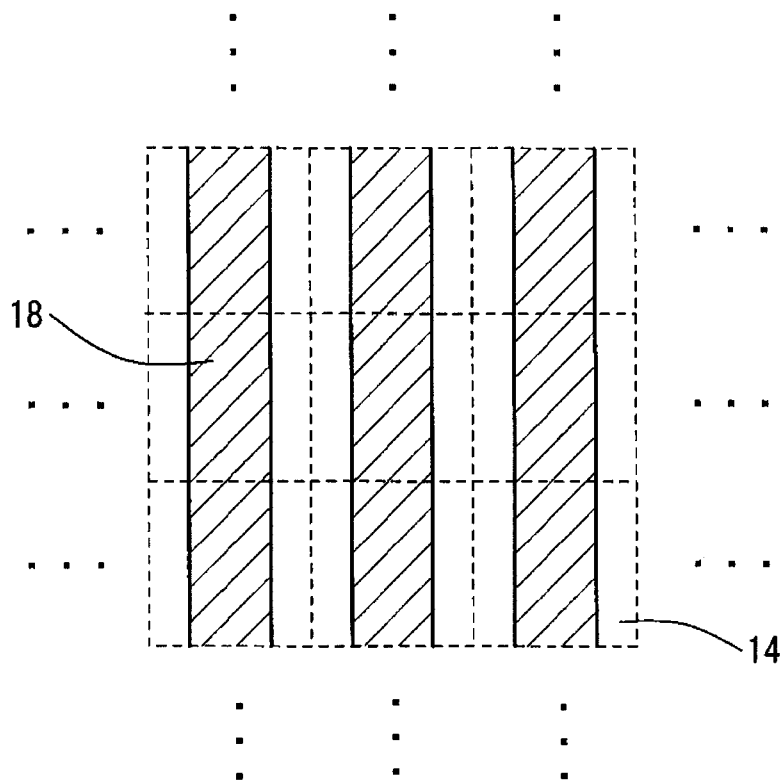
[図3]



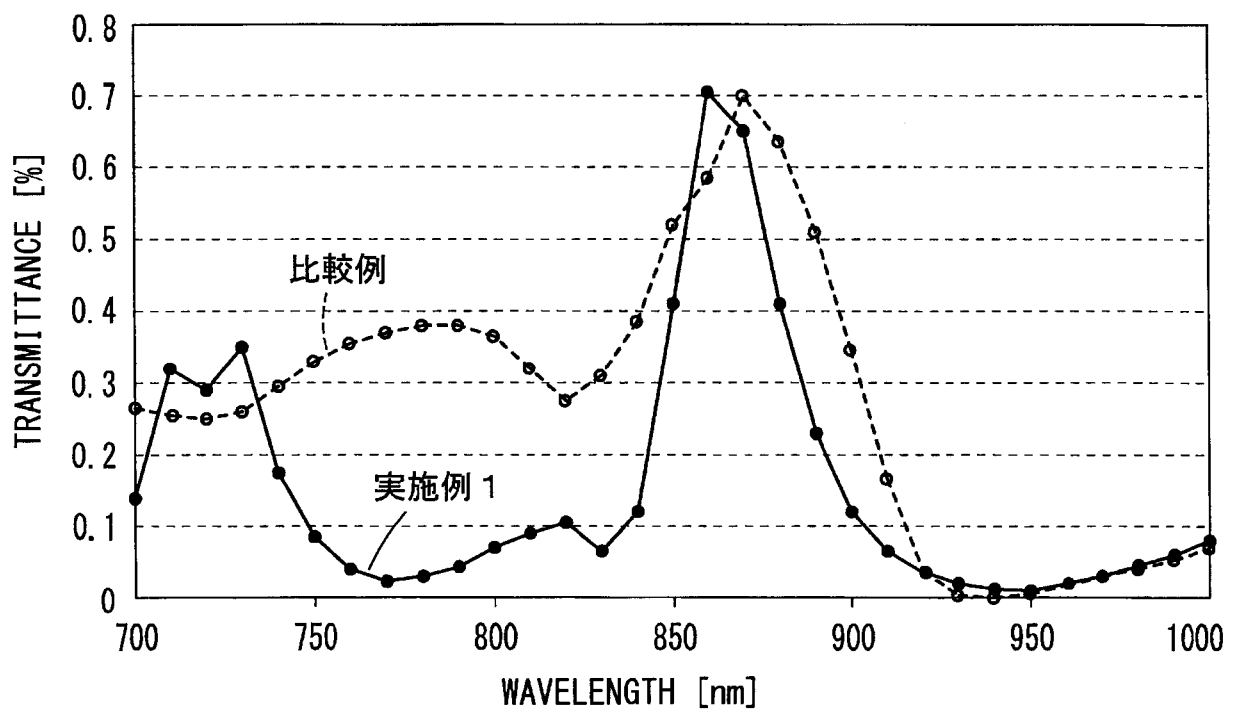
[図4]



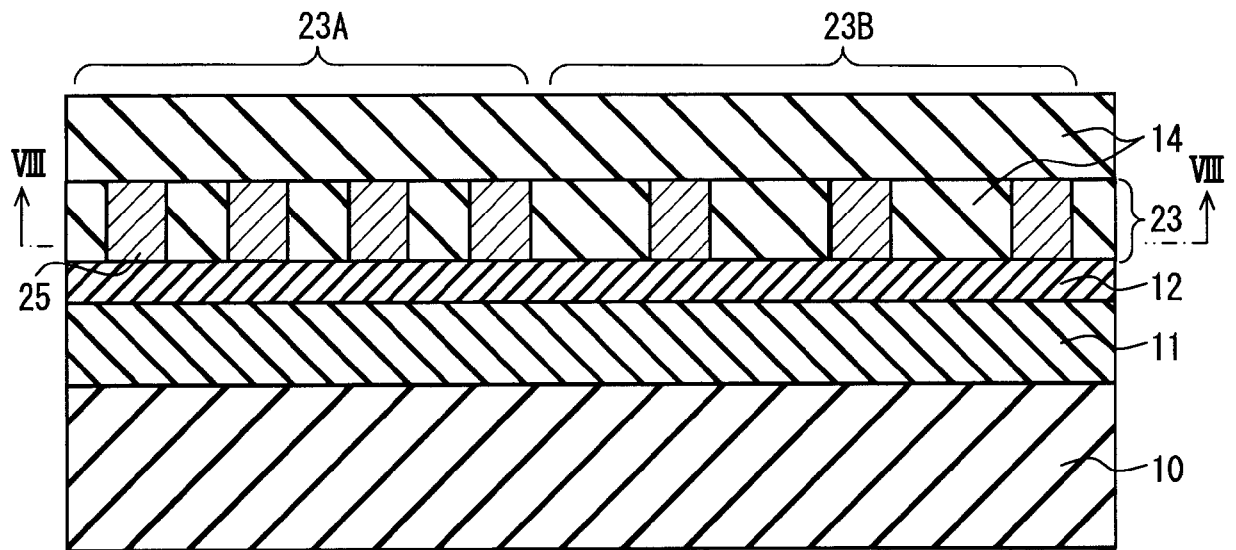
[図5]



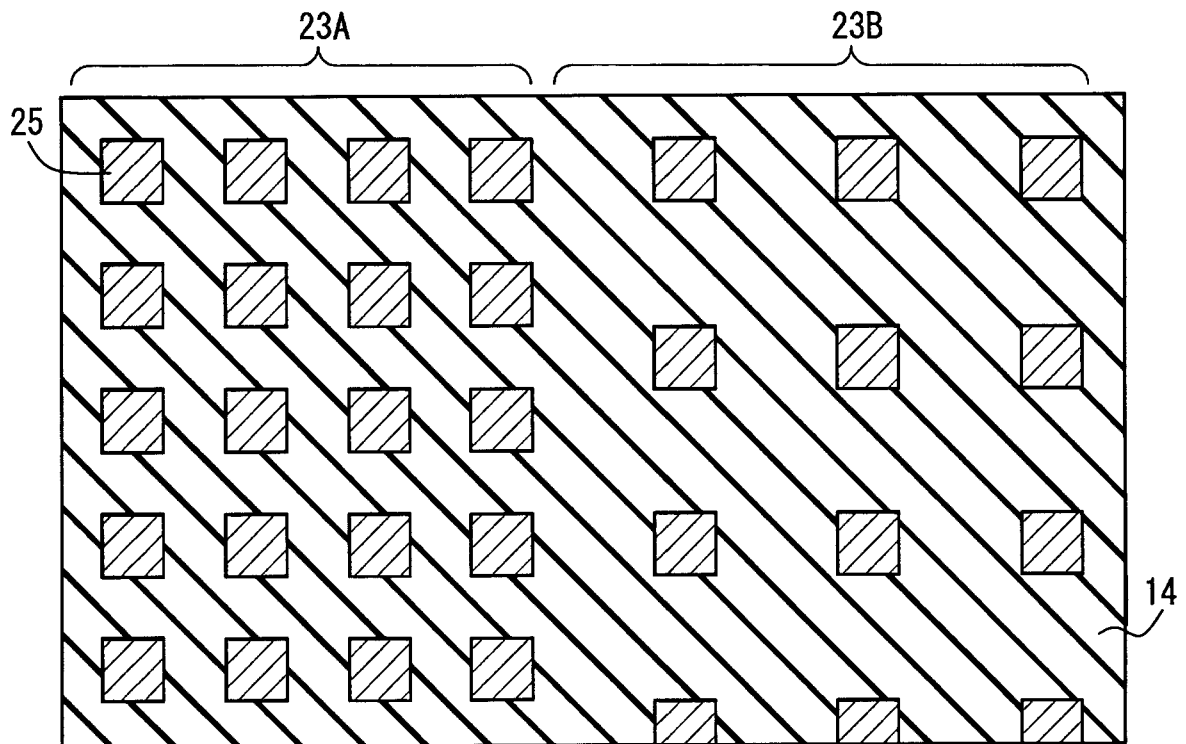
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 014 / 002276

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B5/2 0 (2006.01)i, B32B 7/02 (2006.01)i, B32B1 5/04 (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)

G 0 2 B 5 / 2 0 , B 3 2 B 7 / 0 2 , B 3 2 B 1 5 / 0 4

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	1996-2014
Kokai	Jitsuyo	Shinan	1971-2014	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2014

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.
X Y	WO 2011/139785 A2 (THE REGENT S OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN), 10 November 2011 (10.11.2011), paragraphs [0061], [0069] to [0072]; fig. 25A to D & JP 2013-525863 A & US 2011/0285942 A1 & EP 2564247 A & CN 102870018 A & KR 10-2013-0118729 A	1-5, 7 6
Y	JP 2010-9025 A (Canon Inc.), 14 January 2010 (14.01.2010), paragraphs [0081] to [0095]; fig. 1 & US 2009/0296246 A1 & EP 2128665 A1 & CN 101592751 A & KR 10-2009-0125012 A	6



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

05 June, 2014 (05.06.14)

Date of mailing of the international search report

17 June, 2014 (17.06.14)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 014 / 002276

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-170085 A (Canon Inc.), 05 August 2010 (05.08.2010), paragraphs [0100] to [0103], [0115]; fig. 11 6 US 2011/0128405 A1 & EP 2324378 A & WO 2010/073543 A1 & CN 102257410 A	6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B5/20 (2006. 01) i, B32B7/02 (2006. 01) i, B32B15/04 (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. G02B5/20, B32B7/02, B32B15/04

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

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)

年

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
X Y	W0 2011/139785 A2 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN) 2011. 11. 10, 段落 [0061] , [0069] - [0072] , 第 25A-D 図 & JP 2013-525863 A & US 2011/0285942 AI & EP 2564247 A & CN 102870018 A & KR 10-2013-0118729 A	1-5, 7 6
Y	JP 2010-9025 A (キャノン株式会社) 2010. 01. 14, 段落 【0081】 - 【0095】 , 第 1 図 & US 2009/0296246 AI & EP 2128665 AI & CN 101592751 A & KR 10-2009-0125012 A	6

☒ 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)
- 「B」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 5 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 6 . 2 0 1 4

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)

本田 博幸

2 0

2 9 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 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
Y	JP 2010-170085 A (キ ャ ノ ン 株 式 会 社) 2010. 08. 05, 段 落 【 0100 】 - 【 103 】 , 【 115 】 , 第 11 図 & US 2011/0128405 A I & EP 2324378 A & WO 2010/073543 A I & CN 102257410 A	6