

(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10月11日(11.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/137583 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/20 (2006.01) G03B 21/14 (2006.01)
F21S 2/00 (2006.01) H04N 5/74 (2006.01)
F21V 9/10 (2006.01) F21Y 101/02 (2006.01)
F21V 9/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/056729
- (22) 国際出願日: 2012年3月15日(15.03.2012)
- (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 2011-085364 2011年4月7日(07.04.2011) JP
特願 2012-001320 2012年1月6日(06.01.2012) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 棗田 昌尚(NATSUMEDA, Masanao) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 今井 雅雄(IMAI, Masao) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 尚文(SUZUKI,

Naofumi) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 富山 瑞穂(TOMIYAMA, Mizuho) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 富永 慎(TOMINAGA, Shin) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 大野 友嗣(OHNO, Yuji) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 宮崎 昭夫, 外(MIYAZAKI, Teruo et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル8階 Tokyo (JP).

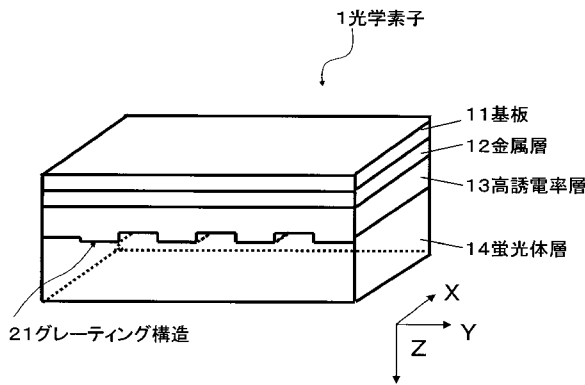
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, 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.

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL ELEMENT, COLOR WHEEL, ILLUMINATION DEVICE, AND PROJECTION DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 光学素子、カラーホイール、照明装置および投射型表示装置

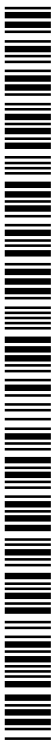
[図1]



- 1 Optical element
- 11 Substrate
- 12 Metallic layer
- 13 Highly dielectric layer
- 14 Fluorescent body layer
- 21 Grating structure

(57) Abstract: Provided is an optical element capable of increasing the optical strength of fluorescent light emitted by a fluorescent body, while improving the directionality of the fluorescent light. An optical element (1) has a metallic layer (12), a highly dielectric layer (13) layered on the metallic layer (12), and a fluorescent body layer (14) for emitting fluorescent light from incident light, and layered on the highly dielectric layer (13). In addition, there is a grating structure (21) that functions as a diffraction grating and is provided at the interface between the highly dielectric layer (13) and the fluorescent body layer (14). The dielectric constant of the highly dielectric layer (13) is greater than 2.25.

(57) 要約: 蛍光体で発光される蛍光の光強度を増強させつつ、その蛍光の指向性を向上させることが可能な光学素子を提供する。光学素子(1)は、金属層(12)と、金属層(12)に積層された高誘電率層(13)と、高誘電率層(13)に積層され、入射した光によって蛍光を発する蛍光体層(14)とを有する。また、高誘電率層(13)および蛍光体層(14)の界面には、回折格子として機能するグレーティング構造(21)を有する。そして、高誘電率層(13)の誘電率は、2.25より高い。



WO 2012/137583 A1



(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), ヨーロッパ (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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：

光学素子、カラーホイール、照明装置および投射型表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、表面プラズモンを利用した光学素子、カラーホイール、照明装置および投射型表示装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、光源装置や照明装置などの分野において、表面プラズモンが注目されている。表面プラズモンは、金属中で振動する自由電子の集団であり、金属と光の相互作用によって金属表面に励起されるものである。

[0003] 非特許文献 1 には、表面プラズモンを利用して、蛍光体で発光される蛍光の光強度を増大させることが可能な光学素子が記載されている。この光学素子では、基板に、金属薄膜、グレーティング構造を有する誘電体層の順で積層されている。また、誘電体層には、蛍光体として機能する量子ドットが塗布されている。誘電体層の誘電率は、2.25 である。

[0004] 光が量子ドットに入射すると、その入射光によって量子ドット内に励起子が励起される。励起子の一部は、蛍光を放射し、励起子の残りは、表面プラズモンの励起や電子-正孔対の生成に消費され、蛍光を放射せずに消失する。上記のように誘電体層がグレーティング構造を有していると、金属薄膜と誘電体層との界面に励起された表面プラズモンを回折して蛍光と同じ光で取り出すことができる。

[0005] したがって、非特許文献 1 に記載の光学素子では、グレーティング構造がない場合に取り出される光子に加えて、表面プラズモンの回折によって取り出される光子が加わるので、蛍光の光強度を増強させることができる。このため、非特許文献 1 に記載の光学素子が、蛍光で照明を行う蛍光照明装置に適用されれば、蛍光照明装置の輝度を向上させることが可能になる。

先行技術文献

非特許文献

- [0006] 非特許文献1: Ehren Hwang, Igor I. Smolyaninov, Christopher C. Davis, NANO LETTERS, 2010, 10 P813-820

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 照明装置では、出射光に指向性が求められることがある。
- [0008] 例えば、プロジェクタでは、照明装置からの光を映像信号に応じて変調して出射する変調素子と、変調素子からの光をスクリーンに投射する投射光学系とを備えていることがある。このようなプロジェクタでは、投射画像の輝度を高めるために、照明装置からの光を効率良く投射光として利用することが求められている。しかしながら、蛍光照明装置から光がある角度以上で出射されると、その光は変調素子に入射されず損失となる。
- [0009] 非特許文献1に記載の光学素子では、蛍光の光強度は増強しているが、指向性は向上していない。このため、非特許文献1に記載の光学素子が適用された蛍光照明装置がプロジェクタ用の照明装置として使用されても、その蛍光照明装置からの蛍光を効率良く投射光として利用することは難しい。
- [0010] 本発明の目的は、蛍光体で発光される蛍光の光強度を増強させつつ、その蛍光の指向性を向上させることが可能な光学素子、カラーホイール、照明装置および投射型表示装置を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0011] 本発明による光学素子は、金属層と、前記金属層に積層された誘電体層と、前記誘電体層に積層され、入射した光によって蛍光を発する蛍光体層と、を有し、前記誘電体層および前記蛍光体層の界面には、回折格子が形成され、前記誘電体層の誘電率は、2.25よりも高い。
- [0012] また、本発明のカラーホイールは、上記の光学素子を有する。
- [0013] また、本発明の照明装置は、上記の光学素子と、前記光学素子の蛍光体層に光を出射する光源と、を有する。

[0014] また、本発明の照明装置は、上記のカラーホイールと、前記カラーホイールの蛍光体層に光を出射する光源と、を有する。

[0015] また、本発明の投射型表示装置は、上記の照明装置を有する。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、蛍光体で発光される蛍光の光強度を増大させつつ、その蛍光の指向性を向上させることが可能になる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の第1の実施形態の光学素子の構成を模式的に示す斜視図である。

[図2]励起子および表面プラズモンの結合効率と高誘電率層の誘電率との関係を示す図である。

[図3]光学素子からの出射光の光強度および放射角の関係を示す図である。

[図4]蛍光体層の一例を示す図である。

[図5]蛍光体層の他の例を示す図である。

[図6]蛍光体層の他の例を示す図である。

[図7]蛍光体層の他の例を示す図である。

[図8]蛍光体層の他の例を示す図である。

[図9]蛍光体層の他の例を示す図である。

[図10]光学素子の他の形態を示す図である。

[図11]光学素子を用いた照明装置の一例を示す図である。

[図12]光学素子を用いた照明装置の他の例を示す図である。

[図13]光学素子を用いたカラーホイールの一例を示す図である。

[図14]光学素子を用いたカラーホイールの他の例を示す図である。

[図15]光学素子を用いたプロジェクタの一例を示す図である。

[図16]光学素子を用いたプロジェクタの他の例を示す図である。

[図17]光学素子を用いたプロジェクタの他の例を示す図である。

[図18]光学素子を用いたプロジェクタの他の例を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0018] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下の説明では、同じ機能を有するものには同じ符号を付け、その説明を省略する場合がある。
- [0019] 図1は、本発明の第1の実施形態の光学素子の構成を模式的に示す斜視図である。図1に示すように、光学素子1では、基板11、金属層12、高誘電率層13、蛍光体層14の順で積層されている。
- [0020] なお、実際の光学素子では、各層の厚さが非常に薄く、また各層の厚さの違いが大きいため、各層を正確なスケールや比率で図示するのは困難である。このため、図面では各層が実際の比率通りに描かれておらず、模式的に示されている。また、図1に示すように、基板11と平行な面をXY平面とし、XY平面と直交する方向をZ方向とする。
- [0021] 基板11の材料としては、例えば、ガラスなどが挙げられる。
- [0022] 金属層12は、表面プラズモンを励起するプラズモン励起層である。金属層12の材料としては、例えば、金、銀、銅、白金、パラジウム、ロジウム、オスミウム、ルテニウム、イリジウム、鉄、錫、亜鉛、コバルト、ニッケル、クロム、チタン、タンタル、タングステン、インジウム、アルミニウム、又はこれらの合金などで形成される。また、金属層12の厚さは、200nm以下に形成されるのが好ましく、10nm~100nm程度に形成されるのが特に好ましい。
- [0023] 高誘電率層13は、誘電率が2.25より高い誘電体で形成される誘電体層である。なお、高誘電率層13は、誘電率が高いほど望ましい。
- [0024] また、高誘電率層13では、蛍光体層14と接する面に、回折格子（グレーティング）として機能するグレーティング構造21を有する。グレーティング構造21としては、凹凸構造、フォトニック結晶およびレンズアレイなどが挙げられる。なお、凹凸構造には、凸部が円錐形状であるモスアイ構造なども含まれる。本実施形態では、グレーティング構造21を凹凸構造とする。また、凹凸構造の凹凸は、三角格子状に配置されていることが望ましいが、1次元格子状に配置されていてもよい。

[0025] 蛍光体層 14 は、入射された入射光を吸光して励起子（キャリア）を生成し、その励起子によって蛍光を発生させるキャリア生成層である。蛍光体層 14 の材料としては、量子ドット蛍光体などのナノ無機蛍光体が望ましいが、Eu、BaMgAl_xO_y:Eu、BaMgAl_xO_y:Mnなどの無機蛍光体や有機蛍光体でもよい。

[0026] 以上のように構成された光学素子 1 において、光が蛍光体層 14 に入射すると、その入射した入射光は、蛍光体層 14 内に励起子を励起する。励起子の一部は緩和することによって蛍光に変換されて光学素子 1 から出射される。また、残りの励起子の一部は、金属層 12 と高誘電率層 13 との界面に表面プラズモンを励起する。励起された表面プラズモンは、グレーティング構造 21 によって回折されて光学素子 1 から出射される。

[0027] 上記の表面プラズモンが励起されるためには、表面プラズモンの波数の X および Y 成分の波数 k_{spp} と、回折格子の周期 k_g とが一致する必要がある。つまり、 m を正の整数とすると、 $k_{spp} = m \cdot K_g$ が満たされる必要がある。

[0028] 波数 k_{spp} は、光学素子 1 の入出射部分の誘電率分布に応じて決定される。入出射部分は、金属層 12 よりも高誘電率層 13 側にある媒質（図 1 では、高誘電率層 13 および蛍光体層 14）である。

[0029] 金属層 12 の誘電率の実部を ϵ_{metal} 、真空中での光の波数を k_0 とすると、表面プラズモンの波数の X 成分および Y 成分の波数 k_{spp} と、表面プラズモンの波数の Z 成分 $k_{spp,z}$ とは、

[0030] [数1]

$$k_{spp,z} = \sqrt{\epsilon_{eff} k_0^2 - k_{spp}^2} \quad \dots \text{式 (1)}$$

$$k_{spp} = k_0 \operatorname{Re} \left[\sqrt{\frac{\epsilon_{eff} \epsilon_{metal}}{\epsilon_{eff} + \epsilon_{metal}}} \right] \quad \dots \text{式 (2)}$$

で表される。 ϵ_{eff} は、入出射部分の実効誘電率である。実効誘電率 ϵ_{eff} は、蛍光体層 14 から出射する蛍光の角周波数を ω 、入出射部分の誘電率分布を $\epsilon(\omega, x, y, z)$ 、虚数単位を j とすると、入出射部分の誘電率分布と、高誘電率層 13 側の金属層 12 の界面に垂直な方向に対する表面プラズ

モンの分布に基づいて決定され、

[0031] [数2]

$$\varepsilon_{eff} = \left(\frac{\iiint_D \operatorname{Re}[\sqrt{\varepsilon(\omega, x, y, z)}] \exp(2jk_{spp,z}z)}{\iiint_D \exp(2jk_{spp,z}z)} \right)^2 \quad \dots \text{式 (3)}$$

で表される。ここで、 $\operatorname{Re}[\]$ は、 $[\]$ 内の実部を取ることを表す。

[0032] 式 (3) における積分範囲 D は、金属層 1 2 の高誘電率層 1 3 側の 3 次元範囲である。より具体的には、積分範囲 D の XY 平面の範囲は、金属層 1 2 内の範囲であり、積分範囲の Z 方向の範囲は、金属層 1 2 および高誘電率層 1 3 の界面から高誘電率層 1 3 側の無限遠までの範囲である。なお、金属層 1 2 および高誘電率層 1 3 の界面を $Z = 0$ とし、この界面から高誘電率層 1 3 側へ遠ざかる方向を $+Z$ 方向としている。

[0033] 実効誘電率 ε_{eff} は、以下の式を用いて計算してもよい。ただし、式 (3) を用いる方が特に望ましい。

[0034] [数3]

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\iiint_D \operatorname{Re}[\varepsilon(\omega, x, y, z)] \exp(2jk_{spp,z}z)}{\iiint_D \exp(2jk_{spp,z}z)} \quad \dots \text{式 (3.1)}$$

[0035] 式 (1)、式 (2)、式 (3) を用いることで、入出射部分の誘電率分布 $\varepsilon(\omega, x, y, z)$ から波数 k_{spp} を求めることができる。より具体的には、入出射部分の誘電率分布 $\varepsilon(\omega, x, y, z)$ を式 (3) に代入し、実効誘電率 ε_{eff} に適当な初期値を与え、式 (1)、式 (2)、式 (3) を用いて、表面プラズモンの波数 k_{spp} および k_{spp} 、 Z と実効誘電率 ε_{eff} とを繰り返し算出していくことで、実際の実効誘電率 ε_{eff} を算出し、その実際の実効誘電率 ε_{eff} から波数 k_{spp} を求めることができる。

[0036] したがって、式 (1)、式 (2)、式 (3) を用いて、 $k_{spp} = m \cdot K_g$ が満たされるように、回折格子の周期と入出射部分の誘電率分布とを調整すれば、励起された表面プラズモンが効率的に取り出され、蛍光の増強効果を高

くすることができる。

[0037] 図2は、励起子と表面プラズモンの結合効率と、励起子から金属層12までの相互作用距離と、高誘電率層13の誘電率との関係を示す図である。なお、励起子および表面プラズモンの結合効率は、励起された励起子のうち表面プラズモンを励起する励起子の割合を示す。

[0038] 図2で示したように、励起子から金属層12までの距離である相互作用距離が長いほど、励起子および表面プラズモンの結合効率は小さくなる。このため、励起子および表面プラズモンの結合効率が高くなるように、相互作用距離を調整して、表面プラズモンの強度を高くすることが望ましい。例えば、蛍光体層14の高誘電率層13とは反対の面から金属層12までの距離を、表面プラズモンの強度が最大値の e^{-2} 倍となる相互作用距離である有効相互作用距離程度にすればよい。なお、有効相互作用距離 d_{eff} は、

[0039] [数4]

$$d_{eff} = \text{Im} \left[\frac{1}{k_{spp,z}} \right] \quad \dots \text{式 (4)}$$

で表される。

[0040] また、実際の光学素子における有効相互作用距離 d_{eff} は、数百ナノメートルオーダーとなるため、蛍光および表面プラズモンの結合効率を高くするためには、蛍光体層14の材料である蛍光材料の粒子径は、ナノメートルオーダーであることが望ましい。

[0041] また、図2で示したように、高誘電率層13の誘電率は高いほど、励起子および表面プラズモンの結合効率の最大値は大きくなる。このため、高誘電率層13の誘電率は高いほど望ましい。ただし、入射部分の実効誘電率の実部が、金属層12の誘電率の実部の絶対値を大きく超えないように設定する必要がある。入射部分の実効誘電率の実部が金属層12の誘電率の実部の絶対値を超えると、式(2)が示すとおり表面プラズモンが励起されない条件となる。実際は、金属層12の誘電率は虚数部を持つため、入射部分の実効誘電率の実部が金属層12の誘電率の実部の絶対値を超えたとしても

、表面プラズモンは励起されるが、入射部分の実効誘電率の実部と金属層 12 の誘電率の実部の絶対値の乖離が大きいと、表面プラズモンが励起されなくなる。

[0042] 図3は、光学素子からの出射光の光強度および放射角の関係を示す図である。具体的には、高誘電率層13の誘電率が従来値である2.25の場合と、高誘電率層13の誘電率が従来値より大きい6.25の場合における、光学素子1からの出射光の光強度および放射角の関係を示す図である。ここで、縦軸の光強度は極角ごとの光の状態密度について規格化した値である。

[0043] 図3に示すように、高誘電率層13の誘電率が6.25の場合、高誘電率層13の誘電率が2.25の場合と比べて、放射角が $-45^{\circ} \sim 45^{\circ}$ に含まれる出射光の光強度は、1.1倍になり、放射角が $-60^{\circ} \sim 60^{\circ}$ に含まれる出射光の光強度は、1.2倍になる。

[0044] 以上説明したように本実施形態によれば、金属層12、誘電率が2.25より高い高誘電率層13、入射光によって蛍光が発生する蛍光体層14の順で積層されて、高誘電率層13および蛍光体層14の界面には、回折格子が形成される。このため、蛍光体層14で発生する蛍光と金属層12で発生する表面プラズモンとの結合効率を高くすることが可能になり、表面プラズモンから変換される蛍光の光強度が高くなる。そして、蛍光がグレーティング構造21によって出射角度が変換されるので、指向性も高くすることが可能になる。

[0045] 次に本発明の他の実施形態について説明する。

[0046] 図4～図9は、蛍光体層14の一例を示す図であり、光学素子1をYZ平面で切断した断面と、光学素子1を+Z方向から見た上面とが示されている。

[0047] 図4の例では、蛍光体層14が高誘電率層13を覆っている。また、蛍光体層14の高誘電率層13と接する面の逆の面が平坦となっている。

[0048] 図5の例では、蛍光体層14は、高誘電率層13の凹部に埋め込まれてお

り、蛍光体層 14 の高さが高誘電率層 13 の凸部の高さと同じになっている。

[0049] 図 6 の例では、蛍光体層 14 は、高誘電率層 13 の凹部に埋め込まれており、蛍光体層 14 の高さは高誘電率層 13 の凸部の高さより小さくなっている。

[0050] 図 7 の例では、高誘電率層 13 の凹部に埋め込まれており、蛍光体層 14 の高さが高誘電率層 13 の凸部の高さと同じになっている。また、蛍光体層 14 は、高誘電率層 13 の凸部にも積層されている。

[0051] 図 8 の例では、蛍光体層 14 が高誘電率層 13 を覆っている。また、蛍光体層 14 の高誘電率層 13 と接する面の逆の面は、高誘電率層 13 のグレーティング構造 21 と同じ構造が形成されている。

[0052] 図 9 の例では、蛍光体層 14 に、入射光の見かけの吸光度を増大させるための金属微粒子 31 が含まれている。見かけの吸光度とは、蛍光体層 14 を、均質な層とみなし、蛍光体層 14 全面に光を入射させたときの吸光度である。金属微粒子 31 は、入射光と相互作用することにより、金属微粒子 31 の表面に表面プラズモンを励起し、その表面近傍に入射光の電場強度に対して 100 倍近くの大きさの増強電場を誘起する。この増強電場によっても蛍光体層 14 内に励起子が生成されるので、蛍光体層 14 内の励起子の数が増加する。このため、金属微粒子 31 は、自身の表面に励起された表面プラズモンによって、入射光の見かけの吸光度を増大させて、蛍光の光強度を増大させることができる。

[0053] 金属微粒子 31 の材料としては、例えば、金、銀、銅、白金、パラジウム、ロジウム、オスミウム、ルテニウム、イリジウム、鉄、錫、亜鉛、コバルト、ニッケル、クロム、チタン、タンタル、タングステン、インジウム、アルミニウム、又はこれらの合金などが挙げられる。これらの中でも、金、銀、銅、白金、アルミニウムまたはこれらを主成分とする合金が好ましく、金、銀、アルミニウムまたはこれらを主成分とする合金が特に好ましい。金属微粒子 31 はその周辺と中心で金属種の異なるコアシェル構造、2 種の半球

の合体した半球合体構造、異なるクラスターが集合して微粒子を作るクラスター・イン・クラスター構造でもよい。金属微粒子 31 を合金または、これら特殊構造とすることで、微粒子の寸法や、形状を変化させなくとも、共鳴波長を制御できる。

[0054] 金属微粒子 31 の形状としては、直方体、立方体、楕円体、球体、三角錐および三角柱など、閉じた表面を有する形状であればどのような形状でも良い。また、金属微粒子 31 には、半導体リソグラフィ技術に代表される微細加工によって、金属薄膜を一辺が 10 μm 未満の閉じた面で構成される構造体に加工したものも含まれる。

[0055] 図 10 は、光学素子の別の形態を示す図である。図 10 において、光学素子 1' は、図 1 で示した光学素子 1 に加えて、蛍光体層 14 の上に設けられた冷却層 15 と、光学素子 1 および冷却層 15 を覆うカバー 17 とをさらに有する。

[0056] 冷却層 15 は、例えば、オイルなどの透明な液体などで形成され、蛍光体層 14 を冷却する。また、カバー 17 には、冷却層 15 の上の箇所に光透過部 16 が備わっている。光透過部 16 は、例えば、ガラスなどの透明誘電体のような光を透過する物質で形成され、蛍光体層 14 に入射する入射光と、蛍光体層 14 で発生する蛍光とを透過する。なお、光透過部 16 には、入射光および蛍光の反射を抑制して、入射光および蛍光の透過率を向上させる構造体が形成されてもよい。この構造体としては、フォトニック結晶、モスアイ構造、レンズアレイなどが挙げられる。

[0057] 次に光学素子 1 を用いた照明装置について説明する。

[0058] 図 11 は、照明装置 40 を示す図である。図 11 において、照明装置 40 は、光学素子 1 と、光源 41 と、光源からの光が入射する導光体 42 と、ダイクロイックミラー 43 とを有する。

[0059] 光源 41 は、例えば、LED (Light Emitting Diode) などで構成され、導光体 42 の外周部に配置される。光源 41 は、導光体 42 を介して光学素子 1 の蛍光体層 14 に光を入射する。

- [0060] なお、図 1 1 では、光源 4 1 は、導光体 4 2 と接触するように配置されているが、導光体 4 2 から離れた位置に配置されてもよく、例えばライトパイプのような導光部材によって導光体 4 2 と光学的に接続されてもよい。
- [0061] 導光体 4 2 は、例えばガラスで形成された平板状の部材であり、光源 4 1 から入射した光を内部で伝播させる。
- [0062] 導光体 4 2 の第 1 の面には、光学素子 1 が設けられている。なお、導光体 4 2 の第 1 の面と光学素子 1 の蛍光体層 1 4 が対向している。
- [0063] 導光体 4 2 の第 1 の面とは反対の面である第 2 の面には、ダイクロイックミラー 4 3 が設けられている。
- [0064] ダイクロイックミラー 4 3 は、光源 4 1 から入射した光を反射し、光学素子 1 で発生した蛍光を透過する波長選択性部材である。
- [0065] 以上のように構成された照明装置において、光源 4 1 から光が出射されると、その光は導光体 4 2 に入射され、導光体 4 2 内部を伝播する。導光体 4 2 内部では、光は、直接、または、ダイクロイックミラー 4 3 で反射され、光学素子 1 の蛍光体層 1 4 に入射する。その蛍光体層 1 4 に入射した光の一部は、蛍光体層 1 4 で反射され再び導光体 4 2 に戻される。この戻された光は、ダイクロイックミラー 4 3 で反射され蛍光体層 1 4 に再入射する。
- [0066] また、蛍光体層 1 4 に入射した光の一部は、第 1 の実施形態で説明したように蛍光に変換されて、蛍光体層 1 4 から導光体 4 2 に出射される。そして、導光体 4 2 に出射された光はダイクロイックミラー 4 3 を透過して出射される。
- [0067] また、照明装置 4 0 では、図 1 2 に示すように、ダイクロイックミラー 4 3 の導光体 4 2 の反対の面には、蛍光体層 1 4 からの蛍光の反射を抑制して、蛍光の透過率を向上させる構造体 4 4 が設けられてもよい。構造体 4 4 としては、フォトニック結晶、モスアイ構造およびレンズアレイなどが挙げられる。
- [0068] 次に光学素子 1 を用いたカラーホイールについて説明する。
- [0069] カラーホイールは、例えば、プロジェクタなどにおいて、カラー画像を表

示するために使用されるものであり、入射された光を複数の色の光に変換し時分割して出射するためのものである。

[0070] 図13は、光学素子を用いたカラーホイールを示す正面図である。図13において、カラーホイール50は、蛍光領域51～53を有する。蛍光領域51～53は、光学素子1または1'で構成される。また、各蛍光領域51～53における光学素子1の蛍光体層14は、それぞれ異なる色の蛍光を発生させる。

[0071] 図13の例では、カラーホイール50は、円形であり、外周部が3等分され、その3等分された各部分が蛍光領域51～53になっている。

[0072] 通常、カラーホイール50は、そのカラーホイール50の中心に直交する軸を回転軸として回転され、光源からの光がカラーホイール50の外周部に照射されるように使用される。これにより、光が入射される領域が蛍光領域51～53に時分割されるので、入射された光を複数の色の光に変換し時分割して出射することができる。

[0073] なお、カラーホイールは、光学素子1または1'で構成される蛍光領域が少なくとも一つあればよく、図14に示すカラーホイール50'のように、外周部は、蛍光領域51と、光を透過する透過領域54とに2等分されてもよい。なお、透過領域54は、すりガラスのような光を拡散して透過する光拡散板で形成されてもよい。

[0074] 次に光学素子を用いたプロジェクタ（投射型表示装置）について説明する。

[0075] 図15は、光学素子を用いたプロジェクタの一例を示す図である。図15において、プロジェクタは、光学素子1A～1Cと、光源101A～101Cと、ダイクロイックミラー102A～102Cと、表示素子103A～103Cと、色合成プリズム104と、投射レンズ105とを有する。なお、光学素子1A～1Cおよび光源101A～101Cは、照明装置を構成する。

[0076] 光学素子1A～1Cは、光学素子1または1'で構成される。なお、各光

学素子 1 A ~ 1 C における蛍光体層 1 4 は、それぞれ異なる色の蛍光を発生させる。例えば、各光学素子 1 A ~ 1 C における蛍光体層 1 4 は、赤色、緑色および青色のそれぞれの蛍光を発生させる。

[0077] 光源 1 0 1 A ~ 1 0 1 C は、光学素子 1 A ~ 1 C のそれぞれで蛍光を発生させることが可能な波長の光を出射する。本実施形態では、ダイクロイックミラー 1 0 2 A ~ 1 0 2 C のそれぞれは、光源 1 0 1 A ~ 1 0 1 C のそれぞれの光を透過して光学素子 1 A ~ 1 C のそれぞれに入射する。また、ダイクロイックミラー 1 0 2 A ~ 1 0 2 C のそれぞれは、光学素子 1 A ~ 1 C のそれぞれの蛍光体層 1 4 から出射された蛍光を反射して表示素子 1 0 3 A ~ 1 0 3 C のそれぞれに入射する。

[0078] 表示素子 1 0 3 A ~ 1 0 3 C のそれぞれは、ダイクロイックミラー 1 0 2 A ~ 1 0 2 C のそれぞれからの蛍光を入力映像信号に応じて変調して色合成プリズム 1 0 4 に出射する。

[0079] 色合成プリズム 1 0 4 は、表示素子 1 0 3 A ~ 1 0 3 C のそれぞれからの蛍光を合成して投射レンズ 1 0 5 を介して出射する。

[0080] なお、色合成プリズム 1 0 4 および投射レンズ 1 0 5 は投射光学系に含まれる。

[0081] 図 1 6 は、光学素子を用いたプロジェクタの他の例を示す図である。図 1 6 で示すプロジェクタは、図 1 5 で示した構成に加えて、集光レンズ 1 0 6 A ~ 1 0 6 C をさらに有する。

[0082] 集光レンズ 1 0 6 A ~ 1 0 6 C のそれぞれは、光学素子 1 A ~ 1 C のそれぞれとダイクロイックミラー 1 0 2 A ~ 1 0 2 C のそれぞれの間設けられる。集光レンズ 1 0 6 A ~ 1 0 6 C は、ダイクロイックミラー 1 0 2 A ~ 1 0 2 C のそれぞれを透過した光と、光学素子 1 A ~ 1 C のそれぞれから出射された蛍光とを集光する。

[0083] 図 1 7 は、光学素子を用いたプロジェクタの他の例を示す図である。

[0084] 図 1 7 で示すプロジェクタは、照明装置 2 0 1 A ~ 2 0 1 C と、表示素子 2 0 2 A ~ 2 0 2 C と、色合成プリズム 2 0 3 と、投射レンズ 2 0 4 とを有

する。

- [0085] 照明装置201A~201Cは、図11または図12で示した照明装置40で構成される。なお、各照明装置201A~201Cにおける蛍光体層14は、それぞれ異なる色の蛍光を発生させる。例えば、各照明装置201A~201Cにおける蛍光体層14は、赤色、緑色および青色のそれぞれの蛍光を発生させる。
- [0086] 表示素子202A~202Cのそれぞれは、照明装置201A~201Cのそれぞれからの蛍光を入力映像信号に応じて変調して色合成プリズム203に出射する。
- [0087] 色合成プリズム203は、表示素子202A~202Cのそれぞれからの蛍光を合成して投射レンズ204を介して出射する。
- [0088] 図18は、光学素子を用いたプロジェクタの他の例を示す図である。図18において、プロジェクタは、光源301Aおよび301Bと、カラーホイール302と、反射ミラー303と、集光レンズ304および306と、ダイクロイックミラー305と、表示素子307と、投射レンズ308とを有する。なお、光源301A、301Bおよびカラーホイール302は照明装置を構成する。
- [0089] 光源301Aおよび301Bは、互いに異なる色の光を出射する。本実施形態では、光源301Aは青色光を出射し、光源301Bは赤色光を出射するものとする。
- [0090] カラーホイール302は、図14に示したカラーホイール50'と同じ構成を有する。カラーホイール302の蛍光体層14は、青色光が入射されると、蛍光として緑色光を出射するものとする。この場合、カラーホイール302の透過領域54が青色光を透過するので、青色光と緑色光を時分割して出射することになる。なお、カラーホイール302は、透過された青色光が反射ミラー303に入射され、蛍光として出射された緑色光が集光レンズ304を介してダイクロイックミラー305に入射されるように配置される。
- [0091] 反射ミラー303は、入射した青色光を反射して集光レンズ306を介し

て表示素子307に入射する。

[0092] ダイクロイックミラー305は、青色光および赤色光を透過し、緑色光を反射する。より具体的には、ダイクロイックミラー305は、光源301Aからの青色光を透過して集光レンズ304を介してカラーホイール302に入射する。また、ダイクロイックミラー305は、光源301Bからの赤色光を透過して集光レンズ306を介して表示素子307に入射する。そして、ダイクロイックミラー305は、カラーホイール302からの緑色光を反射して集光レンズ306を介して表示素子307に入射する。

[0093] 表示素子307は、例えば、デジタルミラーデバイス (Digital Micromirror Device) であり、入射された赤色光、緑色光および青色光を入力映像信号に応じて変調して投射レンズ308を介して投射する。

[0094] 以上説明した各実施形態において、図示した構成は単なる一例であって、本発明はその構成に限定されるものではない。

[0095] 例えば、図13に示したカラーホイール50を使用したプロジェクタなども本発明には含まれる。

[0096] この出願は、2011年4月7日に提出された日本出願特願2011-085364号公報、および、2012年1月6日に提出された日本出願特願2012-001320号公報を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

- [0097]
- | | |
|------|-----------|
| 1、1' | 光学素子 |
| 11 | 基板 |
| 12 | 金属層 |
| 13 | 高誘電率層 |
| 14 | 蛍光体層 |
| 15 | 冷却層 |
| 16 | カバー |
| 21 | グレーティング構造 |

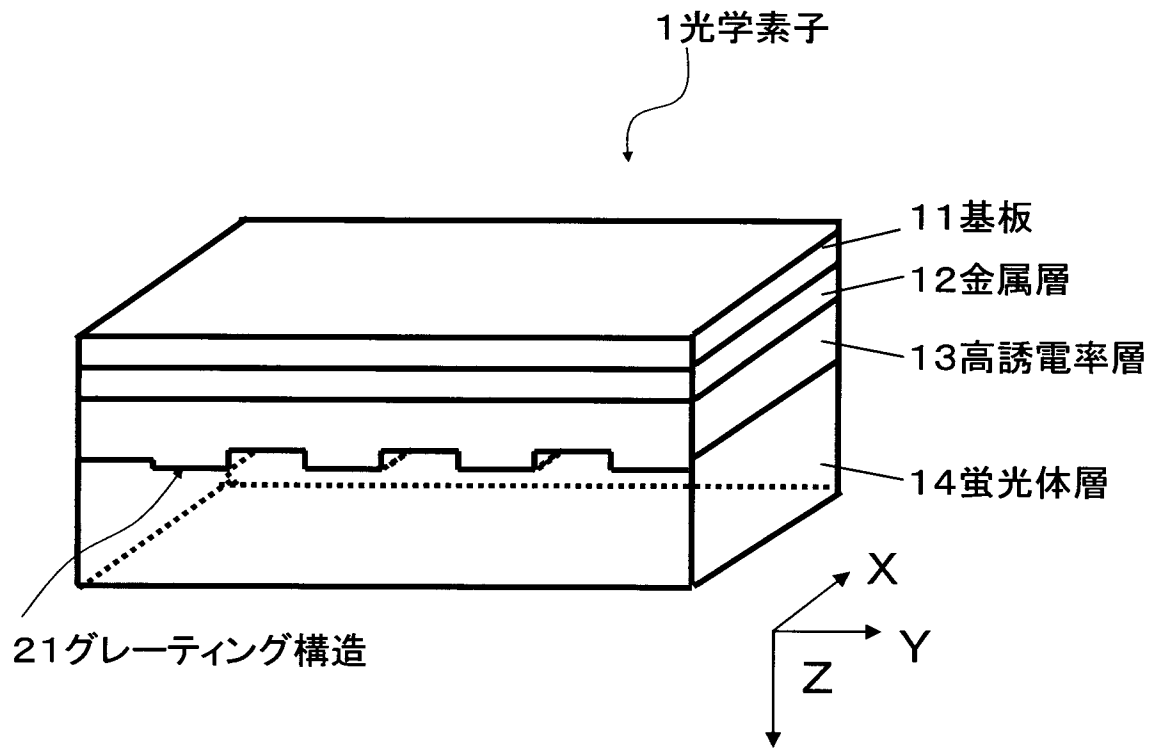
- 3 1 微粒子
- 4 1 光源
- 4 2 導光体
- 4 3 ダイクロイックミラー
- 4 4 構造体
- 5 0、5 0' カラーホイール
- 5 1～5 3 蛍光領域
- 5 4 透過領域

請求の範囲

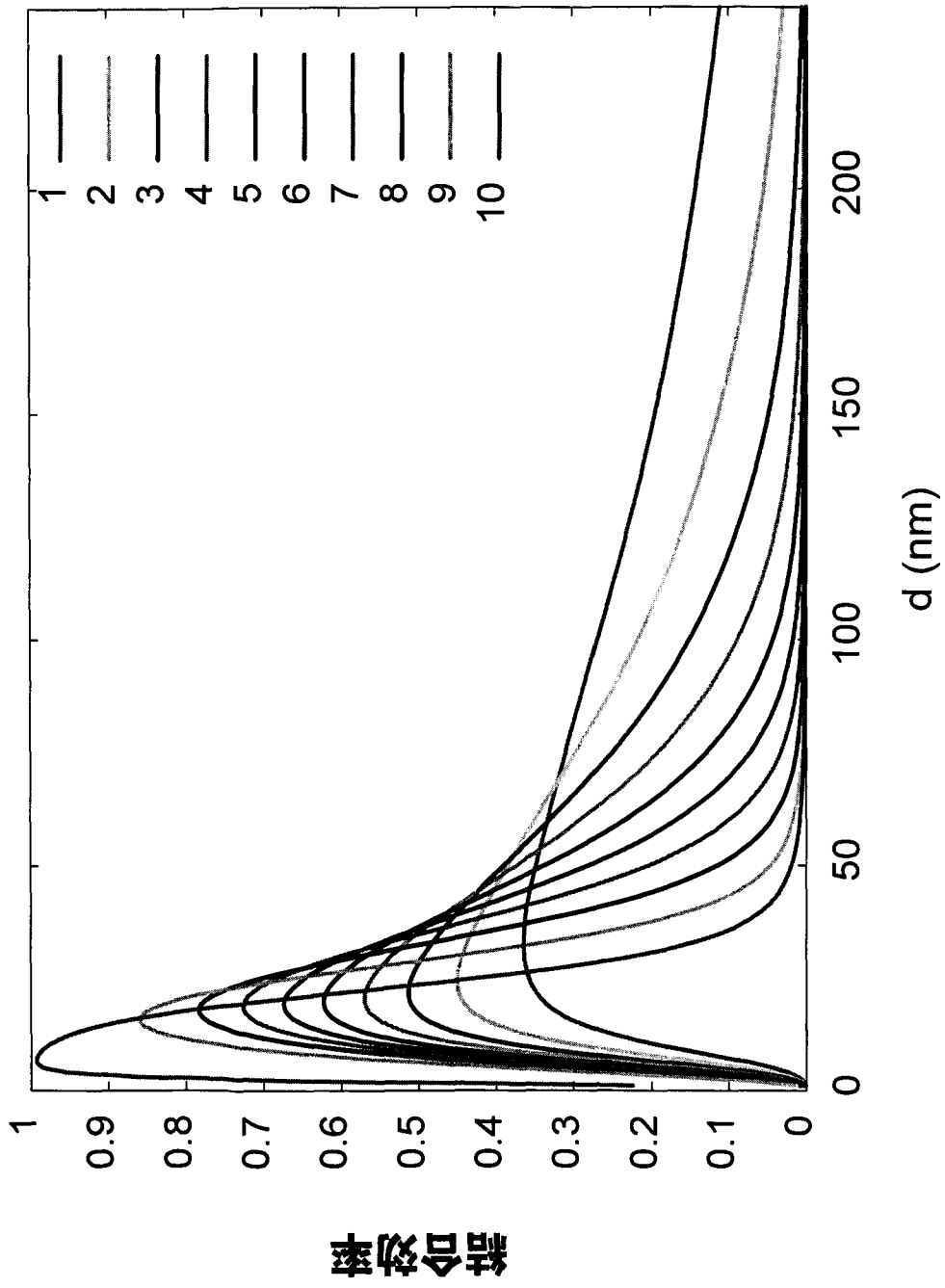
- [請求項1] 金属層と、
前記金属層に積層された誘電体層と、
前記誘電体層に積層され、入射した光によって蛍光を発する蛍光体層と、を有し、
前記誘電体層および前記蛍光体層の界面には、回折格子が形成され、
前記誘電体層の誘電率は、 2.25 よりも高い、光学素子。
- [請求項2] 請求項1に記載の光学素子において、
前記蛍光体層は、前記光によって表面プラズモンが励起される金属微粒子を有する、光学素子。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の光学素子において、
前記蛍光体層、前記誘電体層および前記金属層を覆い、前記蛍光体層の上に前記光および前記蛍光を透過する光透過部を備えるカバーと、
前記カバーおよび前記蛍光体層の間に設けられた、前記蛍光体層を冷却する冷却層と、をさらに有する光学素子。
- [請求項4] 請求項1ないし3のいずれか1項に記載の光学素子において、
前記蛍光体層に積層され、光源からの光を伝播して前記蛍光体層に出射する導光体と、
前記導光体の前記蛍光体層が設けられた面とは逆の面に設けられ、前記光源からの光を反射し、前記蛍光を透過する波長選択性部材と、を有する光学素子。
- [請求項5] 請求項4に記載の光学素子において、
前記波長選択性部材の前記導光体が設けられた面とは逆の面に設けられ、前記蛍光の反射を抑制する構造体と、を有する光学素子。
- [請求項6] 請求項1ないし3のいずれか1項に記載の光学素子を有するカラーホイール。

- [請求項7] 請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の光学素子と、
前記光学素子の蛍光体層に光を出射する光源と、を有する照明装置
。
- [請求項8] 請求項 6 に記載のカラーホイールと、
前記カラーホイールの蛍光体層に光を出射する光源と、を有する照
明装置。
- [請求項9] 請求項 7 または 8 に記載の照明装置を有する投射型表示装置。

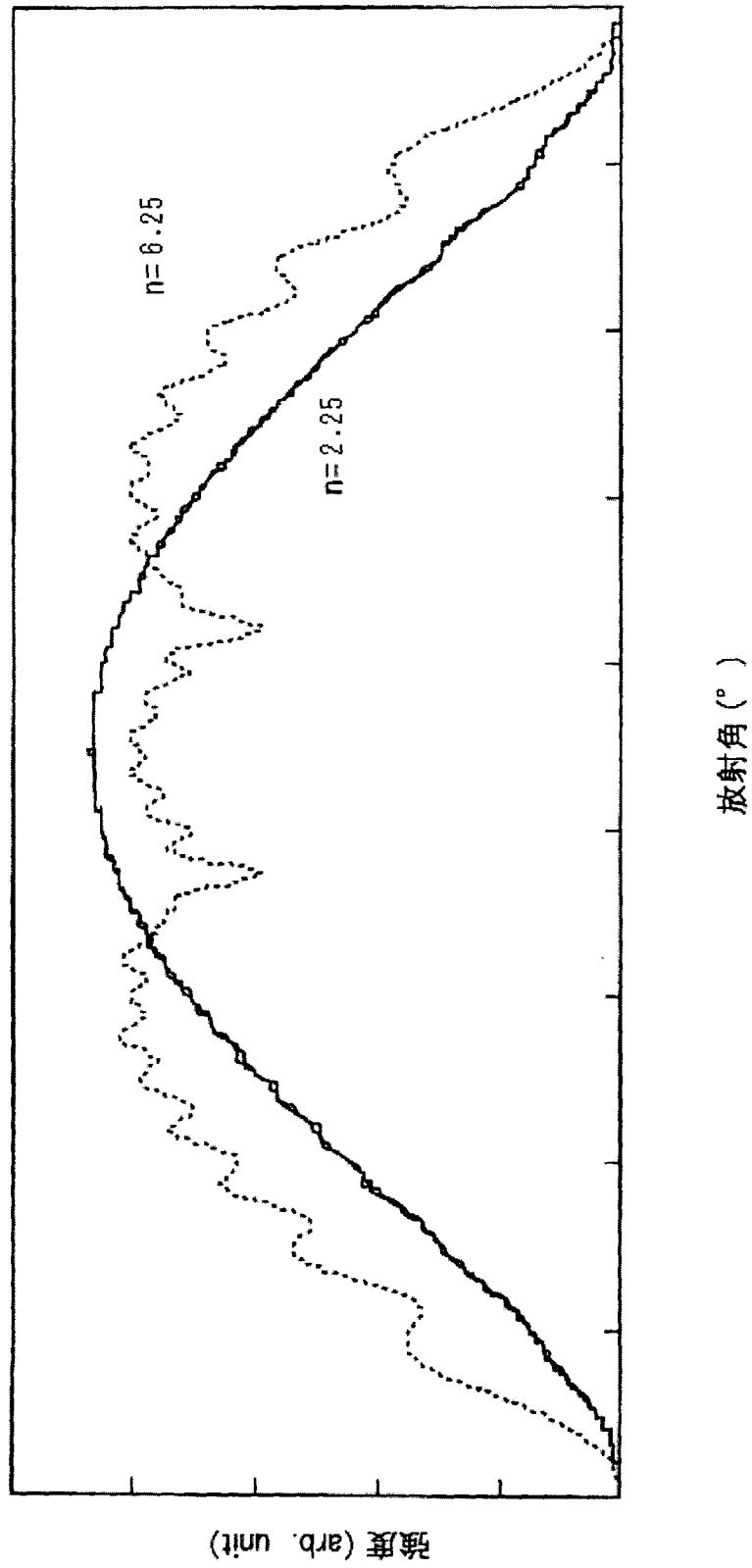
[図1]



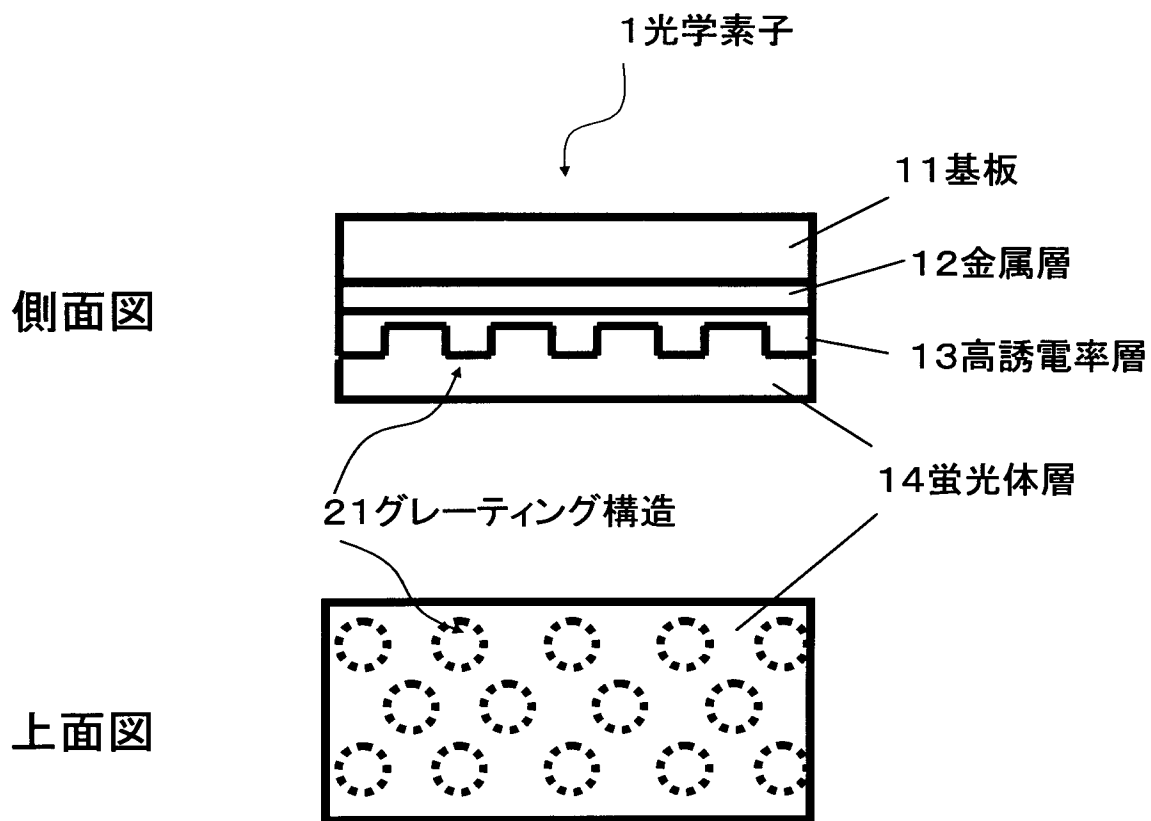
[図2]



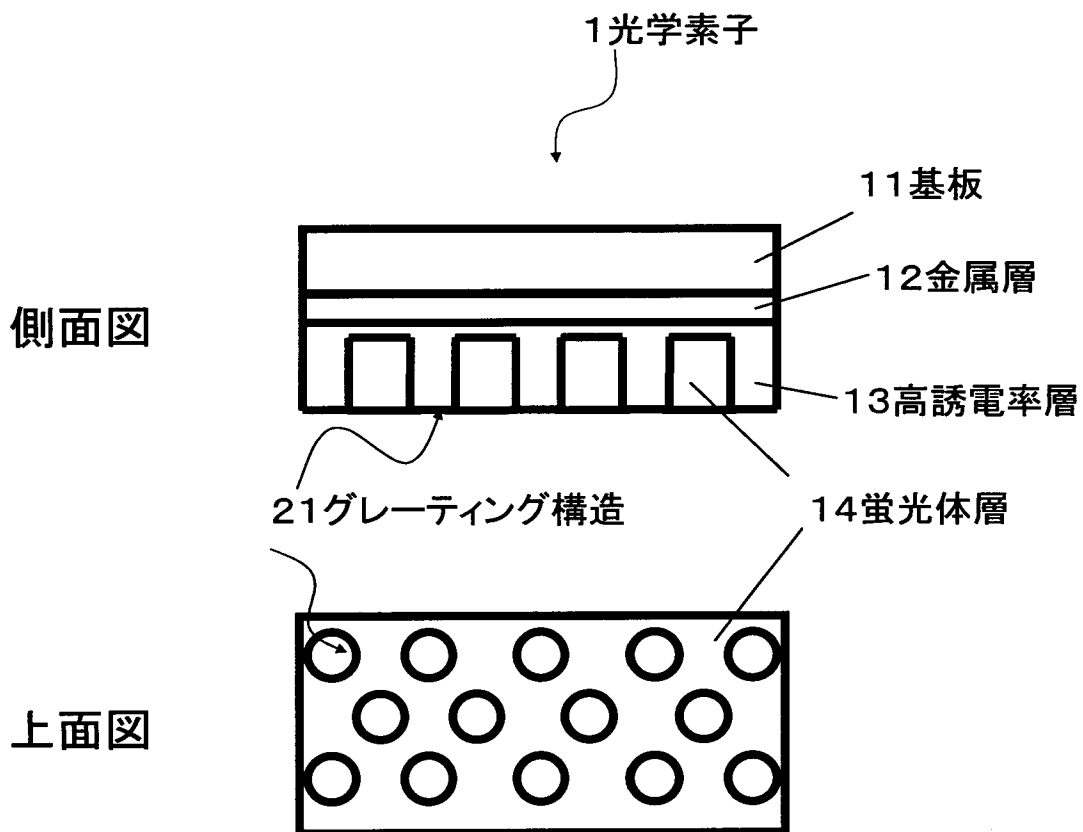
[図3]



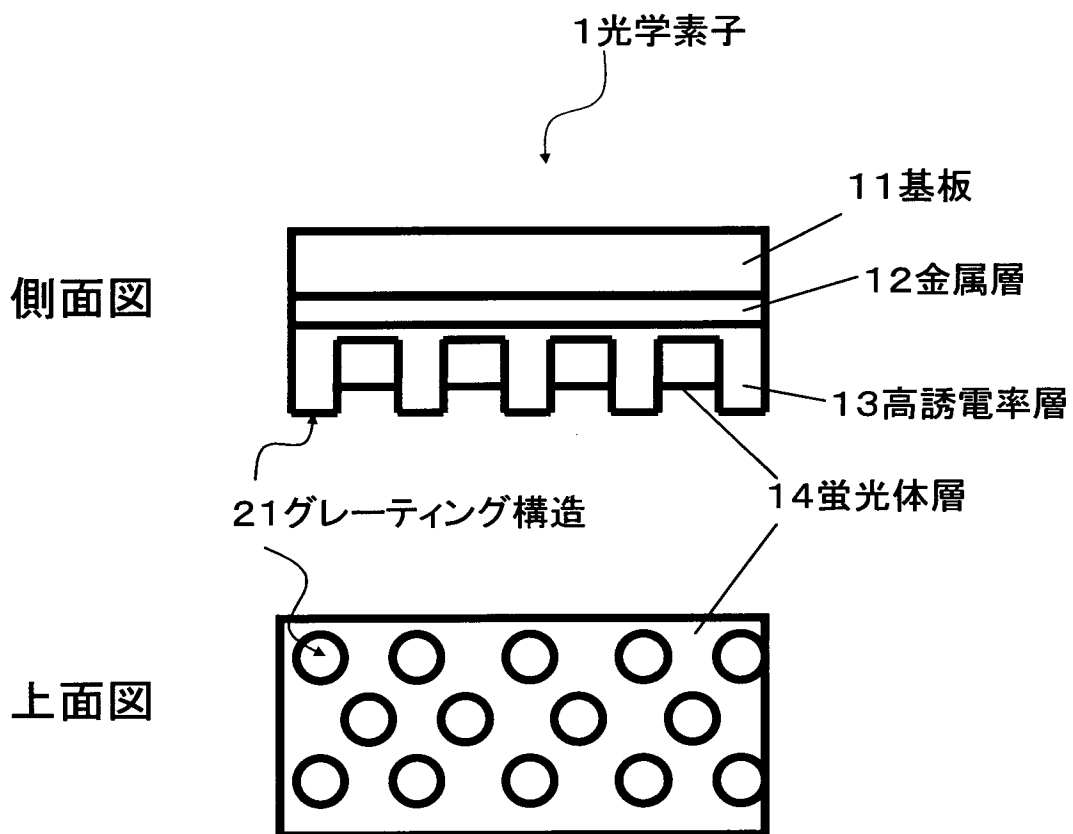
[図4]



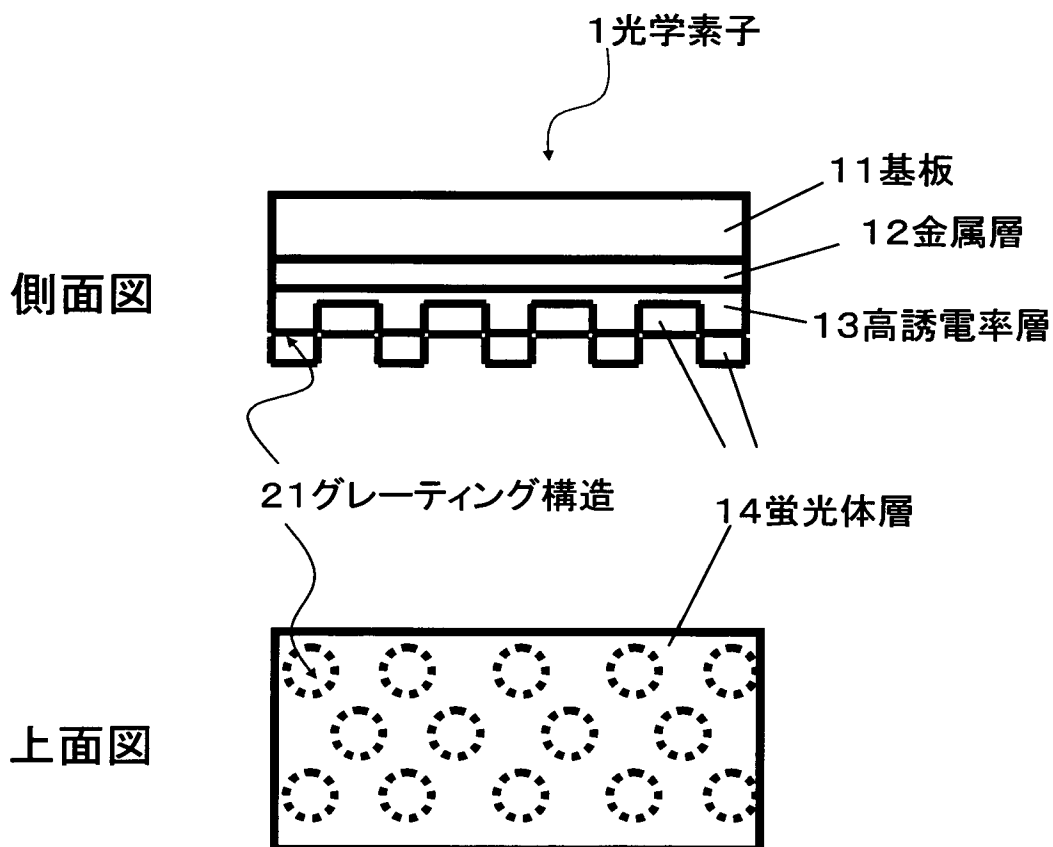
[図5]



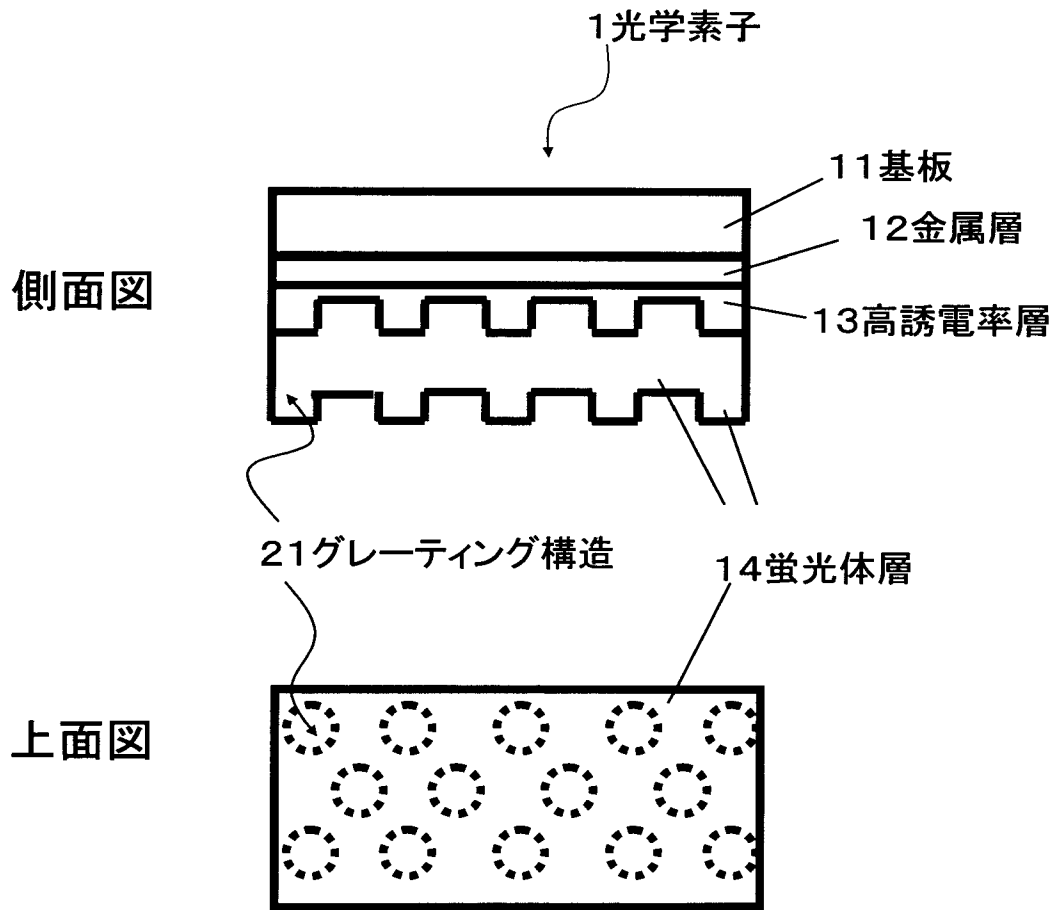
[図6]



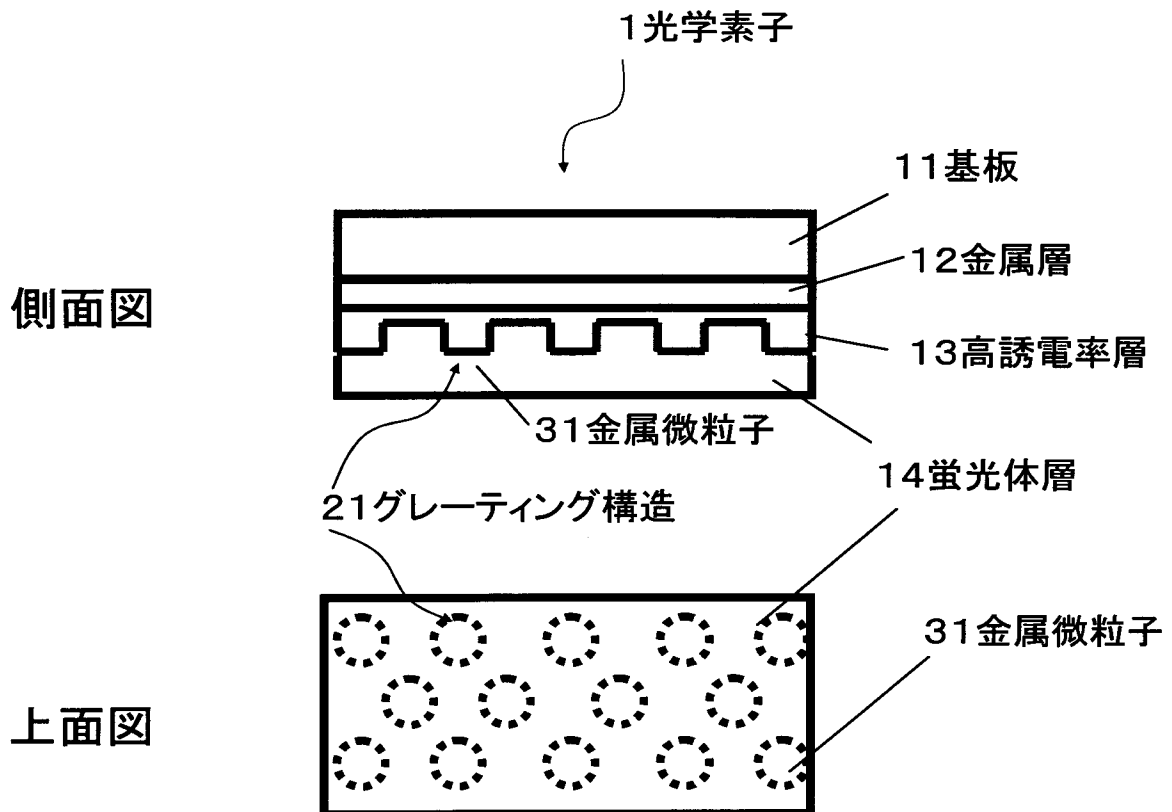
[図7]



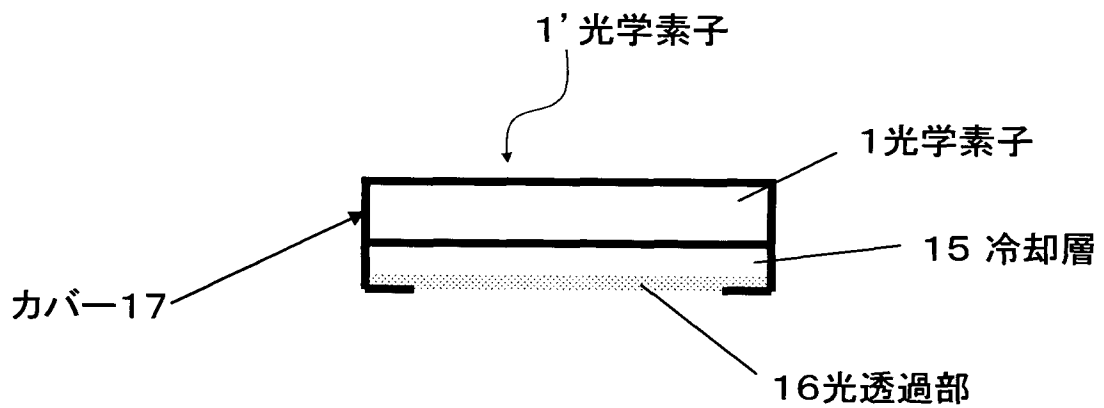
[図8]



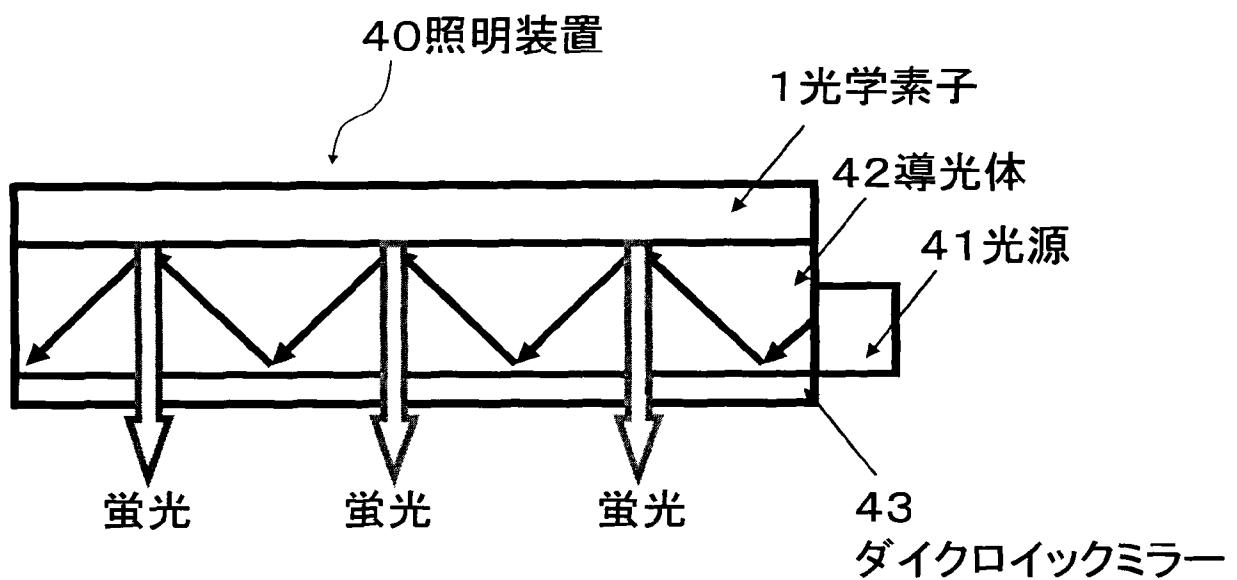
[図9]



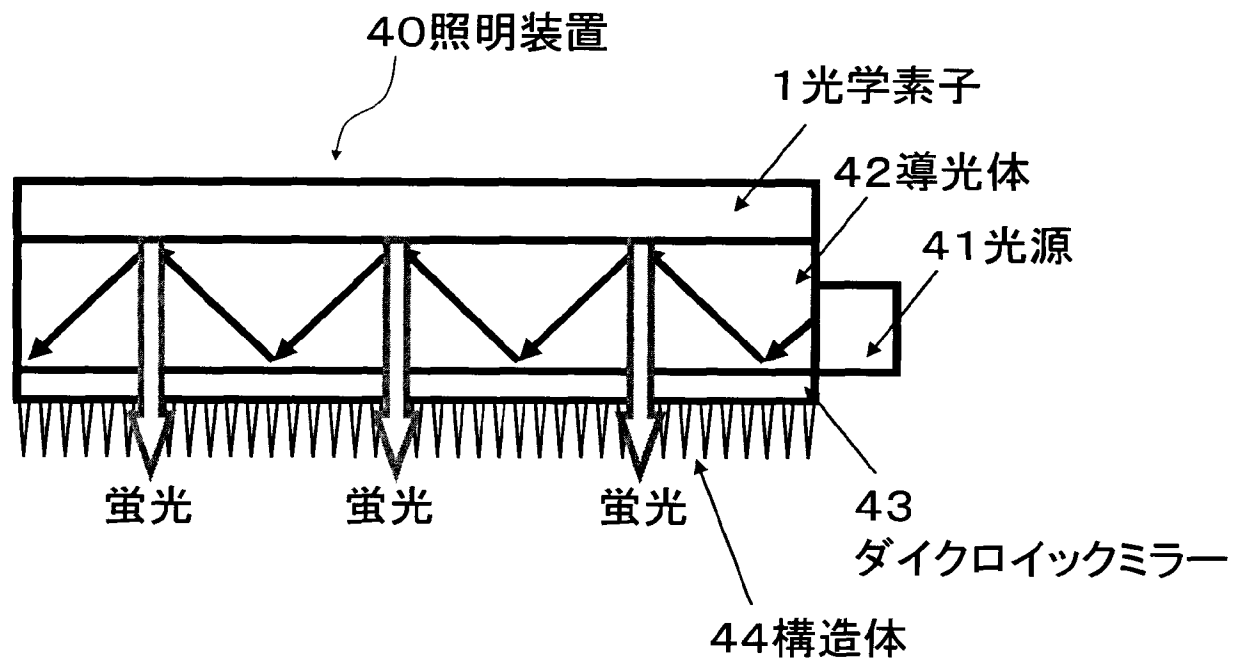
[図10]



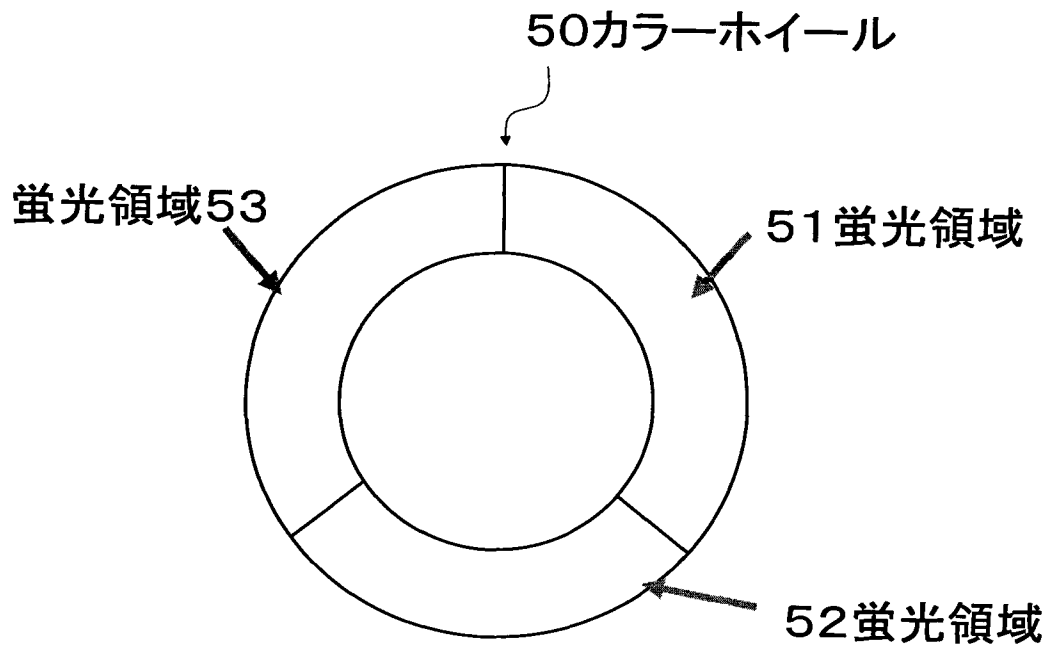
[図11]



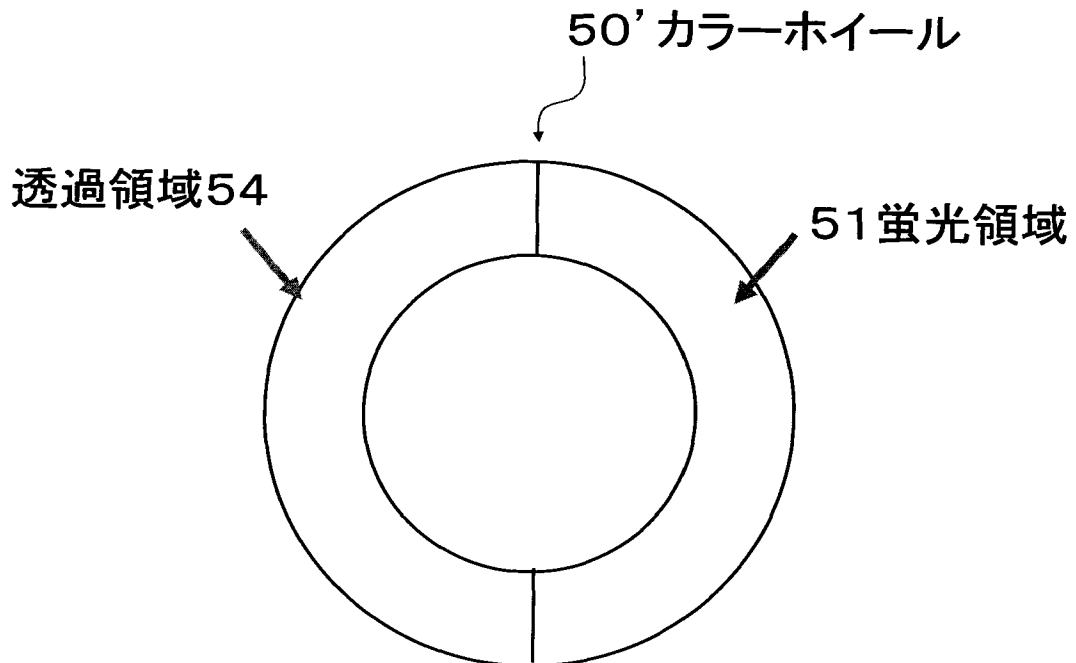
[図12]



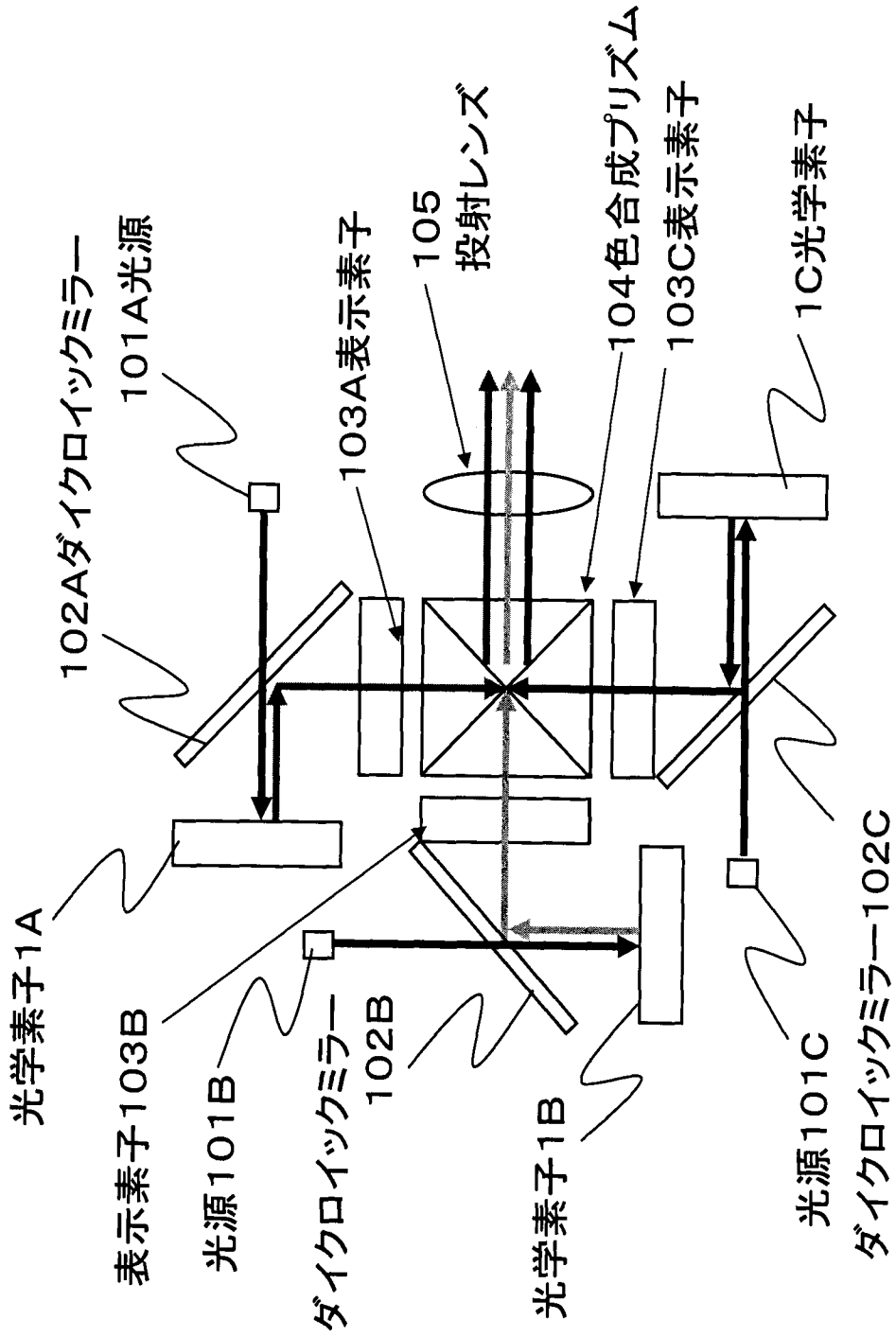
[図13]



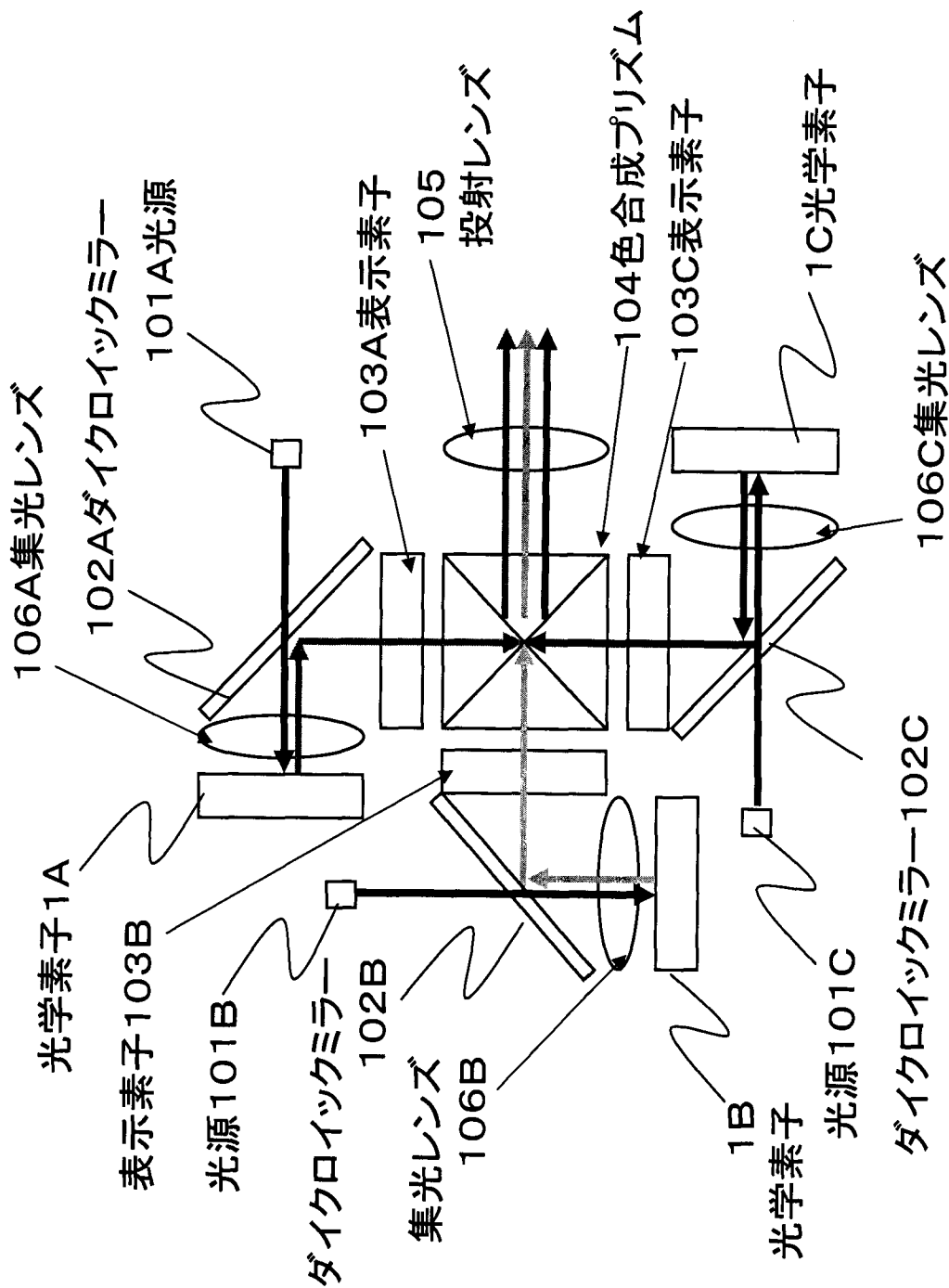
[図14]



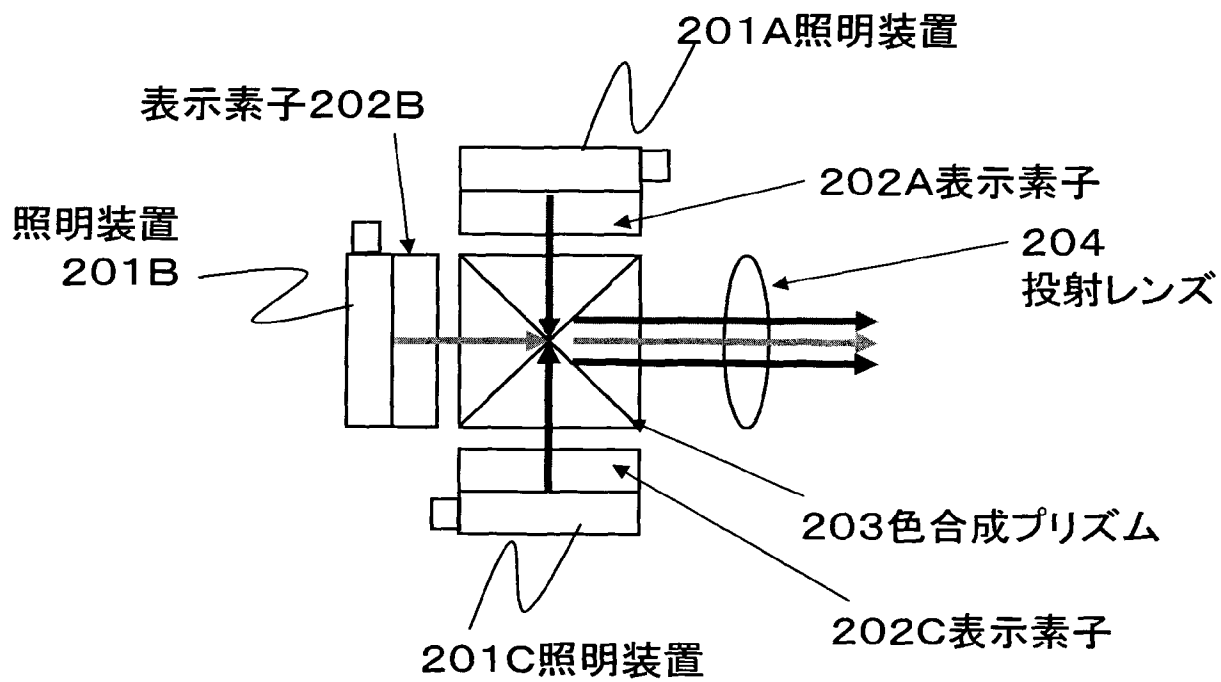
[図15]



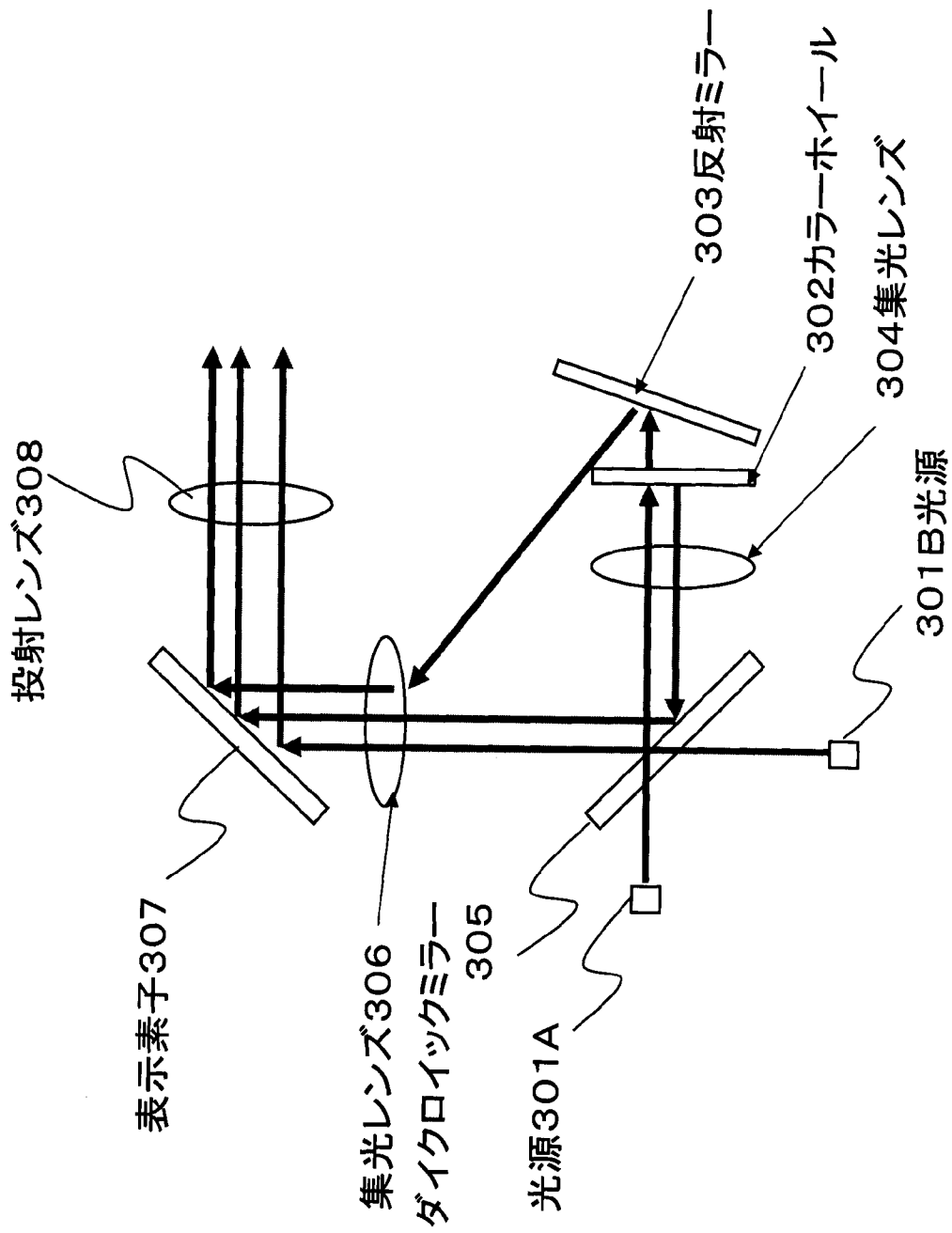
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056729

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G02B5/20(2006.01)i, F21S2/00(2006.01)i, F21V9/10(2006.01)i, F21V9/16(2006.01)i, G03B21/14(2006.01)i, H04N5/74(2006.01)i, F21Y101/02(2006.01)n</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) <i>G02B5/20, F21S2/00, F21V9/10, F21V9/16, G03B21/14, H04N5/74, F21Y101/02</i> 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 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012		
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	JP 2007-240361 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 20 September 2007 (20.09.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2009-239217 A (Nikon Corp.), 15 October 2009 (15.10.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2011-013315 A (Casio Computer Co., Ltd.), 20 January 2011 (20.01.2011), entire text; all drawings & US 2010/0328617 A1 & CN 101936505 A & TW 201109722 A	1-9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 02 May, 2012 (02.05.12)		Date of mailing of the international search report 22 May, 2012 (22.05.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer Telephone No.
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056729

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, A	WO 2012/049905 A1 (NEC Corp.), 19 April 2012 (19.04.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
P, A	WO 2011/108138 A1 (NEC Corp.), 09 September 2011 (09.09.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
P, A	WO 2011/040528 A1 (NEC Corp.), 07 April 2011 (07.04.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B5/20(2006.01)i, F21S2/00(2006.01)i, F21V9/10(2006.01)i, F21V9/16(2006.01)i, G03B21/14(2006.01)i, H04N5/74(2006.01)i, F21Y101/02(2006.01)n		
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 (IPC)) Int.Cl. G02B5/20, F21S2/00, F21V9/10, F21V9/16, G03B21/14, H04N5/74, F21Y101/02		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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	JP 2007-240361 A (積水化学工業株式会社) 2007.09.20, 全文全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2009-239217 A (株式会社ニコン) 2009.10.15, 全文全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2011-013315 A (カシオ計算機株式会社) 2011.01.20, 全文全図 & US 2010/0328617 A1 & CN 101936505 A & TW 201109722 A	1-9
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 02.05.2012	国際調査報告の発送日 22.05.2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 佐藤 久則 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	21 4003

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
E A	WO 2012/049905 A1 (日本電気株式会社) 2012.04.19, 全文全図 (ファミリーなし)	1-9
P A	WO 2011/108138 A1 (日本電気株式会社) 2011.09.09, 全文全図 (ファミリーなし)	1-9
P A	WO 2011/040528 A1 (日本電気株式会社) 2011.04.07, 全文全図 (ファミリーなし)	1-9