

(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  
2016年1月14日(14.01.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/006037 A1

- (51) 国際特許分類:  
*G02B 6/124* (2006.01) *G02B 6/34* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/068188
- (22) 国際出願日: 2014年7月8日(08.07.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED)  
[JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田  
中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 菅間明夫 (SUGAMA Akio); 〒2118588 神奈  
川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富  
士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 土井健二, 外 (DOI Kenji et al.); 〒2220033  
神奈川県横浜市港北区新横浜3-9-5 第三  
東昇ビル 林・土井国際特許事務所 Kanagawa  
(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, JP, KE, KG, 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, 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.

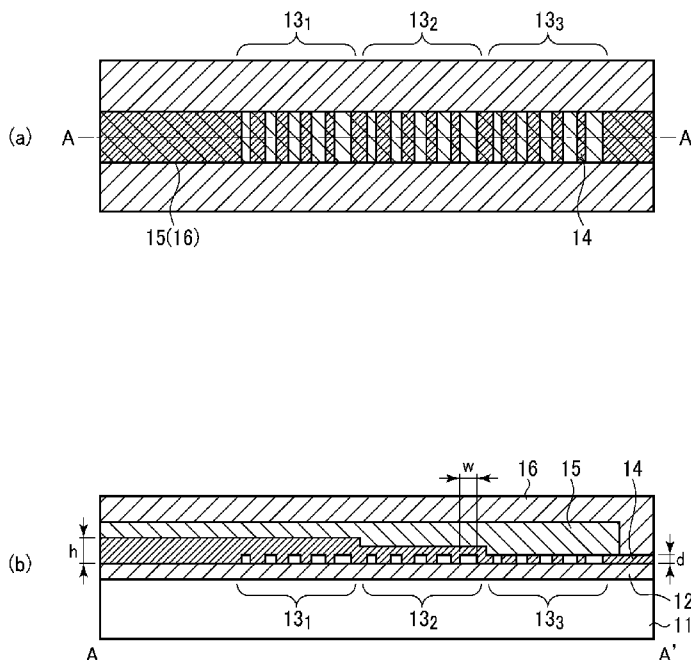
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保  
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,  
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ  
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ  
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,  
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,  
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, 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: GRATING COUPLER AND OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE

(54) 発明の名称: グレーティングカプラ及び光導波路装置



(57) Abstract: The present invention relates to a grating coupler and an optical waveguide device, and in the present invention, light is transferred in the form of a beam that is closer to a Gaussian beam, at an easily realized stripe width. A stripe-shaped member, which will form a grating and is formed of a material having a different refractive index than a core layer, is arranged so as to be divided into a plurality of sections and so that an interval between the core layer and a surface of the stripe-shaped member on the side opposite a surface facing the core layer is different in every section.

(57) 要約: グレーティングカプラ及び光導波路装置に関し、実現が容易なストライプ幅でガウスビームにより近いビーム形状で光の授受を行う。グレーティングとなる屈折率がコア層と異なる材料で形成されたストライプ状部材を複数の区画に区分して配置するとともに、ストライプ状部材のコア層に対向する面の反対側の面とコア層との間隔を区画毎に異なるようにする。

## 明 細 書

発明の名称： グレーティングカプラ及び光導波路装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、グレーティングカプラ及び光導波路装置に関するものであり、例えば、高速、大容量の信号伝送を必要とする情報通信系の装置に用いられる光ファイバと接続するグレーティングカプラに関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来、情報通信系の装置において、光ファイバを伝搬してきた信号光を光導波路に入力して導波させる際に、光導波路に設けたグレーティングカプラを用いている。ここで、図１９を参照して従来のグレーティングカプラを用いた光結合構造を説明する。

[0003] 図１９は、従来の光ファイバとグレーティングカプラの結合状態の説明図であり、図１９（ａ）は透視斜視図であり、図１９（ｂ）は図１９（ａ）におけるＡ－Ａ′を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。グレーティングカプラは、光導波路９１を伝搬中の光をグレーティングカプラ部９４に設けたグレーティング（回折格子）９５により上方もしくは下方に放射し、外部の光ファイバ９６などと結合させる構造である。逆に、反対方向の光ファイバから光導波路への結合にも用いられる。平面構造であることから、フォトリソグラフィ技術で容易に形成可能であり、特に、シリコンフォトニクスにおける光ファイバ・インターフェースの主流となっている。なお、図１９における符号９２，９３，９７，９８は、夫々、下部クラッド層、上部クラッド層、コア及びクラッドである。

[0004] しかし、このような基本構造のままのグレーティングカプラでは原理的に１００％の結合効率を期待できない。それには、いくつかの理由があるが、大きな原因の一つにビーム形状の不整合がある。図２０は、グレーティングカプラからの放射ビーム形状の説明図であり、図に示すように、光ファイバは、ガウスビーム様のプロファイルを有する。一方、グレーティングカプラ

からの放射ビーム形状は、光が次第に減衰していく指数関数形のプロファイルを有する。

[0005] このミスマッチにより、ベストな状態でも約 1 d B の損失が発生する。また、製造公差により最適状態からずれると、さらに大きな損失が発生する。この課題は古くから知られており、根本的な解決はグレーティングカプラからガウスビームを放射させることである。

[0006] 指数関数ビームをガウスビーム化するためには、グレーティングと光導波路の結合を、グレーティングカプラの終端に向かって次第に強くしていけば良い。例えば、グレーティングの線幅を変化させることで、ガウスビームを放射させることが提案されている（例えば、特許文献 1 或いは非特許文献 1 参照）。しかし、図 20 から容易に類推できるように、最も光強度の強い部分を最も弱くさせなければ、ガウスビーム化できない。これは非常に細い線幅を要求することを意味する。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0007] 特許文献1：特開平 0 1 - 1 0 7 2 1 4 号公報

### 非特許文献

[0008] 非特許文献1：D. T a i l l a e r t , e t . a l . , O p t i c s L e t t e r , V o l . 2 9 , p . 2 7 4 9 （2004）

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0009] 上述の特許文献 1 或いは特許文献 2 の提案は、原理的には正しい方法ではあるが、実際に形成可能な線幅には限りがあるため、中途半端なガウスビーム化しかできないという問題がある。

[0010] したがって、グレーティングカプラ及び光導波路装置において、実現が容易なストライプ幅でガウスビームにより近いビーム形状で光の授受を行うことを目的とする。

## 課題を解決するための手段

- [0011] 開示する一観点からは、基板と、前記基板上に設けられた第1のクラッド層と、前記第1のクラッド層上に設けられたコア層と、前記コア層上に設けられた第2のクラッド層と前記コア層と前記第1のクラッド層或いは第2のクラッド層のいずれかとの間に設けられ、屈折率が前記コア層と異なる材料で形成されたストライプ状部材が複数の区画に区分されて配置されたグレーティングと、を有し、前記ストライプ状部材の前記コア層に対向する面の反対側の面と前記コア層との間隔が前記区画毎に異なることを特徴とするグレーティングカプラが提供される。
- [0012] また、開示する別の観点からは、上述のグレーティングカプラと、前記グレーティングカプラの端部において前記グレーティングと光結合する光ファイバと前記グレーティングカプラの前記端部と反対方向に延在する光導波路とを有することを特徴とする光導波路装置が提供される。

## 発明の効果

- [0013] 開示のグレーティングカプラ及び光導波路装置によれば、実現が容易なストライプ幅でガウスビームにより近いビーム形状で光の授受を行うことが可能になる。

## 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明の実施の形態のグレーティングカプラの説明図である。
- [図2]本発明の実施の形態のグレーティングカプラの放射ビーム形状のシミュレーション結果の説明図である。
- [図3]本発明の実施例1のグレーティングカプラの説明図である。
- [図4]本発明の実施例1のグレーティングカプラと光ファイバの結合状態の説明図である。
- [図5]本発明の実施例1のグレーティングカプラの製造工程の途中までの説明図である。
- [図6]本発明の実施例1のグレーティングカプラの製造工程の図5以降の途中までの説明図である。

[図7]本発明の実施例1のグレーティングカプラの製造工程の図6以降の途中までの説明図である。

[図8]本発明の実施例1のグレーティングカプラの製造工程の図7以降の説明図である。

[図9]本発明の実施例2のグレーティングカプラの説明図である。

[図10]本発明の実施例2のグレーティングカプラと光ファイバの結合状態の説明図である。

[図11]本発明の実施例2のグレーティングカプラの製造工程の途中までの説明図である。

[図12]本発明の実施例2のグレーティングカプラの製造工程の図11以降の途中までの説明図である。

[図13]本発明の実施例2のグレーティングカプラの製造工程の図12以降の途中までの説明図である。

[図14]本発明の実施例2のグレーティングカプラの製造工程の図13以降の説明図である。

[図15]本発明の実施例3のグレーティングカプラの説明図である。

[図16]本発明の実施例4のグレーティングカプラの説明図である。

[図17]本発明の実施例5のグレーティングカプラの説明図である。

[図18]本発明の実施例6のグレーティングカプラの説明図である。

[図19]従来の光ファイバとグレーティングカプラの結合状態の説明図である。

[図20]グレーティングカプラからの放射ビーム形状の説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0015] ここで、図1及び図2を参照して、本発明の実施の形態のグレーティングカプラを説明する。図1は、本発明の実施の形態のグレーティングカプラの説明図であり、図1(a)は平面図であり、図1(b)は図1(a)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。グレーティングカプラは、基板11と、基板11上に設けられた第1のクラッド層12と、第1のク

ラッド層 1 2 上に設けられたコア層 1 5 と、コア層 1 5 上に設けられた第 2 のクラッド層 1 6 を備えている。

[0016] また、コア層 1 5 と第 1 のクラッド層 1 2 或いは第 2 のクラッド層 1 6 のいずれかとの間には、屈折率がコア層 1 5 と異なる材料で形成された複数のストライプ状部材からなるグレーティング 1 3<sub>1</sub> ~ 1 3<sub>3</sub> が設けられている。

[0017] また、ストライプ状部材は複数の区画に区分されて配置されており、ストライプ状部材のコア層 1 5 に対向する面の反対側の面とコア層 1 5 との間隔  $h$  が区画毎に異なっている。また、コア層 1 5 とストライプ状部材の間に、コア層 1 5 より屈折率の低い低屈折率層 1 4 が設けられている。この低屈折率層 1 4 は、クラッド層 (1 2, 1 6) と同じ素材であっても良い。

[0018] 具体的には、各区画内に配置されたストライプ状部材を同じ本数の複数本とし、ストライプ状部材のコア層 1 5 に対向する面と反対側の面とコア層 1 5 との間隔  $h$  が、グレーティングカブラの端部に向かって区画毎に順次減少するようにしても良い。この場合は、各区画内においてストライプ状部材の光の導波方向の寸法  $w$  をグレーティングカブラの端部に向かって順次増大するようにする。

[0019] このような関係に設定するためには、コア層 1 5 のストライプ状部材に対向する面を、面一の平坦面にして、各区画毎に設けるストライプ状部材を異なった層準に設けても良い。或いは、コア層 1 5 のストライプ状部材に対向する面を、各区画毎にコア層 1 5 の厚さが異なる段差面として、全てのストライプ状部材を同じ層準に設けるようにしても良い。いずれの場合にも、製造工程の容易性の観点から、グレーティング 1 3<sub>1</sub> ~ 1 3<sub>3</sub> はコア層 1 5 と第 1 のクラッド層 1 2 との間に設けることが通常であるが、コア層 1 5 と第 2 のクラッド層 1 6 との間に設けても良い。

[0020] 或いは、各区画内に配置されたストライプ状部材を同じ本数の複数本とし、ストライプ状部材のコア層 1 5 に対向する面の反対側の面とコア層との間隔  $h$  が、グレーティングカブラの端部に向かって区画毎に順次増大するようにしても良い。この場合には、各区画内においてストライプ状部材の光の導

波方向の寸法 $w$ 及びストライプ状部材の厚さ $d$ をグレーティングカプラの端部に向かって次増大するようにすれば良い。

[0021] なお、ストライプ状部材が配置された区画数は2乃至4が典型的な値である。但し、各区画に配置されたストライプ状部材を1本とし、全てのストライプ状部材の厚さ $d$ と光の導波方向の寸法 $w$ を同じにしても良い。但し、この場合には、特性の設計が容易であるが、成膜工程が大幅に増加する。

[0022] グレーティング13<sub>1</sub>~13<sub>3</sub>に用いる材料は、Si、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、石英ガラス、光学ガラス、樹脂、半導体などを用いることができる。それぞれの材料を用いた場合の寸法はFDTD法(Finite-difference time-domain method)などを用いて求めることができる。また、低屈折率層としてはSiO<sub>2</sub>やSiONを用いる。また、基板11としてはガラス基板でも良いが、シリコンフォトリソ技術との整合性の観点からはSOI基板を用いることが望ましい。

[0023] 一例を挙げれば、伝搬光の波長を1.55  $\mu\text{m}$ とし、クラッド層として屈折率が1.44のSiO<sub>2</sub>を用い、厚さが1  $\mu\text{m}$ のコア層として、屈折率が1.48のSiONを用い、グレーティングとして、屈折率が2.00のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>を用いる。区画数を3とし、各区画内のストライプ状部材の本数を7本（なお、図においては、図示の都合で5本にしている）とし、ストライプ状部材のピッチを0.909  $\mu\text{m}$ として、全体の長さを約20  $\mu\text{m}$ にする。ストライプ状部材の幅はピッチの40%~60%とし、ストライプ状部材の厚さを0.25  $\mu\text{m}$ とする。また、ストライプ状部材の頂面とコア層15の底面との間隔は、1.05  $\mu\text{m}$ 、0.90  $\mu\text{m}$ 、0.85  $\mu\text{m}$ とする。

[0024] このグレーティングカプラの端部においてグレーティングと光結合するように光ファイバを設け、グレーティングカプラの端部と反対方向に延在するように光導波路を設けることによって光導波路装置が得られる。

[0025] 図2は、本発明の実施の形態のグレーティングカプラの放射ビーム形状のシミュレーション結果の説明図である。ここでは、ストライプ幅を450 nmとした従来の均等グレーティングカプラと、特許文献1 或いは非特許文献

1で提案されているストライプ幅を200nmから順次増大させたグレーティングカプラの放射ビーム形状を併せて示している。なお、本発明のグレーティングカプラとしては、区画を3区画とし、最小ストライプ幅を360nmとしてシミュレーションを行った。

[0026] ストライプ幅を450nmとした従来の均等グレーティングカプラからの放射ビーム形状は指数関数的であるが、本発明のグレーティングカプラの放射ビーム形状はガウスビーム形状に近くなっている。また、最小ストライプ幅が200nmの特許文献1 或いは非特許文献1で提案されているグレーティングカプラとの比較では、最小ストライプ幅が360nmであるにも拘わらず、ほぼ理想的なガウスビームが得られている。この360nmはi線ステッパ露光装置で実現できる寸法であり、露光装置を選ばずに理想的なグレーティングカプラを実現することができる。

[0027] 本発明によれば、グレーティングとコアとの間の距離を変えることで、グレーティングとコアの結合を調節しているので、現実的に形成可能な線幅を用いながらも、ガウスビーム放射するグレーティングカプラを得ることができる。さらに、区画内でグレーティングのストライプの幅を変化させることを併用すると、さらに効率が向上する。

## 実施例 1

[0028] 次に、図3乃至図8を参照して、本発明の実施例1のグレーティングカプラを説明する。図3は、本発明の実施例1のグレーティングカプラの説明図であり、単結晶Si基板21上に下部クラッド層となるBOX層22を介して3区画に分けて単結晶Si層からなるグレーティング25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>を設ける。これらのグレーティング25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>を覆うように、SiO<sub>2</sub>膜からなる低屈折率層26を設け、グレーティング25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>の区画毎に被覆する厚さを変えてグレーティングカプラの終端に向かって次第に回折強度を大きくする。この低屈折率層26上にSiON膜からなるコア層29を設け、その表面を平坦化したのち所定形状にパターニングし、SiO<sub>2</sub>膜からなる上部クラッド層31で被覆する。



[0029] 図4は、本発明の実施例1のグレーティングカプラと光ファイバの結合状態の説明図であり、図4(a)は透視斜視図であり、図4(b)は図4(a)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。グレーティングカプラは、光導波路を伝搬中の光をグレーティング25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>により上方に放射して、外部の光ファイバ96に光を導出する。

[0030] 次に、図5乃至図8を参照して、本発明の実施例1のグレーティングカプラの製造工程を説明する。まず、図5(a)に示すように、単結晶Si基板21上に下部クラッド層となるBOX層22を介して厚さが0.1μm~0.5μmの単結晶Si層23を設けたSOI基板20を準備する。この単結晶Si層23上に7本で1セットになった端部に向かって順次幅が広がるストライプ状のレジストパターン24を区画に対応するように3セット設ける。なお、図示の関係で図では5本で1セットにしている。

[0031] 次に、図5(b)に示すように、レジストパターン24をマスクとしてドライエッチングにより単結晶Si層23をエッチングしてグレーティング25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>を形成する。次いで、図5(c)に示すように、レジストパターン24を除去したのち、グレーティング25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>を覆うように、SiO<sub>2</sub>膜からなる低屈折率層26を設ける。なお、この時、CMP（化学機械研磨）法を用いて、グレーティング25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>上の膜厚が0.5μm~2μmになるように平坦化する。

[0032] 次に、図6(d)に示すようにグレーティング25<sub>1</sub>を覆うようにレジストパターン27を設ける。次いで、図6(e)に示すように、低屈折率層26の厚さが約1/2になるようにドライエッチングする。

[0033] 次に、図6(f)に示すように、レジストパターン27を除去したのち、グレーティング25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>を覆うようにレジストパターン28を設ける。次いで、図7(g)に示すように、低屈折率層26をドライエッチングする。図ではグレーティング25<sub>3</sub>を露出させているが、低屈折率層26を残しても良い。次いで、図7(h)に示すようにレジストパターン28を除去することによって、低屈折率層26によって階段状に覆われたグレーティング

25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>が得られる。

[0034] 次いで、図7（i）に示すように、コア材料のSiON膜を堆積させたのち、グレーティング25<sub>1</sub>上の厚さが1μmになるようにCMP法で研磨して平坦化してコア層29を形成する。次いで、図8（j）に示すように、コア形状のレジストパターン30を形成する。

[0035] 次いで、図8（k）に示すように、レジストパターン30をマスクとしてコア層29を所定形状にパターニングする。次いで、図8（l）に示すように、レジストパターン30を除去したのち、全面にSiO<sub>2</sub>膜を堆積させたのち、平坦化研磨を行うことによって、上部クラッド層31とすることによって、本発明の実施例1のグレーティングカプラの基本構造が完成する。

[0036] 本発明を用いることで、ガウスビームを出射するグレーティングカプラを容易に実現することができる。特に、汎用の解像度の露光精度を用いても、高精度のガウスビームを得ることができる。これにより、光ファイバとの高効率な結合を期待でき、高性能な光導波路装置を実現することができる。また、グレーティング層はSOI基板の単結晶Si層を用いているため、グレーティング層の成膜工程が不要であり、また、低屈折率層の成膜工程も一度で済むので製造工程が簡素になる。

## 実施例 2

[0037] 次に、図9乃至図14を参照して、本発明の実施例2のグレーティングカプラを説明する。図9は、本発明の実施例2のグレーティングカプラの説明図であり、単結晶Si基板41上に下部クラッド層となるBOX層42を介して3区画に分けて単結晶Si層或いは多結晶Si層或いはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>層からなるグレーティング45<sub>1</sub>～45<sub>3</sub>を設ける。これらのグレーティング45<sub>1</sub>～45<sub>3</sub>は、SiO<sub>2</sub>膜からなる低屈折率層46<sub>1</sub>～46<sub>3</sub>により各区画毎に3段階に分かれて、グレーティング45<sub>1</sub>～45<sub>3</sub>の底面とコア層48との間隔をグレーティングカプラの終端に向かって次第に狭くして回折強度を大きくする。この低屈折率層46<sub>3</sub>上にSiON膜からなるコア層48を設け、その表面を平坦化したのち、所定形状にパターニングし、SiO<sub>2</sub>膜からなる上部ク

ラッド層50で被覆する。

[0038] 図10は、本発明の実施例2のグレーティングカプラと光ファイバの結合状態の説明図であり、図10(a)は透視斜視図であり、図10(b)は図10(a)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。グレーティングカプラは、光導波路を伝搬中の光を3段階に区画されたグレーティング45<sub>1</sub>~45<sub>3</sub>により上方に放射して、外部の光ファイバ96に光を導出する。

[0039] 次に、図11乃至図14を参照して、本発明の実施例2のグレーティングカプラの製造工程を説明する。まず、図11(a)に示すように、単結晶Si基板41上に下部クラッド層となるBOX層42を介して厚さが0.1 $\mu$ m~0.5 $\mu$ mの単結晶Si層43を設けたSOI基板40を準備する。この単結晶Si層43上に7本で1セットになった端部に向かって順次幅が広がるストライプ状のレジストパターン44<sub>1</sub>を第1の区画に対応するように設ける。なお、図示の関係で図では5本で1セットにしている。

[0040] 次いで、図11(b)に示すように、レジストパターン44<sub>1</sub>をマスクとしてドライエッチングにより単結晶Si層43をエッチングして第1の区画のグレーティング45<sub>1</sub>を形成する。次いで、図11(c)に示すように、レジストパターン44<sub>1</sub>を除去したのち、グレーティング45<sub>1</sub>を覆うように、SiO<sub>2</sub>膜からなる低屈折率層46<sub>1</sub>を設ける。次いで、CMP法を用いて、平坦化する。図では、グレーティング45<sub>1</sub>の頂面が露出しているが、低屈折率層46<sub>1</sub>を残しても良い。

[0041] 次いで、図12(d)に示すようにグレーティング45<sub>1</sub>を覆うように厚さが0.1 $\mu$ m~0.5 $\mu$ mの多結晶Si層47<sub>1</sub>を堆積させたのち、第2の区画に対応する1セットのレジストパターン44<sub>2</sub>を設ける。なお、このレジストパターン44<sub>2</sub>は配置場所が異なるだけで、レジストパターン44<sub>1</sub>と同じパターンである。次いで、図12(e)に示すように、レジストパターン44<sub>2</sub>をマスクとしてドライエッチングを行うことによってグレーティング45<sub>2</sub>を形成する。

- [0042] 次いで、図12(f)に示すように、レジストパターン44<sub>2</sub>を除去したのち、グレーティング45<sub>2</sub>を覆うように、SiO<sub>2</sub>膜からなる低屈折率層46<sub>2</sub>を設ける。次いで、CMP法を用いて、平坦化する。図では、グレーティング45<sub>2</sub>の頂面が露出しているが、低屈折率層46<sub>2</sub>を残しても良い。
- [0043] 次いで、図13(g)に示すようにグレーティング45<sub>2</sub>を覆うように厚さが0.1 μm~0.5 μmの多結晶Si層47<sub>2</sub>を堆積させたのち、第3の区画に対応する1セットのレジストパターン44<sub>3</sub>を設ける。なお、このレジストパターン44<sub>3</sub>は配置場所が異なるだけで、レジストパターン44<sub>1</sub>と同じパターンである。次いで、図13(h)に示すように、レジストパターン44<sub>3</sub>をマスクとしてドライエッチングを行うことによってグレーティング45<sub>3</sub>を形成する。
- [0044] 次いで、図13(i)に示すように、レジストパターン44<sub>3</sub>を除去したのち、グレーティング45<sub>3</sub>を覆うように、SiO<sub>2</sub>膜からなる低屈折率層46<sub>3</sub>を設ける。次いで、CMP法を用いて、平坦化する。図では、グレーティング45<sub>3</sub>の頂面が露出しているが、低屈折率層46<sub>3</sub>を残しても良い。次いで、図14(j)に示すように、全面にSiON膜を成膜したのち、CMP法により厚さが1 μmになるように平坦化研磨を行って、コア層48を形成する。
- [0045] 次いで、図14(k)に示すように、コア形状のレジストパターン49を形成し、このレジストパターン49をマスクとしてコア層48を所定形状にパターンニングする。次いで、図14(l)に示すように、レジストパターン49を除去したのち、全面にSiO<sub>2</sub>膜を堆積させ、次いで、平坦化研磨を行うことによって、上部クラッド層50とすることによって、本発明の実施例2のグレーティングカプラの基本構造が完成する。
- [0046] 本発明の実施例2を用いることで、実施例1の場合と同様に、ガウスビームを出射するグレーティングカプラを容易に実現することができる。特に、汎用の解像度の露光精度を用いても、高精度のガウスビームを得ることができる。これにより、光ファイバとの高効率な結合を期待でき、高性能な光導

波路装置を実現することができる。また、コア層は均一な厚さであるので、光学的特性の設計が容易になる。

### 実施例 3

- [0047] 次に、図 15 を参照して本発明の実施例 3 のグレーティングカプラを説明する。図 15 は本発明の実施例 3 のグレーティングカプラの説明図であり、図 15 (a) はグレーティングカプラの断面図であり、図 15 (b) 乃至図 15 (d) は製造工程の一部の説明図である。なお、グレーティング形成後の工程は上記の実施例 1 或いは実施例 2 と同様である。
- [0048] 図 15 (a) に示すように、単結晶 Si 基板 61 上に SiO<sub>2</sub> 膜からなる下部クラッド層 62 を介して 3 区画に分けて多結晶 Si 層或いは Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 層からなるグレーティング 65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub> を設ける。これらのグレーティング 65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub> は、SiO<sub>2</sub> 膜からなる低屈折率層 46<sub>1</sub>~46<sub>3</sub> により各区画毎に厚さが異なり、グレーティング 65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub> の底面とコア層 66 との間隔をグレーティングカプラの終端に向かって次第に大きくして回折強度を大きくする。このグレーティング 65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub> に接するように SiON 膜からなるコア層 66 を設け、その表面を平坦化した後、SiO<sub>2</sub> 膜からなる上部クラッド層 67 で被覆する。
- [0049] このような構造を形成するためには、まず、図 15 (b) に示すように、下部クラッド層 62 上に SiO<sub>2</sub> 膜からなる低屈折率層 63<sub>1</sub> を設けたのち、実施例 1 と同様に 3 区画に応じて 3 段階のエッチングを行う。次いで、図 15 (c) に示すように、多結晶 Si 層 64 を堆積したのち、平坦化研磨を行う。次いで、図 15 (d) に示すように、多結晶 Si 層 64 をエッチングすることによって、各区画毎に厚さの異なるグレーティング 65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub> を形成する。
- [0050] 以降は、図示を省略するが、全面に SiO<sub>2</sub> 膜からなる低屈折率層 63<sub>2</sub> を堆積したのち、グレーティング 65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub> の頂面が露出するように平坦化研磨する。以降は実施例 2 と同様に、SiON 膜からなるコア層 66 を形成したのち、所定の形状にパターニングし、SiO<sub>2</sub> 膜からなる上部クラッド層

67を設けることによって、本発明の実施例3のグレーティングカプラの基本構造が完成する。

[0051] 本発明の実施例3においては、グレーティングのストライプ状部材の厚さを変化させて回折強度を調整しているので、簡単な製造工程で且つ均一な厚さのコア層を有するグレーティングカプラを実現することができる。なお、その他の作用効果は、上記の実施例1と同様である。

#### 実施例 4

[0052] 次に、図16を参照して本発明の実施例4のグレーティングカプラを説明する。図16は本発明の実施例4のグレーティングカプラの説明図であり、図16(a)はグレーティングカプラの断面図であり、図16(b)乃至図16(d)は製造工程の一部の説明図である。なお、基本的な製造工程は、上記の実施例3と同様である。

[0053] 図16(a)に示すように、単結晶Si基板61上にSiO<sub>2</sub>膜からなる下部クラッド層62を介して3区画に分けて多結晶Si層或いはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>層からなるグレーティング65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub>を設ける。これらのグレーティング65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub>は、SiO<sub>2</sub>膜からなる低屈折率層46<sub>1</sub>~46<sub>3</sub>により各区画毎に厚さが異なり、グレーティング65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub>の底面とコア層66との間隔をグレーティングカプラの終端に向かって次第に大きくして回折強度を大きくする。このグレーティング65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub>に接するようにSiON膜からなるコア層66を設け、その表面を平坦化したのち所定形状にパターングし、SiO<sub>2</sub>膜からなる上部クラッド層67で被覆する。但し、この実施例4においては、グレーティング65<sub>1</sub>~65<sub>3</sub>の頂面とコア層66との間に薄い低屈折率層63<sub>2</sub>を介在させる。

[0054] このような構造を形成するためには、実施例3と同様に、まず、図16(b)に示すように、下部クラッド層62上にSiO<sub>2</sub>膜からなる低屈折率層63<sub>1</sub>を設けたのち、実施例1と同様に3区画に応じて3段階のエッチングを行う。次いで、図16(c)に示すように、多結晶Si層64を堆積したのち、平坦化研磨を行う。次いで、多結晶Si層64をエッチングすることによ

って、各区画毎に厚さの異なるグレーティング $65_1 \sim 65_3$ を形成する。

[0055] 次いで、図16(d)に示すように、全面に $\text{SiO}_2$ 膜からなる低屈折率層 $63_2$ を堆積したのち、グレーティング $65_1 \sim 65_3$ の頂面が露出しない程度に平坦化研磨する。以降は実施例2と同様に、 $\text{SiON}$ 膜からなるコア層66を形成したのち所定形状にパターングし、 $\text{SiO}_2$ 膜からなる上部クラッド層67を設けることによって、本発明の実施例4のグレーティングカプラの基本構造が完成する。

[0056] 本発明の実施例4においても、グレーティングのストライプ状部材の厚さを変化させて回折強度を調整しているので、簡単な製造工程で且つ均一な厚さのコア層を有するグレーティングカプラを実現することができる。この構造は実施例3のグレーティングの作用が強すぎる場合に有効である。なお、その他の作用効果は、上記の実施例1と同様である。

## 実施例 5

[0057] 次に、図17を参照して本発明の実施例5のグレーティングカプラを説明する。図17は本発明の実施例5のグレーティングカプラの説明図であり、図17(a)はグレーティングカプラの断面図であり、図17(b)乃至図17(d)は製造工程の一部の説明図である。なお、この実施例5のグレーティングカプラは、実施例2のグレーティングを上部クラッド層側に設けたものに相当する。

[0058] 図17(a)に示すように、単結晶 $\text{Si}$ 基板71上に $\text{SiO}_2$ 膜からなる下部クラッド層72を介して $\text{SiON}$ 膜からコア層73を設ける。このコア層73上に3区画に分けて多結晶 $\text{Si}$ 層或いは $\text{Si}_3\text{N}_4$ 層からなるグレーティング $75_1 \sim 75_3$ を設ける。これらのグレーティング $75_1 \sim 75_3$ は、 $\text{SiO}_2$ 膜からなる低屈折率層 $74_1 \sim 74_3$ により各区画毎にグレーティング $75_1 \sim 75_3$ の頂面とコア層73との間隔をグレーティングカプラの終端に向かって次第に狭くして回折強度を大きくする。このグレーティング $75_1 \sim 75_3$ に接するように $\text{SiO}_2$ 膜からなる上部クラッド層76で被覆する。

[0059] このような構造を形成するためには、まず、図17(b)に示すように、

下部クラッド層 7 2 上に  $\text{SiON}$  膜からなるコア層 7 3 を設け、その上に、 $\text{SiO}_2$  膜からなる低屈折率層 7 4<sub>1</sub> を介して多結晶  $\text{Si}$  層を設ける。次いで、多結晶  $\text{Si}$  層をエッチングすることによって第 3 の区画に対応するグレーティング 7 5<sub>3</sub> を形成する。

[0060] 次いで、図 1 7 (c) に示ように、 $\text{SiO}_2$  膜からなる低屈折率層 7 4<sub>2</sub> 及び多結晶  $\text{Si}$  層を堆積したのち、多結晶  $\text{Si}$  層をエッチングすることによって第 2 の区画に対応するグレーティング 7 5<sub>2</sub> を形成する。次いで、図 1 7 (d) に示ように、 $\text{SiO}_2$  膜からなる低屈折率層 7 4<sub>3</sub> 及び多結晶  $\text{Si}$  層を堆積したのち、多結晶  $\text{Si}$  層をエッチングすることによって第 1 の区画に対応するグレーティング 7 5<sub>1</sub> を形成する。

[0061] 以降は図示を省略するが、 $\text{SiO}_2$  膜からなる低屈折率層 7 4<sub>4</sub> を設けたのち、グレーティング 7 5<sub>1</sub> ~ 7 5<sub>3</sub> を含めてコア層 7 3 を所定形状にパターンニングする。次いで、 $\text{SiO}_2$  膜からなる上部クラッド層 7 6 を設けることによって、本発明の実施例 5 のグレーティングカプラの基本構造が完成する。

[0062] 本発明の実施例 5 においては、グレーティングを上部クラッド層側に設けているだけで、上記実施例 2 と同様の作用効果が得られる。

## 実施例 6

[0063] 次に、図 1 8 を参照して本発明の実施例 6 のグレーティングカプラを説明する。図 1 8 は本発明の実施例 6 のグレーティングカプラの説明図であり、区画を細分化して 1 区画 1 ストライプと、各グレーティングとなるストライプを同じ幅且つ同じ厚さにしたものである。

[0064] 図 1 8 に示すように、単結晶  $\text{Si}$  基板 8 1 上に  $\text{SiO}_2$  膜からなる下部クラッド層 8 2 を介して低屈折率層 8 3 に埋め込まれたストライプからなるグレーティング 8 4 を形成する。このグレーティング 8 4 を含む低屈折率層 8 4 上に  $\text{SiON}$  膜からなるコア層 8 5 を設け、所定形状にパターンニングし、次いで、 $\text{SiO}_2$  膜からなる上部クラッド層 8 6 で被覆する。

[0065] このような構造を形成するためには、破線で引き出した円内に示すように、上記の実施例 5 と同様の手法で、1 本のストライプ毎に成膜工程及びエッ



チング工程を繰り返す。即ち、まず、下部クラッド層 8 2 上に  $\text{SiO}_2$  膜からなる薄い低屈折率層 8 3<sub>1</sub> を介して多結晶  $\text{Si}$  層を設ける。次いで、多結晶  $\text{Si}$  層をエッチングすることによって 1 本のストライプからなる第 1 のグレーティング 8 4<sub>1</sub> を形成する。

[0066] 次いで、 $\text{SiO}_2$  膜からなる薄い低屈折率層 8 3<sub>2</sub> 及び多結晶  $\text{Si}$  層を堆積したのち、多結晶  $\text{Si}$  層をエッチングすることによって 1 本のストライプからなる第 2 のグレーティング 8 4<sub>2</sub> を形成する。この工程をストライプの数だけ繰り返すことによって、グレーティング 8 4<sub>1</sub>, 8 4<sub>2</sub> 上には薄い低屈折率層 8 3<sub>3</sub>, 8 3<sub>4</sub>, 8 3<sub>5</sub> … が順次積層される。

[0067] 本発明の実施例 6 においては、同じ幅で同じ膜厚のストライプによって段階的に変化するグレーティングを設けているので、光学的設計が容易になる。その他の作用効果は上記の実施例 1 と同様である。

## 符号の説明

[0068] 1 1 基板  
1 2 第 1 のクラッド層  
1 3<sub>1</sub> ~ 1 3<sub>3</sub> グレーティング  
1 4 低屈折率層  
1 5 コア層  
1 6 第 2 のクラッド層  
2 0, 4 0  $\text{SOI}$  基板  
2 1, 4 1, 6 1, 7 1, 8 1 単結晶  $\text{Si}$  基板  
2 2, 4 2 BOX 層  
2 3, 4 3 単結晶  $\text{Si}$  層  
2 4, 2 7, 2 8, 3 0, 4 4<sub>1</sub> ~ 4 4<sub>3</sub>, 4 9 レジストパターン  
2 5<sub>1</sub> ~ 2 5<sub>3</sub>, 4 5<sub>1</sub> ~ 4 5<sub>3</sub>, 6 5<sub>1</sub> ~ 6 5<sub>3</sub>, 7 5<sub>1</sub> ~ 7 5<sub>3</sub>, 8 4, 8 4<sub>1</sub>, 8 4<sub>2</sub> グレーティング  
2 6, 4 6<sub>1</sub> ~ 4 6<sub>3</sub>, 6 3<sub>1</sub>, 6 3<sub>2</sub>, 7 4<sub>1</sub> ~ 7 4<sub>4</sub>, 8 3, 8 3<sub>1</sub> ~ 8 3<sub>5</sub>  
低屈折率層

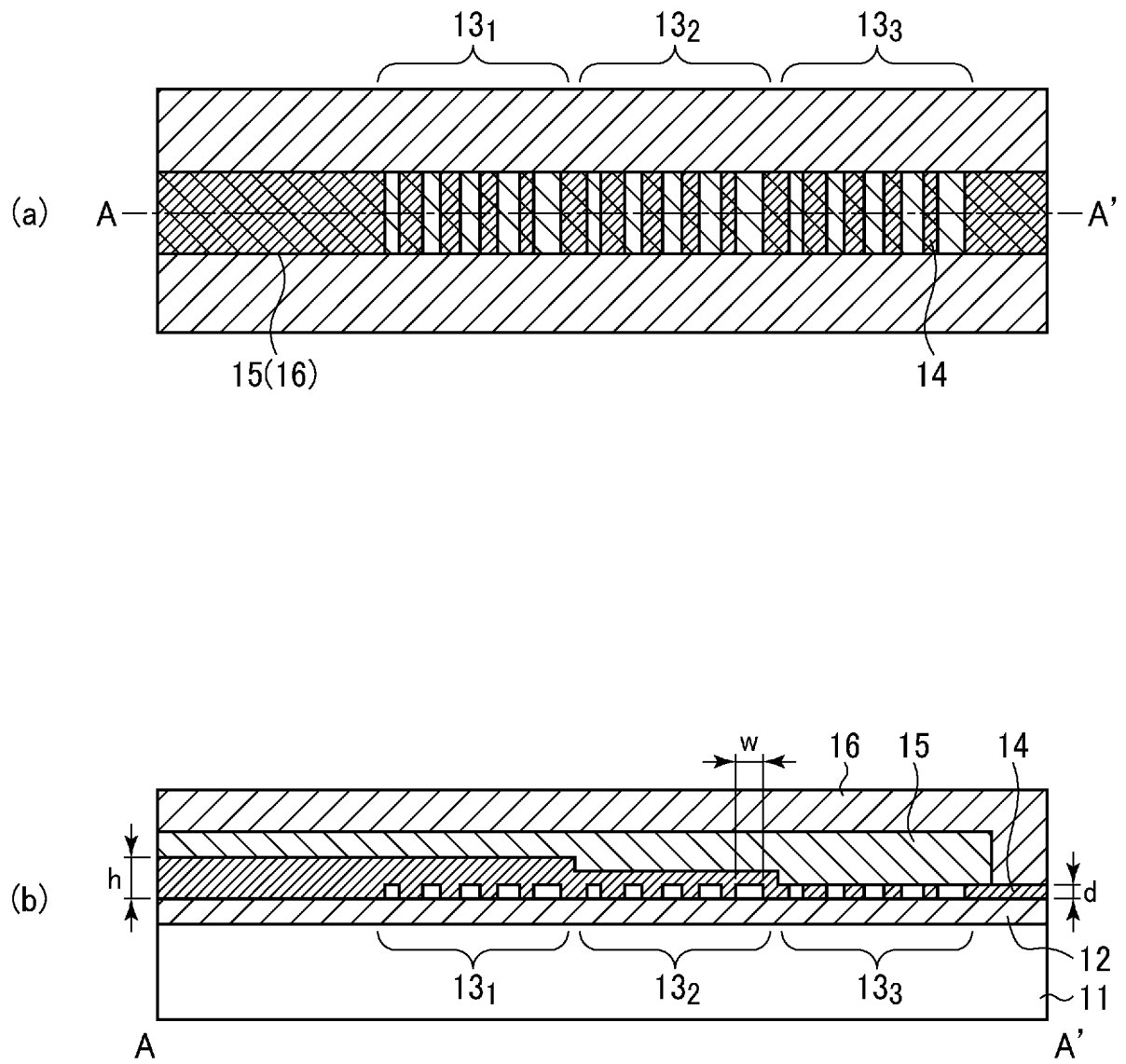
- 29, 48, 66, 73, 85 コア層
- 31, 50, 67, 76, 86 上部クラッド層
- 47<sub>1</sub>, 47<sub>2</sub>, 64 多結晶Si層
- 62, 72, 82 下部クラッド
- 91 光導波路
- 92 下部クラッド層
- 93 上部クラッド層
- 94 グレーティングカプラ部
- 95 グレーティング
- 96 光ファイバ
- 97 コア
- 98 クラッド

## 請求の範囲

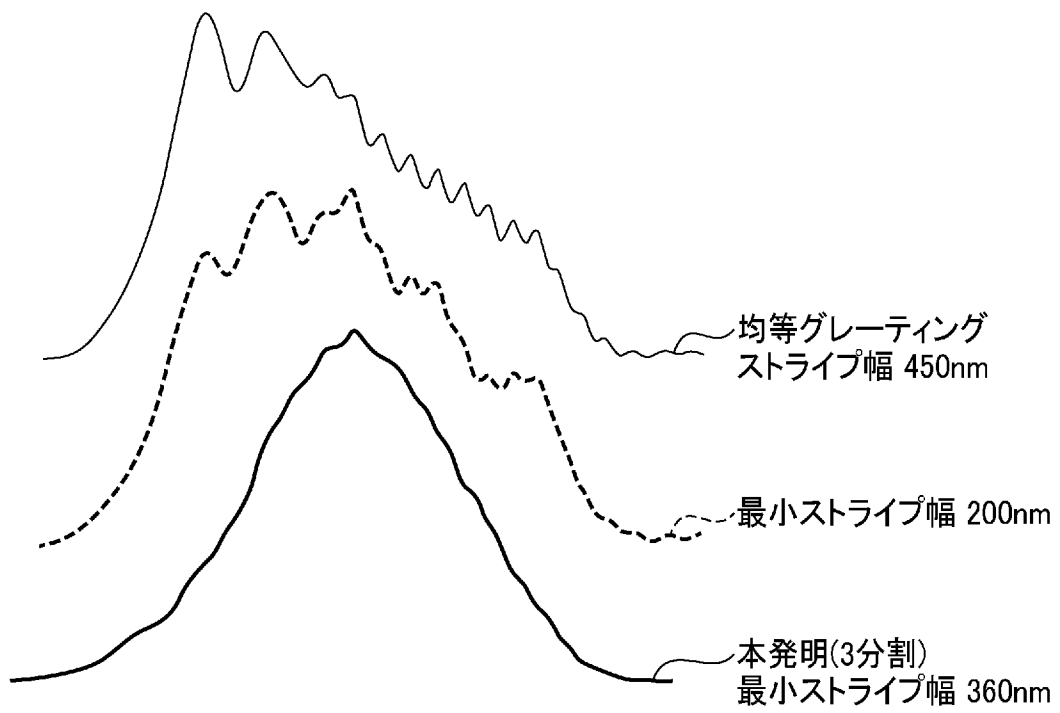
- [請求項1]       基板と、  
前記基板上に設けられた第1のクラッド層と、  
前記第1のクラッド層上に設けられたコア層と、  
前記コア層上に設けられた第2のクラッド層と  
前記コア層と前記第1のクラッド層或いは第2のクラッド層のいずれかとの間に設けられ、屈折率が前記コア層と異なる材料で形成されたストライプ状部材が複数の区画に区分されて配置されたグレーティングと、  
を有し、  
前記ストライプ状部材の前記コア層に対向する面の反対側の面と前記コア層との間隔が前記区画毎に異なることを特徴とするグレーティングカプラ。
- [請求項2]       前記コア層と前記ストライプ状部材の間に、前記コア層より屈折率の低い低屈折率層が設けられていることを特徴とする請求項1に記載のグレーティングカプラ。
- [請求項3]       前記低屈折率層が前記クラッド層と同じ素材からなることを特徴とする請求項2に記載のグレーティングカプラ。
- [請求項4]       前記各区画内に配置されたストライプ状部材は同じ本数の複数本であり、  
前記ストライプ状部材の前記コア層に対向する面の反対側の面と前記コア層との間隔が、グレーティングカプラの端部に向かって前記区画毎に順次減少し、  
且つ、前記各区画内において前記ストライプ状部材の光の導波方向の寸法が前記端部に向かって順次増大していることを特徴とする請求項1に記載のグレーティングカプラ。
- [請求項5]       前記コア層の前記ストライプ状部材に対向する面が、面一の平坦面であることを特徴とする請求項4に記載のグレーティングカプラ。

- [請求項6] 前記グレーティングが、前記コア層と前記第2のクラッド層との間に設けられていることを特徴とする請求項1に記載のグレーティングカプラ。
- [請求項7] 前記コア層の前記ストライプ状部材に対向する面が、前記各区画毎に前記コア層の厚さの異なる段差面であることを特徴とする請求項4に記載のグレーティングカプラ。
- [請求項8] 前記各区画内に配置されたストライプ状部材は同じ本数の複数本であり、  
前記ストライプ状部材の前記コア層に対向する面の反対側の面と前記コア層との間隔が、グレーティングカプラの端部に向かって前記区画毎に順次増大し、  
前記各区画内において前記ストライプ状部材の寸法及び前記ストライプ状部材の光の導波方向の厚さが前記端部に向かって順次増大していることを特徴とする請求項1に記載のグレーティングカプラ。
- [請求項9] 前記ストライプ状部材が配置された区画数が2乃至4であることを特徴とする請求項1に記載のグレーティングカプラ。
- [請求項10] 前記各区画に配置されたストライプ状部材が1本であり、全てのストライプ状部材の厚さ及び光の導波方向の寸法が同じであることを特徴とする請求項4に記載のグレーティングカプラ。
- [請求項11] 請求項1に記載のグレーティングカプラと、  
前記グレーティングカプラの端部において前記グレーティングと光結合する光ファイバと  
前記グレーティングカプラの前記端部と反対方向に延在する光導波路と  
を有することを特徴とする光導波路装置。

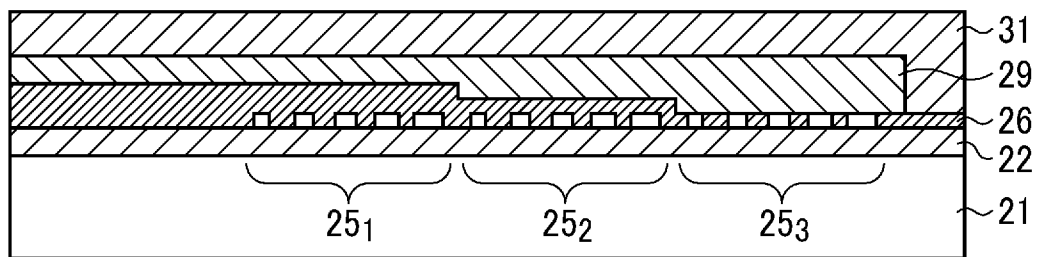
[図1]



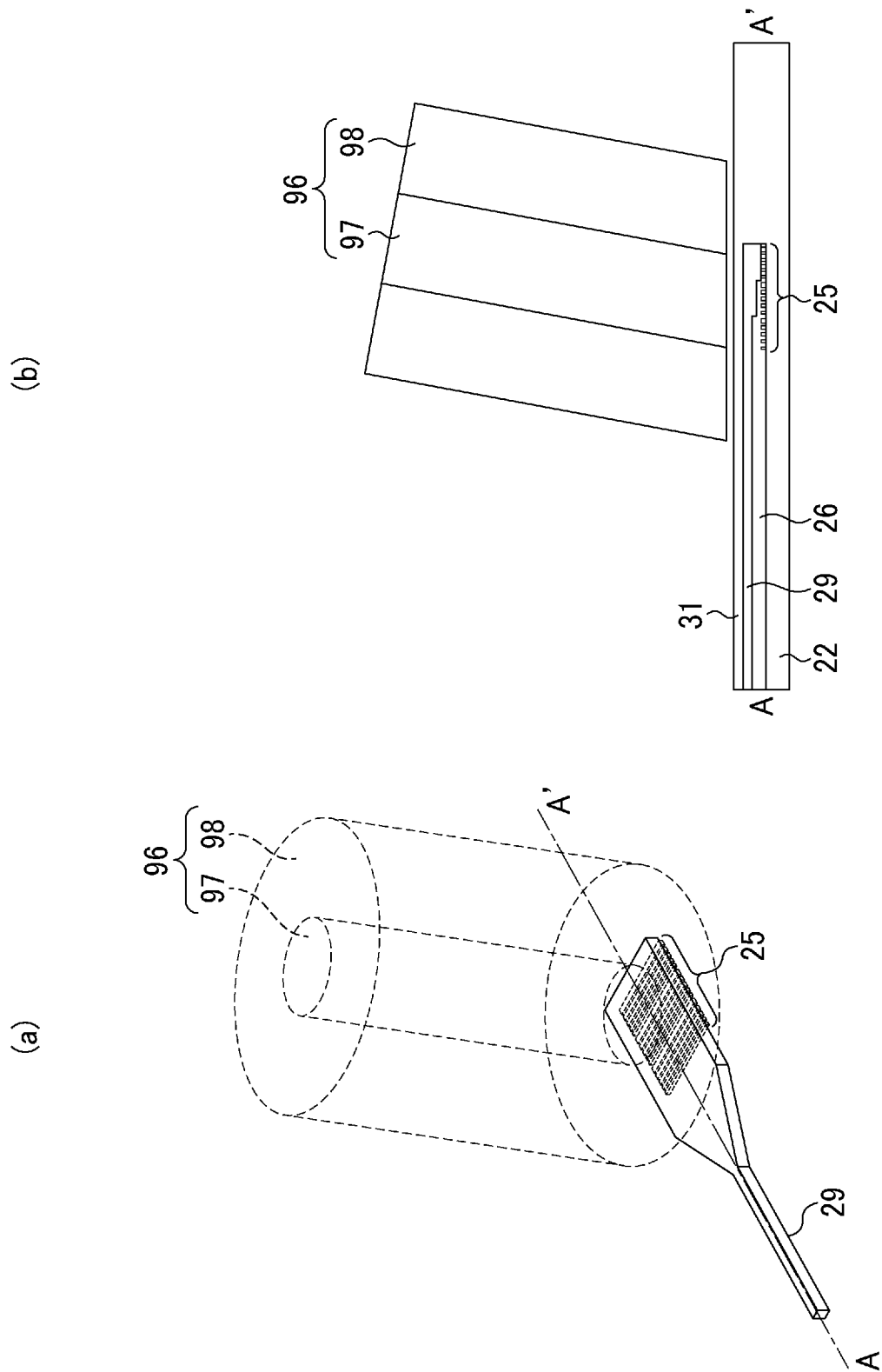
[図2]



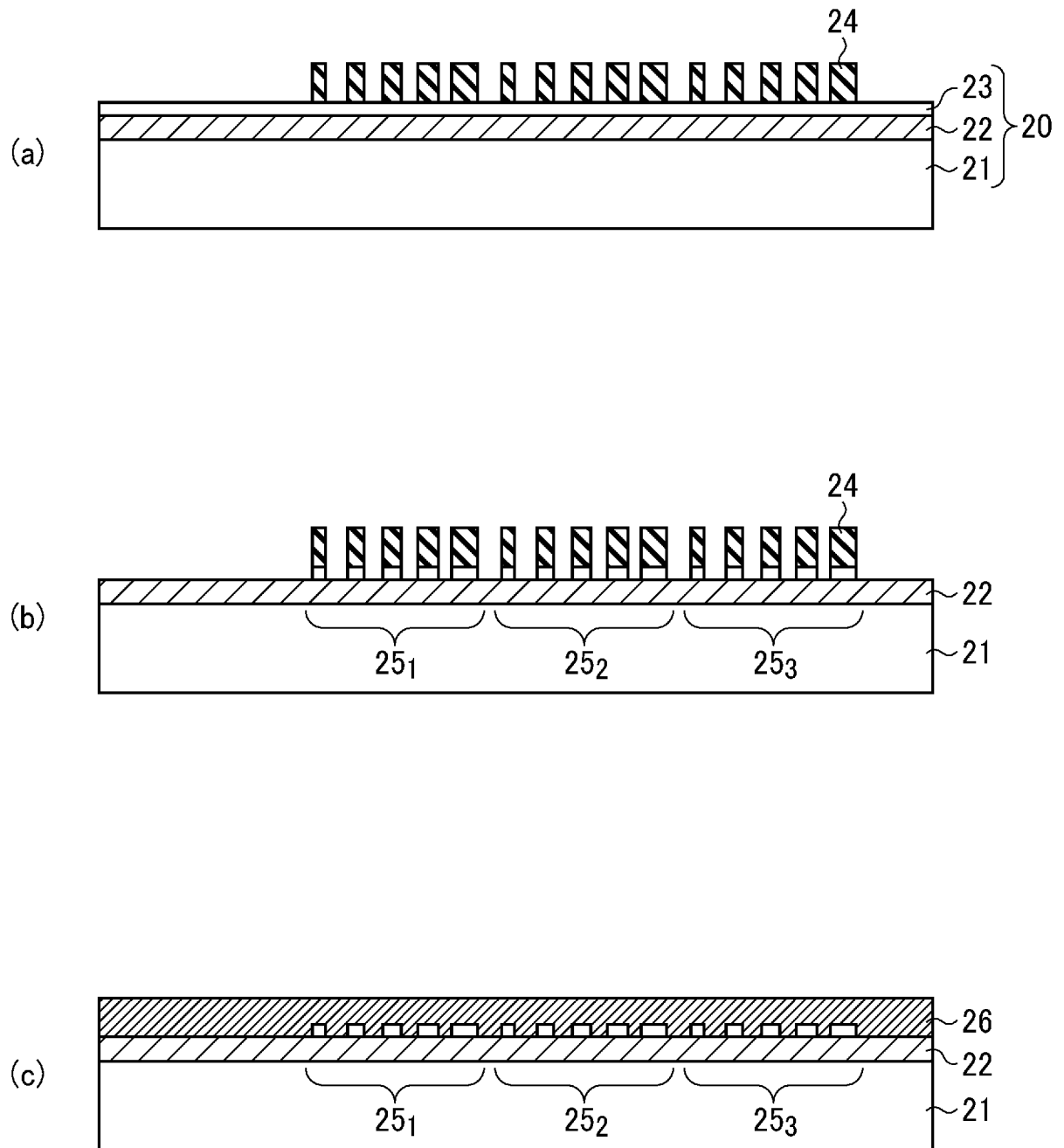
[図3]



[図4]

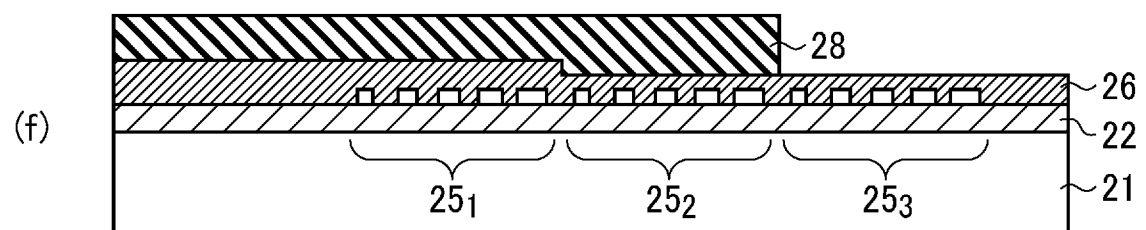
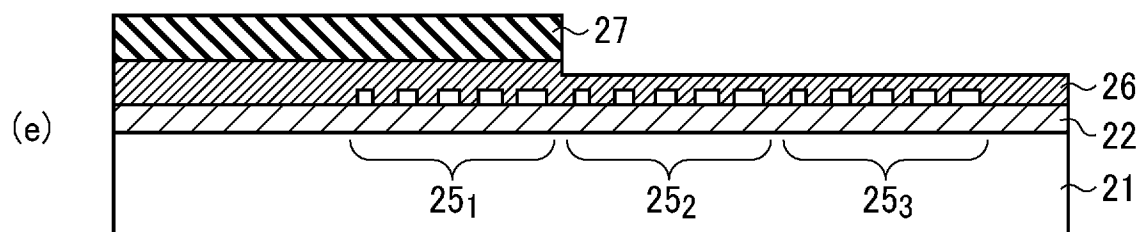
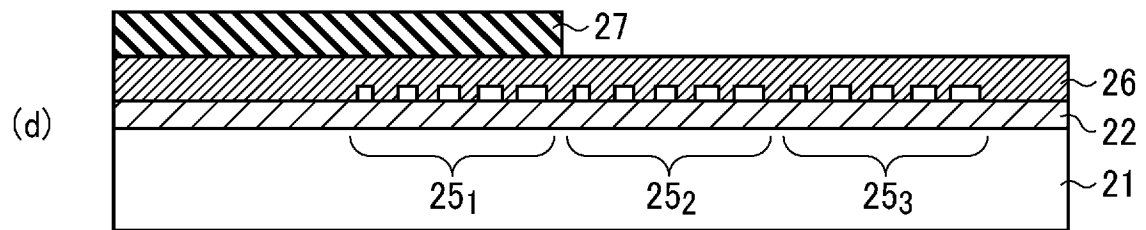


[図5]

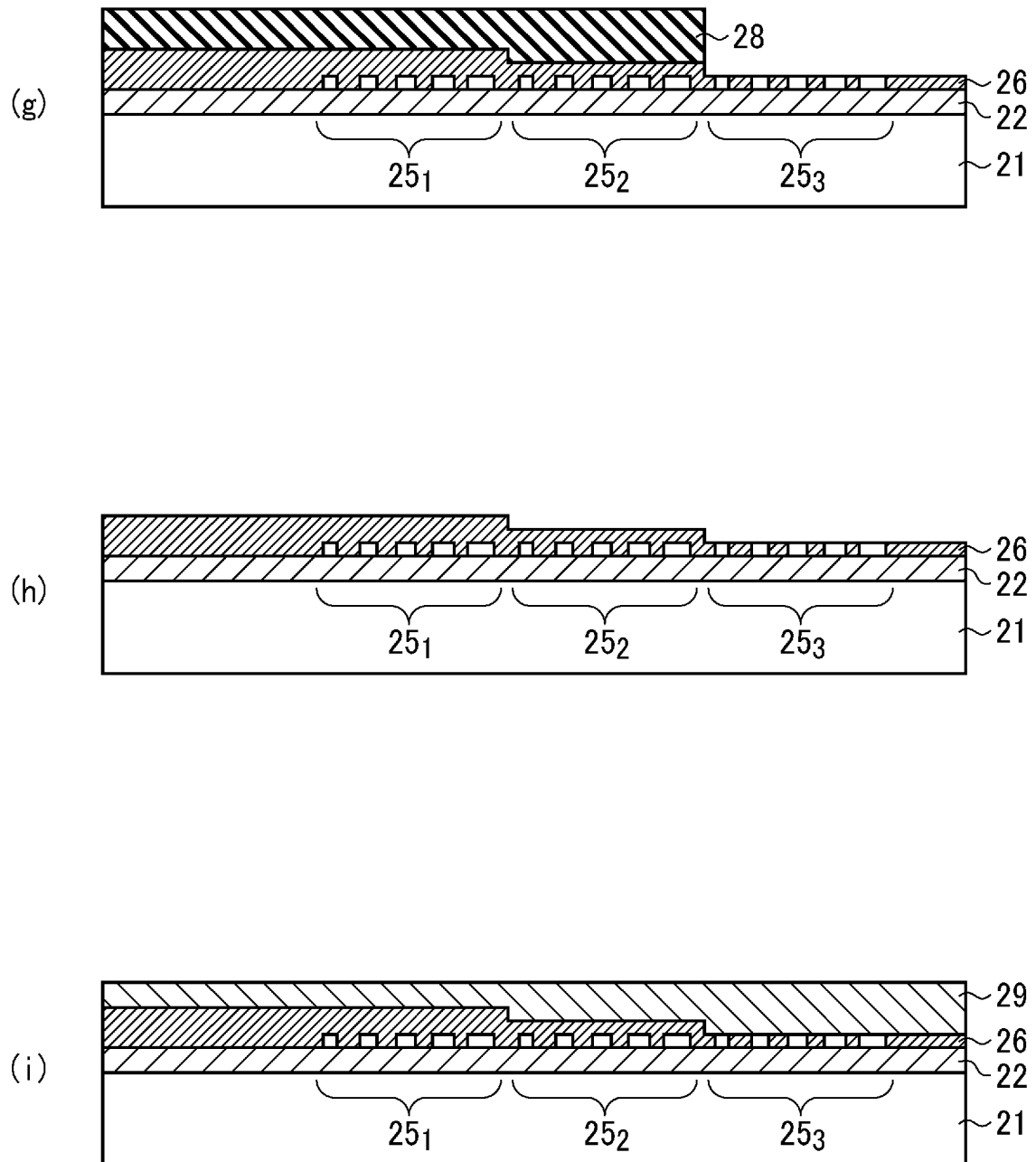




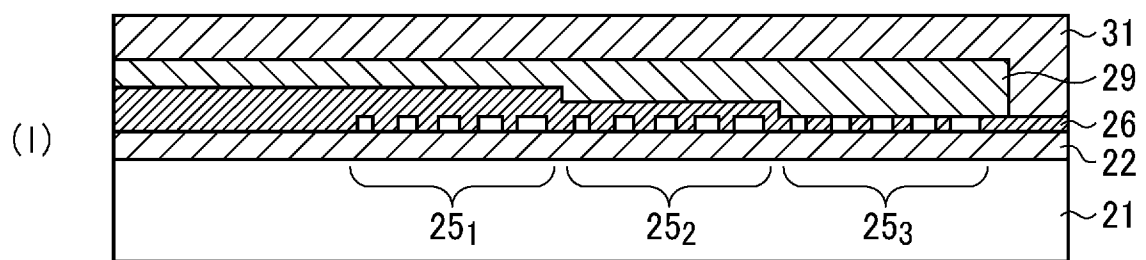
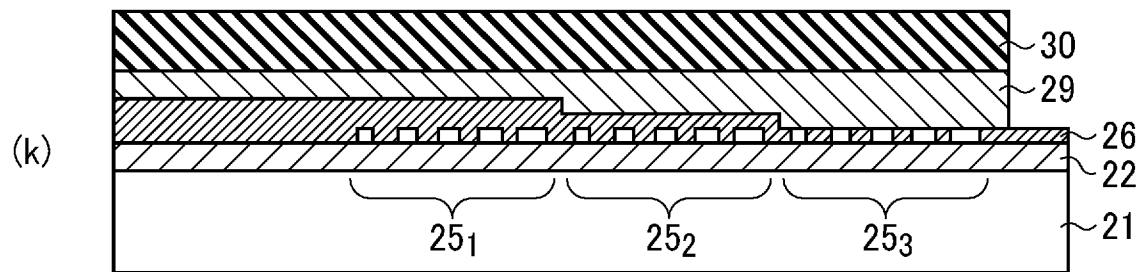
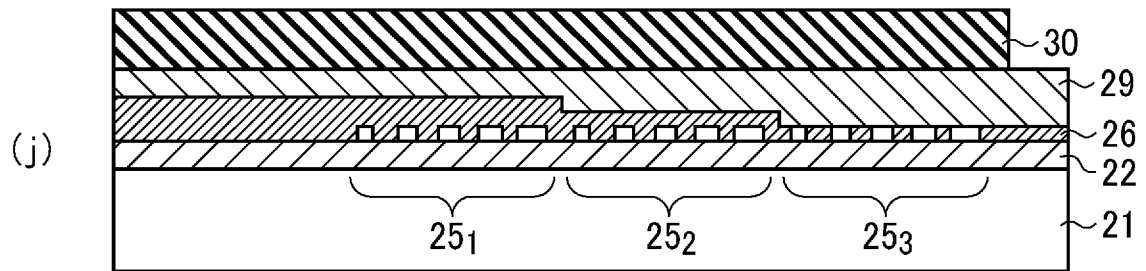
[図6]



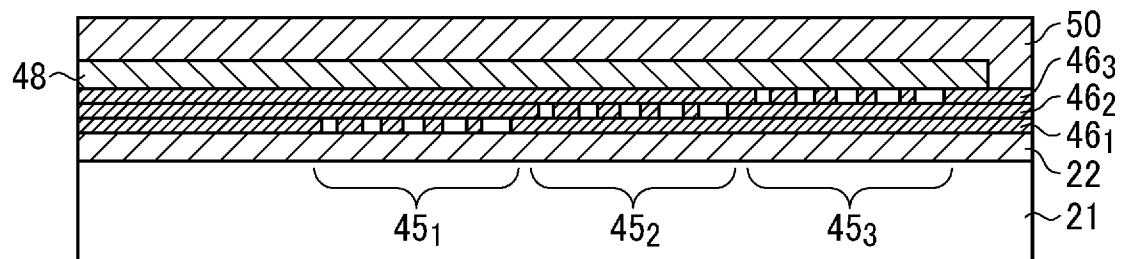
[図7]



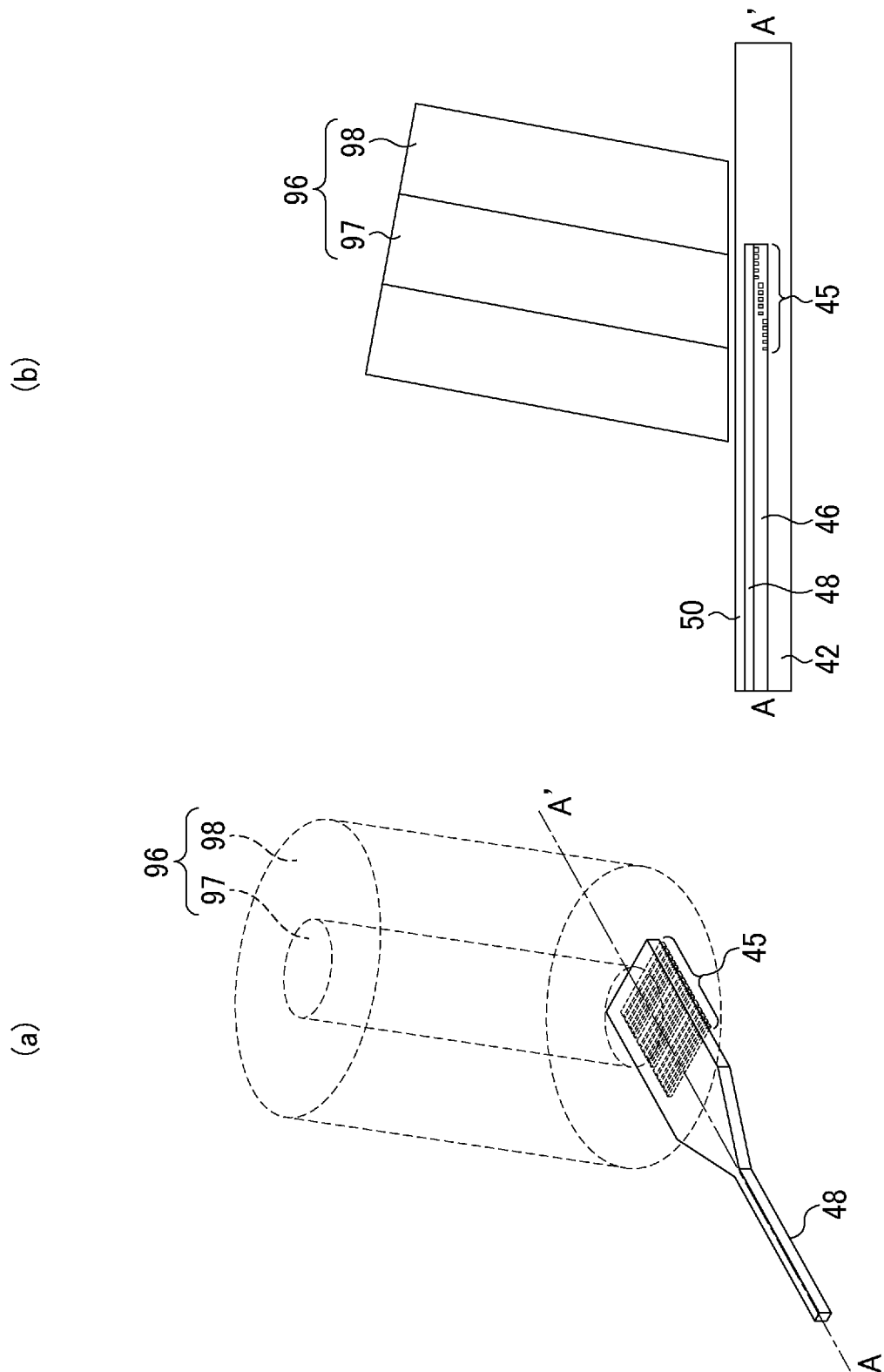
[図8]



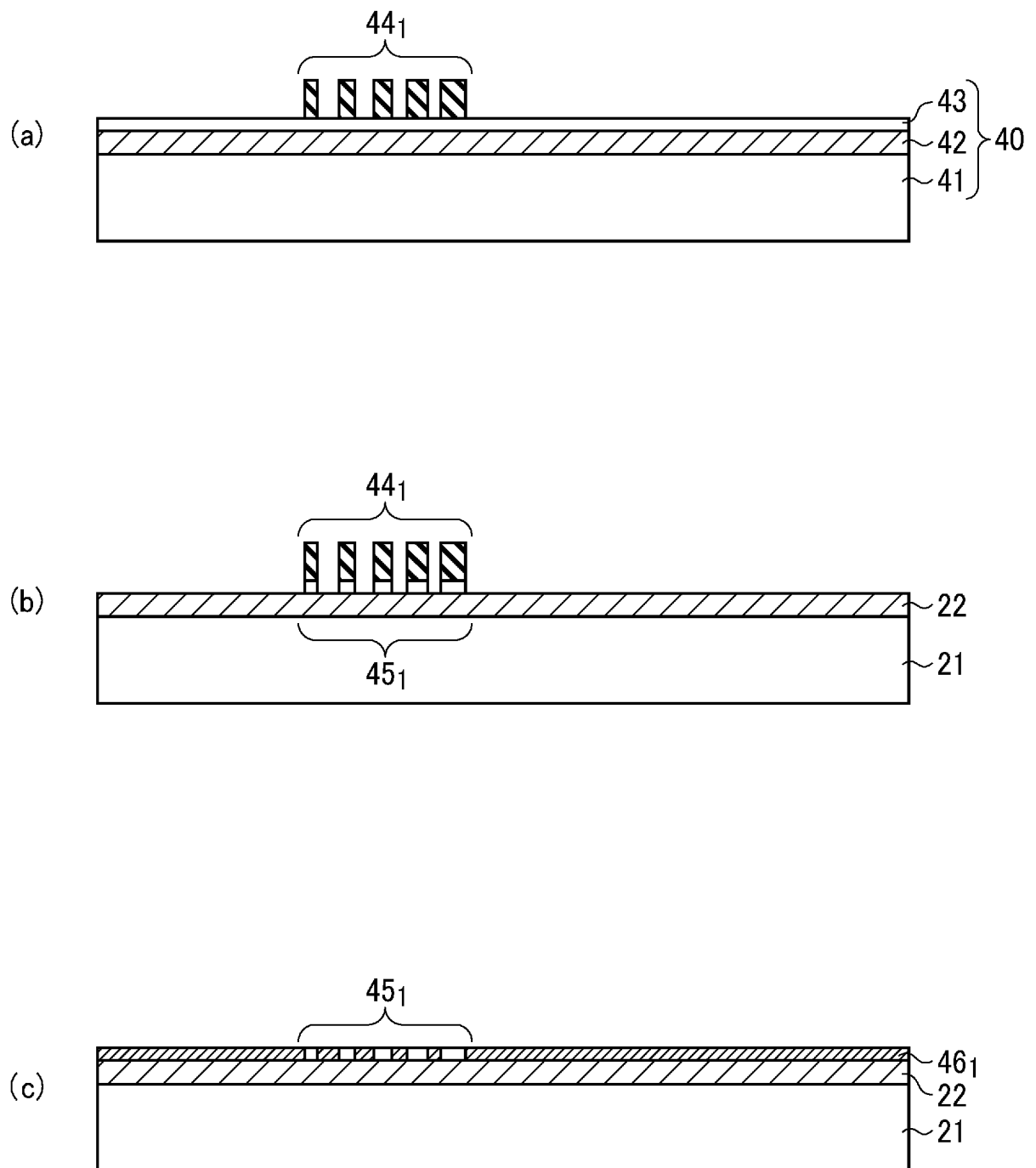
[図9]



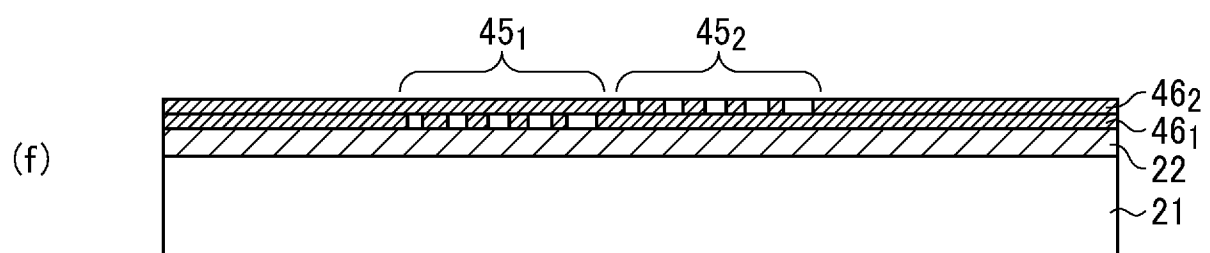
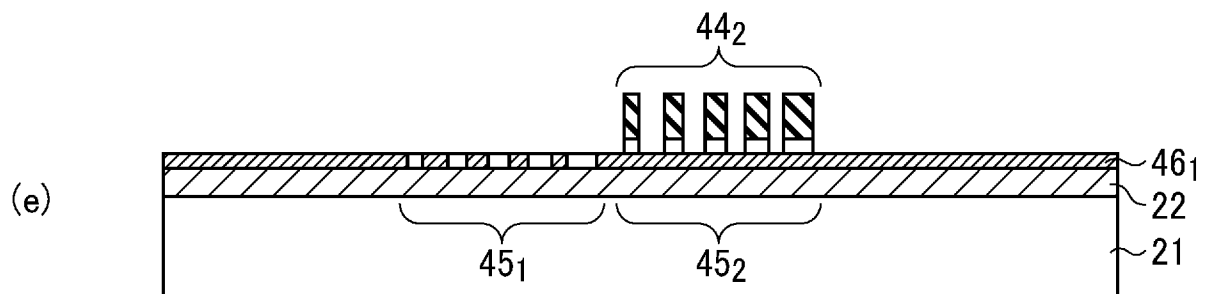
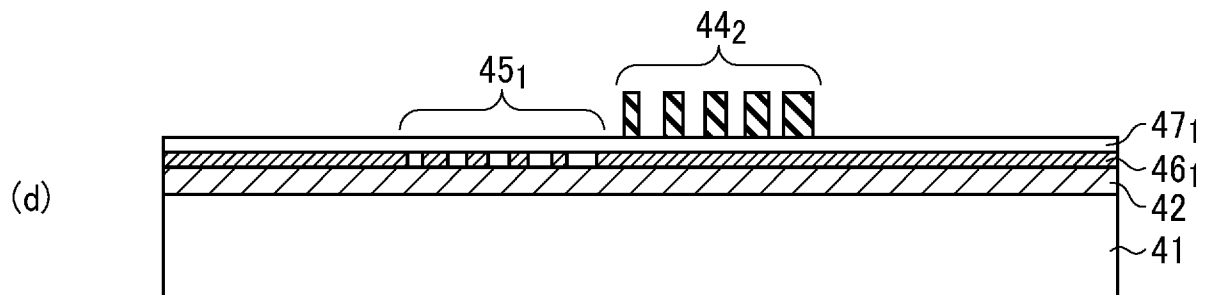
[図10]



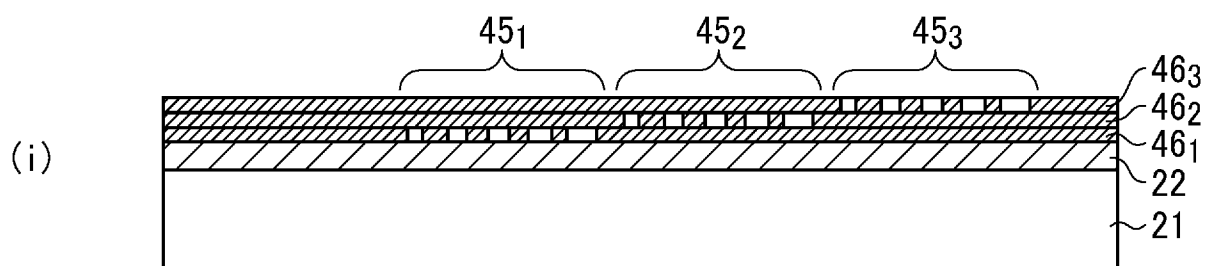
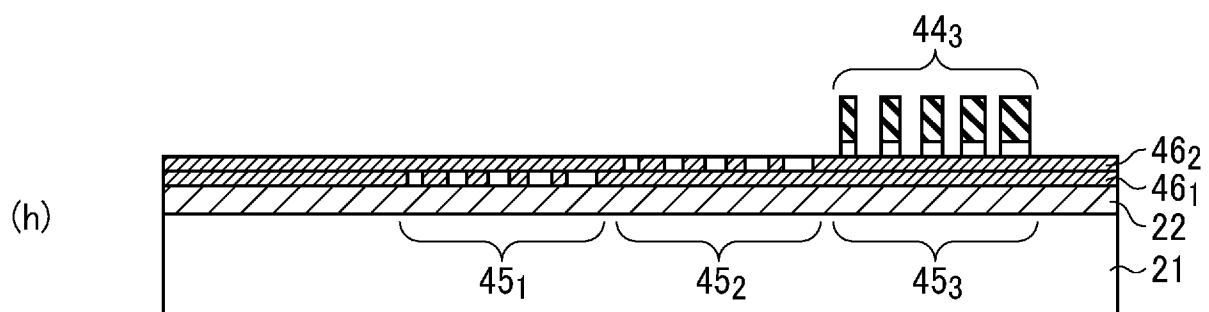
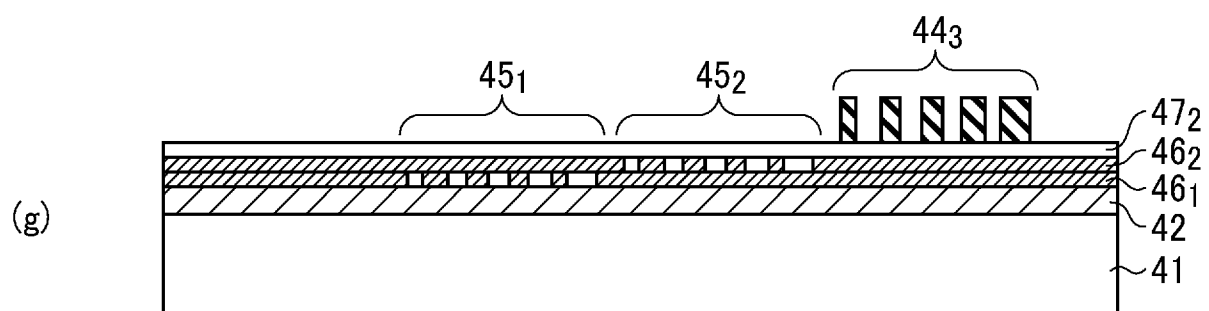
[図11]



[図12]

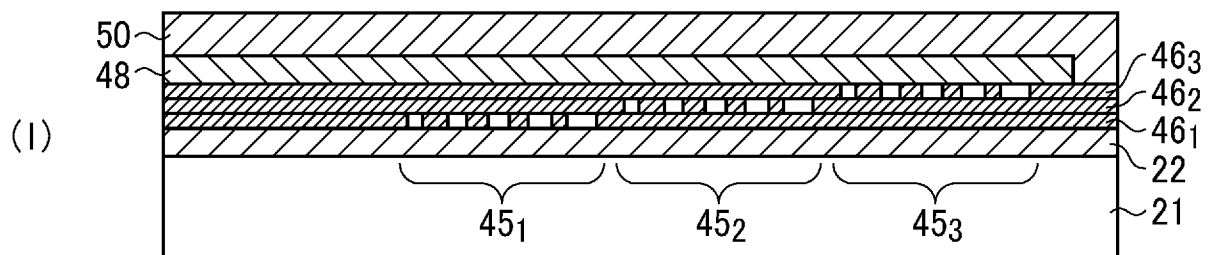
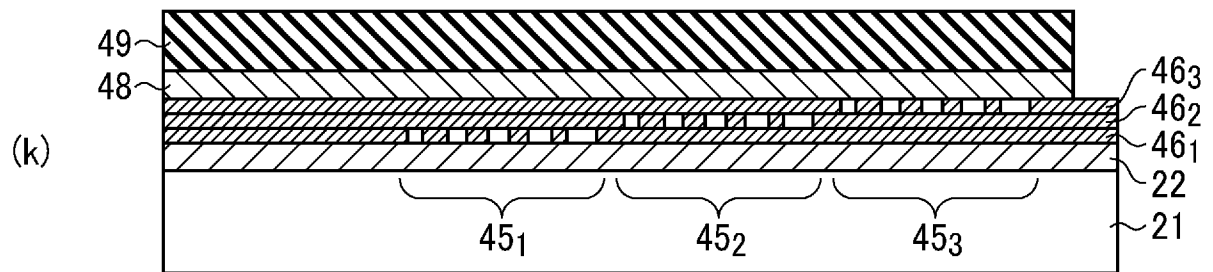
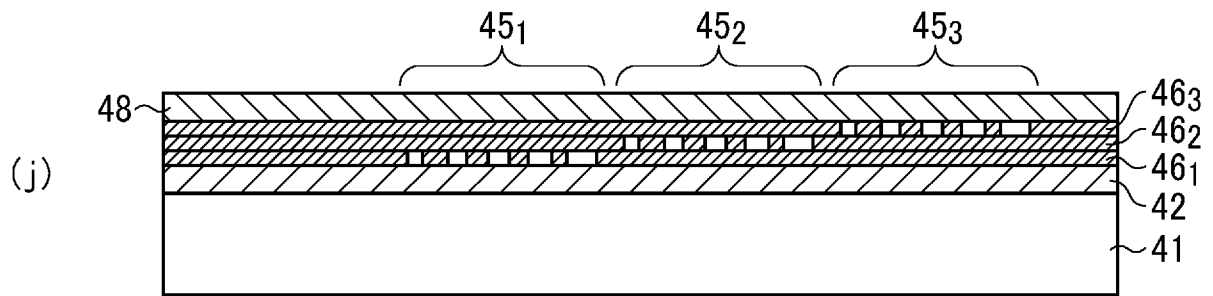


[図13]

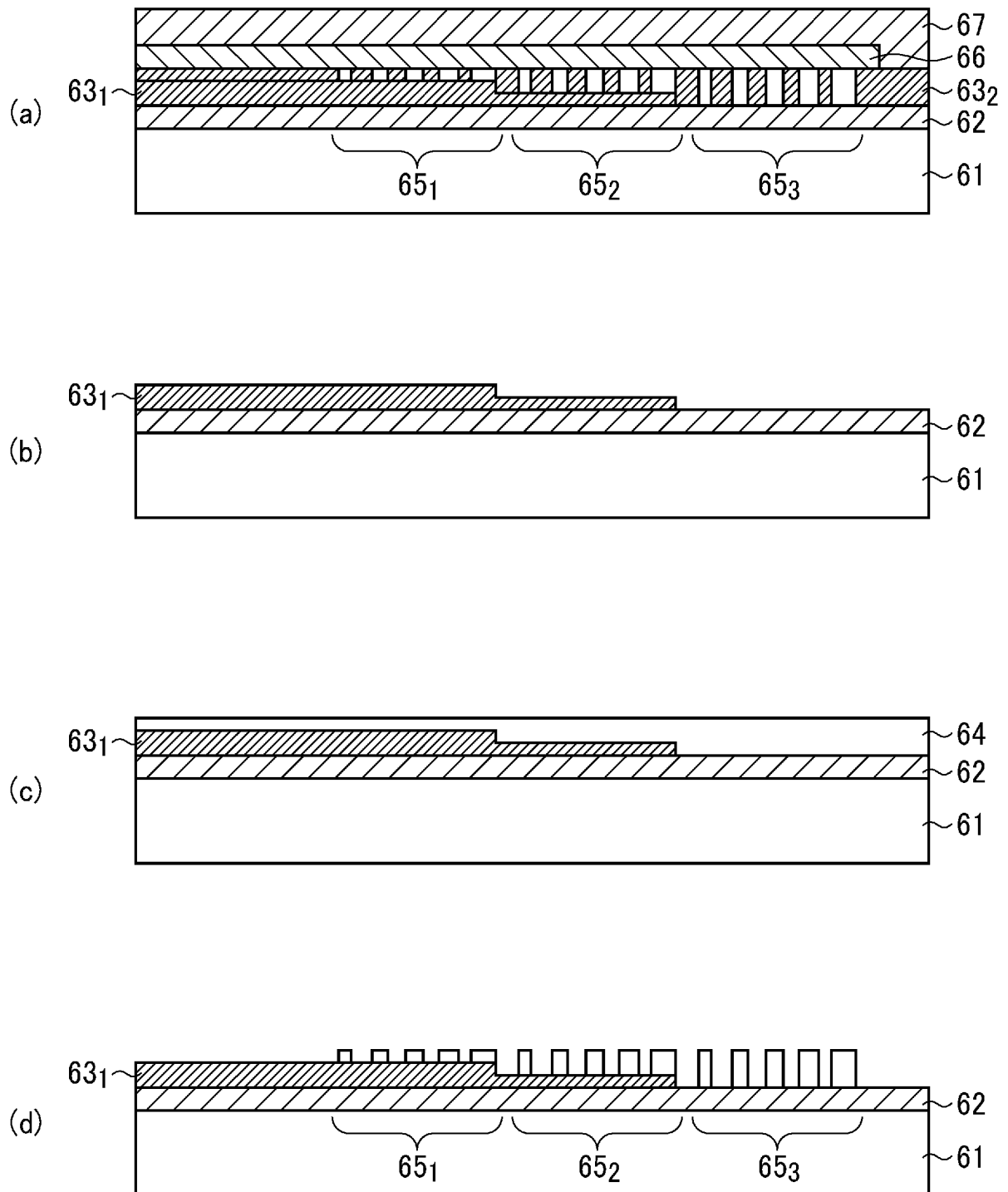




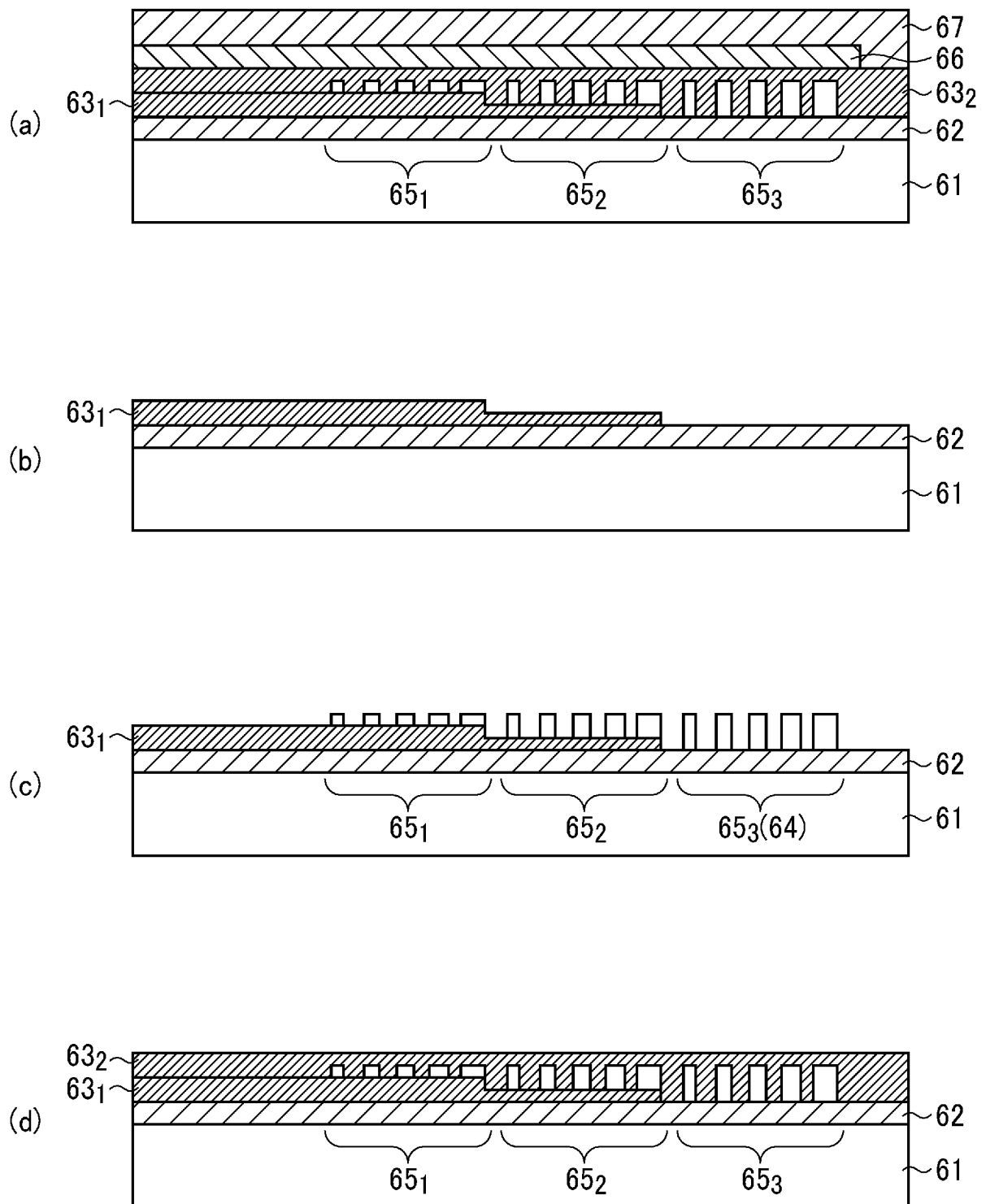
[図14]



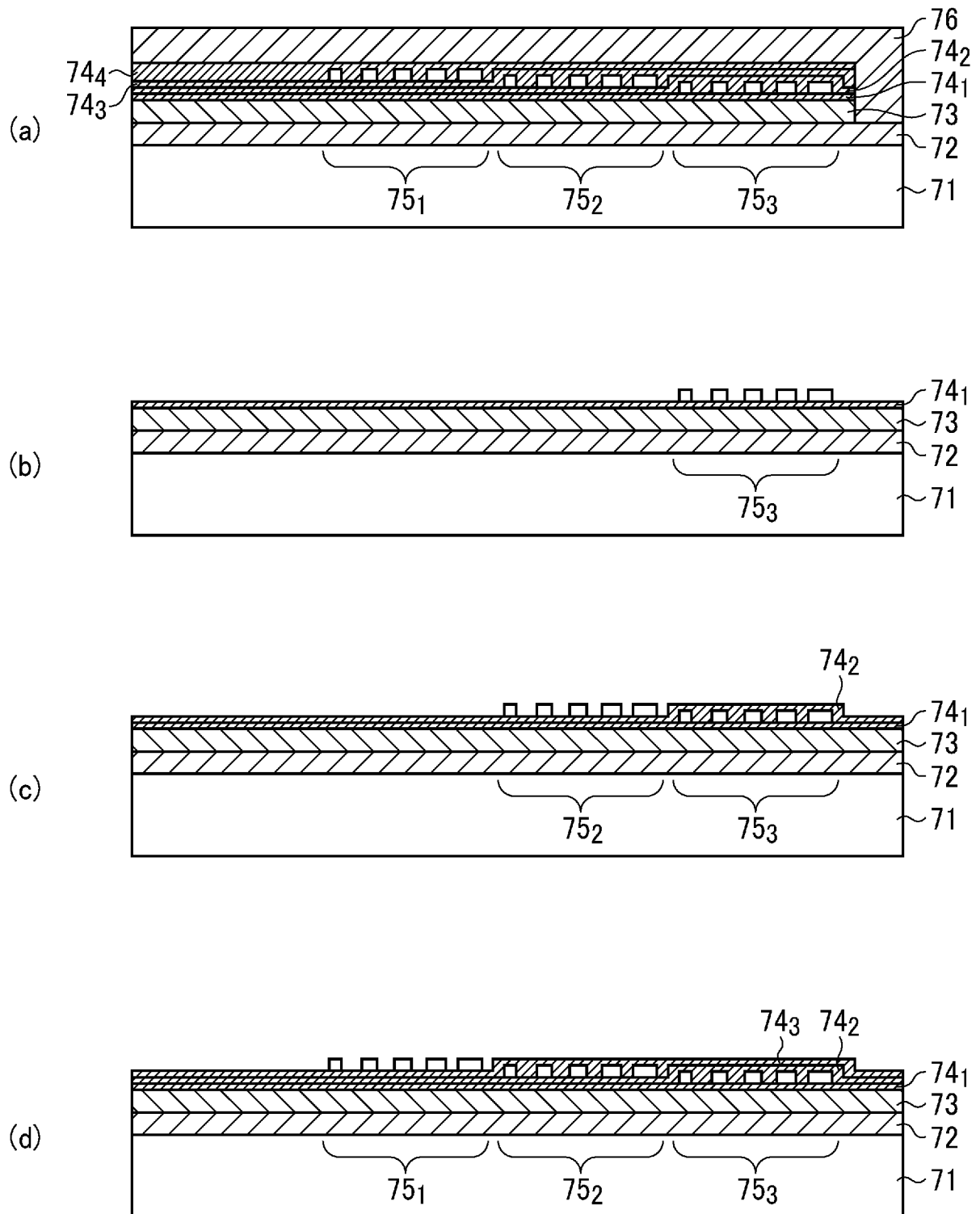
[図15]



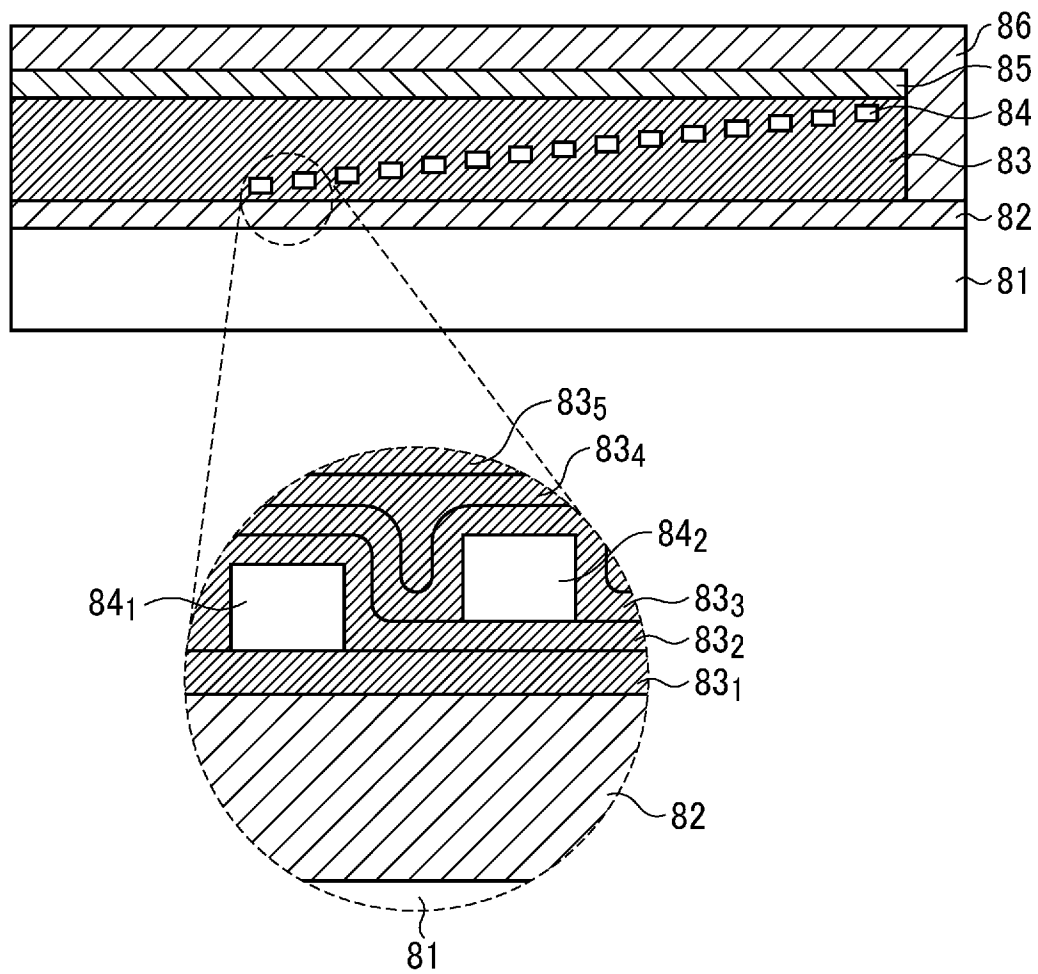
[図16]



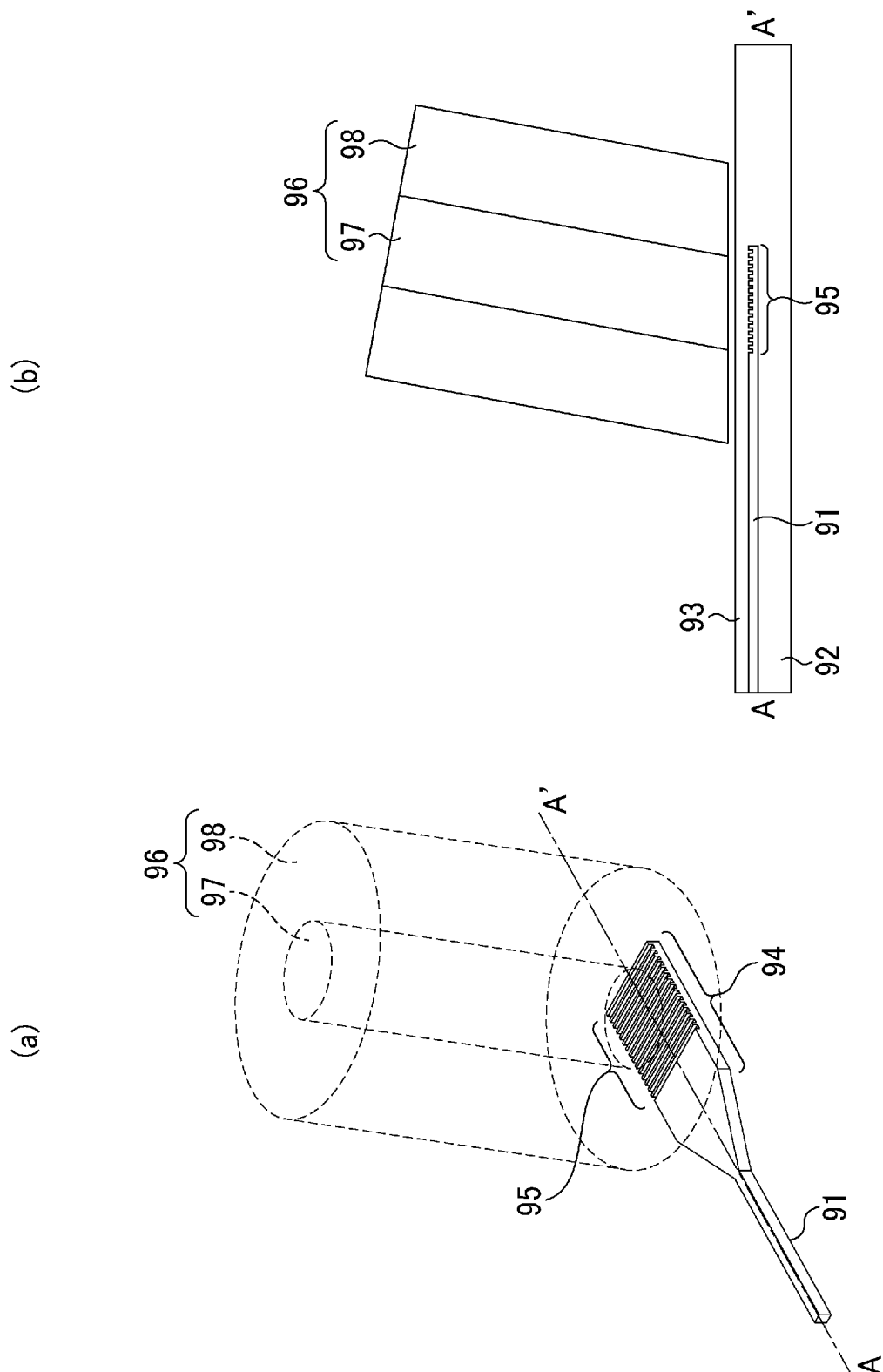
[図17]



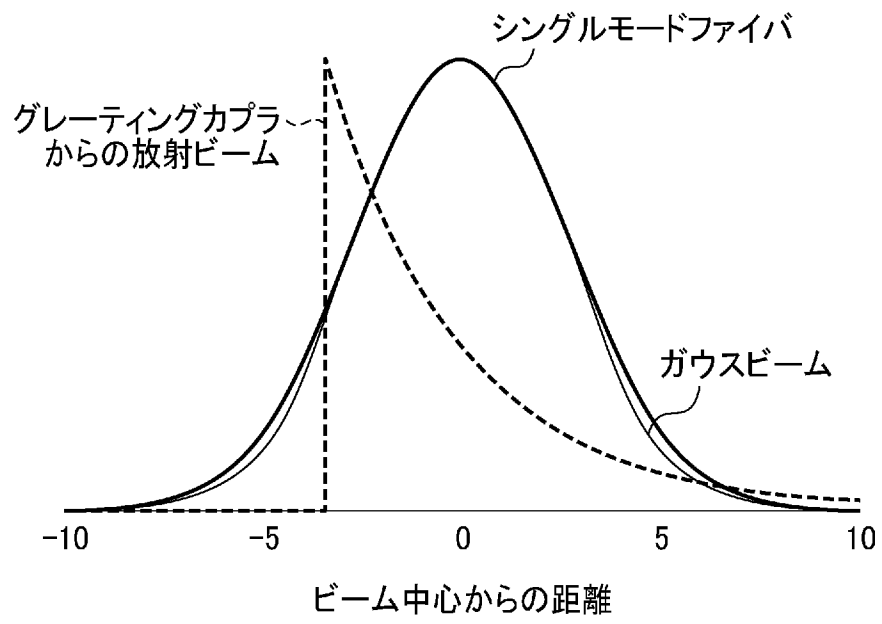
[図18]



[図19]



[図20]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/068188

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/124(2006.01)i, G02B6/34(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)

G02B6/12-6/14, G02B6/26-6/27, G02B6/30-6/34, G02B6/42-6/43

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 | 1996-2015 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2015 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2015 |

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

IEEE Xplore, CiNii

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                          | Relevant to claim No.         |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Y<br>A    | JP 06-082654 A (Olympus Optical Co., Ltd.),<br>25 March 1994 (25.03.1994),<br>paragraphs [0001], [0026]; fig. 8<br>(Family: none)                                                                                                           | 1-3, 5-6, 9, 11<br>4, 7-8, 10 |
| Y         | JP 2011-203603 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.),<br>13 October 2011 (13.10.2011),<br>paragraph [0028]; fig. 3<br>(Family: none)                                                                                                          | 1-3, 5-6, 9, 11               |
| Y         | JP 2007-525691 A (Sioptical, Inc.),<br>06 September 2007 (06.09.2007),<br>paragraphs [0013] to [0014], [0016], [0032] to [0033]; fig. 2, 4, 19 to 21<br>& US 2004/0258347 A1 & WO 2004/095084 A2<br>& KR 10-2005-0118737 A & CN 101052905 A | 2-3                           |

☒ 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  
20 February 2015 (20.02.15)

Date of mailing of the international search report  
03 March 2015 (03.03.15)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/068188

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                   | Relevant to claim No.         |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Y<br>A    | JP 2000-221349 A (Minolta Co., Ltd.),<br>11 August 2000 (11.08.2000),<br>paragraph [0017]; fig. 17<br>(Family: none)                                                                                 | 1-3, 5-6, 9, 11<br>4, 7-8, 10 |
| Y<br>A    | JP 62-296102 A (NEC Corp.),<br>23 December 1987 (23.12.1987),<br>page 2, upper right column, line 10 to lower<br>right column, line 18; fig. 1(b), 2<br>(Family: none)                               | 1-3, 5-6, 9, 11<br>4, 7-8, 10 |
| A         | CN 101995609 A (INSTITUTE OF SEMICONDUCTORS,<br>CHINESE ACADEMY OF SCIENCES),<br>30 March 2011 (30.03.2011),<br>paragraphs [0025] to [0034]; fig. 1 to 4<br>(Family: none)                           | 1-11                          |
| A         | US 2013/0136396 A1 (Electronics and<br>Telecommunications Research Institute),<br>30 May 2013 (30.05.2013),<br>paragraphs [0037] to [0042], [0048] to [0052];<br>fig. 2, 7<br>& KR 10-2013-0058291 A | 1-11                          |
| A         | JP 2003-248128 A (Matsushita Electric Works,<br>Ltd.),<br>05 September 2003 (05.09.2003),<br>paragraphs [0053] to [0058]; fig. 5<br>(Family: none)                                                   | 1-11                          |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B6/124(2006.01)i, G02B6/34(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. G02B6/12-6/14, G02B6/26-6/27, G02B6/30-6/34, G02B6/42-6/43

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 5 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 5 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）

IEEE Xplore, CiNii

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Y<br>A          | JP 06-082654 A（オリンパス光学工業株式会社）1994. 03. 25,<br>【0001】 , 【0026】 , 図 8（ファミリーなし） | 1-3, 5-6, 9, 11<br>4, 7-8, 10 |
| Y               | JP 2011-203603 A（沖電気工業株式会社）2011. 10. 13, 【0028】 , 図<br>3（ファミリーなし）            | 1-3, 5-6, 9, 11               |

☒ 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

2 0 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 3 . 2 0 1 5

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）

奥村 政人

2 X

4 7 5 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                                                   |                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号                |
| Y                     | JP 2007-525691 A (シオプティカル インコーポレーテッド)<br>2007. 09. 06, 【0013】-【0014】, 【0016】, 【0032】-【0033】, 図 2, 4, 19-21<br>& US 2004/0258347 A1 & WO 2004/095084 A2 & KR 10-2005-0118737<br>A & CN 101052905 A | 2-3                           |
| Y<br>A                | JP 2000-221349 A (ミノルタ株式会社) 2000. 08. 11, 【0017】, 図 17<br>(ファミリーなし)                                                                                                                               | 1-3, 5-6, 9, 11<br>4, 7-8, 10 |
| Y<br>A                | JP 62-296102 A (日本電気株式会社) 1987. 12. 23, 第 2 頁右上欄第<br>10 行-右下欄第 18 行, 第 1 図(b), 第 2 図 (ファミリーなし)                                                                                                    | 1-3, 5-6, 9, 11<br>4, 7-8, 10 |
| A                     | CN 101995609 A (INSTITUTE OF SEMICONDUCTORS, CHINESE ACADEMY OF<br>SCIENCES) 2011. 03. 30, 【0025】 - 【0034】, 図 1-4 (ファミリーなし)                                                                       | 1-11                          |
| A                     | US 2013/0136396 A1 (Electronics and Telecommunications Research<br>Institute) 2013. 05. 30, 【0037】 - 【0042】, 【0048】 - 【0052】, 図<br>2, 7 & KR 10-2013-0058291 A                                    | 1-11                          |
| A                     | JP 2003-248128 A (松下電工株式会社) 2003. 09. 05, 【0053】-【0058】,<br>図 5 (ファミリーなし)                                                                                                                         | 1-11                          |