

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-172932

(P2005-172932A)

(43) 公開日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int. Cl.⁷

G02B 6/12

G02B 6/13

F I

G02B 6/12

G02B 6/12

G02B 6/12

テーマコード(参考)

2H047

Z

N

M

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2003-409208 (P2003-409208)

(22) 出願日 平成15年12月8日(2003.12.8)

(71) 出願人 504132272

国立大学法人京都大学

京都府京都市左京区吉田本町36番地1

(74) 代理人 100095670

弁理士 小林 良平

(71) 出願人 000003067

TDK株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(74) 代理人 100095670

弁理士 小林 良平

(74) 代理人 100077171

弁理士 竹内 尚恒

(72) 発明者 野田 進

京都府宇治市五ヶ庄 京大職員宿舎231号

最終頁に続く

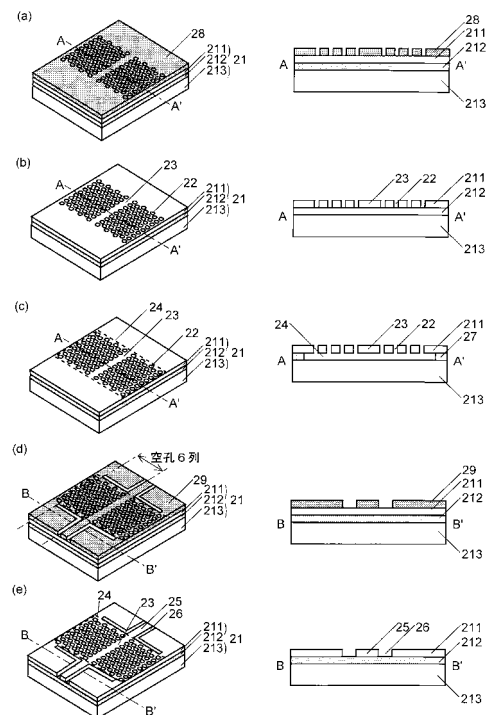
(54) 【発明の名称】 細線導波路付2次元フォトニック結晶の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 2次元フォトニック結晶の方は上下共に空気に接し、2次元フォトニック結晶に接続された細線導波路の下部にはクラッド部材に接する、細線導波路付2次元フォトニック結晶の製造方法を提供する。

【解決手段】 Siから成るスラブ層211、SiO₂から成るクラッド層212を備える基板21を用い、まず、ドライエッチングによりスラブ層211に周期的配列を有する空孔22と結晶内導波路23を形成する((b))。次に、空孔22からフッ化水素水溶液を導入することにより、クラッド層212を一定の範囲だけエッチングし、エアブリッジ空洞24を形成する((c))。次に、ドライエッチングにより結晶内導波路23の延長上に溝26を形成することにより、細線導波路25を形成する。このような方法で製造することにより、細線導波路25の下部にはクラッド層212を残したまま2次元フォトニック結晶の下部にエアブリッジ空洞24を形成することができる。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スラブ層とクラッド層が積層して成る板材から、導波路を有する 2 次元フォトニック結晶と該導波路に接続された細線導波路とから成る細線導波路付 2 次元フォトニック結晶を製造する方法において、

a)スラブ層の所定の範囲に空孔を周期的に設けると共に該所定範囲内に結晶内導波路を形成する 2 次元フォトニック結晶形成工程と、

b)前記空孔を通してエッチング剤を導入することにより、前記所定範囲の下部のクラッド層をエッチングして該クラッド層に空洞を形成するエアブリッジ空洞形成工程と、

c)前記所定範囲の外縁から該所定範囲の外側に向けて、前記結晶内導波路の延長上に所定の幅だけスラブ層を残し、その周囲のスラブ層を除去することにより細線導波路を形成する細線導波路形成工程と、

10

を有することを特徴とする細線導波路付 2 次元フォトニック結晶の製造方法。

【請求項 2】

前記結晶内導波路が、前記空孔を形成しない領域を線状に設けたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の細線導波路付 2 次元フォトニック結晶の製造方法。

【請求項 3】

前記細線導波路形成工程において、スラブ層を細線導波路の両側を溝状に空孔配置の 1 周期分以上の幅だけ除去することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の細線導波路付 2 次元フォトニック結晶の製造方法。

20

【請求項 4】

前記細線導波路形成工程において、更に前記 2 次元フォトニック結晶の外縁部のスラブ層を前記細線導波路から空孔配置の 5 周期分以上除去することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の細線導波路付 2 次元フォトニック結晶の製造方法。

【請求項 5】

前記板材のスラブ層が Si から成り、クラッド層が SiO₂ から成ることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の細線導波路付 2 次元フォトニック結晶の製造方法。

【請求項 6】

前記板材が SOI 基板であることを特徴とする請求項 5 に記載の細線導波路付 2 次元フォトニック結晶の製造方法。

30

【請求項 7】

前記エッチング剤がフッ化水素水溶液であることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載のエアブリッジ構造を有する 2 次元フォトニック結晶の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、波長分割多重通信等の分野において分合波器等に用いられる 2 次元フォトニック結晶、特に結晶外部に光を導出又は導入するための細線導波路を接続した細線導波路付 2 次元フォトニック結晶の製造方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

近年、周期屈折率分布をもった光学機能材料であるフォトニック結晶が注目されている。フォトニック結晶は、その周期屈折率分布により光や電磁波のエネルギーに対してバンド構造が形成され、光や電磁波の伝播が不可能となるエネルギー領域(フォトニックバンドギャップ)が形成されるという特徴を有する。なお、本明細書及び特許請求の範囲において用いる「光」には、光以外の電磁波も含むものとする。

【0003】

フォトニック結晶中に適切な欠陥を導入することにより、エネルギー準位(欠陥準位)がフォトニックバンドギャップ中に形成される。これにより、フォトニックバンドギャップ中のエネルギーに対応する波長(周波数)範囲のうち、欠陥準位のエネルギーに対応する波

50

長の光のみがその欠陥の位置において存在可能になる。この欠陥を線状に設けることにより導波路が形成され、点状に設けることにより光共振器が形成される。この点状欠陥において共振する光の波長(共振波長)はその形状や屈折率に依存する。

【0004】

この共振器及び導波路を用いて様々な光デバイスを作製することが検討されている。例えば、この共振器を導波路の近傍に配置することにより、導波路内を伝播する様々な波長の光のうち共振器の共振波長に一致する波長の光を導波路から共振器を介して外部へ取り出す分波器として機能すると共に、共振器の共振波長を有する光を外部から共振器を介して導波路に導入する合波器としても機能する分合波器となる。このような分合波器は、例えば光通信の分野において、一本のファイバに複数の波長の光を伝播させてそれぞれの波長の光に別個の信号を乗せる波長分割多重方式通信に用いることができる。

10

【0005】

フォトニック結晶には1次元結晶、2次元結晶及び3次元結晶があるが、このうち2次元フォトニック結晶は製造が比較的容易であるという利点を有する。その一例として、特許文献1には、高屈折率の板材(スラブ)に、その材料よりも屈折率の低い物質を周期的に配列した2次元フォトニック結晶であって、その周期的配列を線状に欠陥させた導波路と、周期的配列を乱す点状欠陥を導波路に隣接して設けた2次元フォトニック結晶及び光分合波器が記載されている。なお、このように2次元フォトニック結晶内に形成される導波路を、本願では「結晶内導波路」と呼ぶ。

【0006】

20

【特許文献1】特開2001-272555号公報([0019]~[0032]、図1)

【0007】

2次元フォトニック結晶において、高屈折率であるスラブ内に周期的に配置される低屈折率領域を空気(すなわち、空孔)とするのが、屈折率の差を大きくすることができるという点、及び製造上の容易さの点より、最も一般的である。

【0008】

特許文献1に記載の2次元フォトニック結晶においては、スラブは上下共に空気に接する。前述のとおり、スラブと空気の間屈折率の差が大きいことから、こうすることにより、結晶内導波路内を伝播する光はその大半が全反射によりスラブ内に閉じこめられ、高い伝播効率を得ることができる。

30

【0009】

このような2次元フォトニック結晶において、外部から導波路へ光を導入し、又は導波路から外部へ光を導出するために、本願発明者らは、この2次元フォトニック結晶に細線導波路を接続した細線導波路付2次元フォトニック結晶について検討している。その一例を図1に示す。2次元フォトニック結晶10はスラブ11に空孔12を周期的に配置することにより形成され、空孔12を1列分欠損させることにより結晶内導波路13が形成される。細線導波路14は結晶内導波路の延長上に接続される。この細線導波路をスラブと同じ材料で形成することにより、2次元フォトニック結晶と細線導波路を一体のものとするることができる。

【0010】

40

本願発明者らは、結晶内導波路及び細線導波路を導波する光の周波数と波数の関係(導波モード)を計算した。その結果、図1のように細線導波路の全ての面が空気に接する場合には、細線導波路には2種類の導波モードが存在することが明らかになった。すなわち、1本の導波路内で両モードが同時に導波することとなり、1つの周波数に対して2つの波数の光が存在し得るマルチモードとなる。両モードの光は伝播速度が異なるため、このようなマルチモードの存在は光通信の際に障害となる可能性がある。

【0011】

一方、図2のように、細線導波路14の1つの側面に細線導波路の屈折率よりも低く空気の屈折率よりも高い屈折率を有する材料からなるクラッド部材15を設けた場合には、図3に示すように、細線導波路の導波モードは1つの周波数に対して1つの波数の光のみ

50

が存在し得るシングルモードとなり、上記問題は生じない。

【0012】

以上のように、細線導波路付2次元フォトニック結晶では、2次元フォトニック結晶の方はスラブの上下共に空気に接し(従って、クラッド部材には接しない)、一方、細線導波路の方はクラッド部材に接することが望ましい。

【0013】

スラブの上下共に空気に接する2次元フォトニック結晶(但し、細線導波路は設けられていない)を製造する方法が特許文献1に記載されている。その方法においては、InP又はSiから成る層(以下、「スラブ層」とする)の下にInGaAsP又はSiO₂から成る層(以下、「クラッド層」)を有する基板を用いている。まず、スラブ層を貫通する空孔を周期的に形成することにより、2次元フォトニック結晶を形成する。その際、空孔の大きさや配置を適宜設定することにより点状欠陥や結晶内導波路を形成する。次に、形成した空孔からエッチング剤を導入することにより、空孔の下にあるクラッド層をエッチングする。この時、一定の時間以上エッチングを行うことにより、空孔の間にあるクラッド層もエッチングし、空孔を設けた領域、即ち2次元フォトニック結晶の下部全体に1つの空洞を形成するようにする。このように製造された2次元フォトニック結晶では、空洞の上に2次元フォトニック結晶のスラブによる橋を架けたような架橋状の構造が形成されるため、本出願ではこのような構造を「エアブリッジ構造」と呼び、この空洞を「エアブリッジ空洞」と呼ぶ。

10

【0014】

2次元フォトニック結晶と細線導波路を一体で形成する場合、細線導波路付2次元フォトニック結晶を製造するときには、スラブ層に2次元フォトニック結晶と細線導波路のパターンを一緒に形成し、エッチング等により一挙に作成するのが自然である。しかし、このような製造方法を採用すると、その後、2次元フォトニック結晶の下部にエアブリッジ空洞を形成する際にエッチング剤が細線導波路の周囲からクラッド層に浸入し、2次元フォトニック結晶の下部のみならず細線導波路の直下もエッチングされてしまう。そのため、細線導波路がクラッド層に接しなくなり、上記のようにマルチモード伝播となる。また、強度不足から細線導波路が折損する恐れがある。これを防ぐために細線導波路の周囲をマスクしたとしても、細線導波路とマスクとの隙間からエッチング剤が浸入することを完全に防ぐことは難しく、やはり細線導波路の直下の一部がエッチングされてしまう。

20

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

本発明が解決しようとする課題は、2次元フォトニック結晶のスラブの方は上下共に空気に接し、一方、2次元フォトニック結晶に接続された細線導波路の下部にはクラッド部材が設けられた、細線導波路付2次元フォトニック結晶の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記課題を解決するために成された本発明に係る細線導波路付2次元フォトニック結晶の製造方法は、スラブ層とクラッド層が積層して成る板材から、導波路を有する2次元フォトニック結晶と該導波路に接続された細線導波路とから成る細線導波路付2次元フォトニック結晶を製造する方法において、

40

a)スラブ層の所定の範囲に空孔を周期的に設けると共に該所定範囲内に結晶内導波路を形成する2次元フォトニック結晶形成工程と、

b)前記空孔を通してエッチング剤を導入することにより、前記所定範囲の下部のクラッド層をエッチングして該クラッド層に空洞を形成するエアブリッジ空洞形成工程と、

c)前記所定範囲の外縁から該所定範囲の外側に向けて、前記結晶内導波路の延長上に所定の幅だけスラブ層を残し、その周囲のスラブ層を除去することにより細線導波路を形成する細線導波路形成工程と、

50

を有することを特徴とする。

【発明の実施の形態及び効果】

【0017】

本発明の細線導波路付2次元フォトニック結晶の製造方法では、スラブ層とクラッド層が積層して成る板材を材料とする。この板材には、スラブ層とクラッド層に続いて更に他の層が積層されているものも含まれる。例えば、Siの厚膜上にSiO₂薄膜を形成し、その上にSi薄膜を形成した、市販のSOI(Silicon On Insulator)基板を用いることができる。SOI基板の場合、Si薄膜がスラブ層となり、SiO₂薄膜がクラッド層となる。SiO₂薄膜の下にあるSi厚膜は、これらスラブ層及びクラッド層を支える基板の役割を有する。

【0018】

まず、スラブ層の所定の範囲に空孔を周期的に設ける。これにより屈折率の周期的分布が形成されるため、空孔を設けた範囲内は2次元フォトニック結晶になる。この時、同時に、結晶内導波路を形成する。結晶内導波路は、一般的には空孔の周期配列の線状の乱れにより形成されるが、典型的には空孔を形成しない領域を線状に設けることにより形成される。なお、その両側の空孔配置を寄せることにより幅を狭めたり、又は逆に広げても、結晶内導波路として十分に作用する。更に、周囲の空孔とは異なる径の空孔を線状に配置したり、別異の物質を埋め込むことによってももちろん結晶内導波路を形成することができる。空孔は、例えば各種半導体装置の製造に用いられるフォトリソグラフィや電子線リソグラフィあるいはドライエッチング等により形成する。2次元フォトニック結晶には、必要に応じて点状欠陥を形成する。なお、この工程においては、細線導波路は形成しない。

10

20

【0019】

次に、空孔を通してクラッド層にエッチング剤を導入する。エッチング剤は空孔からクラッド層に浸入し、空孔の下部及びその周囲のクラッド層をエッチングする。これにより、空孔を設けた範囲、即ち2次元フォトニック結晶の下部にエアブリッジ空洞が形成される。その際、エッチングを行う時間を調節することにより、エアブリッジ空洞の領域を2次元フォトニック結晶の領域とほぼ一致させることができる。ここでエアブリッジ空洞の領域は2次元フォトニック結晶の領域と完全に一致する必要はなく、それよりも多少大きく、又は小さくてもよい。エッチング剤には、既存のエッチング液やエッチングガスを用いることができる。例えばクラッド層がSiO₂から成る場合にはフッ化水素水溶液を用いることができる。

30

【0020】

次に、前記所定範囲、即ち2次元フォトニック結晶の外縁からその外側に向けて、結晶内導波路の延長上に細線導波路を形成する。即ち、細線導波路の幅の分だけスラブ層を残して、その周囲のスラブ層を除去する。エアブリッジ空洞の外側にはクラッド層が残されているため、こうして形成される細線導波路はその下部がクラッド層に接するものとなる。スラブ層の除去は、空孔を形成する際と同様に、フォトリソグラフィや電子線リソグラフィあるいはドライエッチング等を用いて行うことができる。ここで、形成しようとする細線導波路が、先に形成された結晶内導波路の延長上に正しく配置されるようにするために、市販のリソグラフィ装置が有する重ね合わせ機能を用いるとよい。この重ね合わせ機能は半導体製造の分野において広く用いられているものであり、以前の工程で形成されたパターンに合わせて更にパターンを形成する際に、両パターンの位置のずれを所定の大きさ以下に抑えることができるものである。

40

【0021】

細線導波路形成工程においてスラブ層を除去する際には、細線導波路の部分以外のスラブ層を全て除去する必要はなく、細線導波路の両側に溝を形成するようにスラブ層を除去するだけでもよい。例えば電子線リソグラフィによりスラブ層を除去する場合には、スラブ層を広範囲に亘って除去するよりも、このように溝の部分のみを除去する方が容易である。

【0022】

50

この溝の幅は、以下の理由により、空孔配置の1周期分以上とすることが望ましい。なお、本出願においては、「空孔配置の周期」は最隣接の空孔間の距離を意味する。

図4に、細線導波路を伝播する光の電場の分布を、該導波路の幅方向について示す。横軸は細線導波路の幅方向の位置を表し、図中の符号41の範囲が細線導波路の領域に該る。縦軸は電場の振幅を表し、縦軸の絶対値が大きいほど電場が大きいことを示す。電場は細線導波路41の外側にも存在するが、細線導波路の端から空孔配置の1周期分aだけ離れた位置42では電場はほぼ0になる。従って、上記溝の幅が空孔配置の1周期分以上あれば、細線導波路の側方のスラブ層には光がほとんど漏れないことになる。

【0023】

2次元フォトニック結晶内では、光は結晶内導波路から該導波路の幅方向に或る程度の範囲まで浸み出しつつ伝播する(但し、光はその範囲よりも外側には拡がらないため、このことが原因となって結晶内導波路の光が損失することはない)。この浸み出しの範囲は、空孔配置の5周期分程度である。細線導波路の両側の溝よりも外側に残されたスラブ層と2次元フォトニック結晶とが直接接続していると、結晶内導波路から浸み出した光がこの残されたスラブ層に浸入するため、光が損失する原因となる。そこで、前記細線導波路形成工程において、更に2次元フォトニック結晶の外縁部のスラブ層を細線導波路から空孔配置の5周期分以上除去することが望ましい。これにより、結晶内導波路から浸み出した光が溝の外側に残されたスラブ層に浸入して損失することを防ぐことができる。

10

【0024】

本発明により、以下の効果を得ることができる。本発明では、2次元フォトニック結晶を形成してその下部にエアブリッジ空洞を形成した後に、2次元フォトニック結晶の外縁からその外側に向かって細線導波路を形成するため、細線導波路の下部には確実にクラッド層が接するようにすることができる。そのため、この方法により製造された細線導波路は、導波モードがシングルモードとなり、マルチモードに起因する問題が生じない。一方、2次元フォトニック結晶の下部にはエアブリッジ空洞が形成されるため、その上下に存在する空気とスラブとの屈折率の差により、2次元フォトニック結晶内では光をスラブに垂直な方向に閉じこめて、光の損失を最小限に抑えることができる。

20

【実施例】

【0025】

本発明に係る細線導波路付2次元フォトニック結晶の製造方法の一実施例を、図5及び図6を用いて説明する。図5では、左側に各工程の斜視図を示し、そこに示したA-A'又はB-B'における断面図を右側に示す。

30

【0026】

Siを材料とするスラブ層211、SiO₂を材料とするクラッド層212及びSiを材料とする基板層213の3層から成るSOI基板21を用意する。SOI基板21には市販のものを用いることができる。本実施例で用いたSOI基板21の各層の厚さは、スラブ層211が0.25μm、クラッド層212が1.5μm、基板層213が725μmである。まず、スラブ層211の表面にレジスト28を塗布し、電子ビームにより、空孔が周期的に配置されたパターンでレジスト28を除去する((a))。本実施例では、空孔の半径は0.12μm、空孔の配置は三角格子であり、その格子定数は0.42μmである。この時、結晶内導波路となる位置には空孔を形成しない。結晶内導波路の幅は、本実施例では0.48μmとする。なお、結晶内導波路は、空孔の形状を他と異なるものとしたり、空孔の位置をずらすことによっても形成することができる。次に、エッチングガス(SF₆ガス)を用いたドライエッチングにより、スラブ層211に空孔22を穿孔する。このとき、結晶内導波路23(更に、点状欠陥を設ける場合にはその点状欠陥)の部分はエッチングされない((b))。その後、レジスト28を除去する。ここまでの工程(2次元フォトニック結晶形成工程)により、スラブ層211に2次元フォトニック結晶が形成される。但し、この段階では、2次元フォトニック結晶の下部にはクラッド層212が接している。

40

【0027】

次に、SOI基板21を濃度5%のフッ化水素水溶液に1分30秒間浸す。空孔22から浸入し

50

たフッ化水素水溶液は、スラブ層 2 1 1 及び基板層 2 1 3 の Si には影響を及ぼすことなくクラッド層 2 1 2 の SiO_2 のみをエッチングする。これにより、各空孔 2 2 から一定の距離までクラッド層 2 1 2 がエッチングされ、空孔間ではエッチングされた領域がつながる。こうして、2次元フォトニック結晶の下部にエアブリッジ空洞 2 4 が形成される((c))。なお、本実施例ではスラブ層 2 1 1 の側端部の一定の幅の領域には空孔を設けていない。これにより、側端部の下部 2 7 ではクラッド層 2 1 2 は一定の幅だけエッチングされずに残る。このクラッド層 2 1 2 の残った部分は、2次元フォトニック結晶を支える役割を果たす。

【0028】

次に、スラブ層 2 1 1 の上にレジスト 2 9 を塗布し、細線導波路を形成する位置の両側のレジスト 2 9 を、所定の幅だけ電子ビームにより除去する。その際、電子ビーム描画装置のレジストレーション(重ね合わせ)機能を用いることにより、形成される(残される)細線導波路は結晶内導波路 2 3 の延長上に正しく合わせられる。この溝の幅は、空孔配置の 1 周期分とする。本実施例では、この溝を形成すると同時に、2次元フォトニック結晶の外縁部に、細線導波路に略垂直な方向の溝をレジスト 2 9 に形成する((d))。この結晶外縁部の溝の長さは、空孔配置の 5 周期分よりも長い、空孔列の 6 列分(5.2周期分)とし、その幅は、細線導波路の両側の溝の幅と同じく空孔配置の 1 周期分とする。次に、 SF_6 ガスを用いたドライエッチングにより、スラブ層 2 1 1 に 2 本の溝 2 6 を形成する。その後、レジスト 2 9 を除去すると、2 本の溝 2 6 の間に残されたスラブ層 2 1 1 が細線導波路 2 5 となる((e))。

【0029】

以上により、2次元フォトニック結晶の下部にはエアブリッジ空洞 2 4 を有し、細線導波路 2 5 の下部にはクラッド層 2 1 2 を有する細線導波路付 2次元フォトニック結晶が完成する。この細線導波路付 2次元フォトニック結晶の結晶内導波路 2 3 では、その下部にエアブリッジ空洞 2 4 が形成されるため、基板層 2 1 3 の方向に光が漏れることがない。また、細線導波路 2 5 の下部がクラッド層 2 1 2 に接することにより、細線導波路 2 5 の導波モードはシングルモードとなる。また、細線導波路 2 5 の両側の溝 2 6 の幅が空孔配置の 1 周期分あるため、細線導波路 2 5 の光は該導波路 2 5 の側方のスラブ層 2 1 1 に漏れることがない。更に、溝 2 6 は結晶外縁部に、細線導波路 2 5 に略垂直な方向に空孔列の 6 列分(5.2周期分)形成されているため、結晶内導波路 2 3 からその幅方向に浸み出す光が細線導波路 2 5 の側方のスラブ層 2 1 1 に漏れることがない。

【0030】

点状欠陥を設ける場合には、図 5 (a)に示される前記工程において、目的位置に空孔を形成しないようにすればよい。あるいは、その位置の空孔の形状を他と異なるものとしたり、周期配列を乱すような位置に空孔を配置してもよい。図 6 (a-1)は位置 6 1 に 3 個分の空孔を形成しない例を、(a-2)は位置 6 2 に形成される空孔の径を他の空孔よりも大きくする例を、それぞれ示す図である。それ以外の工程を上記と同様に行うことにより、3 個分の空孔が欠損した点状欠陥 6 3 ((b-1))、あるいは他の空孔よりも径の大きい点状欠陥 6 4 ((b-2))が設けられた、細線導波路付 2次元フォトニック結晶が得られる。なお、これらの点状欠陥については、特許文献 1 及び特開 2003-279764 号公報に詳しく記載されている。

【0031】

本実施例により製造された細線導波路付 2次元フォトニック結晶の走査電子顕微鏡(SEM)写真を図 7 に示す。(a)は 2次元フォトニック結晶部の断面(図 5 の A-A' の断面に対応)を斜め上方から撮影したものであり、(b)はその拡大写真である。スラブ層 3 1 1 に空孔 3 2 が周期的に形成されていると共に、空孔 3 2 が 1 列分欠損した結晶内導波路 3 3 が形成されている。2次元フォトニック結晶の下部にはエアブリッジ空洞 3 4 が形成されている。なお、クラッド層 3 1 2 が斜めにエッチングされているのは、スラブ層 3 1 1 に近いクラッド層 3 1 2 上部の方が空孔 3 2 から遠いところまでエッチングされること、及び SiO_2 の結晶性による。(c)は細線導波路部の断面(図 5 の B-B' の断面に対応)を斜め上方から撮

10

20

30

40

50

影したものであり、(d)はその断面を斜め側方から撮影したものである。2本の溝36が形成されることにより、その間に細線導波路35が形成されている。また、(c)に示すように、細線導波路35の下部がクラッド層312に接している。これにより、細線導波路35の導波モードがシングルモードとなる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】細線導波路付2次元フォトニック結晶の一例を示す図。

【図2】クラッド部材を設けた細線導波路付2次元フォトニック結晶の一例を示す図。

【図3】クラッド部材を設けた細線導波路及び結晶内導波路の導波モードを示すグラフ。

【図4】細線導波路の幅方向への光の拡がりを示すグラフ。

10

【図5】本発明に係る細線導波路付2次元フォトニック結晶の製造方法の一実施例を示す斜視図及び断面図。

【図6】本発明に係る細線導波路付2次元フォトニック結晶の製造方法において、点状欠陥を設ける例を示す斜視図。

【図7】本実施例により製造された細線導波路付2次元フォトニック結晶の走査電子顕微鏡写真。

【符号の説明】

【0033】

11 ... スラブ

12、22、23 ... 空孔

20

13、23、33 ... 結晶内導波路

14、25、35 ... 細線導波路

15 ... クラッド部材

21 ... SOI基板

211、311 ... スラブ層

212、312 ... クラッド層

213 ... 基板層

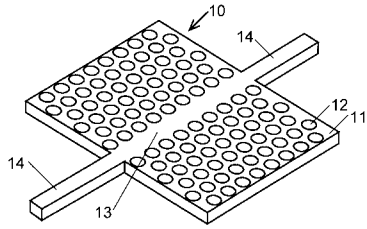
24、34 ... エアブリッジ空洞

26、36 ... 溝

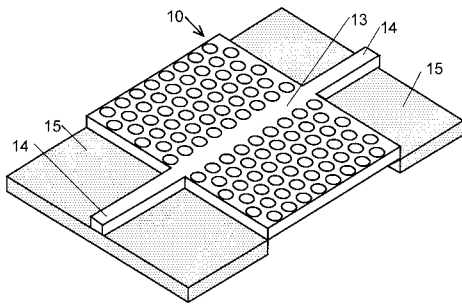
28、29 ... レジスト

30

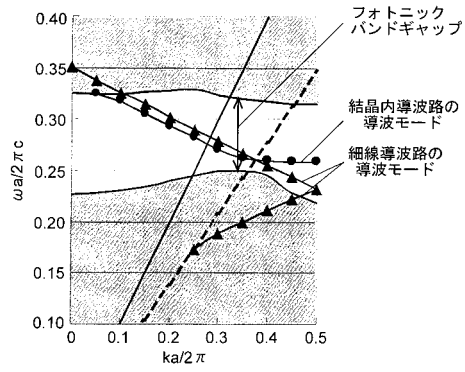
【図1】



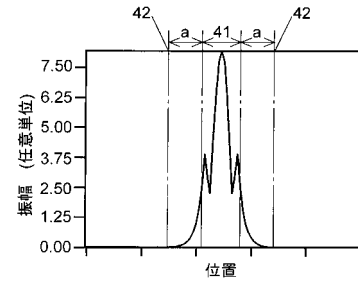
【図2】



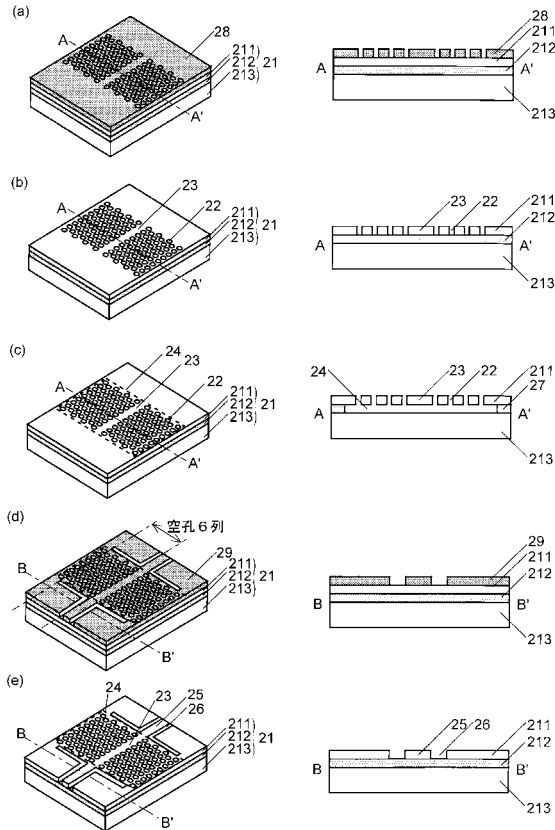
【図3】



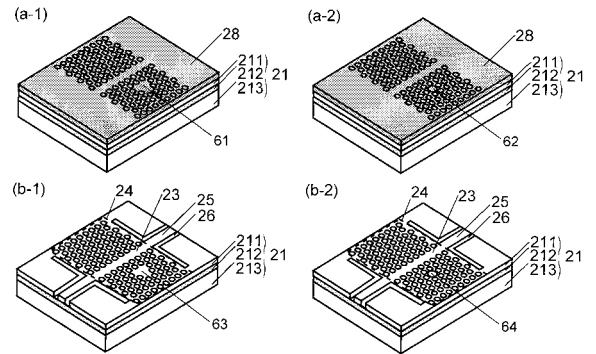
【図4】



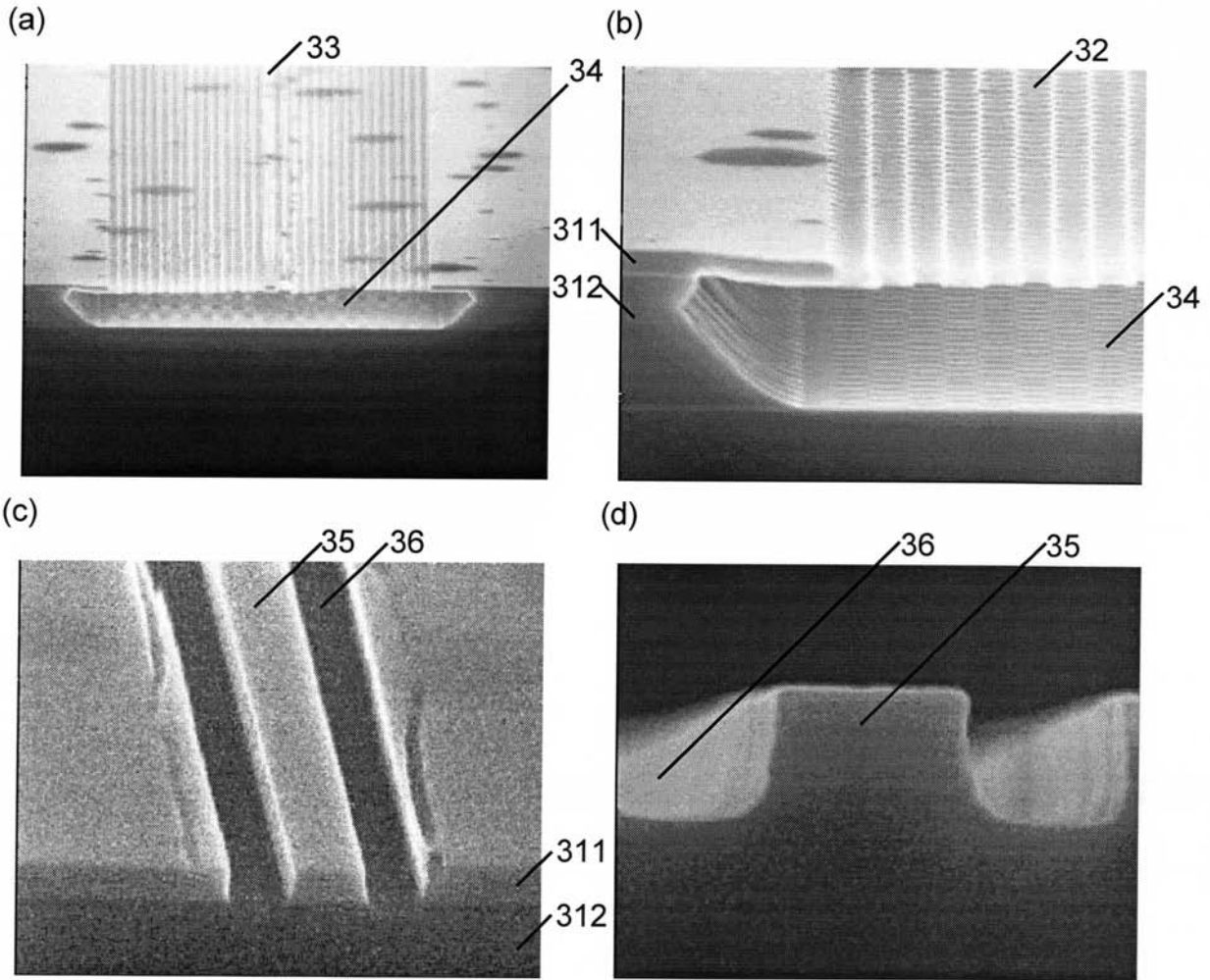
【図5】



【図6】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 浅野 卓
京都市西京区川島五反長町65の3 桂第二合同宿舎2-108号
- (72)発明者 初田 蘭子
東京都中央区日本橋1丁目13番1号 TDK株式会社内
- (72)発明者 宮井 英次
京都市西京区榎原山路16-1 ネクストライフ101
- Fターム(参考) 2H047 KA05 KA11 KB03 TA18