

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4956741号  
(P4956741)

(45) 発行日 平成24年6月20日 (2012.6.20)

(24) 登録日 平成24年3月30日 (2012.3.30)

(51) Int.Cl. F 1  
G 0 2 B 6 / 1 2 ( 2 0 0 6 . 0 1 ) G O 2 B 6 / 1 2 Z

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-215608 (P2006-215608)	(73) 特許権者	504255685
(22) 出願日	平成18年8月8日 (2006.8.8)		国立大学法人京都工芸繊維大学
(65) 公開番号	特開2008-40230 (P2008-40230A)		京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地
(43) 公開日	平成20年2月21日 (2008.2.21)	(74) 代理人	100101454
審査請求日	平成21年7月13日 (2009.7.13)		弁理士 山田 卓二
		(74) 代理人	100081422
			弁理士 田中 光雄
		(74) 代理人	100091465
			弁理士 石井 久夫
		(74) 代理人	100100479
			弁理士 竹内 三喜夫
		(72) 発明者	磯田 真寛
			京都府京都市西京区牛ヶ瀬南ノ口町9

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトニック結晶導波路

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

格子が周期的に配列したフォトニック結晶と、  
フォトニック結晶内に線欠陥を導入して構成され、光が該線欠陥に沿って進行する導波路と、

該導波路の端面から突出して設置され、該導波路から光を導入し、導入した光を放射波として外部に放射して減衰することにより、該導波路の該端面での光の終端反射を低減する放射性ガイドと、を備え、

該放射性ガイドは、該導波路を光が進行する光軸方向に垂直な方向に配列した格子数が、該導波路部と比べて該放射性ガイド部の方が少ないことを特徴とするフォトニック結晶導波路。

【請求項2】

放射性ガイドは、両側1列の格子列で構成されることを特徴とする請求項1記載のフォトニック結晶導波路。

【請求項3】

放射性ガイドは、両側複数の格子列で構成されることを特徴とする請求項1記載のフォトニック結晶導波路。

【請求項4】

両側複数の格子列で構成された放射性ガイドにおいて、導波路の光軸方向に沿った格子数は、内側格子列と比べて外側格子列の方が少ないことを特徴とする請求項3記載のフォ

トニック結晶導波路。

【請求項 5】

放射性ガイドは、一方の片側の格子列数が、他方の片側の格子列数より少ないことを特徴とする請求項 1 記載のフォトニック結晶導波路。

【請求項 6】

フォトニック結晶内に、第 1 の線欠陥と第 2 の線欠陥が近接配置して構成される方向性結合器を備え、該方向性結合器に連結した導波路の端面に前記放射性ガイドが設置されていることを特徴とする請求項 1 記載のフォトニック結晶導波路。

【請求項 7】

フォトニック結晶が 3 次元フォトニック結晶であって、放射性ガイドは、光軸方向に関して所定の周方向に配列した格子数が減少している領域を有することを特徴とする請求項 1 記載のフォトニック結晶導波路。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光集積回路等に応用可能なフォトニック結晶導波路に関する。

【背景技術】

【0002】

フォトニック結晶は、周期的な屈折率分布をもつ機能材料であり、光や電磁波の波長オーダーの周期で格子が整列することによりブラッグ反射条件が成立して、いわゆるフォトニックバンドギャップ（禁止帯）を形成する。

20

【0003】

こうしたフォトニック結晶に線欠陥を導入すると、その領域に光が強く閉じ込められ、光についての微小な導波路を形成することができる。また、フォトニック結晶に点欠陥を導入すると、光についての微小な共振器を形成することができる。

【0004】

図 14 は、従来のフォトニック結晶導波路の一例を示す平面図である。フォトニック結晶 PC は、多数の格子 B が x y 面内に三角格子状に配列した 2 次元フォトニック結晶である。

【0005】

このフォトニック結晶 PC の内部に線欠陥を導入することによって、導波路 10 が形成されている。フォトニック結晶 PC は、界面 11 において大気等の外部媒体 20 と接合している。導波路 10 の出力端は、界面 11 で外部媒体 20 に連結しており、導波路 10 の入力端は、結晶内部に形成された光回路（不図示）に連結している。

30

【0006】

この導波路 10 に沿って、光 L1 が x 方向に進行して界面 11 に到達すると、その大部分は光 L2 として外部媒体 20 に進入するが、その一部は光 L3 として結晶内部に向かって反射する。こうした終端反射は、界面 11 における急激な構造変化に起因するものであり、反射した光 L3 はノイズ光となって、内部の光回路の機能を低下させたり、悪影響を及ぼすことがある。

40

【0007】

【特許文献 1】特開 2004 - 109269 号公報

【非特許文献 1】John D. Joannopoulos, Robert D. Meade, and Joshun N. Winn, "Photonic Crystals", Princeton University Press, 1995

【非特許文献 2】廣瀬泰光、上林利生、「三角格子PBG導波路の入出力特性の解析」、電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、C-3-92, 2004

【非特許文献 3】徳島正敏、牛田淳、五明明子、「ピラー型正方格子フォトニック結晶線欠陥導波路の群遅延測定」、電子情報通信学会総合大会、C-3-80, 2006

【非特許文献 4】宇野亨、「FDTD法による電磁界およびアンテナ解析」、コロナ社、1998

【発明の開示】

50

## 【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記の非特許文献2では、フォトニックスラブ導波路の入出力部に無反射（AR）コーティングを設けたり、出力端形状をレンズ状にすることにより、反射を低減する試みが提案されている。

【0009】

本発明の目的は、比較的簡単な構造を用いて、導波路の終端反射を大幅に低減できるフォトニック結晶導波路を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明に係るフォトニック結晶導波路は、格子が周期的に配列したフォトニック結晶と、

フォトニック結晶内に線欠陥を導入して構成され、光が該線欠陥に沿って進行する導波路と、

該導波路の端面から突出して設置され、該導波路から光を導入し、導入した光を放射波として外部に放射して減衰することにより、該導波路の該端面での光の終端反射を低減する放射性ガイドと、を備え、

該放射性ガイドは、該導波路を光が進行する光軸方向に垂直な方向に配列した格子数が、該導波路部と比べて該放射性ガイド部の方が少ないことを特徴とする。

【0011】

本発明において、放射性ガイドは、両側1列の格子列で構成されることが好ましい。

【0012】

また本発明において、放射性ガイドは、両側複数の格子列で構成されることが好ましい。

【0013】

また本発明において、両側複数の格子列で構成された放射性ガイドにおいて、導波路の光軸方向に沿った格子数は、内側格子列と比べて外側格子列の方が少ないことが好ましい。

【0014】

また本発明において、放射性ガイドは、一方の片側の格子列数が、他方の片側の格子列数より少ないことが好ましい。

【0015】

また本発明において、フォトニック結晶内に、第1の線欠陥と第2の線欠陥が近接配置して構成される方向性結合器を備え、該方向性結合器に連結した導波路の端面に前記放射性ガイドが設置されていることが好ましい。

【0016】

また本発明において、フォトニック結晶が3次元フォトニック結晶であって、放射性ガイドは、光軸方向に関して所定の周方向に配列した格子数が減少している領域を有することが好ましい。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、導波路の端面から突出して設置され、導波路から光を導入し、導入した光を放射波として外部に放射して減衰することにより、導波路の端面での光の終端反射を低減する放射性ガイドを設け、該光軸方向に垂直な方向に配列した格子数は、導波路内部と比べて放射性ガイドの方が少なくなるように設計している。これにより導波路の出力端における急激な構造変化を緩和して、放射性ガイドの周辺から光がエバネッセント波となって徐々に漏れ出すようになり、結晶内部に向かって進行する反射光を大幅に低減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 8 】

図 1 は、各種フォトニック結晶を示す斜視図である。図 1 ( a ) は、x 方向に周期的な屈折率分布をもつ 1 次元フォトニック結晶を示す。図 1 ( b ) は、x 方向および z 方向に周期的な屈折率分布をもつ 2 次元フォトニック結晶を示す。図 1 ( c ) は、x 方向、y 方向および z 方向に周期的な屈折率分布をもつ 3 次元フォトニック結晶を示す。

## 【 0 0 1 9 】

こうしたフォトニック結晶は、空間に多数の実格子を配列したタイプと、母材に多数の空格子を配列したタイプとがあり、いずれも周期的な屈折率分布を有することにより、1 次元方向、2 次元方向あるいは 3 次元方向についてのブラッグ反射条件が成立する。

## 【 0 0 2 0 】

図 2 は、線欠陥による導波路形成の様子を示す斜視図である。1 つの格子 B が y 方向に平行な円柱形状をなし、多数の格子 B が x z 面内で三角格子状に配列することによって 2 次元フォトニック結晶 P C を構成している。

## 【 0 0 2 1 】

こうしたフォトニック結晶 P C において、x 方向に沿った 1 列分の格子 B を除去して、1 列分の線欠陥 D を設けることによって、図 2 ( b ) に示すように、光 L が通過する導波路 1 0 を形成することができる。

## 【 0 0 2 2 】

例えば、格子 B を構成する円柱が G a A s 結晶 ( 比誘電率 = 1 1 . 4 ) で形成され、円柱半径が 0 . 1 1 3  $\mu\text{m}$  で、円柱の中心間距離が 0 . 5 6 3  $\mu\text{m}$  である場合、波長 1 . 5  $\mu\text{m}$  の光についてブラッグ反射条件が成立し、さらに 1 列分の線欠陥 D を設けることにより波長 1 . 5  $\mu\text{m}$  の光についての導波路 1 0 が形成される。

## 【 0 0 2 3 】

図 3 は、本発明の第 1 実施形態を示す平面図である。フォトニック結晶 P C は、多数の格子 B が x y 面内に三角格子状に配列した 2 次元フォトニック結晶である。このフォトニック結晶 P C の内部に線欠陥を導入することによって、x 方向に沿った光軸を有する導波路 1 0 が形成されている。フォトニック結晶 P C は、界面 1 1 において大気等の外部媒体 2 0 と接合している。

## 【 0 0 2 4 】

放射性ガイド 2 1 は、界面 1 1 から導波路 1 0 の光軸方向に沿って突出している。光軸方向に垂直な y 方向に配列した格子数は、導波路 1 0 の内部と比べて放射性ガイド 2 1 の方が少なくなるように設計している。

## 【 0 0 2 5 】

導波路 1 0 の出力端は、放射性ガイド 2 1 と連結しており、導波路 1 0 の入力端は、結晶内部に形成された光回路 ( 不図示 ) に連結している。

## 【 0 0 2 6 】

導波路 1 0 に沿って、光 L 1 が x 方向に進行して放射性ガイド 2 1 に進入すると、放射性ガイド 2 1 の周辺から光 L 4 がエバネッセント波となって外部媒体 2 0 へ向けて徐々に漏れ出すようになる。また、放射性ガイド 2 1 に進入した光 L 2 は、徐々に減衰して、放射性ガイド 2 1 の末端に到達するまでに光強度はゼロになる。従って、結晶内部に向って進行する反射光を大幅に低減することができる。

## 【 0 0 2 7 】

本実施形態では、放射性ガイド 2 1 を両側 1 列の格子列で構成しているため、光 L 4 が速やかに外部へ漏出するようになる。その結果、光 L 2 も速やかに減衰するため、放射性ガイド 2 1 の x 方向長さを短くできる。

## 【 0 0 2 8 】

なお、本実施形態では、2 次元フォトニック結晶に、両側 1 列の格子列で構成された放射性ガイド 2 1 を設けた例を説明したが、3 次元フォトニック結晶の場合、1 列分の格子列が円筒状に配列された放射性ガイドを設けることによって同様な効果が得られる。

## 【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

次に、この放射性ガイド 21 の動作について FDTD (Finite Difference Time Domain) 法 (時間領域差分法) を用いて数値解析した結果を説明する。

【0030】

図 4 は、FDTD 法による解析結果の一例を示す説明図である。なお、図 4 自体は、平面波展開法によりフォトニックバンドギャップを求めたものである。フォトニック結晶として、真空 ( $n = 1$ ) 背景中に GaAs 結晶 ( $n = 11.4$ )、半径  $r = 0.1126 \mu\text{m}$  の誘電体円柱を格子間隔  $a = 0.563 \mu\text{m}$  で三角格子状に配列したものを使用し、図 3 に示すように、 $x$  方向に沿って 1 列分の格子列を除去することによって導波路の性質を付与した。

【0031】

2次元フォトニック結晶での光の偏光モードには、円柱に沿った  $y$  方向に磁界成分、 $x$  方向および  $z$  方向に電界成分を有する TE (Transverse Electric) モードと、 $y$  方向に電界成分、 $x$  方向および  $z$  方向に磁界成分を有する TM (Transverse Magnetic) モードがある。ここでは、光の偏光モードを TM モードとし、波長  $1.45 \sim 1.7 \mu\text{m}$  について波長特性を解析した。FDTD 法の空間セルサイズは、 $38.5 \text{ nm}$  とし、時間ステップは、 $9.1 \times 10^{-17}$  秒とした。吸収境界条件としては、完全整合層 (PML: Perfectly Matched Layer) を用い、PML 層数 24 とし、導電率次数 2 とした。

【0032】

その結果、図 4 の白抜き線で示すように、格子間隔  $a$  で規格化した半径 ( $r/a$ ) が 0.2 において、規格化周波数 ( $a/2 \cdot c$ ) が約 0.3 ~ 約 0.45 に該当する波長を持つ光は、TM モードで線欠陥導波路において導波されることが判った。

【0033】

図 5 は、比較例として放射性ガイド無しの導波路について解析した結果を示すもので、図 5 (a) は放射性ガイド無しの導波路の平面図、図 5 (b) は導波路の模式図、図 5 (c) ~ (e) はパルス光の時間変化を描写した画像である。

【0034】

フォトニック結晶は、図 4 と同じ条件で誘電体円柱を三角格子状に配列したものであり、 $x$  方向に沿って 1 列分の格子列を除去することによって導波路を形成している。FDTD 法の解析条件も図 4 と同じ条件であり、光の波長は  $1.45 \mu\text{m}$  とした。

【0035】

まず、初期条件に従ってパルス光が導波路に沿って  $x$  方向に進行すると、 $109 \text{ fs}$  (フェムト秒) の時間経過後に、図 5 (c) に示すように、導波路 10 を中心として上下方向にエバネッセント波がしみ出すような光強度分布を示す。さらに、 $218 \text{ fs}$  の経過後は、図 5 (d) に示すように、パルス光が導波路 10 の出力端を通過して、外部媒体 20 に向けて放射されている。さらに、 $309 \text{ fs}$  の経過後は、終端反射による光が導波路 10 を  $-x$  方向に進行している。

【0036】

従って、放射性ガイド無しの導波路では、導波路の出力端において結晶内部に向かって進行する反射光が発生することが判る。

【0037】

図 6 は、本発明の第 1 実施形態に係る放射性ガイド有りの導波路について解析した結果を示すもので、図 6 (a) は放射性ガイド有りの導波路の平面図、図 6 (b) は導波路の模式図、図 6 (c) ~ (e) はパルス光の時間変化を描写した画像である。FDTD 法の解析条件は、図 5 のものと同じである。

【0038】

まず、初期条件に従ってパルス光が導波路に沿って  $x$  方向に進行すると、 $109 \text{ fs}$  (フェムト秒) の時間経過後に、図 6 (c) に示すように、導波路 10 を中心として上下方向にエバネッセント波がしみ出すような光強度分布を示す。さらに、 $218 \text{ fs}$  の経過後は、図 6 (d) に示すように、パルス光が導波路 10 の出力端を通過して、放射性ガイド 21 を通過しながら外部媒体 20 に漏出している。さらに、 $309 \text{ fs}$  の経過後は、光の

10

20

30

40

50

大部分が消失してしまい、終端反射による反射光は殆ど発生していない。

【0039】

従って、本発明に係る放射性ガイドを備えた導波路では、結晶内部に向かって進行する反射光が殆ど発生しないことが判る。その結果、反射ノイズ光による内部の光回路の機能低下を確実に防止することができる。

【0040】

次に、終端反射による反射率の定量評価について説明する。

【0041】

図7(a)は、反射光のパワー評価領域を示す平面図であり、図7(b)は、終端反射率の波長依存性を示すグラフである。パルス光の時間幅を90 fsに設定し、評価式は、  
下記の式(1)に示すように、各時間ステップにおいてパワー評価領域の全セルの電界の  
2乗値の和を計算し、それら時間ステップごとの値を足し合わせ、領域を通過する光のエネルギーを求めている。反射率は、反射光のエネルギーを入射パルス光のエネルギーで除算することによって得られる。そして、波長1.45 ~ 1.7 μmについて終端反射率を計算した。

【0042】

【数1】

$$\sum_l \sum_x \sum_y E_z^2 \quad \dots (1)$$

【0043】

その結果、図7(b)に示すように、放射性ガイド無しの導波路(図5)は、約0.17 ~ 約0.26の反射率を示した。一方、本発明に係る放射性ガイド21を備えた導波路(図6)は、約0.01 ~ 約0.03の反射率を示し、導波路の終端反射を大幅に低減できることが判る。

【0044】

図8(a)は、本発明の第2実施形態を示す平面図であり、図8(b)は、その模式図である。図8(c)は、その終端反射率の波長依存性を示すグラフである。

【0045】

フォトニック結晶PCは、上述と同様に、多数の格子がxy面内に三角格子状に配列した2次元フォトニック結晶である。このフォトニック結晶PCの内部に線欠陥を導入することによって、x方向に沿った光軸を有する導波路10が形成されている。フォトニック結晶PCは、界面11において大気等の外部媒体20と接合している。

【0046】

放射性ガイド22は、界面11から導波路10の光軸方向に沿って突出している。光軸方向に垂直なy方向に配列した格子数は、導波路10の内部と比べて放射性ガイド22の方が少なくなるように設計している。

【0047】

導波路10の出力端は、放射性ガイド22と連結しており、導波路10の入力端は、結晶内部に形成された光回路(不図示)に連結している。

【0048】

本実施形態では、放射性ガイド22を両側複数(ここでは2列)の格子列で構成している。そのため、図6に示した両側1列の格子列のものとは比べて、界面11における構造変化がより緩やかになるため、反射光をより低減することができる。

【0049】

また、放射性ガイド22において、x方向に沿った格子数は、内側格子列と比べて外側格子列の方が少なくなるように設計している。そのため、放射性ガイド22のy方向に沿った格子数が徐々に減少するようになり、段差部分での反射光の発生を抑制することができる。

【0050】

10

20

30

40

50

図 8 ( c ) に示すように、図 6 に示した放射性ガイド 2 1 を備えた導波路と比較すると、本実施形態に係る放射性ガイド 2 2 を備えた導波路は、波長 1 . 6 ~ 1 . 7  $\mu\text{m}$  において反射率がさらに低下していることが判る。

【 0 0 5 1 】

なお、本実施形態では、2次元フォトニック結晶に、両側複数列の格子列で構成された放射性ガイド 2 1 を設けた例を説明したが、3次元フォトニック結晶の場合、複数の格子列が円筒状に配列された放射性ガイドを設けることによって同様な効果が得られる。

【 0 0 5 2 】

図 9 ( a ) は、本発明の第 3 実施形態を示す平面図であり、図 9 ( b ) は、その模式図である。図 9 ( c ) は、その終端反射率の波長依存性を示すグラフである。

10

【 0 0 5 3 】

フォトニック結晶 P C は、上述と同様に、多数の格子が x y 面内に三角格子状に配列した 2 次元フォトニック結晶である。このフォトニック結晶 P C の内部に線欠陥を導入することによって、x 方向に沿った光軸を有する導波路 1 0 が形成されている。フォトニック結晶 P C は、界面 1 1 において大気等の外部媒体 2 0 と接合している。

【 0 0 5 4 】

放射性ガイド 2 3 は、界面 1 1 から導波路 1 0 の光軸方向に沿って突出している。光軸方向に垂直な y 方向に配列した格子数は、導波路 1 0 の内部と比べて放射性ガイド 2 3 の方が少なくなるように設計している。

【 0 0 5 5 】

20

導波路 1 0 の出力端は、放射性ガイド 2 3 と連結しており、導波路 1 0 の入力端は、結晶内部に形成された光回路 ( 不図示 ) に連結している。

【 0 0 5 6 】

本実施形態では、放射性ガイド 2 3 は、導波路 1 0 を中心として下片側の格子列数が、上片側の格子列数より少なくなるように設計している。典型的には、上片側の格子列がフォトニック結晶 P C と連続し、下片側の格子列数は 1 列のみとした片側放射性ガイド 2 3 として構成される。そのため、図 6 に示した両側 1 列の格子列のものと比べて、界面 1 1 における構造変化がより緩やかになるため、反射光をより低減することができる。

【 0 0 5 7 】

図 9 ( c ) に示すように、図 6 に示した放射性ガイド 2 1 を備えた導波路と比較すると、本実施形態に係る放射性ガイド 2 3 を備えた導波路は、波長 1 . 5 5 ~ 1 . 7  $\mu\text{m}$  において反射率がさらに低下していることが判る。

30

【 0 0 5 8 】

図 1 0 は、本発明の第 4 実施形態を示す平面図である。フォトニック結晶 P C は、上述と同様に、多数の格子が x y 面内に三角格子状に配列した 2 次元フォトニック結晶である。フォトニック結晶 P C は、界面 1 1 において大気等の外部媒体 2 0 と接合している。このフォトニック結晶 P C の内部に線欠陥を導入することによって、x 方向に沿った光軸を有する導波路 1 0 が形成されている。

【 0 0 5 9 】

本実施形態では、この導波路 1 0 に近接するように、例えば、1列の格子列が介在するように、線欠陥からなる第 2 の導波路 1 2 が形成され、方向性結合器 1 5 を構成している。

40

【 0 0 6 0 】

放射性ガイド 2 1 は、界面 1 1 から導波路 1 2 の光軸方向に沿って突出している。光軸方向に垂直な y 方向に配列した格子数は、導波路 1 2 の内部と比べて放射性ガイド 2 1 の方が少なくなるように設計している。

【 0 0 6 1 】

導波路 1 2 の出力端は、放射性ガイド 2 1 と連結しており、導波路 1 0 の入力端は、結晶内部に形成された光回路 ( 不図示 ) に連結している。

【 0 0 6 2 】

50

光 L 1 a が導波路 1 0 に沿って進行し、方向性結合器 1 5 に進入すると、エバネッセント波を介して導波路 1 2 にシフトし、光 L 1 b となって x 方向に進行するようになる。光 L 1 b が放射性ガイド 2 1 に進入すると、放射性ガイド 2 1 の周辺から光 L 4 がエバネッセント波となって外部媒体 2 0 へ向けて徐々に漏れ出すようになる。また、放射性ガイド 2 1 に進入した光 L 2 は、徐々に減衰して、放射性ガイド 2 1 の末端に到達するまでに光強度はゼロになる。従って、結晶内部に向かって進行する反射光を大幅に低減することができる。

【 0 0 6 3 】

このように方向性結合器 1 5 と放射性ガイド 2 1 を組合せることによって、多様な終端回路を構成することができる。なお、ここでは、図 3 に示した放射性ガイド 2 1 との組合せについて説明したが、図 8 に示した放射性ガイド 2 2 または図 9 に示した放射性ガイド 2 3 との組合せも容易に実現できる。

10

【 0 0 6 4 】

図 1 1 は、本発明の第 5 実施形態を示す斜視図であり、図 1 2 は、導波路の終端付近での y z 面に沿った断面図である。フォトニック結晶 P C は、多数の格子が、ブラヴェ格子の単位セル、例えば、立方晶で配列した 3 次元フォトニック結晶である。フォトニック結晶 P C は、界面 1 1 において大気等の外部媒体 2 0 と接合している。このフォトニック結晶 P C の内部に線欠陥を導入することによって、x 方向に沿った光軸を有する導波路 1 6 が形成されている。

【 0 0 6 5 】

導波路 1 6 の終端付近は、図 1 2 に示すように、導波路 1 6 の光軸方向に関して所定の周方向に配列した格子数が減少している領域が設けられ、この格子欠落部分が放射性ガイド 2 4 として機能する。ここでは、特定の周方向に配列した 1 列分の格子列を除去した例を示す。

20

【 0 0 6 6 】

図 1 3 は、放射性ガイド 2 4 の別の例を示す y z 面に沿った断面図である。この放射性ガイド 2 4 は、導波路 1 6 の光軸方向に関して特定の周方向の角度範囲に渡って格子列を除去することで構成している。

【 0 0 6 7 】

いずれの放射性ガイド 2 4 においても、光 L 1 が導波路 1 6 に沿って x 方向に進行して、放射性ガイド 2 4 に進入すると、放射性ガイド 2 4 の周辺のうち格子欠落部分から光 L 4 がエバネッセント波となって徐々に漏れ出すようになる。また、格子欠落部分の x 方向長さを十分に確保することにより、放射性ガイド 2 4 に進入した光は、放射性ガイド 2 4 の末端に到達するまでに光強度はゼロになる。従って、結晶内部に向かって進行する反射光を大幅に低減することができる。

30

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 8 】

本発明は、導波路の終端反射を大幅に低減できる点で、産業上極めて有用である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 9 】

【図 1】各種フォトニック結晶を示す斜視図である。

【図 2】線欠陥による導波路形成の様子を示す斜視図である。

【図 3】本発明の第 1 実施形態を示す平面図である。

【図 4】F D T D 法による解析結果の一例を示す説明図である。

【図 5】比較例として放射性ガイド無しの導波路について解析した結果を示すもので、図 5 ( a ) は放射性ガイド無しの導波路の平面図、図 5 ( b ) は導波路の模式図、図 5 ( c ) ~ ( e ) はパルス光の時間変化を描写した画像である。

40

【図 6】本発明の第 1 実施形態に係る放射性ガイド有りの導波路について解析した結果を示すもので、図 6 ( a ) は放射性ガイド有りの導波路の平面図、図 6 ( b ) は導波路の模式図、図 6 ( c ) ~ ( e ) はパルス光の時間変化を描写した画像である。

50



【図7】図7(a)は反射光のパワー評価領域を示す平面図であり、図7(b)は終端反射率の波長依存性を示すグラフである。

【図8】図8(a)は本発明の第2実施形態を示す平面図であり、図8(b)はその模式図であり、図8(c)はその終端反射率の波長依存性を示すグラフである。

【図9】図9(a)は本発明の第3実施形態を示す平面図であり、図9(b)はその模式図であり、図9(c)はその終端反射率の波長依存性を示すグラフである。

【図10】本発明の第4実施形態を示す平面図である。

【図11】本発明の第5実施形態を示す斜視図である。

【図12】導波路の終端付近でのyz面に沿った断面図である。

【図13】放射性ガイド24の別の例を示すyz面に沿った断面図である。

【図14】従来のフォトニック結晶導波路の一例を示す平面図である。

【符号の説明】

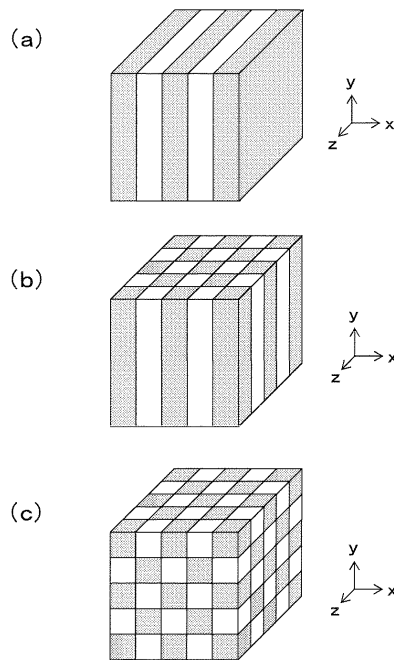
【0070】

- 10, 12, 16 導波路
- 11 界面
- 15 方向性結合器
- 20 外部媒体
- 21, 22, 23, 24 放射性ガイド
- B 格子
- D 線欠陥
- PC フォトニック結晶

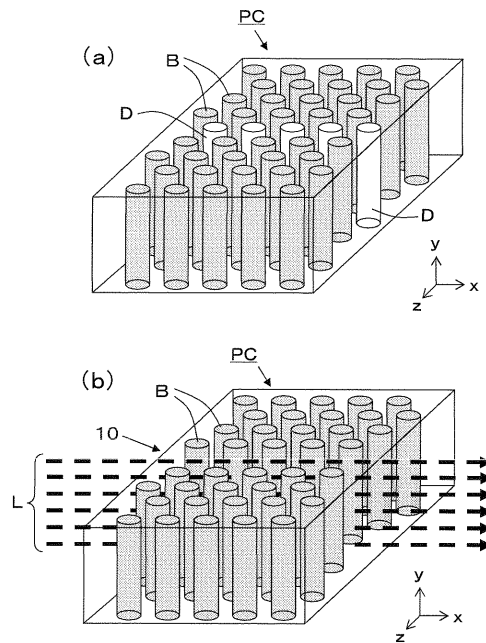
10

20

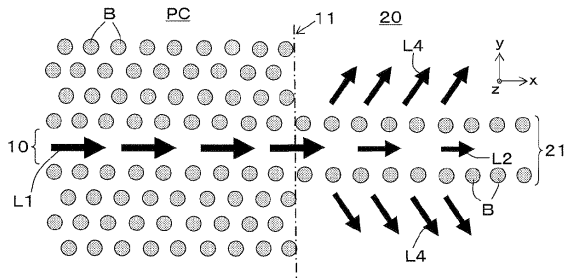
【図1】



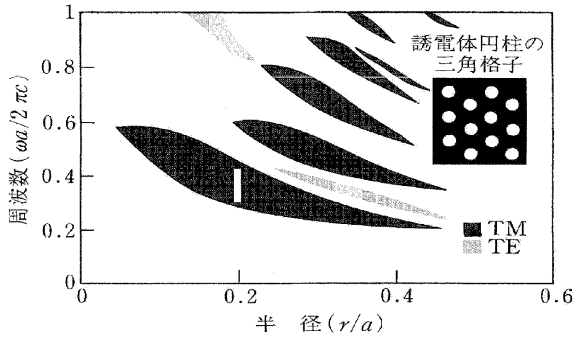
【図2】



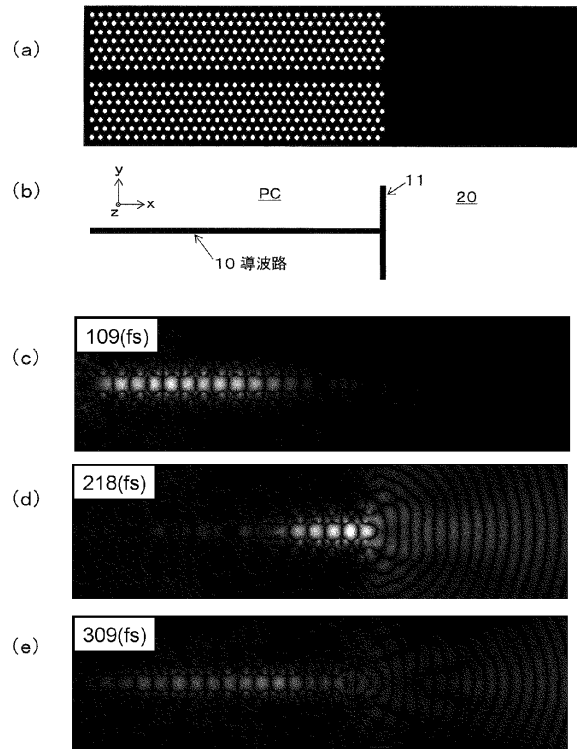
【 図 3 】



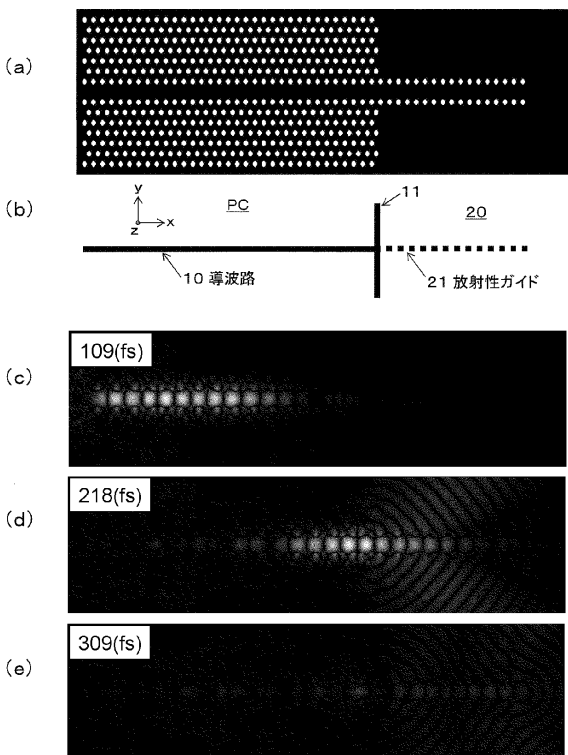
【 図 4 】



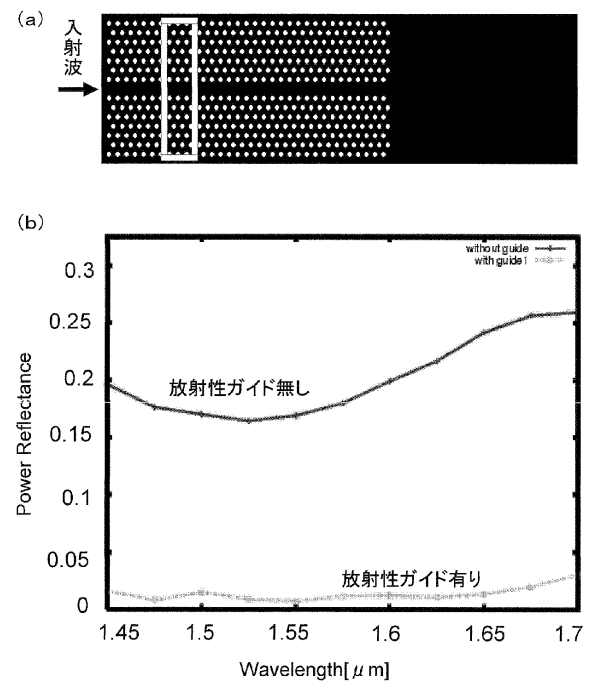
【 図 5 】



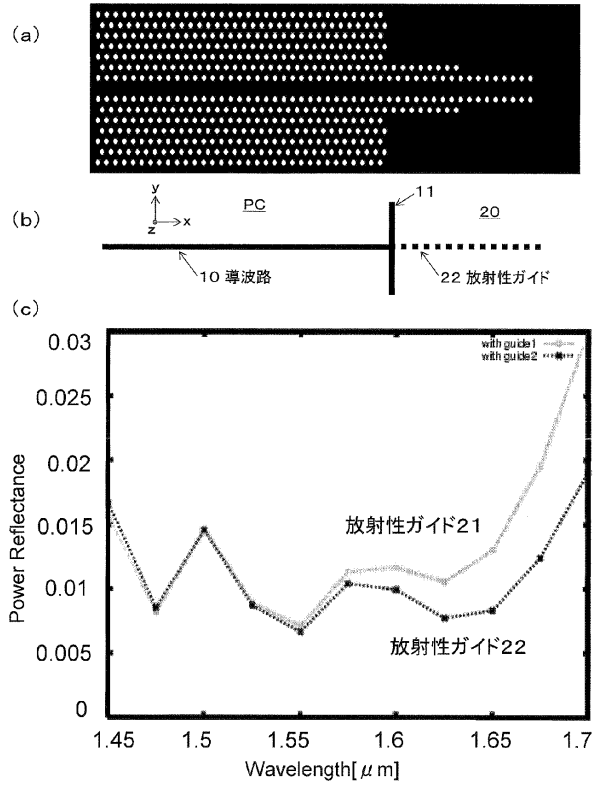
【 図 6 】



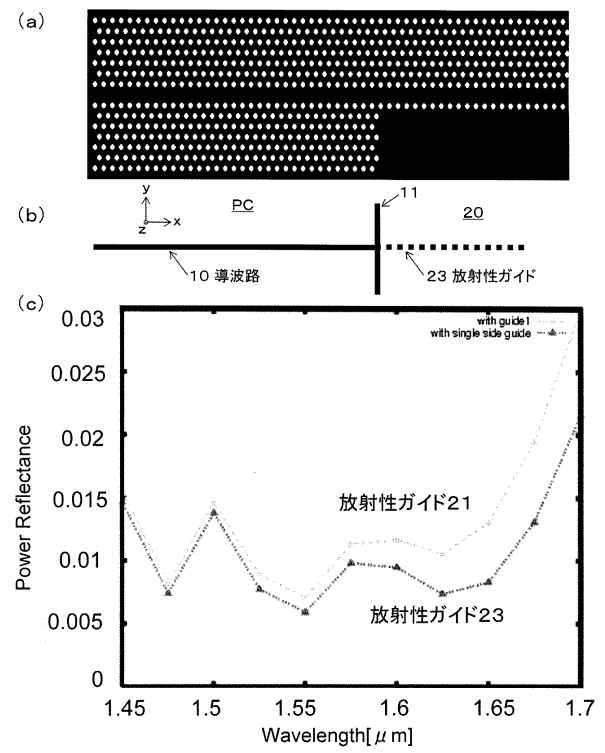
【 図 7 】



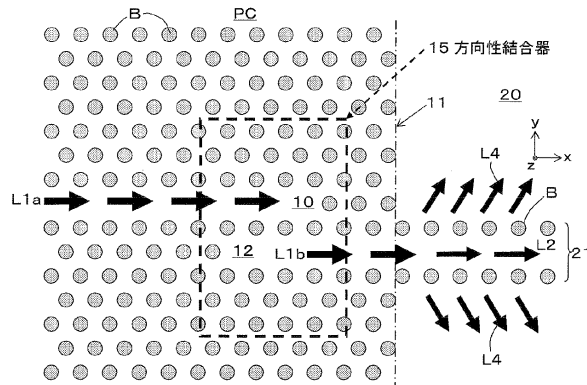
【 図 8 】



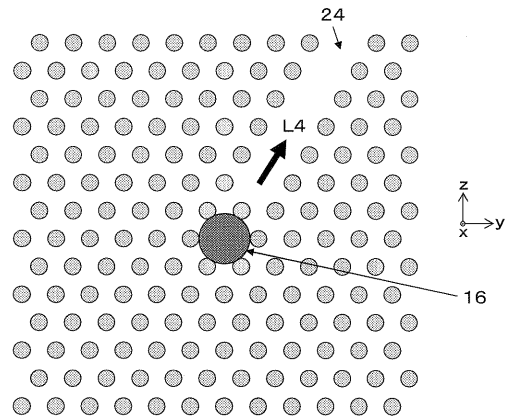
【 図 9 】



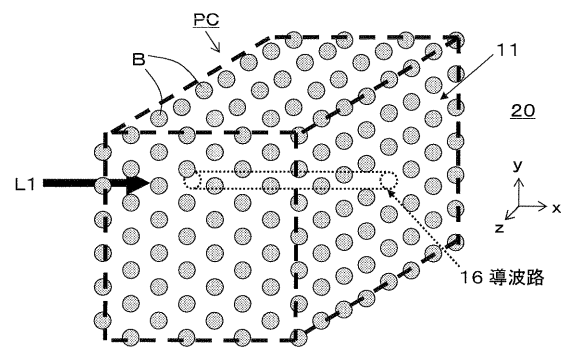
【 図 10 】



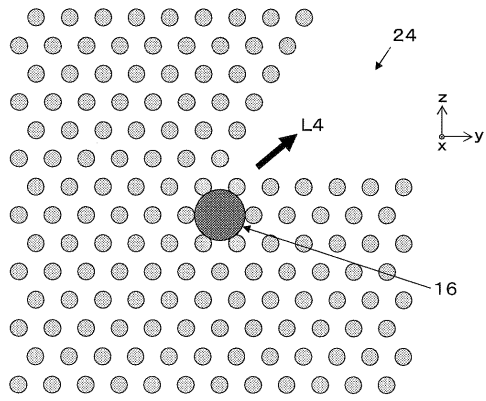
【 図 12 】



【 図 11 】

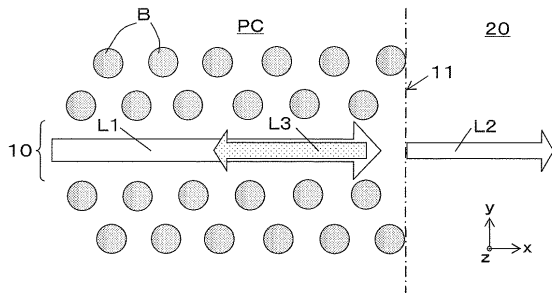


【図13】



【図14】

(従来)



## フロントページの続き

特許法第30条第1項適用 (1) 刊行物での発表 刊行物名 電子情報通信学会2006年総合大会講演論文集 発行日 2006年3月8日 発行所 社団法人 電子情報通信学会 該当頁 216頁 著者名 磯田真寛、堤 喜代司 発表題目 フォトニック結晶光導波路における放射性ガイドを用いた終端反射の低減 (2) 研究集会での文書発表 研究集会名 電子情報通信学会2006年総合大会(C-3 光エレクトロニクス) 主催者名 社団法人 電子情報通信学会 開催日 2006年3月24日~27日 開催場所 国士舘大学世田谷キャンパス 発表日 2

(72)発明者 堤 喜代司

京都府京都市伏見区深草下川原町1-1 コトーハイツ伏見稲荷B-419

審査官 吉田 英一

(56)参考文献 特開2004-109269(JP,A)

特開2005-181950(JP,A)

特開2003-270458(JP,A)

特開2002-071981(JP,A)

特開2003-315572(JP,A)

特開2006-184909(JP,A)

磯田真寛、堤喜代司、フォトニック結晶光導波路における放射性ガイドを用いた終端反射の低減、2006年電子情報通信学会総合大会講演論文集、日本、社団法人電子情報通信学会、2006年 3月 8日、エレクトロニクス1、p. 216

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12

JSTPlus(JDreamII)

JST7580(JDreamII)