

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4909307号
(P4909307)

(45) 発行日 平成24年4月4日 (2012. 4. 4)

(24) 登録日 平成24年1月20日 (2012. 1. 20)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006. 01)

HO 1 L 21/30 5 O 2 D

請求項の数 22 外国語出願 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2008-76879 (P2008-76879)	(73) 特許権者	502250743
(22) 出願日	平成20年3月24日 (2008. 3. 24)		國立成功大學
(65) 公開番号	特開2009-10329 (P2009-10329A)		NATIONAL CHENG KUNG
(43) 公開日	平成21年1月15日 (2009. 1. 15)		UNIVERSITY
審査請求日	平成20年8月5日 (2008. 8. 5)		台灣台南市東區大學路1號
(31) 優先権主張番号	096120414		No. 1, Ta-Hsueh Road,
(32) 優先日	平成19年6月6日 (2007. 6. 6)		East District, Taina
(33) 優先権主張国	台灣 (TW)		n City, Taiwan (R. O. C
(31) 優先権主張番号	097103559		.)
(32) 優先日	平成20年1月30日 (2008. 1. 30)	(74) 代理人	100065215
(33) 優先権主張国	台灣 (TW)		弁理士 三枝 英二
		(74) 代理人	100114616
			弁理士 眞下 晋一
		(74) 代理人	100124028
			弁理士 松本 公雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁波伝播構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波発散ブロックと波受取ブロックとを備える電磁波伝播システムでの使用に適合され、前記波発散ブロックからの1つの波長を有する電磁波が、1つの波伝播方向に伝播する電磁波伝播構造であって、当該電磁波伝播構造が、

前記電磁波の伝播を阻止することが可能な表面を有し、前記波伝播方向に、入射側面と、当該入射側面の反対側の出射側面とを備えるメインボディを備え、

当該メインボディが、前記電磁波の前記波長より大きくはない距離だけ互いに間隔を空けて配置された、2つの波伝播チャンネルを備えて形成され、当該波伝播チャンネルの各々が、前記入射側面から前記出射側面まで伸び、前記電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有し、

前記メインボディが、前記波伝播方向に中心軸を定め、

前記メインボディの前記入射側面における入射開口と、前記メインボディの前記出射側面における出射開口と、前記入射および出射開口の間に伸びる内側部分とを備える前記波伝播チャンネルの各々が、前記中心軸と平行な中心線を定め、且つ、前記入射開口より大きくはない内部寸法を有し、

前記波伝播チャンネルの各々の前記出射開口が、前記波伝播チャンネルの1つに対応する前記中心線について非対称であり、

前記波伝播チャンネルの各々の前記出射開口が、前記中心線の周りに第1の部分と第2の部分とを有し、

10

20

前記第 1 の部分が前記メインボディの前記中心軸の近くに位置し、前記第 2 の部分が前記中心軸から遠方に位置し、前記第 1 の部分が、前記第 2 の部分より長い寸法を有することを特徴とし、

前記電磁波が、前記波発散ブロックから伝播し、前記波伝播チャンネルを通して、前記波受取ブロックへ向けて伝播することを特徴とする電磁波伝播構造。

【請求項 2】

前記波伝播チャンネルの前記出射開口が、互いに直接的に空間的に連通していることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 3】

前記メインボディが、前記波伝播方向に中心軸を定め、

10

前記波伝播チャンネルの各々が、前記入射側面から前記出射側面へ、前記中心軸に向けて伸びる中心線を定めることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 4】

前記メインボディが、さらに、前記出射側面において少なくとも 1 つのみぞを備えて形成され、

当該みぞが、前記電磁波の前記半波長より大きくはない内部寸法を有し、前記波伝播チャンネルの一方から、前記電磁波の前記波長より大きくはない距離だけ間隔を空けて配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 5】

前記メインボディが、さらに、前記出射側面において複数のみぞを備えて形成され、

20

当該みぞの各々が、前記電磁波の前記半波長より大きくはない内部寸法を有し、隣接する複数の前記みぞが、前記電磁波の前記波長より大きくはない距離だけ互いに間隔を空けて配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 6】

前記メインボディが、さらに、前記入射側面において少なくとも 1 つのみぞを備えて形成され、

当該みぞが、前記電磁波の前記半波長より大きくはない内部寸法を有することを特徴とする請求項 1 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 7】

前記メインボディが、さらに、前記入射側面において複数のみぞを備えて形成され、

30

当該みぞの各々が、前記電磁波の前記半波長より大きくはない内部寸法を有し、隣接する複数の前記みぞが、前記電磁波の前記波長より大きくはない距離だけ互いに間隔を空けて配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 8】

前記メインボディの前記入射側面上に配置された、光を伝達可能な誘電体層をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 9】

前記波伝播チャンネルの各々が、前記電磁波の伝達を向上させる材料から作られたチャンネル表面によって画定されることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 10】

40

前記波伝播チャンネルの前記チャンネル表面が、金属であることを特徴とする請求項 9 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 11】

前記出射側面に沿ったラインが、前記波伝播チャンネルの外側において平坦であり、前記波伝播チャンネルの寸法よりも長い寸法で伸びることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁波伝播構造。

【請求項 12】

波発散ブロックから波伝播方向に伝播する電磁波を、波受取ブロックにおける光点内へ集束させるための方法であって、当該方法が、

前記波発散ブロックと前記波受取ブロックとの間に、電磁波伝播構造を提供するステッ

50

プを含むことを特徴とし、

当該電磁波伝搬構造が、前記電磁波の伝播を阻止することが可能な表面を有し、前記波伝播方向に、入射側面と、当該入射側面の反対側の出射側面とを備えるメインボディを備え、

当該メインボディが、前記電磁波の前記波長より大きくはない距離だけ互いに間隔を空けて配置された、2つの波伝播チャンネルを備えて形成され、当該波伝播チャンネルの各々が、前記入射側面から前記出射側面まで伸び、前記電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有し、

前記電磁波伝播構造の前記メインボディが、前記波伝播方向に中心軸を定め、

前記メインボディの前記入射側面における入射開口と、前記メインボディの前記出射側面における出射開口と、前記入射および出射開口の間に伸びる内側部分とを備える前記波伝播チャンネルの各々が、前記中心軸と平行な中心線を定め、且つ、前記入射開口より大きくはない内部寸法を有し、

前記波伝播チャンネルの各々の前記出射開口が、前記波伝播チャンネルの1つに対応する前記中心線について非対称であり、

前記波伝播チャンネルの各々の前記出射開口が、前記中心線の周りに第1の部分と第2の部分とを有し、

前記第1の部分が前記メインボディの前記中心軸の近くに位置し、前記第2の部分が前記中心軸から遠方に位置し、前記第1の部分が、前記第2の部分より長い寸法を有することを特徴とし、

前記電磁波が、前記波発散ブロックから伝播し、前記波伝播チャンネルを通して、前記電磁波伝播構造構造を通して前記波受取ブロックへ向けて伝播することを特徴とする方法。

【請求項13】

前記波伝播チャンネルの前記出射開口が、互いに直接的に空間的に連通していることを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項14】

前記電磁波伝播構造の前記メインボディが、前記波伝播方向に中心軸を定め、

前記波伝播チャンネルの各々が、前記入射側面から前記出射側面へ、前記中心軸に向けて伸びる中心線を定めることを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項15】

前記電磁波伝播構造の前記メインボディが、さらに、前記出射側面において少なくとも1つのみぞを備えて形成され、

当該みぞが、前記電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有し、前記波伝播チャンネルの一方から、前記電磁波の波長より大きくはない距離だけ間隔を空けて配置されることを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項16】

前記電磁波伝播構造の前記メインボディが、さらに、前記出射側面において複数のみぞを備えて形成され、

当該みぞの各々が、前記電磁波の前記半波長より大きくはない内部寸法を有し、隣接する複数の前記みぞが、前記電磁波の前記波長より大きくはない距離だけ互いに間隔を空けて配置されることを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項17】

前記電磁波伝播構造の前記メインボディが、さらに、前記入射側面において少なくとも1つのみぞを備えて形成され、

当該みぞが、前記電磁波の前記半波長より大きくはない内部寸法を有することを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項18】

前記電磁波伝播構造の前記メインボディが、さらに、前記入射側面において複数のみぞを備えて形成され、

10

20

30

40

50

当該みぞの各々が、前記電磁波の前記半波長より大きくはない内部寸法を有し、隣接する複数の前記みぞが、前記電磁波の前記波長より大きくはない距離だけ互いに間隔を空けて配置されることを特徴とする請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記電磁波伝播構造が、さらに、前記メインボディの前記入射側面上に配置された、光を伝達可能な誘電体層を備えることを特徴とする請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記出射側面に沿ったラインが、前記波伝播チャンネルの外側において平坦であり、前記波伝播チャンネルの寸法よりも長い寸法で伸びることを特徴とする請求項 1 2 に記載の方法。

10

【請求項 2 1】

波発散ブロックと、

電磁波の伝播を阻止することが可能な表面を有し、波伝播方向に、入射側面と、当該入射側面の反対側の出射側面とを備えるメインボディとを備え、前記波発散ブロックからの 1 つの波長を有する前記電磁波が、1 つの前記波伝播方向に伝播する電磁波伝播構造を備え、

当該メインボディが、前記電磁波の前記波長より大きくはない距離だけ互いに間隔を空けて配置された、2 つの波伝播チャンネルを備えて形成され、当該波伝播チャンネルの各々が、前記入射側面から前記出射側面まで伸び、前記電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有し、

20

前記メインボディが、前記波伝播方向に中心軸を定め、

前記メインボディの前記入射側面における入射開口と、前記メインボディの前記出射側面における出射開口と、前記入射および出射開口の間に伸びる内側部分とを備える前記波伝播チャンネルの各々が、前記中心軸と平行な中心線を定め、且つ、前記入射開口より大きくはない内部寸法を有し、

前記波伝播チャンネルの各々の前記出射開口が、前記波伝播チャンネルの 1 つに対応する前記中心線について非対称であり、

前記波伝播チャンネルの各々の前記出射開口が、前記中心線の周りに第 1 の部分と第 2 の部分とを有し、

前記第 1 の部分が前記メインボディの前記中心軸の近くに位置し、前記第 2 の部分が前記中心軸から遠方に位置し、前記第 1 の部分が、前記第 2 の部分より長い寸法を有することを特徴とし、

30

前記波発散ブロックからの前記電磁波が、前記波伝播チャンネルを通して伝播することを特徴とする光点ジェネレータ。

【請求項 2 2】

前記出射側面に沿ったラインが、前記波伝播チャンネルの外側において平坦であり、前記波伝播チャンネルの寸法よりも長い寸法で伸びることを特徴とする請求項 2 1 に記載の光点ジェネレータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0 0 0 1】

本発明は電磁波伝播構造に関し、より詳細には、回折限界を越える電磁波伝播構造であって、その電磁波伝播構造を備える光学システムの、分解能および精度を向上させる電磁波伝播構造に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

本出願は、2007 年 6 月 6 日および 2008 年 1 月 30 日にそれぞれ出願された、台湾出願第 096120414 号および 097103559 号の優先権を主張する。

【0 0 0 3】

電磁波技術、特に光学技術は、健康診断、精密測定、半導体産業などのような、高い技

50

術集約型産業において最も広く使用されている基礎技術のうちの1つである。それゆえに、光学技術の分解能および精度を向上させる方法の追求は、学术界および産業界の両方が懸命に努力しているものである。

【0004】

光の振る舞いは、角度の発散（回折角のサイン（ $\sin \theta$ ））と光ビームの幅（ $2w$ ）との積の最小値を制限する回折限界によって制限される。現在、光学システム中の集束した光点について達成可能な、最も高い解像度は、入射光ビームの波長（ $1-D$ の半波長）のおよそ0.61倍である。回折限界を越えることによって、光は、その光の波長よりはるかに小さいサイズを有する光点内へ集束することができ、それによって、光学システムの分解能および精度を向上させる。

10

【0005】

現在、光の分解能を向上させるための3つの方法が存在する。それらは、光ビームの波長を低減することと、光ビームが伝播する光媒体の屈折率を増大させることと、最大の光コーンの半角を利用する光学用レンズを採用することを含む。これら3つの方法うち、光ビームの波長を低減することは、最も著しい結果を生みだし、したがって最も広く用いられている方法である。例えば、半導体を製造する間のフォトエッチングおよびリソグラフィプロセスにおいて、露光および現像に使用される光ビームの波長は、紫外線の波長領域内に低減される。しかしながら、この方法に関する問題が、波長をさらに低減する際に、及び対応する製造技術において遭遇する困難さの増大と、対応する設備を建造するのに必要とされる費用の増大とに存在する。このことは、結局は関連する分野の進歩に対する

20

【0006】

よって、光学システムの分解能および精度を向上させるために、様々な光学のアプリケーションを制限する回折限界をどのようにして越えるかが、取り扱われるべき挑戦である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

したがって、本発明の目的は、光学システム中の分解能および精度を向上させることができる電磁波伝播構造を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様によれば、電磁波伝播システムでの使用に適合された電磁波伝播構造が提供される。前記電磁波伝播システムは、波発散ブロックと波受取ブロックとを備え、前記波発散ブロックからの1つの波長を有する電磁波が、1つの波伝播方向に伝播する。前記電磁波伝播構造は、前記電磁波の伝播を阻止することが可能な表面を有し、前記波伝播方向に、入射側面と、当該入射側面の反対側の出射側面とを備えるメインボディを備える。当該メインボディは、前記電磁波の前記波長より大きくはない距離だけ互いに間隔を空けて配置された、2つの波伝播チャンネルを備えて形成される。当該波伝播チャンネルの各々は、前記入射側面から前記出射側面まで伸び、前記電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有する。前記メインボディは、前記波伝播方向に中心軸を定め、前記メインボディの前記入射側面における入射開口と、前記メインボディの前記出射側面における出射開口と、前記入射および出射開口の間に伸びる内側部分とを備える前記波伝播チャンネルの各々が、前記中心軸と平行な中心線を定め、且つ、前記入射開口より大きくはない内部寸法を有する。前記波伝播チャンネルの各々の前記出射開口は、前記波伝播チャンネルの1つに対応する前記中心線について非対称である。前記波伝播チャンネルの各々の前記出射開口は、前記中心線の周りに第1の部分と第2の部分とを有する。前記第1の部分は前記メインボディの前記中心軸の近くに位置し、前記第2の部分は前記中心軸から遠方に位置し、前記第1の部分は、前記第2の部分より長い寸法を有する。前記電磁波が、前記波発散ブロックから伝播し、前記波伝播チャンネルを通過して、前記波受取ブロックへ向けて

40

50

伝播する。

【0012】

本発明の他の特徴および利点は、添付の図面を参照する以下の好ましい実施形態の詳細な記述において明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明をより詳細に記述する前に、開示する内容の全体を通じて、類似の構成要素が同じ参照符号によって表示されることに注意されるべきである。

【0014】

図1を参照すると、本発明に係る電磁波伝播構造の第1の好ましい実施形態が適合され、それを通して電磁波の伝播が可能となる。マクスウェルの方程式の普遍性により、本発明の電磁波伝播構造は、可視光および非可視光などを含む、様々な波長および周波数を有する電磁波に対して、普遍的に適合可能である。電磁波伝播構造は、2つの波伝播チャンネル2を有するメインボディ1を備え、波伝播チャンネル2は、一度それを通して電磁波が伝播すれば、電磁波の伝播方向およびエネルギー分布が変化するように適合される。

【0015】

メインボディ1は、電磁波の伝播を阻止することが可能な表面を有し、波伝播方向(y)に、入射側面11と、入射側面11の反対側の出射側面12とを備える。

【0016】

2つの波伝播チャンネル2は、間隔を空けて、メインボディ1を貫通して形成される。波伝播チャンネル2の各々は、入射側面11から出射側面12まで伸び、入射側面11の入射開口21と、出射側面12の出射開口22と、入射開口21と出射開口22との間に伸びる内側部分23とを有する。各々の波伝播チャンネル2の内側部分23は、それを通して伝播されるであろう電磁波の波長(λ)の半分より大きくはない内部寸法を有する。さらに、2つの波伝播チャンネル2の間の距離は、それを通して伝播されるであろう電磁波の波長(λ)より大きくはない。2つの波伝播チャンネル2を通して、メインボディ1の入射側面11から出射側面12へ向けて電磁波が伝播すれば、2つの波伝播チャンネル2に近いメインボディ1の出射エリア及びそのエリアの近くで、サブ波長のアンテナ効果および光の曲げ効果が生成され、このことが、電磁波が2つの波伝播チャンネル2から出射すると、電磁波の伝播方向およびエネルギー分布を変化させる。

【0017】

この実施形態では、波伝播チャンネル2の各々は、電磁波の伝達を向上させる材料から作られたチャンネル表面によって画定される。好ましくは、波伝播チャンネル2のチャンネル表面は金属である。

【0018】

電磁波伝播構造によって達成される効果は、有限差分時間領域法(FDTD)を用いるシミュレーションを通じて検証された。例えば、銀塩フィルムのような分散性の材料から、あるいは電磁波に対して強く反応する他の材料から形成されるメインボディ1は、ドルーデ・ポール(それらはドルーデ・モデルの媒体の表現である)を用いる補助的な差分方程式方法によってモデル化された。さらに、シミュレーションにおいて位相ベクトルの分極電流が計算された。本発明の電磁波伝播構造と、その電磁波伝播構造を通して伝播される電磁波の振る舞いとの関係は、以下に示されるであろうシミュレーション結果によって検証された。更に、結果的に得られる集束した光点は、本発明の電磁波伝播構造によって達成された効果を検証する役目をする。

【0019】

他の方法で指定されない限り、シミュレーション・システムは2次元であり、4nmの単位セル長さを有するYee空間格子の、600×600個のセルを有するグリッド方式によって表される。グリッド方式の各々のセルは、インデックス(I_x , I_y)によって表される。ここで、(I_x)および(I_y)は、互いに直交する第1の方向(x)および波伝播方向(y)中のセル位置にそれぞれ相当する。ここで、本明細書の開示において、

波伝播方向 (y) は、代わりに第2の方向 (y) とも呼ばれることに注意されるべきである。 (I_x) および (I_y) の両方は、1～600の範囲で変化する値を有する。シミュレーション・システムの原点は、インデックス $(I_x, I_y) = (300, 360)$ に位置する。シミュレーション・システムは、 $2.4 \mu\text{m} \times 2.4 \mu\text{m}$ のグリッド方式の次元に対応する座標系によっても表される。座標系は座標 (C_x, C_y) を含む。ここで、原点が座標 $(C_x, C_y) = (0, 0)$ に位置する場合、 (C_x) は、 $-1.2 \sim 1.2$ の範囲で変化する値を有し、 (C_y) は、 $-1.44 \sim 0.96$ の範囲で変化する値を有する。シミュレーションでは、メインボディ1は、波伝播方向 (y) に 240 nm の厚さ (t_1) を有するように設定される (即ち、波伝播方向 (y) におけるメインボディ1の入射側面11と出射側面12との間の距離は、 240 nm である)。よって、グリッド方式では、メインボディ1の入射側面11および出射側面12は、それぞれ、 $(I_y = 390)$ および $(I_y = 331)$ に位置する。波伝播チャンネル2の各々の内側部分23の内部寸法 (w_1) は、 80 nm であり (即ち、第1の方向 (x) のチャンネル幅は 80 nm である)、2つの波伝播チャンネル2間の第1の方向 (x) の距離 (d_1) は、 240 nm である。さらに、グリッド方式において、電磁波ソースは $(I_y = 590)$ に位置し、その電磁波は、 (I_y) 値を減少させながら第2の方向 (y) に伝播し、 633 nm の波長を有する。電場と磁場とは、それぞれ、第1の方向 (x) と、第1の方向 (x) 及び第2の方向 (y) の両方に直交する第3の方向 (z) とを向き、1に規格化される。他のすべての境界が、PML (Perfectly Matched Layer) 吸収境界条件として決められている一方、座標系の第2の方向 (y) の負でない部分における、シミュレーション・システムの第1の方向 (x) の両方の境界は、数学的な影響およびエラーを最小限にするために、周期的に設定される。時間は電磁波の周期に対して規格化され、シミュレーションにおける時間ステップ (dt) は 0.004 である。

【0020】

ここでさらに、添付の図面を参照するこの開示において使用される、例えば、「下向きに」、「外部の」、「右側」等の方向を表す用語が、図が示されている図面に関して、それらそれぞれの通常の意味で解釈されることになっていることに注意されるべきである。

【0021】

図1及び図2を参照すると、2つの波伝播チャンネル2を通して電磁波が伝播した後の時間 = 9.2において、2つの波伝播チャンネル2から出射する、 z -方向磁場 (H_z) とも呼ばれる第3の方向 (z) の磁場は、メインボディ1の中心軸に対応する部分、即ち、 (C_x) のおよそ0に対応する中央部分においてオーバーラップする。図1及び図3を参照すると、2つの波伝播チャンネル2から出射する、 y -方向電場 (E_y) とも呼ばれる波伝播方向 (y) の電場は、中央部分で打ち消し合い、またそれらのエネルギーは、 z -方向磁場 (H_z) と、 x -方向電場 (E_x) とも呼ばれる第1の方向 (x) の電場とに変換される。この現象は、サブ波長アンテナ効果のうちの1つである。

【0022】

図1、図4、及び図5を参照すると、メインボディ1の入射側面11における表面電流および電磁波の励起、並びに、2つの波伝播チャンネル2との電磁波の結合は、表面プラズマ移動および表面プラズモンに帰着する。同時に、各々の波伝播チャンネル2を通して電磁波が進行する場合、電磁波は、チャンネル2のうちの対応する1つの内側部分23を画定する表面を分極させ、その結果得られる分極電荷及び分極電流は、メインボディ1の出射側面12へ向けて、電磁波と共に下向きに流れる。流れる分極電荷及び電流は、サブ波長アンテナ効果の結果として、第3の方向 (z) に追加の磁場、即ち (H_z) を生成する。

【0023】

図1及び図6を参照すると、時間 = 9.5において、 z -方向磁場 (H_z) は、レファレンスとして、メインボディ1を有する出射側面12に下向きに集束し、その時間において、 z -方向磁場 (H_z) の振幅は 0.757 である。図7及び図8を参照すると、電磁波の半波長より小さい、 0.366λ の平均エネルギースポットサイズ (0.386λ の

10

20

30

40

50

FWHMスポットサイズ)を有する電磁波が、時間＝9.5において集束した後、電磁波が高い強度で伝播し続けることを、 x －方向電場(E_x)及び z －方向磁場(H_z)の時間平均されたエネルギー分布から、検証することができる。

【0024】

図1、図9、及び図10を参照すると、電場及び磁場のポインティングベクトル(S_1 , S_2)を用いて、電磁波の伝播及び集束を検証することができる。図9に示されるように、 x －方向のポインティングベクトル(S_1)およびその電磁場エネルギーは、メインボディ1の中央部分へ流れる。 y －方向のポインティングベクトル(S_2)およびその電磁場エネルギーは、メインボディ1の出射側面12に下向きに集束し、その後下向きに、および外部へ伝播し続け、その電磁波が進行する電磁波であることを示す。

10

【0025】

最近の科学的な進歩を利用する本発明は、光がサブ波長のスリットを通して伝達できないことを示している従来の波動説の限界を超える。しかしながら、本発明に係る電磁波伝播構造の第1の好ましい実施形態について得られた上記シミュレーション結果からも検証されるように、表面電荷移動の励起、あるいは金属表面上の電荷密度波は、電磁波の伝達を向上させる。さらに、電磁波の半波長よりも小さな光点内への電磁波の集束は、サブリミット波動関数を、革新的な電磁波伝播構造の波伝播チャンネル2の範囲内で利用することにより達成される。波伝播チャンネル2を横切る波動関数は定数に近く、メインボディ1の表面で急激に減少する。ここで、サブリミット・スケールの範囲内に束縛される、空間固有値(即ち波数) $k=0$ のモードを有するこの種の関数は、回折限界についての従来の理論では考慮されず、よって、この種の関数は、対応する範囲内にないことに注意されるべきである。

20

【0026】

図11を参照すると、本発明に係る電磁波伝播構造の第2の好ましい実施形態は、第2の好ましい実施形態のメインボディ1aが、さらに、出射側面12aにおいて少なくとも1つのみぞ13を備えて形成されている点で、第1の好ましい実施形態と異なる。みぞ13は、波伝播チャンネル2を通して伝播されるであろう電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有し、波伝播チャンネル2の隣接する一方から、電磁波の波長より大きくはない距離だけ間隔を空けて配置される。さらに、「プッシング」現象、「絞り込み」現象、もしくは「圧縮」現象が、第2の好ましい実施形態の波伝播チャンネル2を通して伝播する電磁波から形成される、集束した光点において生じ、それにより、集束した光点のサイズがもう一度縮小され、またそれにより、メインボディ1aの出射側面12aの下向きに、電磁波の伝播方向およびエネルギー分布の変化が生じる。この実施形態では、例示する目的のために、1つのみぞ13を有するメインボディ1aが形成されている。

30

【0027】

上記した第1の好ましい実施形態について行われたものと同様のシミュレーションが、第2の好ましい実施形態について行われた。シミュレーション・システムでは、みぞ13は、波伝播方向(y)にみぞ深さ(t_2)を有し、第1の方向(x)にみぞ幅(w_2)を有し、どちらも80nmに設定される。さらに、波伝播チャンネル2の右側の一方と、第1の方向(x)のみぞ13との間の距離(d_2)が、120nmに設定される。さらに図12を参照すると、時間＝9.5において、波伝播チャンネル2を通して電磁波が進行すると検証された場合、 z －方向磁場(H_z)は、電磁波の半波長より小さい0.328 λ の平均エネルギースポットサイズ(0.378 λ のFWHMスポットサイズ)と、0.791の振幅とを有する光点内へ、出射側面12aに下向きに集束される。さらに、「絞り込み」あるいは「圧縮」現象により、光点は非対称である。

40

【0028】

図13に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第3の好ましい実施形態は、第3の好ましい実施形態のメインボディ1bが、さらに、出射側面12bにおいて2つのみぞ13を備えて形成されている点で、第2の好ましい実施形態と異なる。2つのみぞ13は、メインボディ1bの中心軸について対称に配置され、それらの間に波伝播チャネ

50

ル2を挟んで配置される。さらに、みぞ13は、集束した光点を絞り込む役目をする。

【0029】

上記に開示されたものと同様の効果は、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内へ電磁波が集束する、第3の好ましい実施形態によって達成される。

【0030】

図14に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第4の好ましい実施形態は、第4の好ましい実施形態のメインボディ1cが、さらに、出射側面12cにおいて複数のみぞ13を備えて形成されている点で、第3の好ましい実施形態と異なる。複数のみぞ13は、互いに間隔を空けて周期的に配置され、各々隣接する1対のみぞ13の距離は、電磁波の波長より大きくはない。

10

【0031】

上記に開示されたものと同様の効果は、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内へ電磁波が集束する第4の好ましい実施形態によって達成される。

【0032】

同様に、入射側面11が少なくとも1つのみぞを備えて形成される場合、結合して波伝播チャンネル2に入り、波伝播チャンネル2を通して伝播した後の電磁波の物理的な振る舞いは、変化するであろう。一例が以下において提供される。

【0033】

図15に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第5の好ましい実施形態は、第5の好ましい実施形態のメインボディ1dが、さらに、入射側面11dにおいて、間隔を空けて周期的に配置された複数のみぞ13を備えて形成されている点で、第1の好ましい実施形態と異なる。複数のみぞ13の各々は、電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有する。さらに、各々隣接する1対のみぞ13の距離は、電磁波の波長より大きくはない。この実施形態では、2つのみぞ13は、それぞれ、波伝播チャンネル2dと空間的に連通して配置され、それにより、入射側面11dにおける各々の波伝播チャンネル2dの入射開口21dは、入射開口21dと出射開口22との間の、各々の波伝播チャンネル2dの内側部分23の寸法よりも小さくない内部寸法を有する。

20

【0034】

先の実施形態と同様に、第5の好ましい実施形態もまた、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束に帰着する。

30

【0035】

ここで、上記に開示された好ましい実施形態の電磁波伝播構造が、誘電材料の使用をさらに含むことができることに注意されるべきである。例えば、図16に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第6の好ましい実施形態は、メインボディ1を支持し、導波路効果を生成し、そして、電磁波伝播構造を通して伝播されるであろう電磁波の伝播作用を変化させるために、メインボディ1の入射側面11上に配置された、光を伝達可能な誘電体層3を含むことで、第1の好ましい実施形態と異なる。この実施形態では、光を伝達可能な誘電体層3はガラスから形成されている。

【0036】

第6の好ましい実施形態もまた、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束効果を達成することが、シミュレーションによって検証された。

40

【0037】

図17に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第7の好ましい実施形態は、各々の波伝播チャンネル2eの出射開口22eが、波伝播チャンネル2eの一方に対応する内側部分23の中心線について非対称に形成されている点で、第1の好ましい実施形態と異なる。その結果、出射開口22eを通して2つの波伝播チャンネル2eから出射した後に、電磁波の屈折が生じる。この際、電磁波は、メインボディ1eの中心軸付近で、実質的に変化しないエネルギー分布を維持しながら、メインボディ1eの出射側面12eから離れて下向きに、メインボディ1eの中心軸へ向けて伝播し続け、そして結果的に、光点内へ集束する。

50

【0038】

図18を参照すると、第7の好ましい実施形態の2つの波伝播チャンネル2eを通して電磁波が伝播する上記した場合と同様に行われたシミュレーション中の時間＝9.26において、z-方向磁場(H_z)は、電磁波の半波長より小さい0.341 λ の平均エネルギーサイズ（もしくは0.364 λ のFWHMスポットサイズ）を有する光点（1.30の振幅を有する）の範囲内へ集束する。

【0039】

図19に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第8の好ましい実施形態は、2つの波伝播チャンネル2fの出射開口22fが、第1の方向(x)に互いに直接的に空間的に連通して配置される点で、第7の好ましい実施形態と異なる。

10

【0040】

図19及び図20を参照すると、第8の好ましい実施形態もまた、電磁波の半波長より小さく集束したスポットサイズを達成すること、および、光点内へ集束するより前に、出射開口22fを通して2つの波伝播チャンネル2fから出射した後に、電磁波の屈折が生じることを、x-方向電場(E_x)の時間平均されたエネルギー分布から、検証することができる。さらに、メインボディ1fの中心軸に向けて伝播し、光点内へ集束された後、電磁波は高い強度で伝播し続ける。

【0041】

図21に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第9の好ましい実施形態は、メインボディ1gが、さらに、出射側面12gにおいて1つのみぞ13を備えて形成されている点で、第8の好ましい実施形態と異なる。みぞ13は、電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有する。その結果、集束した光点において「絞り込み」現象もしくは「圧縮」現象が生じ、それにより、集束した光点のサイズがもう一度縮小され、またそれにより、電磁波が、出射開口22fを通して波伝播チャンネル2fから出射した後に、電磁波の伝播方向およびエネルギー分布の変化が生じる。この実施形態では、例示する目的のために、1つのみぞ13を有するメインボディ1gが形成されている。

20

【0042】

上記した先の実施形態について行われたものと同様のシミュレーションでは、第9の好ましい実施形態が、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束効果を達成することが検証された。さらに、第2の好ましい実施形態と同様に、「絞り込み」現象もしくは「圧縮」現象により、光点は非対称である。

30

【0043】

図22に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第10の好ましい実施形態は、第10の好ましい実施形態のメインボディ1hが、出射側面12hにおいて2つのみぞ13を備えて形成されている点で、第9の好ましい実施形態と異なる。2つのみぞ13は、メインボディ1hの中心軸について対称に配置され、それらの間に波伝播チャンネル2fを挟んで配置される。さらに、みぞ13は、集束した光点を圧縮する役目をする。

【0044】

第10の好ましい実施形態もまた、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束効果を達成することが、シミュレーションを通じて検証された。

40

【0045】

図23に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第11の好ましい実施形態は、第11の好ましい実施形態のメインボディ1iが、出射側面12iにおいて複数のみぞ13を備えて形成されている点で、第8の好ましい実施形態と異なる。複数のみぞ13は、互いに間隔を空けて周期的に配置され、各々隣接する1対のみぞ13の距離は、電磁波の波長より大きくはない。

【0046】

第11の好ましい実施形態も同様に、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束効果を達成することが、シミュレーションを通じて検証された。

【0047】

50

同様に、入射側面が少なくとも1つのみぞを備えて形成される場合、結合して波伝播チャンネルに入り、波伝播チャンネルを通して伝播した後の電磁波の物理的な振る舞いは、変化するであろう。一例が以下において提供される。

【0048】

図24に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第12の好ましい実施形態は、第12の好ましい実施形態のメインボディ1jが、さらに、入射側面11jにおいて、間隔を空けて周期的に配置された複数のみぞ13を備えて形成されている点で、第8の好ましい実施形態と異なる。複数のみぞ13の各々は、電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有する。さらに、各々隣接する1対のみぞ13の距離は、電磁波の波長より大きくはない。

10

【0049】

上記した先の実施形態について行われたものと同様のシミュレーションでは、第12の好ましい実施形態が、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束効果を達成することが検証された。

【0050】

ここで、上記に開示された第7～第12の好ましい実施形態の電磁波伝播構造が、誘電材料の使用をさらに含むことができることに注意されるべきである。例えば、図25に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第13の好ましい実施形態は、メインボディを1fを支持し、導波路効果を生成し、そして、電磁波伝播構造を通して伝播されるであろう電磁波の伝播作用を変化させるために、メインボディ1fの入射側面11上に配置された、光を伝達可能な誘電体層3を含むことで、第8の好ましい実施形態と異なる。この実施形態では、光を伝達可能な誘電体層3はガラスから形成されている。第13の好ましい実施形態もまた、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束効果を達成することが、シミュレーションを通じて検証された。

20

【0051】

図26に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第14の好ましい実施形態は、第14の好ましい実施形態の波伝播チャンネル2pの中心線が、入射側面11から出射側面12へ、メインボディ1pの中心軸に向けて伸びる点で、第1の好ましい実施形態と異なる（即ち、入射側面11から出射側面12に向けて、各々の中心線と中心軸との間の距離が次第に減少する）。

30

【0052】

第14の好ましい実施形態についても、シミュレーション・システムは、4nmの単位セル長さを有するYee空間格子の、600×600個のセルを有するグリッド方式によって表される。シミュレーションでは、メインボディ1pは、波伝播方向(y)に160nmの厚さ(t_{1p})を有するように設定される（即ち、波伝播方向(y)におけるメインボディ1pの入射側面11と出射側面12との間の距離は、160nmである）波伝播チャンネル2pの各々の内側部分23の内部寸法(w_1)は、80nmである（即ち、第1の方向(x)のチャンネル幅は80nmである）。入射側面11における2つの波伝播チャンネル2p間の第1の方向(x)の距離(d_{1p}')は、240nmであり、出射側面12における2つの波伝播チャンネル2p間の第1の方向(x)の距離(d_{1p})は、200nmである。他のシミュレーション・パラメータは、第1の好ましい実施形態について上記に開示されたものと同一である。

40

【0053】

図26及び図27を参照すると、2つの波伝播チャンネル2pを通して電磁波が伝播した後の時間=9.18において、z-方向磁場(H_z)は、電磁波の半波長より小さい0.376λの平均エネルギーサイズ（もしくは0.418λのFWHMスポットサイズ）を有する光点（1.159の振幅を有する）の範囲内へ集束する。

【0054】

図28に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第15の好ましい実施形態は、第15の好ましい実施形態のメインボディ1qが、さらに、出射側面12qにおいて少

50

なくとも1つのみぞ13を備えて形成されている点で、第14の好ましい実施形態と異なる。みぞ13は、波伝播チャンネル2pを通して伝播されるであろう電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有し、波伝播チャンネル2の隣接する一方から、電磁波の波長より大きくはない距離だけ間隔を空けて配置される。さらに、「プッシング」現象、「絞り込み」現象、もしくは「圧縮」現象が、第15の好ましい実施形態の波伝播チャンネル2pを通して伝播する電磁波から形成される、集束した光点において生じ、それにより、集束した光点のサイズがもう一度縮小され、またそれにより、メインボディ1qの出射側面12qの下向きに、電磁波の伝播方向およびエネルギー分布の変化が生じる。この実施形態では、例示する目的のために、1つのみぞ13を有するメインボディ1qが形成されている。

10

【0055】

第15の好ましい実施形態もまた、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束効果を達成することが、シミュレーションによって検証された。さらに、「絞り込み」あるいは「圧縮」現象により、光点は非対称である。

【0056】

図29に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第16の好ましい実施形態は、第16の好ましい実施形態のメインボディ1rが、さらに、出射側面12rにおいて2つのみぞ13を備えて形成されている点で、第14の好ましい実施形態と異なる。2つのみぞ13は、メインボディ1rの中心軸について対称に配置され、それらの間に波伝播チャンネル2pを挟んで配置される。さらに、みぞ13は、集束した光点を絞り込む役目をする。

20

【0057】

シミュレーションを通じて検証されるように、上記に開示されたものと同様の効果は、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内へ電磁波が集束する第16の好ましい実施形態によって達成される。

【0058】

図30に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第17の好ましい実施形態は、第17の好ましい実施形態のメインボディ1が、さらに、出射側面12sにおいて複数のみぞ13を備えて形成されている点で、第14の好ましい実施形態と異なる。複数のみぞ13は、互いに間隔を空けて周期的に配置され、各々隣接する1対のみぞ13の距離は、電磁波の波長より大きくはない。

30

【0059】

シミュレーションを通じて検証されるように、上記に開示されたものと同様の効果は、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内へ電磁波が集束する第17の好ましい実施形態によって達成される。

【0060】

同様に、入射側面が少なくとも1つのみぞを備えて形成される場合、結合して波伝播チャンネルに入り、波伝播チャンネルを通して伝播した後の電磁波の物理的な振る舞いは、変化するであろう。一例が以下において提供される。

【0061】

40

図31に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第18の好ましい実施形態は、第18の好ましい実施形態のメインボディ1tが、さらに、入射側面11tにおいて、間隔を空けて周期的に配置された複数のみぞ13を備えて形成されている点で、第14の好ましい実施形態と異なる。複数のみぞ13の各々は、電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有する。さらに、各々隣接する1対のみぞ13の距離は、電磁波の波長より大きくはない。この実施形態では、2つのみぞ13は、それぞれ、波伝播チャンネル2tと空間的に連通して配置され、それにより、入射側面11tにおける各々の波伝播チャンネル2tの入射開口21tは、入射開口21tと出射開口22tとの間の、各々の波伝播チャンネル2tの内側部分23tの寸法よりも小さくない内部寸法を有する。

【0062】

50

シミュレーションを通じて検証されるように、先の実施形態と同様に、第18の好ましい実施形態もまた、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束効果を達成する。

【0063】

ここで、第14～第18の好ましい実施形態の電磁波伝播構造が、誘電材料の使用をさらに含むことができることに注意されるべきである。例えば、図32に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第19の好ましい実施形態は、メインボディ1pを支持し、導波路効果を生じ、そして、電磁波伝播構造を通して伝播されるであろう電磁波の伝播作用を変化させるために、メインボディ1pの入射側面11上に配置された、光を伝達可能な誘電体層3を含むことで、第14の好ましい実施形態と異なる。この実施形態では、光を伝達可能な誘電体層3はガラスから形成されている。

10

【0064】

第19の好ましい実施形態もまた、電磁波の半波長より小さなサイズを有する光点内への電磁波の集束効果を達成することが、シミュレーションを通じて検証された。

【0065】

図33に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第20の好ましい実施形態は、第20の好ましい実施形態のメインボディ1uが、さらに、出射側面12uにおいて、間隔を空けて周期的に配置された複数のみぞ13を備えて形成されている点で、第1の好ましい実施形態と異なる。複数のみぞ13の各々は、電磁波の半波長より大きくはない内部寸法を有する。さらに、各々隣接する1対のみぞ13の距離は、電磁波の波長より大きくはない。この実施形態では、2つのみぞ13は、それぞれ、波伝播チャンネル2uと空間的に連通して配置され、それにより、各々の波伝播チャンネル2uの出射開口22uは、波伝播チャンネル2uのうちの対応する1つの内側部分23uの寸法よりも小さくない内部寸法を有する。さらに、各々の波伝播チャンネル2uの内側部分23uは、メインボディ1uの中心軸と平行な中心線を有する。中心線は、メインボディ1uの中心軸から第1の方向(x)に等距離である。さらに、各々の波伝播チャンネル2uの出射開口22uは、波伝播チャンネル2uのうちの対応する1つの内側部分23uの中心線について対称である。2つの波伝播チャンネル2uを通して電磁波が伝播した後、2つの波伝播チャンネル2uから出射する電磁場が、メインボディ1uの中心軸付近で重ね合わされ、且つ、伝播する間にエネルギー分布が実質的に変化しないまま、中心軸に沿って伝播し続けるように、各々のみぞ13の内部寸法および深さ、並びに、隣接する複数のみぞ13の間の距離の、少なくとも1つが設定される。言い換えれば、発散角度が極めて0に近い、スーパーコリメートされたビームが形成される。

20

30

【0066】

同様に、有限差分時間領域法(FDTD)を用いるシミュレーションが、第20の好ましい実施形態について行われた。第20の好ましい実施形態については、シミュレーション・システムは、4nmの単位セル長さを有するYee空間格子の、 3000×3000 個のセルを有する。原点はインデックス(I_x, I_y) = (1500, 2500)に位置する。電磁波は633nmの波長を有する。メインボディ1uは、240nmの厚さ(t_{1u})を有する(即ち、メインボディ1uの入射側面11および出射側面12uは、それぞれ、($I_y = 2520$)および($I_y = 2461$)に位置する。)。波伝播チャンネル2uの各々の幅(w_{1u})は、40nmであり、また、2つの波伝播チャンネル2u間の距離(d_{1u})は、440nmである。みぞ13の各々は、80nmの深さ(t_{2u})および240nmの幅(w_{2u})を有する。さらに、各々隣接する1対のみぞ13の距離(d_{3u})は、240nmである。さらに、グリッド方式において、電磁波ソースは($I_y = 2900$)に位置し、その電磁波は、(I_y)値を減少させながら第2の方向(y)に伝播する。電場と磁場とは、それぞれ、第1の方向(x)と第3の方向(z)とを向き、1に規格化される。他のすべての境界が、PML(Perfectly Matched Layer)吸収境界条件として決められている一方、メインボディ1uの中心付近のメインボディ1uの上部における、シミュレーション・システムの第1の方向(x)の両

40

50

方の境界は、数学的な影響およびエラーを最小限にするために周期的である。時間は、波伝播チャンネル2uを通して伝播されるであろう電磁波の周期に対して規格化され、シミュレーションにおける時間ステップ(dt)は0.004である。

【0067】

さらに図34を参照すると、2つの波伝播チャンネル2uを通して電磁波が伝播した後の時間=30.0において、z-方向磁場(H_z)は、電磁波の波長の10倍よりも大きい距離に対して、実質的に一定の振幅を有するスーパーコリメートされたビームとして、メインボディ1uの出射側面12uから離れて下向きに伝播し続ける。

【0068】

図35に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第21の好ましい実施形態は、メインボディ1vの入射側面11vおよび出射側面12uの両方がみぞ13を備えて形成され、それにより、各々の波伝播チャンネル2vの入射開口21vおよび出射開口22uの両方の内部寸法が、波伝播チャンネル2vのうちの対応する1つの内側部分23uのものよりも小さくない点で、第20の好ましい実施形態と異なる。この実施形態では、入射側面11vにおけるみぞ13および出射側面12uにおけるみぞ13は、メインボディ1vの第1の方向(x)の軸線について対称に配置される。

【0069】

シミュレーションを通じて検証されるように、波伝播チャンネル2vを通してメインボディ1vを伝播した後、電磁波は、実質的に一定の振幅を有するスーパーコリメートされたビームとして、メインボディ1vの出射側面12uから離れて下向きに伝播し続ける。更に、第21の好ましい実施形態の波伝播チャンネル2vを通して伝播した後の電磁波の強度は、第20の好ましい実施形態の波伝播チャンネル2uを通して伝播した後の電磁波の強度よりも高い。

【0070】

ここで、第20及び第21の好ましい実施形態の電磁波伝播構造が、誘電体材料の使用をさらに含むことができることに注意されるべきである。例えば、図36に示されるように、本発明に係る電磁波伝播構造の第22の好ましい実施形態は、メインボディ1uを支持し、導波路効果を生じ、そして、電磁波伝播構造を通して伝播されるであろう電磁波の伝播作用を変化させるために、メインボディ1uの入射側面11上に配置された、光を伝達可能な誘電体層3をさらに含む。この実施形態では、光を伝達可能な誘電体層はガラスから形成されている。

【0071】

シミュレーションを通じて検証されるように、第20の好ましい実施形態と同様の効果は、波伝播チャンネル2uを通してメインボディ1uを伝播した後、スーパーコリメートされたビームとして一定の振幅を維持しながら、メインボディ1uの出射側面12uから離れて下向きに電磁波が伝播し続ける第22の好ましい実施形態によって達成される。

【0072】

ここで、波伝播チャンネル2の入射開口21、出射開口22、および内側部分23の各々の寸法が、波伝播チャンネル2を通して伝播する電磁波の、発散角度と回折現象とをコントロールする要因であることに注意されるべきである。さらに、メインボディ1を構成する材料、および誘電体層3の存在もまた、本発明の電磁波伝播構造を備えるシステムを通して伝播する間の、電磁波の強度変化の作用に関係する。したがって、最も望ましい結果を達成するために、これらの要因はすべて、特定のアプリケーションの要求に応じて、調節あるいは定められることができる。

【0073】

図37を参照すると、本発明の電磁波伝播構造は、波発散ブロックと波受取ブロックとを備える電磁波伝播システムへのアプリケーションに適しており、波発散ブロックからの1つの波長を有する電磁波は、1つの波伝播方向に伝播する。第1～第19の好ましい実施形態の電磁波伝播構造が、波発散ブロックと波受取ブロックとの間に提供される場合、波発散ブロックから伝播し、電磁波伝播構造を通して波伝播チャンネルを波受取ブロック

10

20

30

40

50

へ向けて伝播する電磁波は、電磁波の半波長より小さいスポットサイズを有する光点内へ集束する。他方では、第20～第22の好ましい実施形態の電磁波伝播構造が、波発散ブロックと波受取ブロックとの間に提供される場合、波発散ブロックから伝播し、電磁波伝播構造を通して波伝播チャンネルを伝播する電磁波は、スーパーコリメートされたビームとして、波受取ブロックへ向けて伝播し続ける。

【0074】

第1～第19の好ましい実施形態の電磁波伝播構造が、波発散ブロックと一体化されることができ、電磁波の半波長より小さいスポットサイズを有する光点内へ電磁波を集束させるための光点ジェネレータに帰着することは、当該技術に熟練している人々にとって明らかである。同様に、第20～第22の好ましい実施形態の電磁波伝播構造が、波発散ブロックと一体化されることができ、電磁波からのスーパーコリメートされたビームを生成するための光ビームジェネレータに帰着する。

10

【0075】

本発明に係る電磁波伝播構造が、例えば、光学産業、半導体産業、およびバイオ技術産業等の様々なアプリケーションに適するということは、上記の記述およびシミュレーション結果から理解することができる。本発明のリソグラフィプロセスへのアプリケーションは、より微細でより精密なドット、ライン、及び回路に帰着する。さらに、本発明は、光学システムの分解能および精度を向上させ、光学システムと電気回路とを接続し、生物学及び医学イメージング産業における、サブ波長の高解像度マイクロコピーに対して適用可能であり、より精密な検出に対して適用可能であり、生物学、化学、及び物理システムの構造、特性、及びダイナミクスを変化および制御し、光学的記憶産業において、より小さな光記録スポットを生成および読み込みし、そして、光の波長より小さなサイズを有する光回路への光の絞り込みなどを行う。本発明によって提供されるスーパーコリメートされたビームは、その伝播する間に発散のない電磁波ビームを要求するアプリケーションに適している。さらに、本発明は、電磁波が集束された後に、電磁波が大きく発散することを可能とし、よって、視角の増大が要求される例えば発光ダイオードにおいて適用可能である。

20

光コンピューティングおよび光制御において、サブ波長の光学分野の追加および省略が適用可能である。そのうえ、電磁波の様々な波長に対する選択性が、フィルタリング分野におけるアプリケーションを可能とする。

30

【0076】

要約すると、本発明が、電磁波伝播構造の確立に成功することが、有限差分時間領域法(FDTD)方法を通じて検証された。その電磁波伝播構造は、電磁波がそれを通して伝播した後に、高い強度のサブ波長が集束されたスポットを生成するために適合され、また、その電磁波伝播構造は、集束したスポットのサイズを縮小するために、電磁波が回折限界を越えることを可能とし、それにより、本発明の電磁波伝播構造を備える光学システムの分解能および精度を効果的に向上させることを可能とする出射構造を有する。

【0077】

最も現実的かつ好ましい実施形態に関して本発明が記述されたが、本発明は、開示された実施形態に制限されるのではなくて、本発明は、最も広く解釈される精神及び範囲内に含まれる様々な変形例を、そのような修正および等価な変形例をすべて包含するように、カバーするように意図されていることが理解される。

40

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】本発明の第1の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図2】第1の好ましい実施形態について得られたz方向磁場のシミュレーション結果を示す磁場強度ダイアグラムである。

【図3】第1の好ましい実施形態について得られたy方向電場のシミュレーション結果を示す電場強度ダイアグラムである。

【図4】第1の好ましい実施形態について得られたy方向分極電流のシミュレーション

50

結果を示す電流強度ダイアグラムである。

【図 5】第 1 の好ましい実施形態について得られた x ー方向分極電流のシミュレーション結果を示す電流強度ダイアグラムである。

【図 6】第 1 の好ましい実施形態について得られた z ー方向磁場の別のシミュレーション結果を示す磁場強度ダイアグラムである。

【図 7】第 1 の好ましい実施形態について得られた時間平均された x ー方向電場エネルギー分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図 8】第 1 の好ましい実施形態について得られた時間平均された z ー方向磁場エネルギー分布のシミュレーション結果を示す図である。

【図 9】第 1 の好ましい実施形態について得られた電磁場の x ー方向のポインティングベクトルの時間平均された電磁場エネルギーフローのシミュレーション結果を示す。 10

【図 10】第 1 の好ましい実施形態について得られた電磁場の y ー方向のポインティングベクトルの時間平均された電磁場エネルギーフローのシミュレーション結果を示す。

【図 11】本発明の第 2 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 12】第 2 の好ましい実施形態について得られた z ー方向磁場のシミュレーション結果を示す磁場強度ダイアグラムである。

【図 13】本発明の第 3 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 14】本発明の第 4 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 15】本発明の第 5 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 16】本発明の第 6 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。 20

【図 17】本発明の第 7 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 18】第 7 の好ましい実施形態について得られた z ー方向磁場のシミュレーション結果を示す磁場強度ダイアグラムである。

【図 19】本発明の第 8 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 20】第 8 の好ましい実施形態について得られた時間平均された x ー方向電場エネルギー分布のシミュレーション結果を示す。

【図 21】本発明の第 9 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 22】本発明の第 10 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 23】本発明の第 11 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 24】本発明の第 12 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。 30

【図 25】本発明の第 13 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 26】本発明の第 14 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 27】第 14 の好ましい実施形態について得られた z ー方向磁場のシミュレーション結果を示す磁場強度ダイアグラムである。

【図 28】本発明の第 15 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 29】本発明の第 16 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 30】本発明の第 17 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 31】本発明の第 18 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 32】本発明の第 19 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 33】本発明の第 20 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。 40

【図 34】第 20 の好ましい実施形態について得られた z ー方向磁場のシミュレーション結果を示す磁場強度ダイアグラムである。

【図 35】本発明の第 21 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 36】本発明の第 22 の好ましい実施形態に係る電磁波伝播構造の概要図である。

【図 37】本発明の電磁波伝播構造を備える電磁波伝播システムのブロック図である。

【図 1】

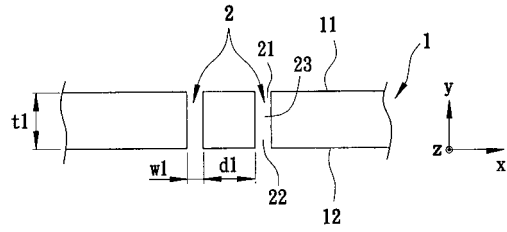


FIG. 1

【図 1 3】

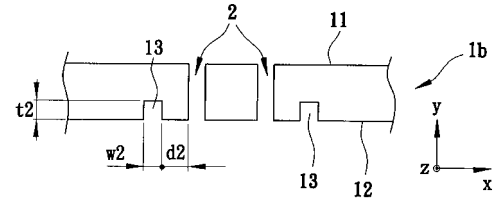


FIG. 13

【図 1 1】

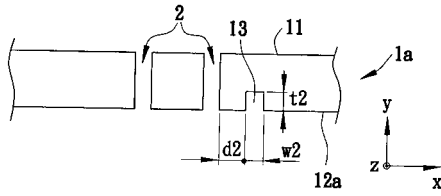


FIG. 11

【図 1 4】

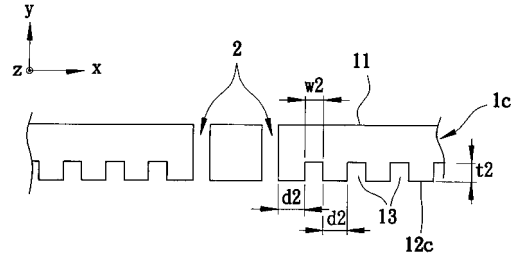


FIG. 14

【図 1 5】

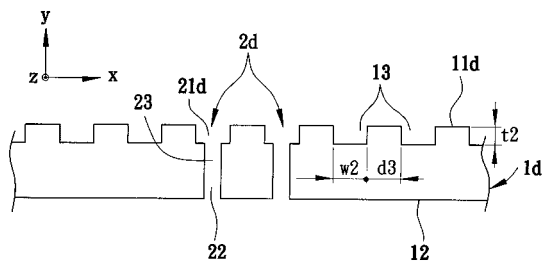


FIG. 15

【図 1 7】

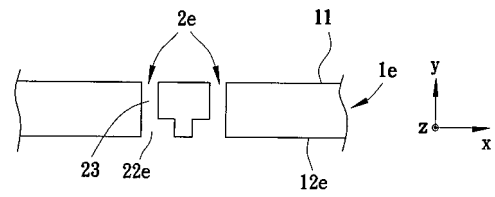


FIG. 17

【図 1 6】

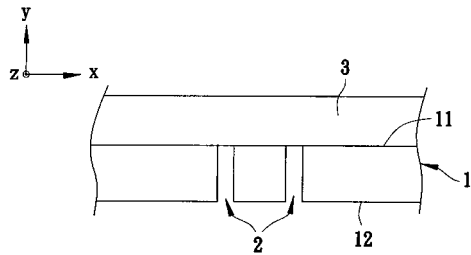


FIG. 16

【図 1 9】

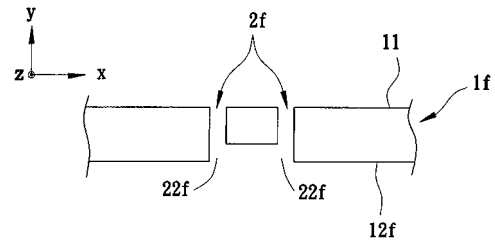


FIG. 19

【図 2 1】

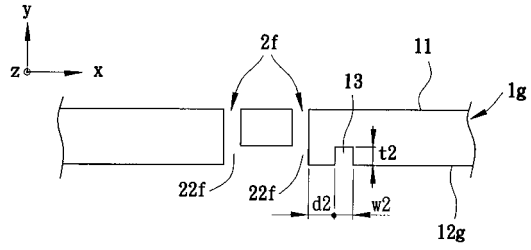


FIG. 21

【図 2 3】

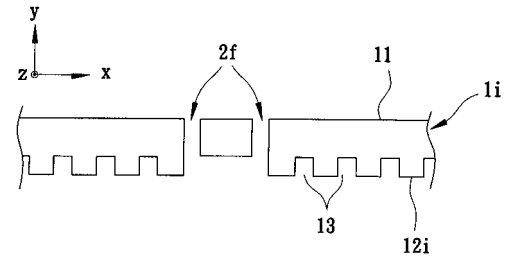


FIG. 23

【図 2 2】

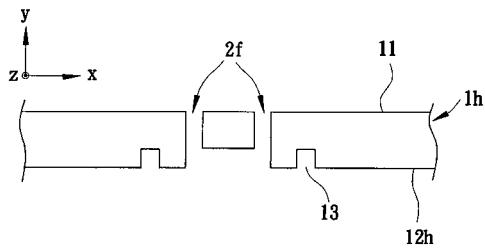


FIG. 22

【図 2 4】

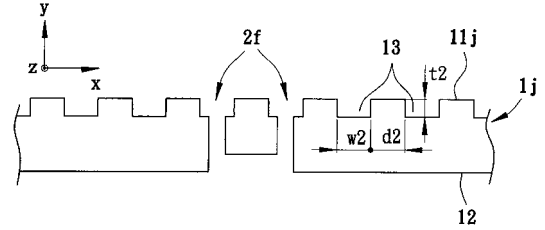


FIG. 24

【図 2 5】

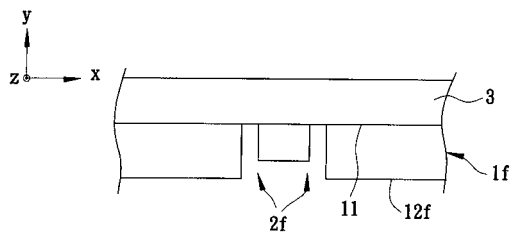


FIG. 25

【図 2 8】

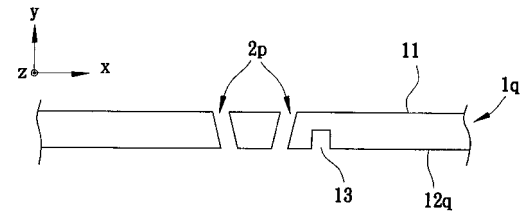


FIG. 28

【図 2 6】

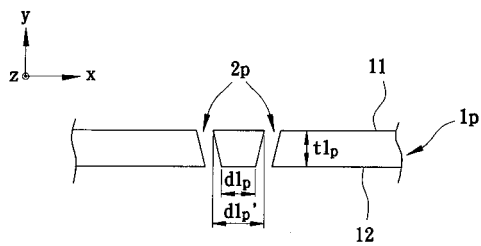


FIG. 26

【図 2 9】

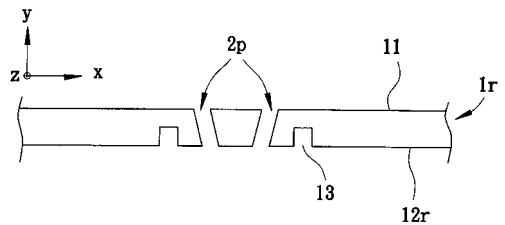


FIG. 29

【図 30】

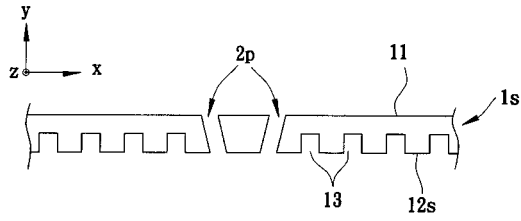


FIG. 30

【図 32】

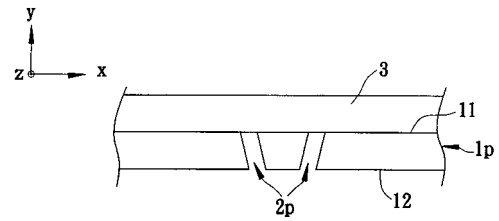


FIG. 32

【図 31】

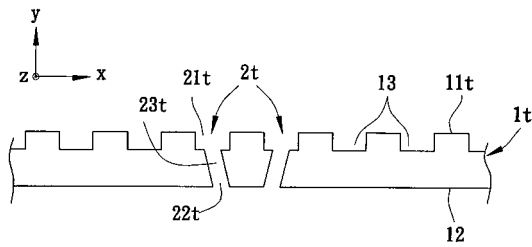


FIG. 31

【図 33】

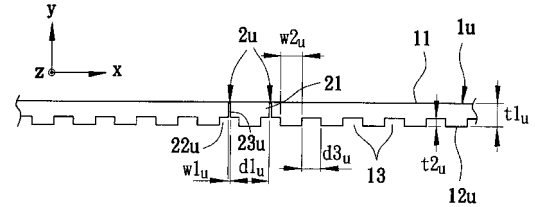


FIG. 33

【図 35】

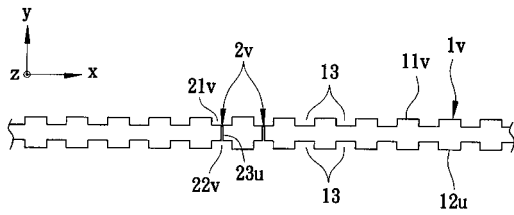


FIG. 35

【図 36】

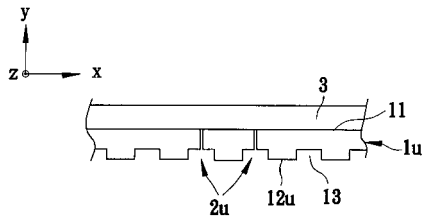


FIG. 36

【図 37】

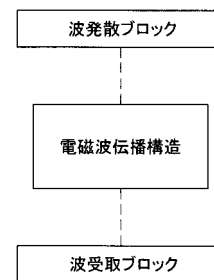


FIG. 37

【図 2】

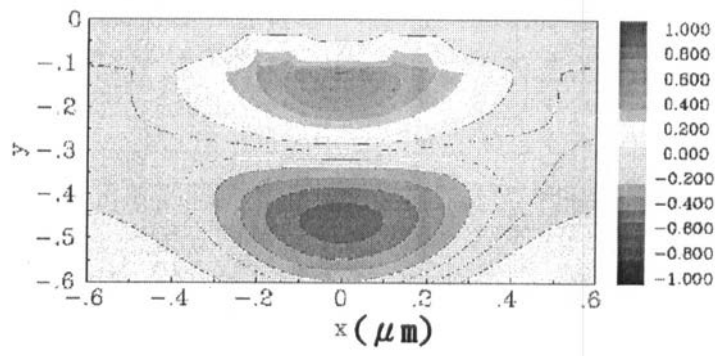


FIG. 2

【図 3】

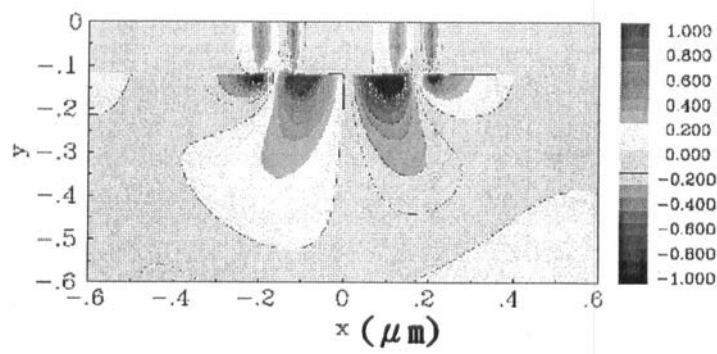


FIG. 3

【図 4】

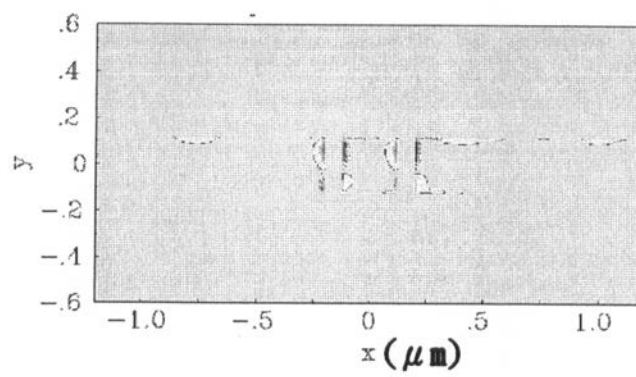


FIG. 4

【図 5】

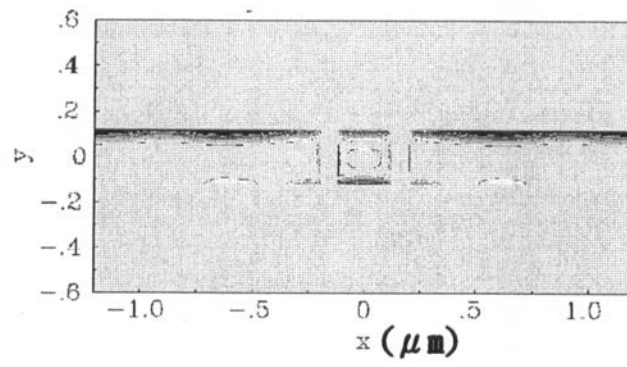


FIG. 5

【図 6】

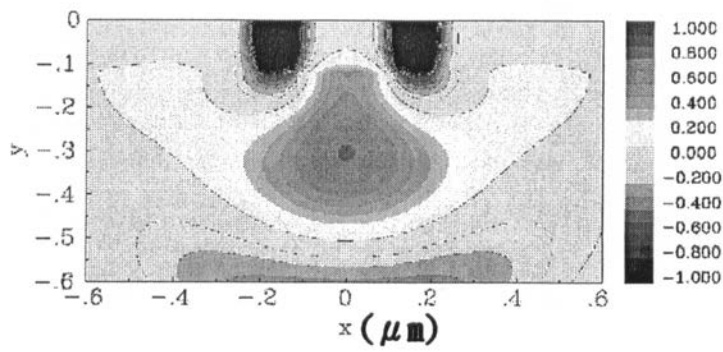


FIG. 6

【図 7】

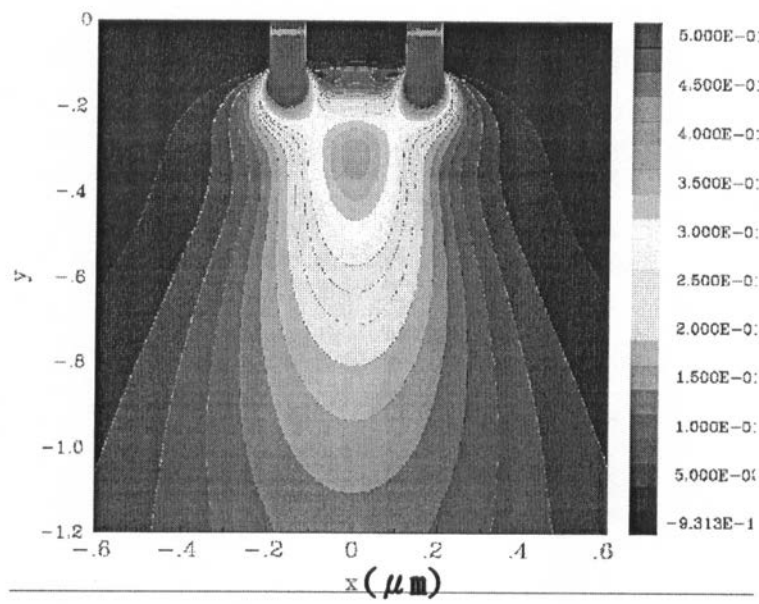


FIG. 7

【図 8】

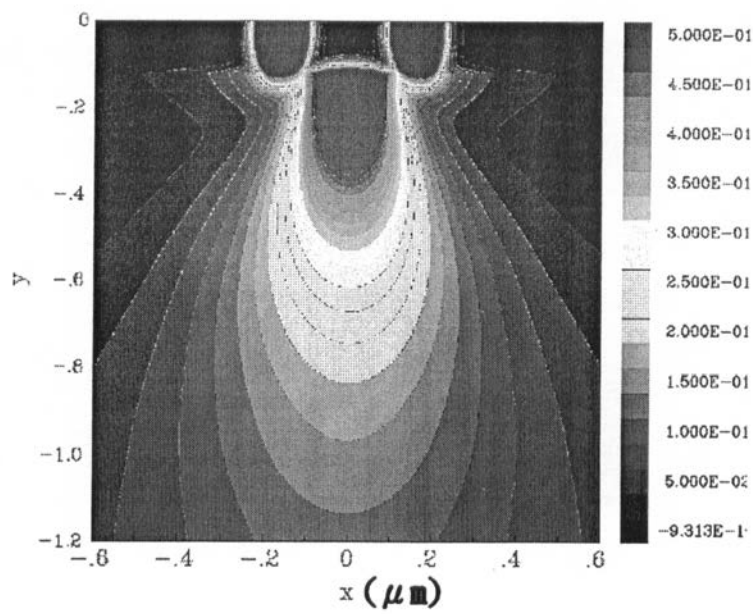


FIG. 8

【図 9】

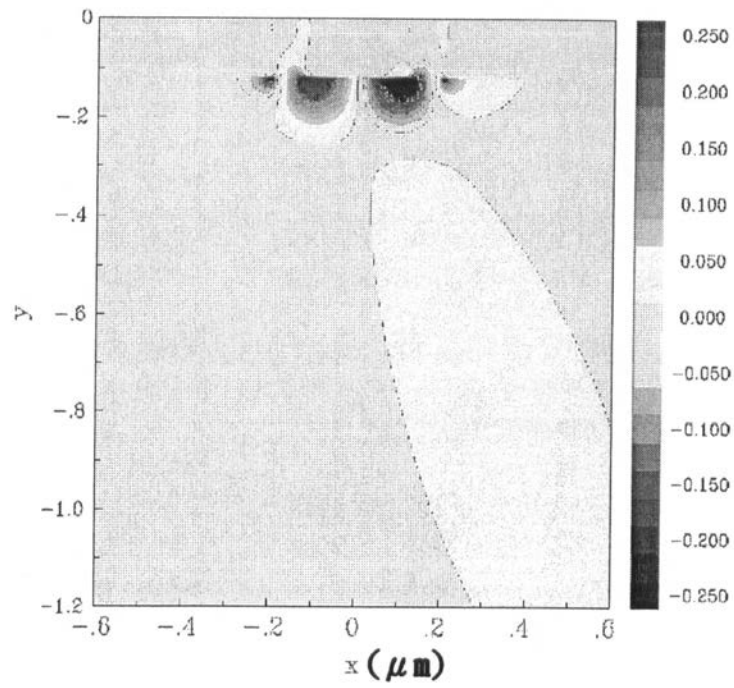


FIG. 9

【図 10】

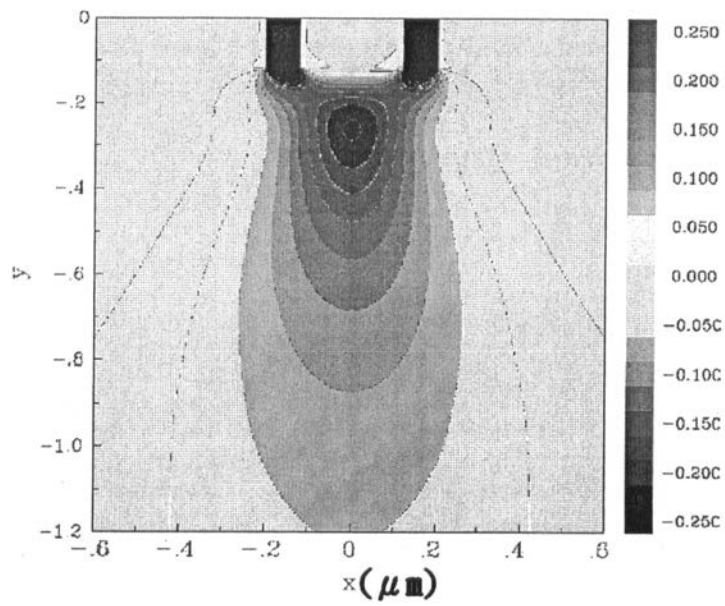


FIG. 10

【図 12】

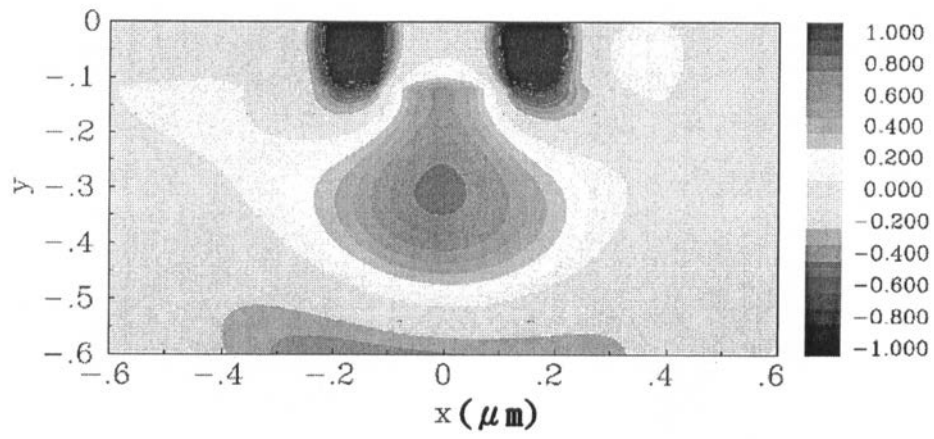


FIG. 12

【図 18】

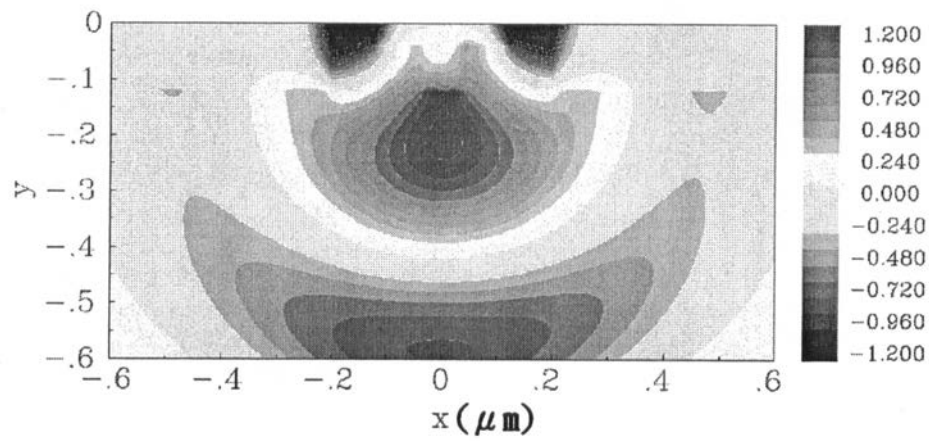


FIG. 18

【図 20】

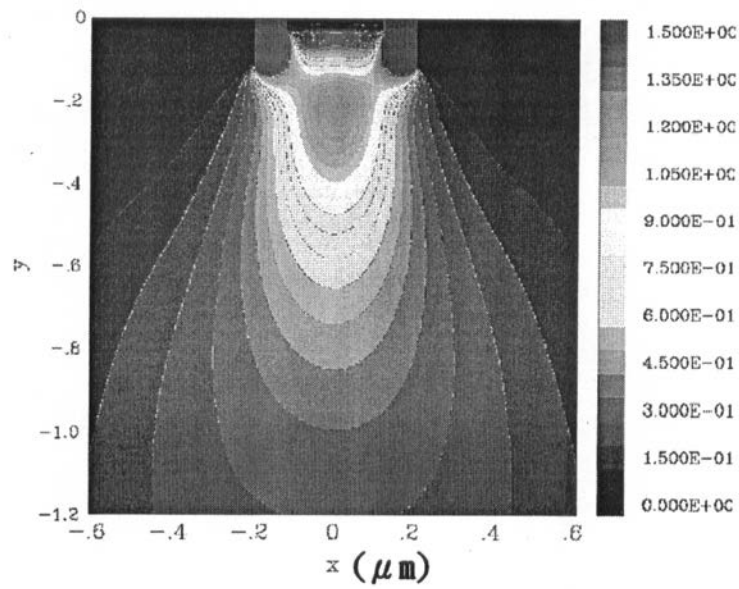


FIG. 20

【図 27】

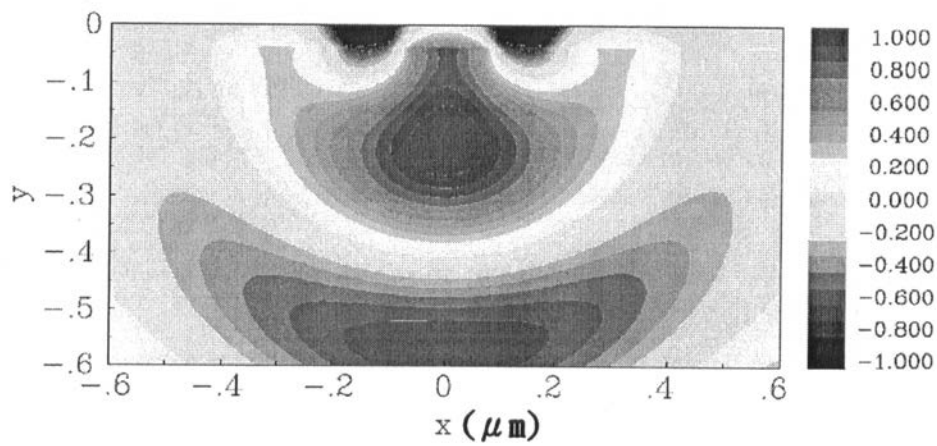


FIG. 27

【図 34】

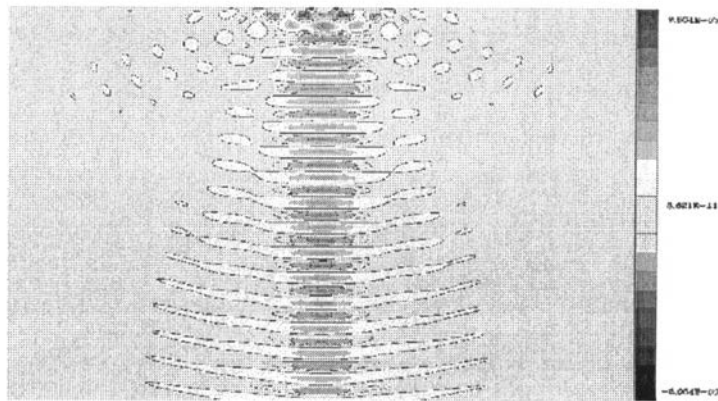


FIG. 34

フロントページの続き

(72)発明者 コアンーレン チェン
台湾台南市大學路1号

審査官 佐野 浩樹

(56)参考文献 特開平11-072607 (JP, A)
米国特許出願公開第2005/0161589 (US, A1)
特開2001-133618 (JP, A)
国際公開第2005/029164 (WO, A1)
特開2007-114232 (JP, A)
特開2000-111851 (JP, A)
特開2000-171763 (JP, A)
特開2001-291265 (JP, A)
J. B. Pendry, Negative refraction Makes a Perfect Lens, PHYSICAL REVIEW LETTERS, 米国
, The American Physical Society, 2000年11月 6日, Vol. 85, No. 18, 3966-3969

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N21/00 - 21/01 、 21/17 - 21/61 、
33/48 - 33/98 、
G02B 5/00 - 5/136、 5/20 - 5/28 、
6/12 - 6/14 、 27/00 - 27/64 、
G02F 1/00 - 1/125、 1/21 - 7/00 、
G11B 7/26
H01L21/027、 21/30