法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-01-15

誘電体スロット導波路配列を利用した反射型 円偏光ミラー及びゼロシフトミラー

NARIMATSU, Reo / 成松, 怜朗

(出版者 / Publisher) 法政大学大学院理工学研究科 (雑誌名 / Journal or Publication Title) 法政大学大学院紀要.理工学研究科編 (巻 / Volume) 65 (開始ページ / Start Page) 1 (終了ページ / End Page) 2 (発行年 / Year) 2024-03-24 (URL) https://doi.org/10.15002/00030714

誘電体スロット導波路配列を利用した 反射型円偏光ミラー及びゼロシフトミラー

REFLECTIVE CIRCULARLY-POLARIZED AND ZERO-PHASE-SHIFT MIRRORS USING AN ARRAY OF DIELECTRIC SLOT WAVEGUIDES

成松怜朗 Reo NARIMATSU 指導教員 山内潤治

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程

A circularly polarized mirror consisting of a slot waveguide array is proposed, and the wideband characteristics are demonstrated using the FDTD simulation. A phase shift of 90° is realized by the slot waveguide array, and the sufficient reflection is achieved by dielectric layers sandwiched with Ge and ZnS. A zero-phase-shift mirror is also developed by using square shaped dielectric pillars.

Key Words : Circularly-polarized mirror, Slot waveguide array, Ellipticity, Reflectance

1. はじめに

CO₂ レーザーを用いた加工には遠赤外光の各種ミ ラーが必要であり,直線偏光を円偏光に変換する偏波 変換器が様々な形式で開発されている [1]-[3].最近,誘 電体スロット導波路配列 [4] で構成したグレーティング で位相制御を行う円偏光ミラーが提案された [5].この 種のミラーでは,従来用いられてきた誘電体多層膜構 造に比べ,入射角に対する許容度が高い特長を持つ.

本論文では位相制御を担うグレーティング部を柱状 の誘電体とした Pillar 型とその相補構造にあたる Void 型を設計し,解析を行う.従来,誘電体に四角柱の空 隙を設けた構造 (Void 型) は波長選択板としての応用 のみであったが [6],本論文で円偏光ミラーとしての機 能を有することを示す.ここでは広帯域特性が見られ た円偏光ミラーの Void 型,ゼロシフトミラーの Pillar 型を代表例として記載する.

最後に、スロット導波路配列のアスペクト比を適切 に変更することで、偏光面で位相差を生じさせずに光 波を反射する、ゼロシフトミラーの設計も可能である ことを明らかにし、本設計思想の柔軟性を示す.

2. 本論

解析する Void 型円偏光ミラー, Pillar 型ゼロシフト ミラーの構造を図 1, 2 に示す. (a) は構造全体の概観, (b) はユニットセルの *x-y* 断面を示している.本構造は, 基板上に $n_{\rm L} = 2.2$ (ZnS) の低屈折率層と $n_{\rm H} = 4.0$ (Ge) の高屈折率層からなるペアを積層した反射部と,周期配 列を施した誘電体グレーティングで形成された偏波変



換部から成る. 偏波変換部最上部の, $n_{AR} = 2.2$ (ZnS) の誘電体は,スロット導波路配列に対する無反射層の 役割を果たすよう設計し, $t_{AR} = 1.2 \ \mu m$ とすること でインピーダンス整合を行い,反射を抑制する.入射 波には, $\phi_{in} = 45$ 度に傾いた平面波(直線偏波)を用 いる.

Void 型円偏光ミラーでは、グレーティングの幅 w_x と w_y を異なる長さとすることで、空隙部に励振され た二つの直交モード (1st モードである E_x 成分と 2nd モードである E_y 成分)間に位相定数差を生じさせる。 加えて、これらのモードの位相差が 90 度となるよう、 グレーティングの導波路長 t を適切に選び、偏波変換を 達成する。グレーティング部の周期長を Λ (= Λ_x = Λ_y) = 2.0 μ m とし、1 辺の長さをそれぞれ $w_x = f_x\Lambda$ 、 w_y = $f_y\Lambda$ で定義する。ここで、フィルファクター f_x 、 f_y はそれぞれ周期長 Λ に対する空隙部 (Pillar 型では誘



図 2 Pillar 型ゼロシフトミラーの構造

電体)の比率を表し、本論文の円偏光ミラーでは $f_x = 0.9$ 、 $f_y = 0.5$ としている.他方、ゼロシフトミラーの 設計では二つ直交モード間で位相定数差を生じさせな いよう、 $f_x = f_y$ とすることで、グレーティング部の アスペクト比を1に固定し、誘電体充填率 f と導波路 長 t のみを変化させ、解析を行う.

図3に、Void型円偏光ミラーの波長特性を示す.入 射角 θ_{in} を 45 度で固定し, 波長を $\lambda = 10 \ \mu m$ -11 μm の帯域で,反射部のペア数を 2-4 で変化させている.ペ ア数の増加とともに反射率が向上しており、4ペアで 設計することで、 $\lambda = 10 \ \mu m$ -11 μm の帯域の全域に 渡って 0.9 以上の反射率を維持していることが確認で きる.一方,楕円率はペア数に依らず,広帯域に高い楕 円率を保っている. また図4に, Void型円偏光ミラー の構造最上面におけるパワー密度分布を示す. 図より, パワーが空隙部に集中しており、構造の耐久性に寄与 していると言える.他方,ゼロシフトミラーの波長-楕 円率特性を図5に示す.本論文の構造にあたる,f = $0.55, f = 1.9 \ \mu m$ のものは、Au コートミラーに見ら れる全帯域での負の位相誤差の発生、また、従来構造 [2],[5] に見られる波長の変化に対する許容度の低さを 克服している.

3. まとめ

FDTD 法を使用し, Void 型円偏光ミラー及び Pillar 型ゼロシフトミラーを解析し, 楕円率が広帯域特性を 有する利点を明らかにした. また, Void 型円偏光ミ ラーにおけるパワー密度分布を明示し, 構造の耐久性 に寄与することを示した.

参考文献

- W. H. Southwell, "Multilayer coating producing 90° phase change," *Applied Optics*, vol. 18, no. 11, p.1875, 1979.
- 2) 岩本博美,住友電気工業(株),円偏光ミラ-,特開平06-186423.



図 3 Void 型円偏光ミラーの波長特性



図 4 Void 型円偏光ミラーのパワー密度分布



- 3) 中井秀和, 三菱電機(株),赤外光学膜、円偏光ミラー、 円偏光ミラーを備えたレーザ加工機、および赤外光学膜 の製造方法,特開 2016-136167.
- 4) V. R. Almeida, Q. Xu, C. A. Barrios, and M. Lipson, "Guiding and confining light in void nanostructure," *Opt. Lett.*, vol. 29, no. 11, pp. 1209-1211, June 2004.
- 5) 山内 潤治, 大川内 巧, 光学ミラー, 特願 2019-230825.
- 6) A. M. Attiya and A. Kishk, "Modal analysis of a two-dimensional dielectric grating slab excited by an obliquely incident plane wave," *Progress In Electromagnetics Research.*, vol. 60, pp. 221-243, January 2006.
- 7) 成松 怜朗,山内 潤治,中野 久松, "スロット導波路配 列を反射層上部に設けたゼロシフトミラー,"電子情報 通信学会総合大会, C-3/4-33, 2023.