

形状パラメータ付き転送行列法を用いた回折光学素子の設計

Design of Diffractive Optical Element by Transfer Matrix Method with Shape Parameter

宇大院工¹, 宇大 CORE², 産総研電子光技術³ ○ 茨田 大輔^{1,2,3}, 永山 博士¹, 福田 隆史³

Grad. Sch. Eng., Utsunomiya Univ.¹, CORE, Utsunomiya Univ.², AIST³,

○Daisuke Barada^{1,2,3}, Hiroshi Nagayama¹, Takashi Fukuda³

E-mail: barada@cc.utsunomiya-u.ac.jp

回折光学素子は、分光、分波／合波、波面成形、反射防止など多くの用途で使われている。近年では金属薄膜と組み合わせることによって、電場増強、センシングなどの研究も盛んに行われている。回折光学素子の機能は、表面形状に大きく依存するため、目的の性能をもつ形状を設計することが難しいことがある。回折光学素子の設計は、計算機シミュレーションを用いて行うことができるが、一つの計算機シミュレーションの結果は、次にどのような条件で計算すれば良いかを示すものではないため、経験的に条件を変えながら最適な結果に追い込んでいく必要がある。本研究グループでは、これまで形状パラメータを導入して電磁場解析を行う方法を提案している [1]。この方法では、電磁場を形状パラメータの関数として表現するので、形状の変化に対して電磁場がどのように変化するかがわかりやすくなる。本研究では、周期構造物を対称にするため、転送行列法を用いて計算機シミュレーションを行う。

Fig.1に周期構造の例を示す。この例では、基板の上に薄膜を塗布し、その薄膜の表面を加工することを想定している。表面の高低差 h を次のように形状パラメータ p で表現する。

$$h = a_h p \quad (1)$$

ここで、 a_h は定数である。TMモードの例を示すと、電場は y 成分のみとなるが、この電場を

$$E_y(x, z; p) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{m!} \frac{\partial^m E_y(x, z; p_0)}{\partial p^m} (p - p_0)^m \quad (2)$$

のように p でテイラー展開した形で表現する。この式における $\partial^m E_y / \partial p^m$ は $m = 0$ の場合か

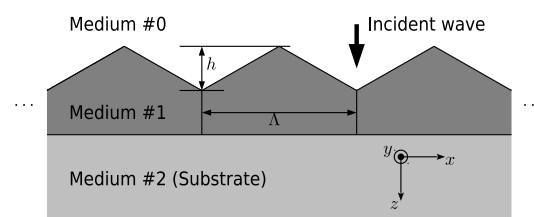


Fig. 1: Grating structure

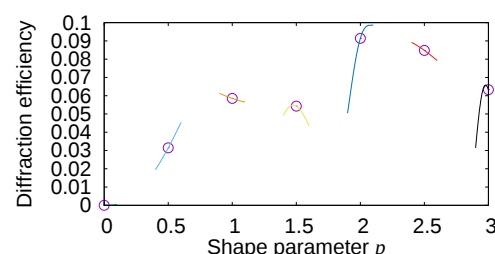


Fig. 2: Numerical result

ら逐次的に求めることができる。その結果の例を Fig.2 に示す。

この例では、最小膜厚 $1\mu\text{m}$ 、周期 $\Lambda = 1\mu\text{m}$ 、 $a_h = 100\text{nm}$ 、媒質 0, 1, 2 の屈折率をそれぞれ 1.0, 2.5, 1.5 とし、波長 532nm のレーザー光を垂直入射したときの反射 1 次回折効率を表している。まず、 p を粗い刻みで計算し、各データ点を中心としてテイラー展開した関数形を表示すると、 $p = 2.0$ と $p = 2.5$ の間に最大回折効率があることが予想できる。このように、形状パラメータを変化させたときの回折効率の変化の傾向が捉えやすくなる。さらに、周期に間しても形状パラメータを導入すると、形状のスケールを変えることができ、波長依存性もわかる。よって、提案手法は回折光学素子の設計を容易にすることが期待できる。

本研究の一部は JSPS 科研費 17H03136 の助成により行われた。

[1] 永山他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 03-048 (2018)