18a-C1-3

干渉散乱場に基づく広入射角対応型ブルズアイ構造の設計

Reverse design of a bull's eye structure with wide angular transmission efficiency

慶應義塾大学理工学研究科 [1]，○山田明 [1]，寺川光洋 [1]

Keio University [1], Akira Yamada[1], Mitsuhiro Terakawa[1]

E-mail: terakawa@elec.keio.ac.jp

1. はじめに

金属薄膜上にナノ構造を作製し、入射光を集光する技術はデータストレージの記録密度向上やセンシング分野への応用が期待されている。中心開口周囲にリング型の溝構造を有するブルズアイ構造は構造表面全体に照射された光を中心開口に集光する。従来のブルズアイ構造は主に垂直入射($\theta = 0°$)光源のみに対して設計されているため、入射角が変化すると集光度は顕著に下がる。本研究では、我々が考案した垂直型ブルズアイ構造の設計法 [1] において着目した干渉散乱場を応用し、斜入射および広入射角に対応するブルズアイ構造の設計法を提案する。

2. 原理・方法

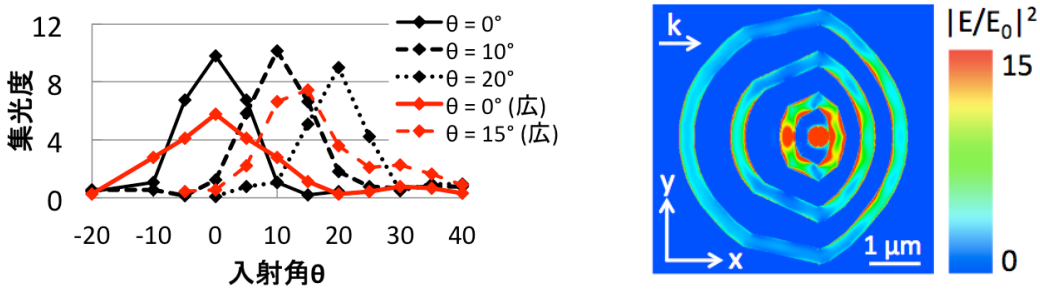
三次元 FDTD (finite-difference time-domain) 法を用いて電界強度分布を計算した。厚さ 280 nm の金 (n = 0.1808、k = 5.117) 薄膜を貫通する直径 400 nm の開口を設定し、薄膜表面の位置を z = 0 とした。まず、波長 800 nm の p 偏光の平面波を入射角 θ = 5°、10°、20°で薄膜表面全体に照射し、開口の散乱光と入射光が干渉した後の薄膜表面(z = -5 nm)の電界強度分布を取得した。その分布に基づき、入射角 θ に対して集光度が極大となるブルズアイ構造を設計した (設計法の詳細は文献 [1] に公刊済)。次に、設計したブルズアイ構造の組み合わせにより、集光度の極大値を所望の θ に持ちつつ広入射角に対応するブルズアイ構造を θ = 0°および 15°に対して設計した。集光度は開口の底部全面(z = -280 nm)におけるポインティングベクトルの z 成分の平均を薄膜の上方(z = 900 nm)における入射光のポインティングベクトルの絶対値で除したものと定義し、評価を行った。

3. 結果・考察

設計した構造の集光度を図(a)に示す。斜入射対応させた構造の集光度はいずれも従来の θ = 0°型と同等の値を示した。θ = 0°を中心とした広入射角型の集光度は、最大値が小さくなるもののより広い入射角に対応することが分かる。θ = 15°を中心とした広入射角型の構造は、左半分を θ = 10°、右半分を θ = 20°に対して設計した。当該構造に θ = 15°の光を照射した時の z = -5 における電界強度分布を図(b)に示す。開口の両側から中心に近づくにつれ電界強度が高くなり、両側の溝が集光に寄与していることが分かる。

本研究において提案した斜入射および広入射角対応の構造設計法は、所望の角度および入射角精度に対応した高感度光学センサーの実現に寄与するものと考えられる。

1　A. Yamada and M. Terakawa, "Reverse design of a bull's eye structure based on the plasmonic far-field pattern," Optics Express 21(18), 21273 (2013).



(a)　(b)

図 (a) 設計したブルズアイ構造集光度の角度依存性。(b) θ = 15°を中心に広入射角の集光を目的として設計したブルズアイ構造の薄膜表面における電界強度分布。

© 2014 年　応用物理学会