

＊課題番号 : F-12-NM-0024
 ＊支援課題名 (日本語) : ホールアレイを用いた透過位相制御
 ＊Program Title (in English) : Wavefront control by metal-dielectric hole array
 ＊利用者名 (日本語) : 三浦 篤志
 ＊Username (in English) : Atsushi Miura
 ＊所属名 (日本語) : 株式会社豊田中央研究所
 ＊Affiliation (in English) : TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.

＊概要 (Summary) :

金属薄膜に周期的なナノホールを形成する事で光が異常透過する現象(EOT)が Ebbesen らにより報告されて以降、様々な研究が行われている。EOT の透過現象は面方向に伝搬する表面プラズモンポラリトン(SPP)と周期穴、さらには穴形状により特徴づけられる。透過周波数帯は、SPP の分散関係と周期から予測可能であり、共鳴周波数付近では比較的大きな透過率と位相変化が得られる。偏光方向に周期穴を持ち、それと直交する方向に穴形状が徐々に変化する金属誘電体積層ナノホールを作製し、予想通りの透過特性と偏向特性が得られることを実証した。

＊実験 (Experimental) :

【利用した主な装置】

- ・電子ビーム描画装置
- ・多目的/化合物ドライエッチング装置
- ・全自動スパッタ装置
- ・走査電子顕微鏡

【実験方法】

ホールアレイ形状は、一辺が 500 nm の正方形を基本に、10 μm の幅内に電場に垂直な辺の長さを徐々に変える構造とした。Al と SiO₂ の積層膜を逐次スパッタ装置で形成し、レジストを塗布した後、加速電圧 100 kV の電子線描画装置でパターンを形成した。Al 層は塩素ガス、SiO₂ 層は CHF₃ ガスを用いたドライエッチングにより加工を行った。

＊結果と考察 (Results and Discussion) :

加工結果を図 1 の SEM 写真に示す。設計した寸法と加工寸法の差は、 $\pm 10\%$ 以内、ホール壁の角度は、85°であり、ナノホール配列積層構造のナノ加工が高精度で実現できた。従来構造では、垂直なエッチングが難しかったが、積層数を減らし、SiO₂ の膜厚を薄くすることで、垂直に近い加工が可能になった。

顕微分光と干渉顕微鏡による位相測定結果を計算

(図 2) と比較した。素子の透過特性は、計算結果と一致し、穴形状を徐々に変化させることで、波面傾斜を実験的に観察する事に成功した。穴形状を徐々に変化させ、厚さ 230nm の平面構造により、面内位相差 0.6π が形成された。

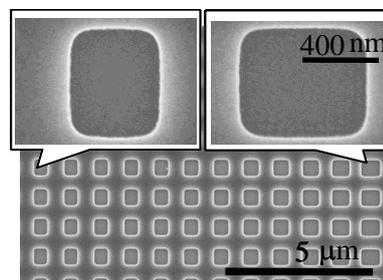


図 1. ナノホール構造の上面 SEM 像

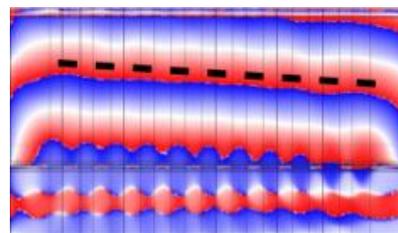


図 2. ナノホール透過後の波面の傾き (計算)

＊その他・特記事項 (Others) :

今回得られた結果を応用して、今後ホールアレイを応用したビーム走査素子の研究を加速させていきたい。本研究の一部は、NEDO ナノテク・先端部材実用化研究開発「ナノホール/ダイポール・アンテナを用いた赤外線放射および受信素子の研究開発」の委託で推進した。

共同研究者等 (Coauthor) :

尾崎雅則, 萩行正憲 (大阪大学) 浅川潔 (筑波大学)
 杉本喜正 (物質・材料研究機構)

論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

T. Matsui, et al., "Transmission phase control by stacked metal-dielectric hole array with two-dimensional geometric design", Optics Express Vol. 20, No. 14, 16092- 16103
 三浦篤志他, "積層型ホールアレイアンテナを用いたビーム走査デバイス" 第73回応用物理学会学術講演会, 松山, 13a-PA4-14, 2012年9月13日