18a-C14-5



可変型ギャッププラズモン導波路の開発

Active Gap Plasmon Waveguide 香川大学¹, 鳥羽商船高専², ^{o(PC)}大津 朋也¹, 山口 堅三^{1*}, 藤井 正光² Kagawa University¹, Toba National College of Maritime Technology² ^{o(M1)}Tomoya Ohtsu¹, Kenzo Yamaguchi^{1*}, Masamitsu Fujii² E-mail: kenzo@eng.kagawa-u.ac.jp

ナノ光集積回路中の光伝搬技術の1つとして、表面プ ラズモン(surface plasmon: SP)を用いた光導波路の研 究が盛んに行われている。このようなSP 導波路の共鳴 波長及び、その伝搬距離は構造に依存している。この ため、構造の可変化を実現すれば、任意に共鳴波長と その伝搬距離を制御することが可能となる。

我々のグループでは、NEMS アクチュエータで変調 可能な金属サブ波長格子を構成し、SP 共鳴波長を電気 信号で可変できるプラズモンチップの開発に成功した ^{II}。同様な発想から、静電型 NEMS アクチュエータ機 構をギャップ型プラズモン導波路^{III}に適用し、外部変 調で SP 共鳴波長の可変及び伝搬距離を制御可能な可 変型ギャッププラズモン導波路(active gap plasmon waveguide: AGPW)を提案した。本研究では、AGPW の開発を目的とし、電圧制御による金属間のギャップ 幅を可変可能な AGPW の作製と、その透過光学特性に よる SP 共鳴波長の可変化を評価したので報告する。

石英基板上に、厚さ3µmの金薄膜をスパッタ法で成膜 した。次に、集束イオンビームを用い、2枚の金属ナ ノシートから成る AGPW を作製した。ここで、金属ナ ノシート間のギャップ幅(G_v)とその金属幅(M_w)は、 それぞれ 300 nm と 200 nm とした。その後、作製した AGPW の電圧及び偏光依存透過光特性を評価した。さ らに、走査型電子顕微鏡(SEM)を用い、電圧印加前 後の構造を確認した。最後に、有限差分時間領域法に よる実験と同一構造の数値計算を行い、比較した。

作製したAGPWのSEM像をFig. 1に示す。図より、G、と 左右のM、はそれぞれ303 nmと244 nm、203 nmを作製し た。また、電極と金属シート間の接合部の厚さは、1.57 µmであった。

印加電圧(Vb)依存透過光スペクトルをFig.2(a)に示 す。図より、s偏光入射、無バイアス時における透過光 共鳴ピーク波長(Wres.)は、659.7 nm、774.6 nm、921.3 nmを観測した。本構造に電圧を印加すると(Vb=5 V)、 Wres.は688.7 nm、785.0 nm、949.3 nmとなり、全ての共 鳴ピーク波長がレッドシフトした。一方、p偏光入射時 における透過光スペクトルでは、共鳴波長は存在せず、 電圧によるスペクトルの変化も見られなかった。また、 入射偏光依存透過光スペクトルより、p偏光入射時の金 属ギャップ間の透過光強度は、s偏光入射時より小さい ことが分かる。Fig. 2(b)及び(c)は、入射偏光依存透過 光顕微鏡像を示す。s偏光を入射したとき、AGPWの金属ギャップ部が赤色を呈した。一方、p偏光を入射した とき、金属ギャップ部に透過光は見られなかった。こ れは、Fig. 2(a)の結果とも一致しており、本偏光依存特 性より、SPの励起を確認した。数値計算においても、 周期的なWres.と、ギャップ間距離に依存したそれらの レッドシフトを確認しており、これはFig. 2(a)と定性的 に一致した。また、Wres.の周期共鳴は、金属ギャップ の上下間におけるファブリー - ペロー共振であること を電界強度分布より確認した。



Fig. 1 SEM images of AGPW. (a) Whole structure image, (b) enlarged a part of gap from (a).



Fig. 2 (a) Transmitted light spectra depending on the applied voltage of s-/p-polarized. Microscope images of (b) sand (c) p-polarized without bias (0 V).

金(3 μ m)/石英基板上に、G_vと左右のM_wがそれぞれ 303 nmと244 nm、203 nmから成るAGPWを作製した。 ここで、左右均一なM_wの作製は非常に困難であった。 電圧依存透過光スペクトルより、可視から近赤外光領 域における共鳴波長の可変に成功した(W_{res}=659.7 nm は、V_b=5Vで29 nmレッドシフトした)。また、入射偏 光依存性より、本共鳴はギャップ型SP共鳴に由来する と考えた。なお、これらの結果は、数値計算とも定性 的な一致を示した。以上のことから、単一試料・単一 構造におけるSP共鳴波長の可変及び伝搬距離を制御可 能な可変型ギャッププラズモン導波路を実現した。

[1] K. Yamaguchi et al., presented at NFO-12, Ext. Abstr., **1** 173 (2012)、特願2013-13308. [2] D. F. P. Pile et al., *Appl. Phys. Lett.*, **87** 261114 (2005). [3] 特願2013-102667.