誘電体堆積型導波路における通信波長帯フェムト秒表面プラズモンポラ リトンの時間分解観察

Time-Resolved Imaging of Femtosecond Telecom-Wavelength Surface Plasmon

Polaritons in Dielectric Loaded Waveguides.

筑波大物理, 組澤 悠真、宮崎 純、久保 敦

Univ. of Tsukuba , Yuma Kumisawa, Jun Miyazaki, Atsushi Kubo

E-mail: s1820210@s.tsukuba.ac.jp, kubo.atsushi.ka@u.tsukuba.ac.jp

プラズモニックデバイスの超広帯域な動作 を実現するため、超高速時間領域における表面 プラズモンポラリトン (SPP)の伝搬の様相や 機能素子との相互作用についての理解が必要 である。我々のグループでは光通信帯波長 1.55 µm SPPの導波特性を、時間分解顕微鏡法を用 いた SPP の動的可視化により評価してきた。 これまでに幅数 µm のストライプ型 Au 導波路 における SPPの伝搬を報告した[1]。SPP 波長、 群速度、伝搬距離は平坦な Au 表面とほぼ同じ であり、また SPP 場の閉じ込めが弱く導波路 の"曲げ"等の構造上の擾乱で容易に大気側へ 散乱されるため、回路の構築にはより閉じ込め の強い導波路構造を用いることの重要性が示 唆された。

今回、Zayats らが提唱した誘電体堆積型 SPP 導波路 (DLSPPW) [2]の時間分解顕微観察を行 った。この導波路は Au 表面と比較し場の閉じ 込めが強く、曲線部分での散乱損失が抑制され た優れた導波性能を示すため、光集積回路を実 現する導波路として有望視されている。導波路 表面へわずかにリークする SPP を可視化する ことで、DLSPPW における SPP 伝搬の評価を 可能にした。

今回観察に使用した導波路は、シングルモード SPP の伝搬する幅 600nm の導波路である。

DLSPPWの作製にはネガティブフォトレジストSU-8を使用し電子線描画装置により構造を形成した。導波路表面には観察のための蛍光膜をコートし、導波路端部にはSPP励起のための溝構造を加工している(Fig.1)。

レーザー光源はチタン・サファイアフェムト 秒再生増幅器の出力(100 fs, 800 nm, 1 kHz, 0.6 mJ/pulse)で励起した光パラメトリック増幅器 のシグナル光(120 fs, 1.55 µm, 1 kHz, 60 μJ/pulse)を使用した。これをマッハツェンダ ー干渉計によりパルス対に整形し、試料に照射 している。この1.55 μm パルスを入射角度50° で照射し、パルス対の遅延時間τを増加させな がら蛍光顕微像を逐一 CCD カメラで取得す ることで時間分解観察を行う。

時間分解観察を行った結果を Fig.2.に示す。 遅延時間の増大と共に導波路を伝搬する SPP ビートが確認され、SPP 波長 1.18 μ m と群速度 1.60×10⁸ m/s が求められた。この値は FDTD シ ミュレーションで求めた波長 1.2 μ m、群速度 1.64×10⁸ m/s とよく一致した。

サブミクロンの微細な導派路構造を伝搬する SPP 波束の動的観察と評価に本手法は有用である。



Fig. 1. (a) Schematic of DLSPPW. (b) Cross sectional view of DLSPPW.



Fig. 2. Selected frames of the time-resolved microscopic image of the femtosecond SPP pulse in DLSPPW.

[1] 村上亮輔, 宮崎純, 池沢道男, 久保敦, 第64回応用物理学会春季学術講演会(2017)
[2] Zayats, et al, Phys. Rev. B 78, 045425 (2008)