

Au 導波路における 1.55 μm 帯フェムト秒表面プラズモンポラリトンの 時間分解顕微観察

Time-Resolved Microscopy of 1.55 μm Femtosecond Surface Plasmon Polaritons in Au Waveguide.

筑波大物理, °村上 亮輔、宮崎 純、池沢 道男、久保 敦

Univ. of Tsukuba, °Ryosuke Murakami, Jun Miyazaki, Michio Ikezawa, Atsushi Kubo

E-mail: s1520267@u.tsukuba.ac.jp, kubo.atsushi.ka@u.tsukuba.ac.jp

表面プラズモンポラリトン(SPP)を情報伝達の媒体に用いる「プラズモニックデバイス」の実装化にあたっては、実用が先行するフォトニックデバイスの使用波長域(光通信波長帯: $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$)との整合が求められる。また、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プラズモン信号の測定法を確立し、信号伝搬の様相や能動素子との相互作用について理解することが必要である。そこで、本研究では時間分解顕微鏡法を用いた光通信帯表面プラズモンの動的な特性の評価を目的とし、1.55 μm フェムト秒レーザーを用いたストライプ型 Au プラズモン導波路への SPP の励起、および時間分解二光子蛍光顕微鏡法による、SPP の動的可視化を行った。

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, 0.7 mJ/pulse)で励起した光パラメトリック増幅器(OPA)のシグナル光(1.55 μm , 1 kHz, 60 $\mu\text{J/pulse}$, パルス時間幅 120 fs)を使用した。OPA の出力をマッハ-ツェンダー干渉計により同軸のパルス対(ポンプ-プローブパルス対)に整形し、試料に照射する。

試料は、パターン投影リソグラフィ法により Si ウェハ上にストライプ型 Au 導波路を作製し、さらに導波路端部を集束イオンビームエッチングで整形してエッジ部での励起光-SPP 結合効率を高めた。これらの加工の後、SPP 可視化用の蛍光膜を試料表面に形成した。

幅 $w = 10 \mu\text{m}$ のストライプ型 Au 導波路に 1.55 μm パルスを入射角度 41° で照射し、パルス対の遅延時間 τ を増加させながら逐一 CCD カメラで取得した時間分解顕微像を、Fig. 1. に示す。レーザーの入射面は x 軸に平行であり、P 偏光を図の左側から入射した。導波路左端の励起部から図の右方向に伝搬するビートは、導波路を伝搬する SPP と励起光との干渉で形成されるエバネッセント場のグレーティ

ング構造であり、導波路中心に強い電場強度分布を持つ伝搬モードが確認できた。ビート波長から見積もった SPP 波長(1.51 μm)は、蛍光膜の影響を加味した大気/Au 界面 SPP の分散曲線から計算される値(1.50 μm)と良く一致した。また、伝搬するビートをガウシアン波束でフィッティングし、波束のピーク位置と遅延時間の関係から、群速度を $2.7 \times 10^8 \text{ m/s}$ と見積もった。これは分散曲線の傾きから計算される値($2.7 \times 10^8 \text{ m/s}$)と非常によく一致した。更に、伝搬に伴うビート波数 k の減少($-5.9 \times 10^{-5} [1/\mu\text{m} \cdot \text{fs}]$)が確認できた。これはエネルギーに対する SPP 伝搬長の違いから、SPP 波束の中心波長が長波長側へシフトしたためと考えられる。

SPP 導波路構造を伝搬する SPP 波束の動的観察や回路内部での SPP 分布の測定に、本手法は有用である。

謝辞 試料の作製には、微細加工プラットフォーム(筑波大学、NIMS)の装置を使用した。

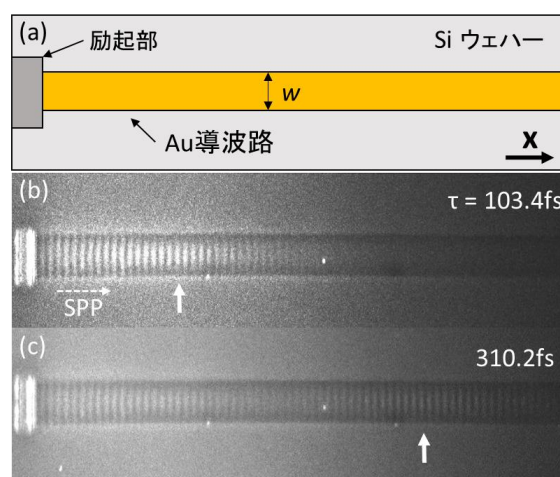


Fig. 1. (a) Au waveguide image. (b)(c) Time-resolved microscopic image of SPP wave packets in Au waveguide.