

# MIM 型ナノキャビティの固有モード共鳴による表面プラズモン波束の透過強度変調

## Modulation of transmission intensity of surface plasmon wave packet by eigenmode resonance in a metal-insulator-metal nano-cavity

筑波大物理 ○伊知地 直樹, 久保 敦

Univ. of Tsukuba, °Naoki Ichiji, Atsushi Kubo

E-mail: s1820196@s.tsukuba.ac.jp, kubo.atsushi.ka@u.tsukuba.ac.jp

### はじめに

金属-絶縁体-金属(MIM)型構造は、可視-赤外光領域メタマテリアルにおける代表的なメタアトムである。表面プラズモンポラリトン(SPP)に対する Fabry-Perot 型の共鳴器であり、適切なサイズの構造の組み合わせにより、負の屈折率<sup>1)</sup>や異常反射素<sup>2)</sup>等の特異な光学現象が実現している。

本研究では、SPP 波束が MIM ナノキャビティに対して入射した時、キャビティの共鳴が SPP 波束に与える影響を FDTD シミュレーションと実験的な直接観測によって評価した。MIM ナノキャビティの SPP 波束に対する周波数フィルタリング効果、波束形状への影響をキャビティの構造長  $L$  を変数として議論する。

### FDTD シミュレーション

Fig. 1(a)にシミュレーションモデルの全体像を示す。奥行き  $L=10\sim 500$  nm の MIM 構造を設置した Au 表面に中心波長 800 nm、時間幅 2 fs の超短パルスによって SPP 波束を励起・伝搬させ、MIM 構造の前後  $3.0\ \mu\text{m}$  における透過/反射波の界面垂直方向への電場を記録した。透過波とスペクトルのピークと反射波のディップの位置はキャビティの共鳴周波数と一致し(Fig. 1(b))、MIM キャビティが共鳴周波数成分を透過する Fabry-perot 型の周波数フィルターとして機能することを示している。

また、金属/絶縁体界面を伝搬した SPP 波束は正常分散を反映したアップチャープを有しており、MIM キャビティで特定のスペクトル成分が切り出されることにより、時間幅の狭窄化した波束が透過側に、対応するダークパルス

が反射側に放出される (Fig. 1(c)) など、波束形状の多彩な変化を生じる<sup>3)</sup>。

### 実験

SPP波束の観測は、Ti:Sレーザーから出力される 10 fsパルスを干渉計によって遅延時間  $\tau$  を持ったポンプ-プローブパルス対に整形し、試料表面に照射することによって行う。ポンプパルスによってAuリッジ構造で励起されたSPP波束は、Au表面を伝搬した後、約半分がMIM構造に入射し、他はMIM構造の無い平坦部を直進する(Fig. 2(a))。遅延時間  $\tau$  を経て入射されたプローブパルスと波束の干渉ビートを色素層を介して蛍光顕微像として取得し(Fig. 2(b))、キャビティの影響を解析した。

Fig. 2(c-d)は構造長190 nm、および130 nmのキャビティにおける蛍光顕微像 ( $\tau = 273$  fs)の断面プロファイルである。190 nmキャビティにおいて、キャビティ平面(青)における透過波は強い強度を持ち、波束の大部分がキャビティを透過していることを示す。対照的に130 nmキャビティにおける透過波強度は平坦面(赤)と比較して著しく低く、キャビティ長に依存して透過光強度が大きく低下することを示している。この結果は、キャビティの共鳴周波数の変化により、透過スペクトルが大きく変調するシミュレーションの結果と一致する。

**謝辞:** 本研究の試料作製は物質・材料研究機構微細加工プラットフォームで行った。

[1] G. Dolling, *et al.*, *Science*, **312**, 892-894 (2006)

[2] S. L. Sun, *et al.*, *Nano Lett.*, **12**, 6223-6229(2012)

[3] N. Ichiji, *et al.*, *Opt. Express*, *in printing*.

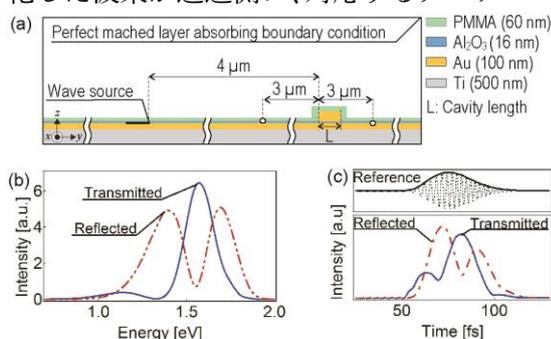


Fig. 1 (a) Schematic of simulation model. (b) Spectra of the transmitted (blue) and reflected wave (red) ( $L = 160$  nm). (c) Envelope shapes of transmitted (blue) and reflected wave (red).

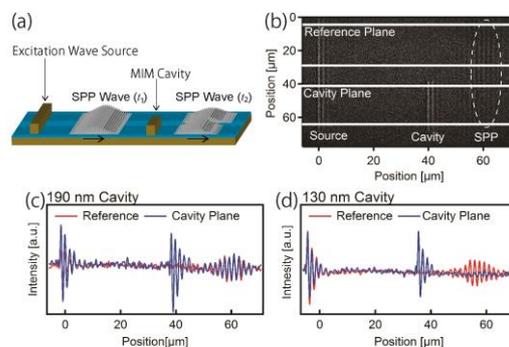


Fig. 1 (a) Schematic of experiment model. (b) A frame of time-resolved microscopy image. (c) and (d) A profile of the micrograph image for length of cavity  $L = 190, 130$  nm.