フェムト秒表面プラズモン波束のナノキャビティ通過に伴う遅延 Delay of femtosecond surface plasmon wave packet passing through a 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@u.tsukuba.ac.jp *kubo.atsushi.ka@u.tsukuba.ac.jp

1 はじめに

人工構造の集積によって負の屈折率に代表される特 異な光学特性を出現するメタマテリアルを近赤外-可視 光領域で機能させる試みはフィッシュネット構造[1]で 実現しており、金属-絶縁体-金属(MIM)型の磁気的共 鳴を持つ単位構造が相互に金属ナノワイヤで接続され た構造を有する。MIM 構造の単体は I 層の厚みと構造 長の制御により固有振動数の調律が可能なナノキャビ ティである [2]。入射光がナノキャビティを通過する際 の位相変調効果を利用した光学素子の開発も報告され ており、この様な新規光学素子をデザインする上でもナ ノキャビティの光学応答のダイナミクスに関する理解 が重要である。

本研究では、単体の MIM 型ナノキャビティ (MIM-NC) と表面プラズモンポラリトン (SPP) 波束の相互 作用を時間分解観察する。金属/絶縁体の連続膜上に金 属ブロックを設置した MIM-NC (Fig1.a: 破線部分) に SPP 波束を入射し、NC の通過前後の SPP 波束を動的 に可視化する。これにより波束の NC 通過に伴って生 じる時空間的な遅延について議論する。

2 実験方法

試料には、励起光源の 10 fs Ti:S レーザーパルスの波 長帯域 (中心波長: 810 nm) に共振波長を持つ MIM-NC (キャビティ長: 210 nm) を、SPP 励起部となる Au リッ ジ構造と共に Al₂O₃/Au 膜上に形成して使用した。励起 部の幅は NC に較べ十分に長く、出射された SPP 波束 の約半分が NC に入射し、その他の部分は NC と相互作 用することなく平坦部の伝搬を続ける (Fig1.c)。



Fig1 Schematic of the experimental setup. (a)The pump pulse launches a SPP wave packet (WP) propagating along the Al_2O_3/Au interface. (b) Interference between the SPP wave packet and the plobe pulse generates the SPP beat. (c) The half of SPP WP transits the MIM-NC, while another half propagates the flat area.

SPP 波束の可視化は、10 fs パルスを遅延時間 r のポ ンプ-プローブパルス対に整形し、蛍光膜をコートした 試料表面に照射することで行う (Fig1.a)。SPP 励起部 へのポンプ光照射により励起された波束状の SPP が Au 表面を伝搬し、遅延 r を隔てて入射されたプローブパル スと干渉することで表面に位置、位相情報を含んだ電場 強度のビート (SPP ビート)を形成 (Fig1.b) する。

 τの制御により SPP とプローブパルスの干渉位置を
 順次変化させ、SPP 波束が NC を通過する一連の過程の
 時間分解観察を行った。

3 結果

蛍光顕微像から SPP ビートの伝搬成分を切り分けて 抜き出し、ガウス型波束関数: $A \cdot \exp(x - x_0/W)^2 \sin(kx - \phi)$ でフィッティングし、波束の中心位置 $x_0(\tau)$ を特定した。 比較のため、NC へ入射する SPP ビート、入射の無い SPP ビートの両方に同じ作業を行った。

遅延時間に対する波束の中心位置の変位を Fig2.b に 示す。NC の位置 (50 μ m)を境とし、それより前方では NC への入射あり/なしの両方が τ に対して同一の変位 を示すのに対し、後方では NC への入射を経た波束に明 瞭な位置の"遅延"(遅延量:2 μ m)が観察された。

NC を MIM 型導波路と見なすと、分散曲線から求め られる SPP 波束の群速度は 9.1×10^7 m/s であり、キャ ビティ長: 210 nm の通過により生じる遅延は約 0.2μ m となる。今回観測された遅延はこれに比べ有意に大き い。NC の共鳴的性質等が遅延の生成に大きく影響する ことが示唆される。



Fig2 (a) A profile of the propagating SPP beat extracted from a frame of the time-resolved micrograph (red line). A least square fitting using a Gaussian-shaped wave function (blue line) is also shown. (b) Central positions of SPP beats plotted as functions of the delay time. Read circles and blue crosses respectively show coordinates determined for wave packets with and without passing the MIM-NC.

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] Dolling, et al. SCIENCE,**312**,892 (2006)
- [2] Kurokawa, Miyazaki, Phy. Rev. B, 75, 035411 (2007)