

単一指向性・波長依存性を有する伝搬型表面プラズモンビームの生成

Generation of unidirectional and wavelength-dependent propagating surface plasmon beams

筑波大物理¹, 高エネ研², 国立清華大³ ◯(M2)有富 洗人¹, 久保 敦¹, 福本 恵紀², Chen-Bin Huang³
Univ. of Tsukuba¹, KEK², NTHU³, ◯Kohto Aridomi¹, Atsushi Kubo¹, Keiki Fukumoto², C.-B. Huang³

E-mail: s2120140@s.tsukuba.ac.jp, kubo.atsushi.ka@u.tsukuba.ac.jp

1. はじめに

金属表面上の伝搬型表面プラズモン (Surface Plasmon Polariton; SPP)を操作することは, 超小型の集積型マイクロ・ナノ光デバイスを構築する上で重要となる. 平面型 SPP 集光素子の設計法として, ホログラムを用いる方法がある[1]. 本研究では, 波長 $1.55 \mu\text{m}$ 光により励起される SPP ホログラフィックレンズにおける波面形成の直接観察を目的とし, 落射型フェムト秒二光子蛍光顕微鏡[2]の開発を行った. この顕微鏡を用い, ホログラムを直接光励起したところ, マイクロメートルスケールのビーム径を有する SPP ビームの出射が観測された. 今回, この二次曲線構造による SPP 波の励起・出射過程における単一指向性や出射角の入射波長依存性に注目し, 解析を行った.

2. 試料作製

SPP ホログラフィック構造は, 参照 SPP 波(平面波)と集光点からの物体 SPP 波(円筒波)の干渉の面内強度分布の計算により設計した. Si 基板上に Cr/Au(10 nm/200 nm)をスパッタ成膜し, 集束イオンビームエッチングにより上記構造を Au 膜に深さ 100 nm で形成した. 加えて, 膜厚 60 nm の色素ドープ PMMA 層をスピコートした. 作製した試料の SEM 像を Fig.1(a)に示す.

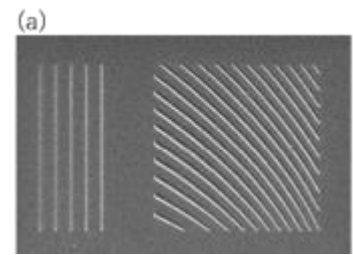


Fig.1(a) SEM image of sample.

3. 実験

Yb:KGW フェムト秒固体レーザーで励起された光パラメトリック増幅器(OPA)のシグナル光出力(パルス幅 300 fs, 波長 $1.55 \mu\text{m}$, 平均出力 82 mW, 繰り返し周波数 400 kHz)を対物レンズの瞳側から入射し, 試料の蛍光発光を CCD カメラで検出した. 取得した画像を Fig.2(a)に示す. ホログラムからの細長く単一指向性を持った SPP ビームの射出が認められる. 続いて波長を $1.44 \mu\text{m}$ から $1.60 \mu\text{m}$ まで 10 nm ステップで変調し, 同様に試料に照射した. 得られた画像から, SPP ビームの出射角に波長依存性が見出された.

入射波長 $1.45 \mu\text{m}$ の画像を Fig.2(b), 入射波長とビーム出射角度の関係を Fig.2(c)に示す. 入射波長 $1.45 \mu\text{m}$ では, 伝搬長 $28.3 \mu\text{m}$, ビーム径は最小部で $2.8 \mu\text{m}$ と波長の 200% 以下の極狭ビームであった. また出射角の角度依存性は, 構造内部において溝間隔が連続的に変化しているため, SPP 波長に対応する位置で建設的な干渉が生じ最大強度の SPP が励起された結果引き起こされたと考えられる.

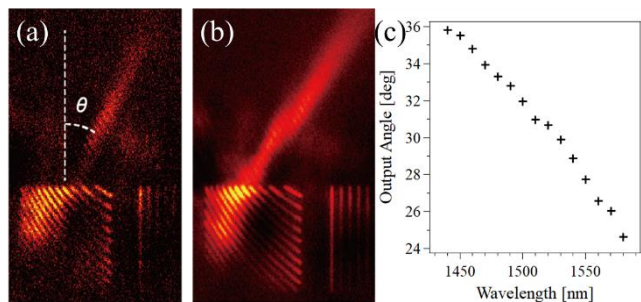


Fig.2 (a,b) Fluorescent micrographs of SPP beams with the light irradiations of (a) 1550 nm, and (b) 1450 nm, respectively. (c) Wavelength dependence of SPP output angle.

[1] Y.-G. Chen, *et. al.*, Opt. Lett., **39**, 339, (2014)

[2] N. Ichiji, Y. Otake, A. Kubo, Nanophotonics, **11**, 1321 (2022)