径偏光ビームの集光特性を利用したプラズモニックレーザの検討

Study on Plasmonic Lasing by using focused radially polarized beam

京都工繊大　°尾淵 浩也，北村 恭子

Kyoto Inst. Tech.　°Hiroya Obuchi, Kyoko Kitamura

E-mail: m7621007@edu.kit.ac.jp, kyoko@kit.ac.jp

【はじめに】近年、光と物質の相互作用によって生成される電子の集団振動である、プラズモンモードに関する解明が進み、それを利用したプラズモニックレーザが提案され、光の回折限界を超えたナノメートル領域の光制御が期待されている[1]。一方、我々は、径偏光ビームと呼ばれるビームの新奇な集光特性に注目している。径偏光ビームは、高開口数のレンズによる集光によって、焦点近傍において光軸上に強い z 方向電場を生成することができ、かつ、光軸上に伝搬方向のエネルギーに相当する z 方向のポインティングベクトルを有さないという新奇な集光特性を有する。これらの特性を利用すると、光軸上に連ねた微小金属間において、電場増強を効率よく誘引するができる[2,3]。今回、これらの径偏光ビームの新奇な集光特性を利用して、光軸上に連ねた微小金属間に利得媒質を挿入し、微小空間におけるプラズモニックレーザについて検討したので報告する。【解析と結果】まず、図 1 に示すような 3 次元 FDTD 法による解析空間において、励振面で解析的に得ることのできる NA=0.9 の条件で集光する径偏光ビームの z/λ=-2 での電磁界を励振し、伝搬させることで、集光する径偏光ビームを再現した。焦点面（z/λ=0）を中心として 4 準位系利得材料（厚さ 100 nm）を設置し、それを挟み込むように、直径200 nm、長さ 200 nm の金円柱 2 個をビーム伝搬(z)方向に設置した（金は、波長λ=500 nm における複素屈折率 n=0.82+i1.59 を利用）。利得材料のキャリア密度 N を変化させてシミュレーションを行い、得られる最大電場強度の変化を図 2 に示す。なお、最大電場強度は、自由空間の最大電場強度で規格化を行っている。キャリア密度 N が 10^{16}～ 10^{19} cm^{-3} の範囲では、ほぼ一定の最大電場強度を示しているが、$N = 2 \times 10^{20}$ cm^{-3}付近で、特異的に最大電場強度が増大していることがわかる。一例として、この前後での電界強度分布を図 3 に示す。金の間の中心に集中していた電場が、エッジに集中するように変化していることが明らかである。構造の寸法の影響など、詳細は当日報告する。

【文献】1) Pickering, T, *et al*, *Nat. Commun*, **5**, 4972 (2014). 2) K. Kitamura, *et.al*, *Opt. Express*, **19**, 13750 (2011). 3) K. Kitamura, *et.al*, *Opt. Express*, **21**, 32217 (2013).

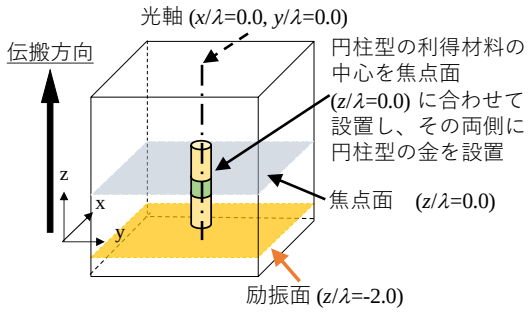

図 1 FDTD 空間における解析モデル

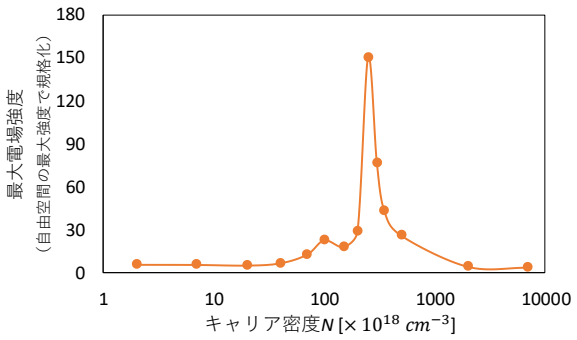

図 2 キャリア密度 N に対する最大電場強度

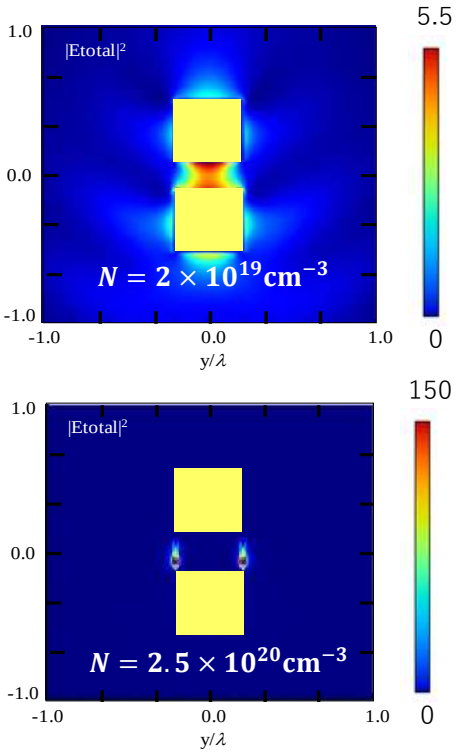

図 3 2 個の金円柱と利得材料をビーム伝搬方向に設置した場合の強度分布