

径偏光ビームの集光点における誘電体を用いた z 偏光電場形成の提案

Proposal of the generation methods for longitudinal electric fields
by using a dielectric structure and a focused radially polarized beam

京大白眉¹, 京大院工² ◦北村 恭子^{1,2}, 野田 進²
Kyoto Univ.^{1,2} ◦Kyoko Kitamura^{1,2}, Susumu Noda²

E-mail: kyoko@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】我々は、フォトニック結晶レーザの発する径偏光ビームに注目し、その集光特性の評価¹⁾や新たな光源の開発²⁾を行ってきた。高開口数の条件で集光した径偏光ビームの焦点に、微小金属や誘電体を設置すると、焦点に形成される z 偏光電場により、金属の表面プラズモンモードが効率よく誘起されるなど、強い相互作用を生じる。一方で、光軸上において伝搬方向のポインティングエネルギーがゼロになるという性質から、相互作用の後に数波長伝搬した面でのエネルギーに大きな変化が見られず、遠隔場ではその影響を測り知ることが難しいなど、径偏光ビーム特有の現象も前回までに明らかになってきた³⁾。微小集光等の特長を有し、光ディスクや顕微鏡などの光技術において、大きな波及効果をもたらすことが期待されるものの、このように一般的なビームと大きく異なるため、集光点における光と物質との相互作用を詳細に検討することは、本ビームの様々な応用上、極めて重要な課題である。今回、これまでの検討を踏まえて、径偏光ビームの特徴を利用した、新たな z 偏光電場の形成方法を提案する。【解析と結果】図 1 に提案する手法の模式図を示す。径偏光ビームの大きな特徴は、同位相状態で光軸に対して反対称に向いた電界ベクトルを有することである。このような電界を、図 1 のような誘電体構造を利用して、その表面で全反射させながら互いに干渉させることを考える。このとき、電界ベクトルは z 偏光の成分が強め合いの干渉条件を満たし、局所的に強く z 偏光電場を形成できるものと考えられることができる。実際に、3 次元 FDTD 法による解析空間において、頂角を 60°とする誘電体構造(理想的には円錐であるが、解析空間の都合上、四角錐を利用)を設置し、 $NA=0.65$ (最大集光角 40.5°)の比較的開口数の低い条件で径偏光ビームを入射した場合の電界強度分布を図 2(a)に示す。このとき、 $NA=0.52\sim 0.65$ (集光角 31.3°~40.5°)の条件で入射する光強度は、誘電体底面での全反射条件を満たす。そのため多くの成分を反射しつつ、反射界面に局所的に電場が形成されていることがわかる。断面強度分布を図 2(b)に示す。これより局所的に形成された電場のほとんどが z 偏光からなることがわかる。このとき、最大光強度は、誘電体構造を設置せずに $NA=0.65$ で集光した場合の最大光強度に対して、10 倍以上であり、また $NA=0.9$ で径偏光ビームを集光した場合の z 偏光電場からなる最大光強度に対しても 3 倍程度の強度を有する。図 3 に一例として、このように形成した z 偏光電場に、微小な金($\lambda=500$ nm)における複素誘電率 $\epsilon=-1.88+i3.42$ を利用)を設置した場合の電界強度分布を示す。表面プラズモンモードによる電場増強が生じていることがわかる。この手法の従来の高開口数で集光した場合との大きな違いは、光軸上における伝搬方向のポインティングエネルギーがゼロという性質によって生じていた、ローキングの効果がなく、比較的大きな誘電体構造と低い開口数のレンズを利用しつつ、z 偏光電場を外側からアクセスしやすい形で利用できる可能性があるという点である。誘電体の大きさの効果など、より詳細は当日報告する。なお、本研究の一部は、光拠点および ACCEL、科研費の支援を受けた。【文献】1) K. Kitamura, *et al*, *Opt. Express*, **18**, 4518 (2010). 2) K. Kitamura, *et al*, *APL*, **101**, 221103 (2012). 3) K. Kitamura, *et al*, *Opt. Express*, **19**, 13750 (2011).

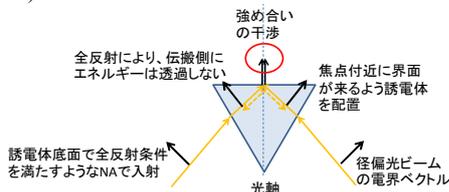


図 1: 提案する構造の模式図

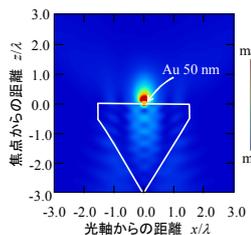


図 3: 同構造での金粒子との電場増強効果

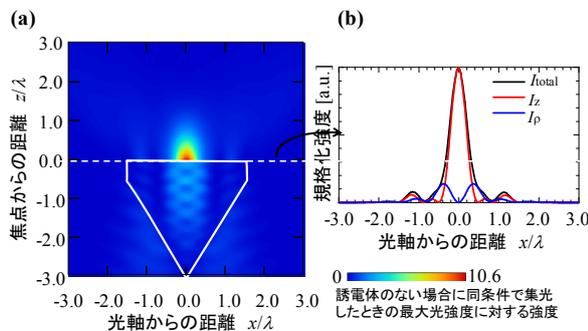


図 2: (a)四角錐の誘電体($\epsilon=2.25$)を設置した場合の電界強度分布($NA=0.65$) (b) 断面強度分布