

低損失ゼロ屈折率材料の調査

Investigation of Low-loss Zero Index Materials

ハーバード大 SEAS, °北翔太, Marko Lončar

°Shota Kita, Marko Lončar

E-mail: skita@seas.harvard.edu

Γ 点におけるフォトリックディラックコーン (PDC) に基づくオンチップゼロ屈折率材料 (ZIM) が光通信波長帯において近年実証されてきた^{1), 2)}。さらに前回発表では、金属を用いない全誘電体 (AD: All Dielectric) ZIM の理論・設計ならびにその構造堅牢性を実証した³⁾。しかし本 ADZIM は垂直方向の光閉じ込めを考慮しておらず、放射損失が大きい。したがって本報告ではその欠点を補うための低損失 (LL: Low-loss) ZIM の理論・設計について発表する。有限要素法によるシミュレーション (COMSOL) で検討した LLZIM の構造を Fig.1(a)に示す。以前のダブルミラー構造¹⁾では Si ピラー底部にも金ミラーを設置していたが、それらが主な吸収損失の原因であったため、今回はそれを省いた。また下方向への光閉じ込めは上部ミラーで反射した光の位相と下方向に放射する光の位相とが打ち消しあうことにより実現できる⁴⁾。位相干渉による光閉じ込めの強弱および PDC を形成する主要モード (磁界ループを形成するモノポールモードと電界ループを形成するダイポールモード) の Γ 点での共鳴波長の変化は Fig.1(b)のように SU-8 層の厚み h_{SU8} を変化することで調整できる。モノポールモードは伝搬共鳴モードであり、上部ミラーの吸収損失を考えなければ Q 値は h_{SU8} に依存せず常に高い値を示す。ここで示している Q 値は吸収損失を考慮しており、 h_{SU8} が $1.5 \mu\text{m}$ 以上でエバネッセントフィールドでの吸収がほぼ無視できる。一方ダイポールモードは h_{SU8} によって Q 値が変調される。一方、共鳴波長に関してはこちらもダイポールモードのみが顕著に変調され、 h_{SU8} が大きくなるに連れダイポールモードの z 方向のモード次数が増加する (図中の "Di(...)") のカッコ内の数はモード次数を示す)。その結果、両モードの波長間隔は h_{SU8} によって変調される。これらの特性を踏まえてダイポールモードの Q 値を維持したままと両モードを縮退させるように格子定数 a と $2r$ を設計した結果得られた PDC の分散面を Fig.1(c)に示す。上部ミラーを吸収のない誘電体ミラーに置き換えることで無損失化が見込めるが、構造は複雑で作製が困難となる。本 LLZIM を組み込んだヤングの 2 重スリット実験の概要とその新たな応用についても当日詳細を報告する。参考文献 1) 北ら, 18p-E16-7, 2014. 2) P. Moitra et al., *Nature Photonics* 7, 791, 2013. 3) 北ら, 春季応物, 13p-A10-2, 2015. 4) C. W. Hsu et al., *Light Sci. & Applications* 2, e84, 2013.

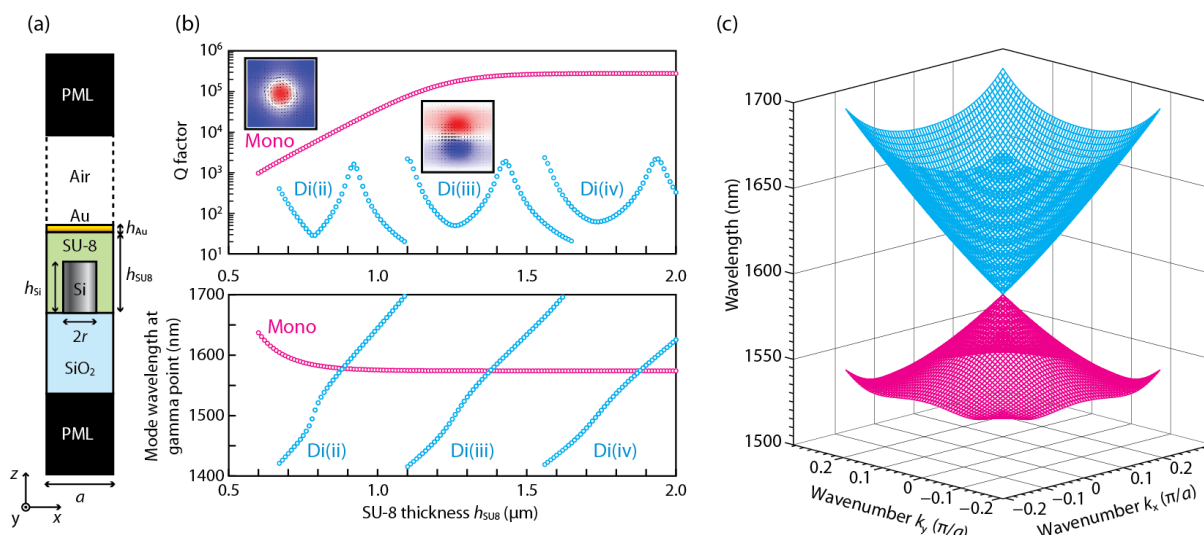


Fig. 1 Low-loss zero index material (LLZIM) with top gold mirror. (a) Schematic of the simulated unitcell model in COMSOL. (b) Q factor and modal resonant wavelength at Γ point with changing the thickness of SU-8 layer h_{SU8} (while $a = 800 \text{ nm}$, $2r = 400 \text{ nm}$, $h_{\text{Si}} = 512 \text{ nm}$, $h_{\text{Au}} = 50 \text{ nm}$). The insets show their xy-plane E_z fields around the Si pillar. (c) Optimized photonic Dirac-cone at Γ point with keeping high Q for dipole mode ($a = 800 \text{ nm}$, $2r = 392 \text{ nm}$, $h_{\text{Si}} = 512 \text{ nm}$, $h_{\text{SU8}} = 920 \text{ nm}$, $h_{\text{Au}} = 100 \text{ nm}$).