

# 垂直入射型偏波無依存プラズモニック光変調器の提案と解析

## Proposal and Analysis of Surface-Normal Polarization-Independent Plasmonic Modulator

°(B)唐木田晴大<sup>1</sup>, 宮野広基<sup>1</sup>, (M1)蟻生高人<sup>1</sup>, 中野義昭<sup>1</sup>, 種村拓夫<sup>1</sup> (<sup>1</sup>東大院・工)

Seidai Karakida<sup>1</sup>, Hiroki Miyano<sup>1</sup>, Koto Ariu<sup>1</sup>, Yoshiaki Nakano<sup>1</sup>, Takuo Tanemura<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>The Univ. of Tokyo)

E-mail: karakida-seidai285@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

### 1. 背景

二次元アレイ化が可能な垂直入射型の高速光変調器は、超並列光通信、光演算、イメージング等への応用が期待される[1]。これまで、一次元プラズモニック格子型共振器に電気光学ポリマー (electro-optic polymer: EO-polymer) を埋め込んだ構造が各種提案・実証されている[1-5]。しかしこれらは、偏波依存性を持つため用途が限定されていた。これに対して著者らは、二次元の二量化プラズモニック格子を用いた偏波無依存型光変調器を考案した[6]。今回、詳細な数値解析によりその有効性を実証したので報告する。

### 2. 提案構造

Fig. 1 に提案構造を示す[6]。EO ポリマーを上下の金 (Au) 膜で挟み込んだ metal-insulator-metal (MIM) 構造から成る。下部 Au 膜には、Fig. 2(a) のように楕円状の正方格子孔を形成する。孔の形状を円形から楕円形に変化させることで、意図的に対称性を乱した二量化格子となり、共振器の Q 値を精密に制御することが出来る[6,7]。共振波長において垂直入射光が MIM 構造内に閉じ込められ、Au 層によって吸収されるため、反射率スペクトルにディップが生じる。上下 Au 層に電圧を印加して EO ポリマーの屈折率を変化させることで、共振波長がシフトして反射率が変調される。先行研究[1-5]と異なり、 $x$ - $y$  方向に対して対称なため、入射光の偏波に依存しない変調が得られる。

### 3. 数値解析結果

三次元有限差分時間領域法 (3D FDTD) により反射特性を計算した。周期  $P = 950$  nm、EO ポリマー厚  $h = 550$  nm、下部 Au 厚  $d_1 = 50$  nm、上部 Au 厚  $d_2 = 200$  nm、格子孔長径  $a = 665$  nm、格子孔短径  $b = 332.5$  nm、EO ポリマー屈折率  $n_{EO} = 1.65$  として、波長 1549 nm、 $x$  偏波の光を入射したときの電界分布を Fig. 2(b) に示す。共振モードが励起され、EO ポリマー内に強く光が閉じこもる様子が分かる。さらに、 $\pm 0.01$  の範囲で  $n_{EO}$  を変化させたときの反射率スペクトルのシフトを Fig. 3 に示す。高い Q 値 ( $\sim 100$ ) の共振が得られ、光電界と変調電界の重なりが大きいと、効果的に変調が得られる。 $y$  偏波光に対しても同じ特性を示すため、偏波無依存垂直入射型の高速光変調器として広範な分野への応用が期待される。

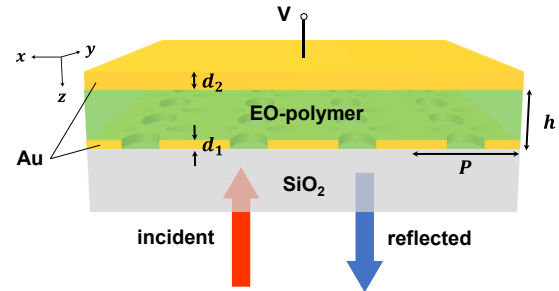


Fig. 1. Schematic of proposed modulator.

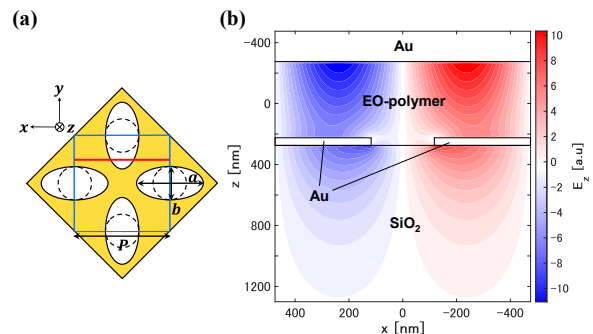


Fig. 2. (a) Unit cell (blue line). (b) Z-component of the electric field at the resonance wavelength (red line in (a)).

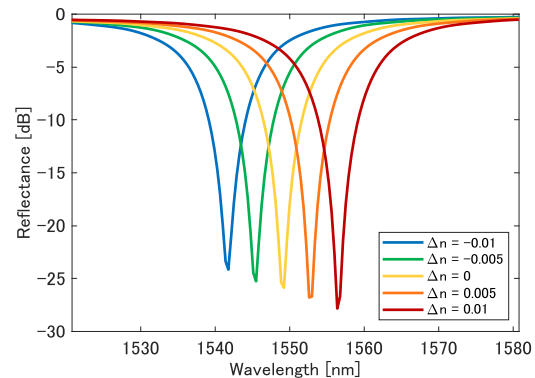


Fig. 3. Reflection spectrum shift when the refractive index of the EO polymer is modulated by  $\Delta n$ .

**謝辞:** 本研究は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究 (03601) の助成により実施された。

### 参考文献

- [1] I. C. Banea-Chelms et al., *Nat. Commun.*, **12**, 5982 (2021).
- [2] J. Zhang et al., *Opt. Express*, **25**, 30304 (2017).
- [3] J. Zhang et al., *Appl. Phys. Lett.*, **113**, 231102 (2018).
- [4] H. Miyano et al., *OECC/PSC*, TuD3-2 (2022).
- [5] K. Ariu et al., *JSAP*, 22p-A101-7 (2022).
- [6] 宮野広基, 東京大学修士論文 (2023).
- [7] A. C. Overvig et al., *Nanophotonics*, **7**(6), 1157 (2018).