

金属グレーティングを有する誘電体導波路における反交差を伴う 連続準位中束縛状態：金属厚さ依存性

Bound states in the continuum in the dielectric waveguide with metal grating
accompanied by anti-crossing: metal thickness dependence

広大院先端研 ○(D) 吉川 遼, 西田 宗弘, 角屋 豊

AdSM, Hiroshima Univ. ○Ryo Kikkawa, Munehiro Nishida, Yutaka Kadoya

E-mail: d173084@hiroshima-u.ac.jp

1. 背景

連続準位中束縛状態 (BIC) とは、放射領域に存在するにも関わらず外界への放射 (結合) のない固有モードであり、その近傍で高いQ値が得られるため、近年盛んに研究されている。非 Γ 点BIC[1]を形成する二つのモード間に近接場結合がある場合、反交差した二つの分散曲線のうち、一方のブランチ上にBICが発現する [2]。我々はこの発現ブランチを入射偏光で選択できることを報告した[3]。これに加え新たに、構造の変化によりブランチを連続的に変化させ、BIC発現ブランチを反転させられることを発見したので報告する。

2. 素子構造及び結果

図1のような誘電体導波路に金属グレーティングと十分に厚いバックメタルを配置した構造を考える。構造パラメータは図中に示す。ここではグレーティング厚さを変化させた場合を考え、構造に空気側からP波を入射した場合の吸収を調べた。解析には結合モード法 (CMM) [4] を用いた。

図2 (a)、(b)に厚さがそれぞれ200 nm、300 nmにおける吸収の分散関係の計算結果を示す。図中に高い吸収が線状に存在する。明線は、反交差した片方のブランチで局所的に消えている (図中の赤い矢印) が、これがBICに対応することは確認出来ている[3]。図2(a)からグレーティングを徐々に厚くすると、反交差が連続的に変化 (減少) し、ある厚さで一旦反交差が縮退する。そこから更に厚くすると、今度は反交差が増加し図2(b)のようにBICの出現ブランチが逆転する。

3. スリット内の位相強めあい (Fabry-Perot (FP) 条件) との対応

スリットが厚い場合スリット内のFP共鳴が生じることから、これがブランチの変化に関与すると考えられる。スリット内での共鳴条件は

$$\arg[\rho_{\text{top}}(k_x, \omega)] + \arg[\rho_{\text{bottom}}(k_x, \omega)] + 2\text{Re}[q_\beta(\omega)]h_{\text{metal}} = 2m\pi \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

で与えられる。ここで ρ_{top} 、 ρ_{bottom} はそれぞれスリット内の空気側界面、誘電体層界面における反射係数、 q_β はスリットモードの伝搬定数である。 ρ_{bottom} は単純なスリット/誘電体界面の反射係数ではなく、誘電体層とバックメタルからなる導波モードの寄与を含んでいるため、単純なFP条件とは異なる。CMMにより求めた反射係数を元に、この条件式の解を図2中に加えた。緑、赤がそれぞれ $m=0, 1$ に対応し、明線との良い一致が見られる。厚さの変化に伴い m が0から1に変化しており、FP共鳴の次数がBIC発現ブランチの決定に関与しているといえる。詳細な解析の結果は講演で報告する。

[1] Y. Yang et al. Phys. Rev. Lett. 113, 037401 (2014). [2] S. I. Azzam et al. Phys. Rev. Lett. 121, 253901 (2018). [3] 第66回応用物理学会春季学術講演会, 10p-W621-4. [4] R. Kikkawa et al. J. Opt. Soc. Am. B, 34, 122578 (2017).

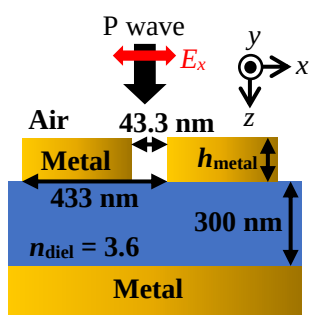


Fig. 1. Cross sectional view of the system

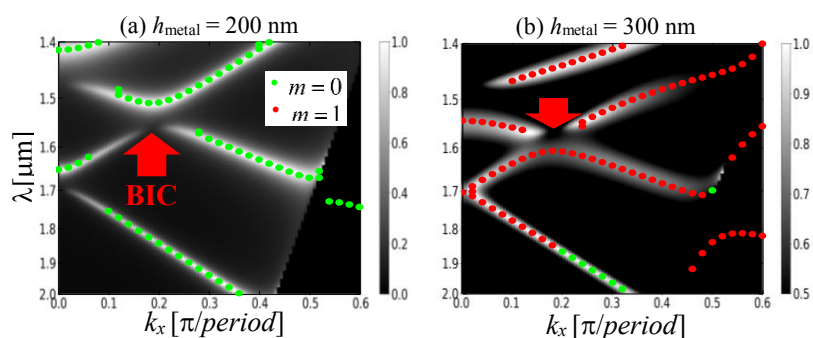


Fig. 2. Dispersion relation of absorption of the system. Constructive interference point is inserted as dots. Grating thickness: (a) 200 nm, (b) 300 nm