

金属グレーティングによって反交差した誘電体導波路モード における連続準位中束縛状態: 偏光による出現枝選択

Bound states in the continuum in the dielectric waveguide modes anti-crossed by metal grating: Branch selection by polarization

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

金属グレーティングは誘電体導波路へのカップラーなどにも広く用いられているが、ある条件を満たすと、導波路モードと外界の結合が完全に切れる場合がある。これは Bound states in the Continuum (BIC) [1]と呼ばれる、最近注目を集めている現象の例である。この中で導波モードとして重要な非 Γ 点 BIC[2]は、2つの共振モードが放射場（遠方場）を介して結合することにより生じる。一般には2モードが縮退する場合と縮退しない場合があるが、導波路中の同一偏光2モードの場合は、グレーティング中の近接場結合によって縮退が解ける（反交差）。このような場合、BICは一方のブランチに発現することになるが[3-4]、ブランチ決定のメカニズムは分かっていない。BIC発現ブランチの決定機構は物理的に興味深いだけでなく、光配線用の導波路カップラー設計など、応用上も重要である。我々は金属グレーティングによって反交差を生じた誘電体導波路モードにおいて、BICが発現するブランチを偏光で選択できることを発見した。本講演ではその詳細とブランチ決定のメカニズムを報告する。

2. 素子構造及び結果

図1に示すように、金属膜で挟まれた平面誘電体導波路において、片側の金属がグレーティングになっている構造を考える。グレーティングは周期 $p=433$ nm、厚さ $h_{\text{metal}}=100$ nm とし、誘電体層の厚さは $h_{\text{diel}}=300$ nm とする。底面の金属層は十分に分厚いとする。この系に空気側から光を入射した場合の0次反射率 R_0 を調べた。解析には結合モード法(CMM)[5]を用いた。

P波およびS波入射に対する R_0 の分散関係を、それぞれ図2(a)および図2(b)に示す。暗線は最低次からの2つの誘電体導波路モードに対応することが分かっており、入射波がこれらのモードに共鳴的に結合して金属に吸収された結果生じたものと理解できる。この暗線の反交差点近傍において局所的に吸収が消滅しており（図中○で示す）、BICが発現していることが分かる。BICが発現するブランチが(a)と(b)の場合で逆転する様子が見られる。

3. BIC発現ブランチを決める機構

BICが発現するブランチを予測するため、時間的結合モード法[6]による分析を行った。この結果、ブランチは外部光と各導波路モードの結合の位相差、および導波路モード間の結合位相で決まることが分かった。Fig.2に見られる偏光と出現ブランチの関係など、詳細は講演で報告する。

[1] C. W. Hsu et al. Nat. Rev. Mat. 1, 16048 (2016). [2] Y. Yang et al. Phys. Rev. Lett. 113, 037401 (2014). [3] S. I. Azzam et al. Phys. Rev. Lett. 121, 253901 (2018). [4] E. N. Bulgakov et al. Phys. Rev. A 98, 053840 (2018). [5] R. Kikkawa et al. J. Opt. Soc. Am. B, 34, 122578 (2017). [6] W. Suh et al. IEEE J. Quantum Electron. 40, 101511 (2004).

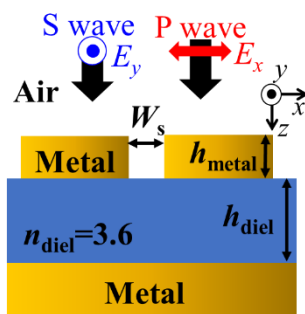


Fig. 1 Cross sectional view of the system.

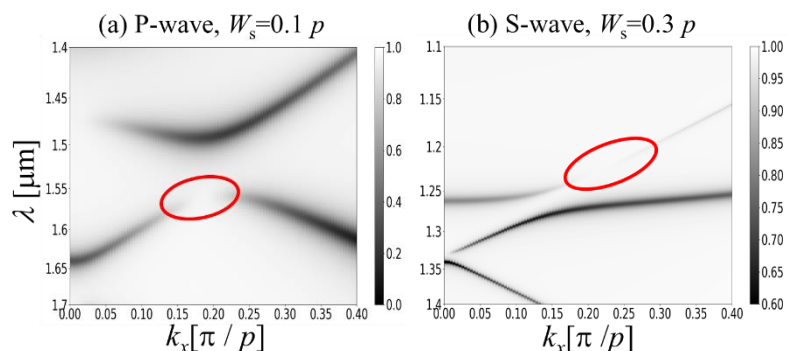


Fig. 2 Dispersion of 0th-order reflectance. (a) P-wave incidence (b) S-wave incidence. The circles indicate the position of the BIC.