

結合プラズモニック共振器におけるジョーンズ行列の例外点の検討

Numerical study on exceptional point in Jones matrix of coupled plasmonic resonators

¹東工大理, ²JST さきがけ, ³NTT ナノフォトニクスセンタ, ⁴NTT 物性研

○森竹 勇斗^{1,2}, 納富 雅也^{1,3,4}

¹Tokyo Tech, ²JST Presto, ³NTT Nanophotonics Center, ⁴NTT Basic Research Labs.,

○Yuto Moritake¹, Masaya Notomi^{1,2,3} E-mail: moritake@phys.titech.ac.jp

近年、非エルミートなハミルトニアンによって記述される物理系が注目を集めている。一般に、非エルミートな系の固有値・固有関数は複素数になるが、PT 対称性のある系では、実固有値をもつ。このような系では、例外点 (EP:Exceptional point) と呼ばれる特異点をまたいだ PT 相転移が起こることが知られており、非エルミート系における理論の学理構築や、相転移現象の観測、それを用いた非相反現象の研究などが行われている。なかでも、ナノフォトニクス系は、原理的に非エルミートであることから、これらの物理現象を試行・活用する舞台として、盛んに研究がなされている[1]。

多くの研究が、サイト間の結合を記述する量子力学的ハミルトニアン (行列) を対象としているのに対し、本研究では偏光変換行列 (ジョーンズ行列) における PT 相転移現象[2]に着目し、これを光領域で実現する方法について検討したので報告する。図 1(a)のような結合プラズモニック共振器を通過する光のジョーンズ行列における PT 相転移と EP 近傍における特異な現象について、シミュレーションを用いて調査した。結合した金ナノワイヤ共振器 (図 1(a)) は、それぞれ x,y 偏光を固有偏光状態にもつため、ジョーンズ行列の固有偏光状態は直線偏光になる。しかし、片方の共振器にのみ吸収薄膜材料 (GST を仮定、屈折率は文献値[3]を使用) を配置し、選択的に損失を導入することで、(損失側にバイアスされた) PT 対称性をもたせると、x,y 偏光間に位相差が与えられ、固有偏光状態は EP 近傍で円偏光に近づくことが期待される[2]。共振器間の距離 g を調整し、結合の大きさを変化させることで、ふたつの固有偏光状態 ($\pm 45^\circ$ 偏光) がひとつの円偏光状態 (左円偏光、EP) に近づいた後に、再度ふたつの直線偏光状態 (水平、垂直偏光) にわかれていく様子を確認められた (図 1(b))。これは、 g の大きさによって系が PT 相転移を起こしていることを示している。この系を用いると、非対称透過 (Asymmetric transmission) [4]の観測や、円偏光放射現象などの現象への展開が期待できる。

[1] L. Feng *et al.* Nat. Photon. **11**, 752 (2017). [2] M. Lawrence *et al.* PRL **113**, 093901 (2014).

[3] P. Němec *et al.* J. App. Phys. **109**, 073520 (2011). [4] V. A. Fedotov *et al.* PRL, **97**, 167401 (2006).

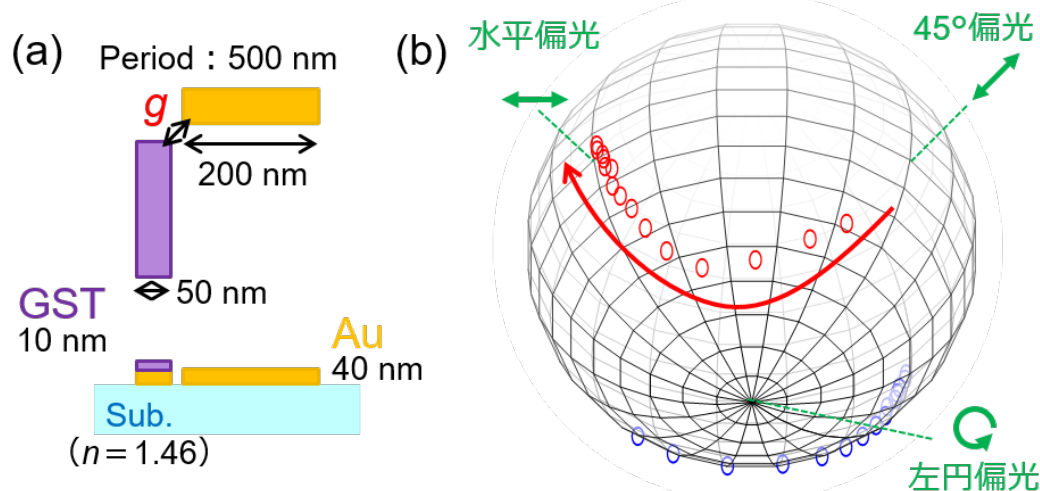


Fig.1 (a) Coupled plasmonic resonators with loss biased PT symmetry. One metal bar is covered with GST to introduce additional loss. (b) Evolution of polarization eigenstate mapped on Poincaré sphere.