

プラズマを透明化する  
-電磁誘導媒質透明化-

Electromagnetically induced transparency in magnetized plasma

河森 栄一郎

Eiichirou Kawamori

Institute of Space, Astrophysical and Plasma Sciences,  
National Cheng Kung University, Taiwan

本来電磁波に対して不透明な状態にあるプラズマを、制御波(ポンプ波)により透明化する物理/技術である EIT(電磁誘導媒質透明化)について紹介する。実験及び数値シミュレーションによる磁化プラズマ EIT の実証及びイオン加速、プラズマ加熱制御、自由電子レーザー等への応用に対する潜在能力について発表する。

EIT は元々、冷たい原子系において提唱・実証された量子物理現象である[1]。プローブ光に対して不透明である(光を共鳴吸収する)原子媒質が、周波数マッチングされた別の光(ポンプ光)が入射されると、透明になる(プローブ光に共鳴しなくなる)現象である。これは、原子系の固有量子状態間の破壊的干渉(ダイポール遷移の相殺)により引き起こされるものであり、飽和やホールバーニング現象ではない。媒質の電気感受率の周波数応答が劇的に変化しており、透明化だけでなくプローブ光の群速度の変化も生じる。つまり、ポンプ光により群速度が広範囲に制御できる。実際に EIT を用いて、真空中の光速に比べて7桁遅い光パルスの伝播が実現されており[2]、量子メモリー等への応用が考えられている。

非磁化プラズマを媒質とした、EIT の古典的アナロジーは、Harris によって提唱された[3]。磁化プラズマに対する EIT は、Litvak 等[4]及び Shvets 等[5]により別々に提唱され、実験的にも確認されている[6]。

図 1 は、冷たいプラズマおよび EIT 状態における電子サイクロトロン波の分散関係[5]である。冷たいプラズマでは、磁力線に平行に伝播する右回り円偏波モード(R-mode)は、電子サイクロトロン周波数

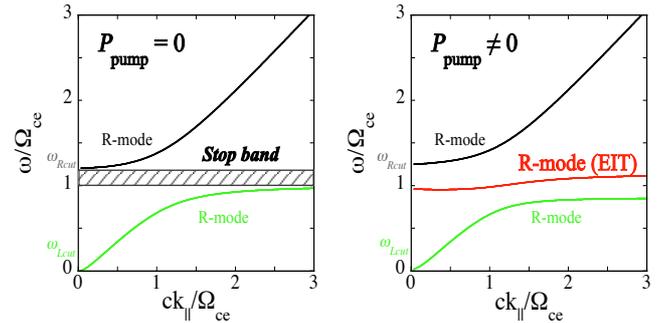


Fig. 1 磁力線に平行に伝播する右回り円偏波の電磁波(R-mode)の分散関係(左:通常の冷たいプラズマの場合、右:ポンプ波が入射された場合)。

$\omega/\Omega_{ce} = 1$  に共鳴(ECR)があり、 $\omega = \Omega_{ce}$  から右回り遮断周波数  $\omega = \omega_{\text{RH}}$  の周波数帯では、伝播できない(左図、 $P_{\text{pump}} = 0$ )。ところが、適切に周波数マッチングされたポンプ波を入射すると(右図、 $P_{\text{pump}} \neq 0$ )、ECR は消失し、赤実線で示されるように、新しいブランチが現れる。これが磁化プラズマにおける EIT の一例であり、この場合、R-mode 電場により誘起される右回り電流がプローブ波とポンプ波のモード間結合により相殺されることにより、共鳴現象が消失している。

プラズマ EIT においても透明化と共に、プローブ波の群速度制御が可能であるため、様々な応用の可能性が考えられる。

1. K. J. Boller, A. Imamoglu, and S. E. Harris, Phys. Rev. Lett. **66**, 2593 (1991).
2. L. V. Hau, S. E. Harris, Z. Dutton, C. H. Behroozi, Nature **397**, 594 (1999).
3. S. E. Harris, Phys. Rev. Lett. **77**, 5357 (1996).
4. A. G. Litvak and M. D. Tokman, Phys. Rev. Lett. **88**, 095003 (2002).
5. G. Shvets, J. S. Wurtele, Phys. Rev. Lett. **89**, 115003, (2002).
6. E. Kawamori, W. J. Syugu, T. Y. Hsieh, S.X. Song, C. Z. Cheng, Phys. Rev. Lett. **108**, 075003 (2012).