

光励起系における励起子ガスと電子正孔プラズマのクロスオーバー

望月 敏光 (東大物性研)

本研究では、分子線エピタキシーで作製される半導体量子井戸及びT型量子細線試料の高品質化と、Hakki-Paoli-Cassidyの方法による利得吸収スペクトル測定技術の向上を進め、光励起された電子正孔系における利得吸収スペクトルの励起強度依存性の高精度な測定と、多体相関効果を考慮した理論計算と測定結果の比較及び次元性の影響の評価を行っている。

図は単一ノンドープT型量子細線の発光スペクトルのキャリア密度(光励起強度)依存性と多体効果を考慮した計算結果を表す[1]。励起子分子のピークの発光強度がキャリア密度 $n_{1D} \sim 10^5 \text{ cm}^{-1}$ で励起子ピークを上回り、ブロードニングしながら電子正孔プラズマピークへとクロスオーバーする。励起子ガスから電子正孔プラズマへの移り変わりは、これまでは励起子 Mott 転移として解釈されてきた。図中の実線で示す SHF 近似のように自由粒子近似から出発し多体相関を取り込むと、 n_{1D} が増えるとバンドギャップが縮小して連続状態端が励起子束縛準位に近づく[2]。図中の2実線の交点が示すように、ある n_{1D} で束縛準位が消失し電子正孔プラズマへ移り変わる。これを励起子 Mott 転移と呼ぶ。しかし実験結果では励起子基底状態、励起子分子状態、励起子励起状態及び連続状態端のどの発光ピークも n_{1D} が変化してもシフトしないことから、励起子 Mott 転移描像に疑問を持っている。一方図中に破線で示した、励起子相関を取り入れた effective Wannier 方程式の自己無撞着解[3]は低密度領域で実験結果と良く一致するが、中間領域以上を良く近似しない。中間領域で良く成り立つ近似理論は今の所ないため、弱励起領域や中間領域でT型量子細線と量子井戸試料で高精度の利得吸収スペクトル測定を進め、系の次元性を問わず中間領域を扱う新しい理論が必要であること示す。更にはそうした理論を作り上げるための端緒となる結果を得ていく。

参考文献

- [1] M. Yoshita, Y. Hayamizu, H. Akiyama, L. N. Pfeiffer, K. W. West, Phys. Rev. B 74, 165332 (2006)
 [2] D. W. Wang et al, Phys. Rev. B 64, 195313 (2001) [3] T. Hanamiya et al, Physica E 40, 1401 (2008)

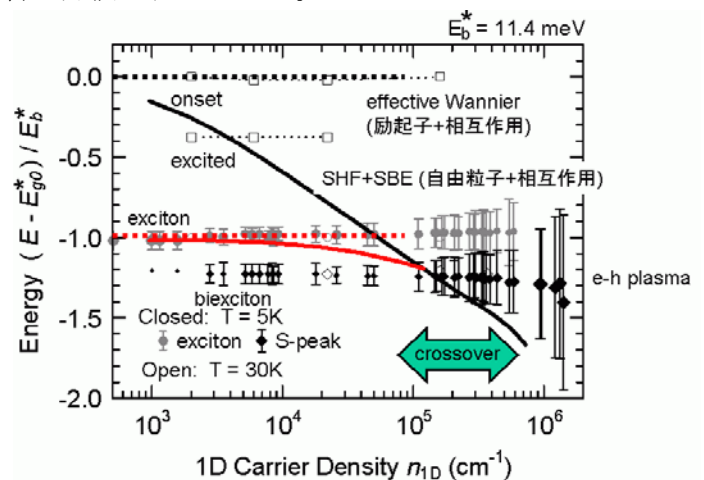


図 単一 T 型量子細線の発光スペクトルで得られる各準位位置の光励起強度依存性と多体相関を考慮した計算結果。励起子ピークは灰色、励起子分子ピークと電子正孔プラズマピークは黒色のシンボルにあたる。エラーバーはピークの半値幅を表し、積分強度がシンボルの大きさに反映されている。励起子励起状態(excited)及び連続状態端(onset)は白抜きで表されている。