

密度不均衡のある電子正孔における量子凝縮

山下 和男 (阪大理)

電子正孔対 (あるいは励起子) の量子凝縮は、光によって強く励起された半導体や半金属の系を舞台にして、1960年代より実験、理論の両面に渡って盛んに研究されてきた。今日、その実現に向けて特に有望とされているのが『結合量子井戸』を用いたアプローチである。Butovらはこの系を用いて励起子のボーズ凝縮を示唆する実験結果を得た^[1]。また、最近ではゲート電極と量子井戸間の電位差を操作することによって、電子と正孔の密度を比較的自由にしかも「独立に」変えることができるようになった^[2]。この系を用いた極低温での実験が現在複数のグループで行われており、新しい実験結果が次々に発表されている^[3]。

密度不均衡がある系における量子凝縮は、重い電子系や有機物における超伝導体に留まらず、これまでに高エネルギー物理学におけるカラー超伝導や、冷却フェルミ原子気体の超流動などにおいて数多くの研究の蓄積があり、Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov(FFLO)やSarmaと呼ばれる新しい風変わりな超流動相の出現が期待されている。しかし、電子正孔系ではこれまで電子正孔密度が異なる場合についての理論的研究は、ほとんど行われてこなかった。

そこで我々は、平均場近似を用いて絶対零度における密度不均衡のある電子正孔系の相図を計算した。過去の研究^[4]において考慮されていなかった、FFLO相における秩序パラメータの波数依存性を取り入れることにより、電子正孔系ではFFLO相が非常に安定化されることを明らかにした。FFLO相はこれによって高密度領域の広い範囲で実現されることを示した。

本研究は浅野建一氏 (大阪大学理学研究科) および大橋琢磨氏 (大阪大学理学研究科) との共同研究です。

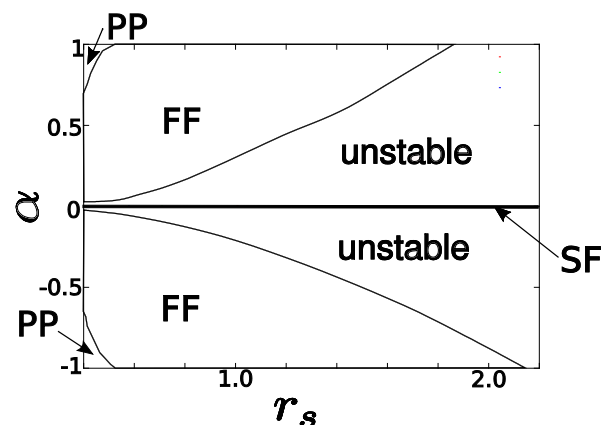


図2 r_s と分極についての相図

- [1] L. V. Butov, A. C. Gossard, and D. S. Chemla: Nature 418 (2002) 751.
- [2] J. A. Seamons, D. R. Tibbetts, J. L. Reno, and M. P. Lilly: Appl. Phys. Lett. 90 (2007) 052103.
- [3] A. F. Croxall et al.: Phys. Rev. Lett. 101 (2008) 246801.; J. A. Seamons et al.: Phys. Rev. Lett. 102 (2009) 026804.; C. P. Morath et al.: Phys. Rev. B 79 (2009) 041305(R).; A. F. Croxall et al.: arXiv: 0812.3319.
- [4] P. Pieri, D. Neilson, and G. C. Strinati: Phys. Rev. B 75 (2007) 113301.