

励起子ポラリトンの超流動

宇都宮聖子¹, 楠戸健一郎¹, Michael Fraser¹, Na Young Kim², 山本喜久^{1,2}

¹ 国立情報学研究所; ² スタンフォード大学ギンズトン研究所

E-mail address: shoko@nii.ac.jp

[キーワード] 励起子ポラリトン・ボーズアインシュタイン凝縮・超流動

量子井戸にトラップされた励起子とプレーナマイクロ共振器に閉じ込められた光子が強結合を起こして生成される励起子ポラリトンは、その質量がアルカリ原子に比べて約 10 桁、励起子に比べて約 4 桁も軽いため、極めて高温・低密度で量子凝縮に伴う超流動を実現できる。また、励起子ポラリトンは、数ピコ秒から数十ピコ秒という短い寿命で消滅するため、超流動液体ヘリウムやアルカリ原子ボーズアインシュタイン凝縮体 (BEC) が熱平衡下の超流動相を示すのに対し、非平衡開放系での超流動を発現する。同じ非平衡系でありながら巨視的コヒーレンスを実現しているレーザー相転移のしきい値はバンド間に反転分布が形成される条件で決められるのに対し、ポラリトン凝縮の閾値は位相空間密度が 1 を超える量子縮退の条件により決められる。本講演の前半では励起子ポラリトンの性質をレーザー相転移と 3 次元 BEC などと比較しながら紹介する。

3次元系に存在する BEC では、1 次の空間コヒーレンス関数は一定値に収束することがわかっているが (長距離相関)、2次元系で存在すると予想されている Berezinskii-Kosterlitz-Thouless (BKT) 相転移では 1 次の空間コヒーレンス関数はべき乗 (power law) で減衰することが予測されている。最近これに関する実験的証拠が確認されたが、非平衡系特有の現象も同時に発見されている。凝縮相が形成されたことの重要な証拠のひとつは、励起スペクトルが集団励起型の音波的なボゴリューボフ分散を示すことであるが、励起子ポラリトンの系においてもボゴリューボフ励起スペクトラムが観測されており、理論との定量的な対応が得られている。その結果によれば、ポラリトンの凝縮相は量子空乏ではなく熱的空乏で支配されていることがわかっている。2次元系超流動現象の発現のカギを握るとされている、量子渦と反量子渦の束縛対の存在も観測されている。また、2次元平面内での空間ポテンシャルを金属膜で変調することが可能であり、0次元・1次元・2次元格子構造中での様々な超流動相も調べられている。後半では、動的凝縮と超流動に関する最近の研究結果をレビューする。

[1] H. Deng, H. Haug, and Y. Yamamoto, “Exciton-polariton Bose-einstein condensation”, *Rev. Mod. Phys.* 82, 1489-1537 (May 2010).

[2] 山本喜久・宇都宮聖子 励起子ポラリトンの超流動 固体物理 **46**, 549 (2011).