レーザを目で見える量子流体に変換する半導体チップ

英ケンブリッジ大学の研究チームは活動中の量子力学を裸眼で見ることができる。彼らは、レーザ光を微小共振器内の電子の近傍に強固に閉じ込め、半導体励起子と微小共振器光子を混合させ、量子状態の直接可視化を可能にするポラリトンを生成する半導体チップを開発した[1]。

超流動

この1×10cmチップは5λ/2周期のヒ化ガリウムアルミニウム（AlGaAs）分布ブラッグ反射器（DBR）微小共振器から成り、DBR共振器電場のアンチノードには4組の3重量子井戸が配置されている。共振器のQ値は8000以上であり、2台のポンプレーザによる照明は、加熱を避けるために100Hzでチョップされてから、開口数0.7のレンズを通して直接チップに入力された。チップは50K以下の低温に保たれ、画像は非冷却シリコンCCD上の拡大像面に記録された。

半導体チップに、直径1μmの750nmポンプレーザ光スポットを2つ以上あてると、二次元ポラリトン凝縮体が自発的に振動する量子流体を形成し、活動する量子力学が可視化された。この効果は、一定の閾値以上でボース凝縮したポラリトンが外向きの力を感じ、もう1つのポンプスポットで照明された反対の凝縮体と相互作用する膨張ポラリトン凝縮体を形成することで可能になる。

裸眼での可視性

2つのポラリトン（準粒子）凝縮体が相互作用するとき、その干渉効果はチップ上に配置された2台以上のポンプ光源の励起強度と光源間の距離に依存して変化する。ポンプスポットを結ぶ線上で、ポンプスポット間の間隔を変えると、ポラリトンは調和振動子の異なる状態を占有する単一の調和振動子内にトラップされたかのように、それらに再配布を起こさせるポテンシャルを経験する（**図1**）。

コヒーレントポラリトンの前後のスロッシングが、チューナブルテラヘルツ周波数において遅延干渉測定された超流動量子状態画像を組み合わせることによって可視化された。

ケンブリッジ大学の博士研究員、ガブリエル・クライストマン氏は、「この量子流体の動作の制御とその特性としての量子もつれのより深い理解が、重力、磁界を計測し、量子回路を作製するための新しい世代の超高感度ジャイロスコープへの道を開くであろう」と語っている。さらに「人の毛髪ほどの巨視的なサイズで、量子力学が眼前に見えるとは、なんと素晴らしいことか」とも述べている。　（Gail Overton）

参考文献
(1) G. Tosi et al., Nature Phys. online（Jan. 10, 2012）; doi:10.1038/nphys2182.

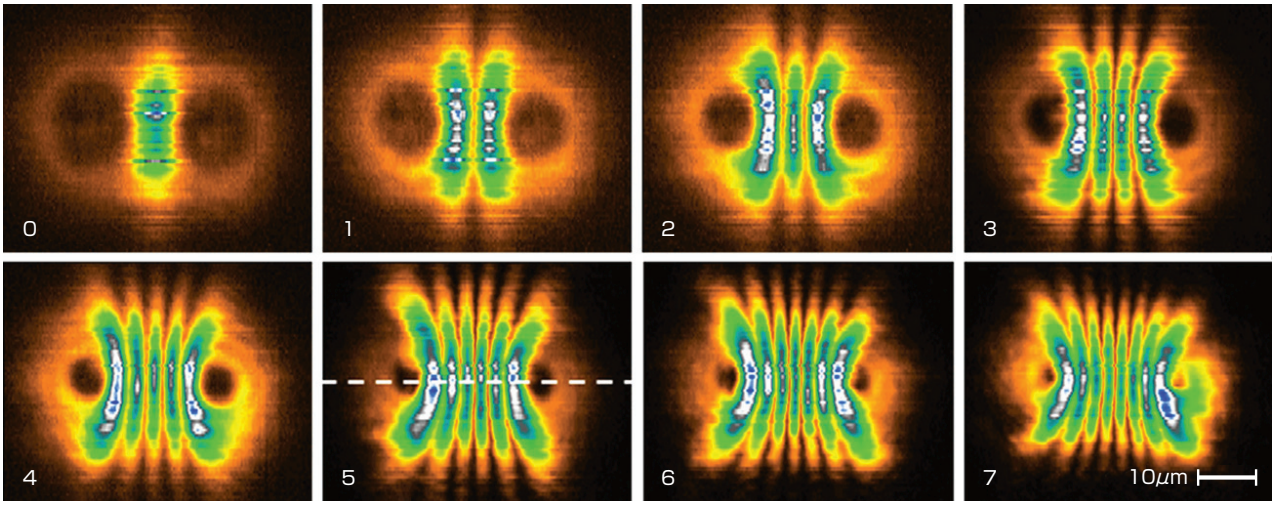

図1　半導体微小共振器への2つのポンプレーザビームの入射によって誘起された干渉ポラリトン凝縮体は、ポンプスポット間の間隔を変えると、レーザ光の振動する量子状態を作り出す。各画像はさまざまな量子状態をそのまま示している。

LFWJ