

S20220630_01_EPFL

シングルフォトンエミッタ、量子技術に一步近づく

量子技術に近づくためにわれわれは、一度にシングルフォトン(単一光子)を放出し、オンデマンドでそれができる非古典的な光源を開発する必要がある。スイス連邦工科大学(EPFL)の研究者は、このような「シングルフォトンエミッタ」の1つを設計した。これは室温で動作し、コスト効果の優れたシリコン基板上に成長された量子ドットをベースにしている。

オンデマンドで、正確に、一度に1つのフォトンを放出できる非古典的な光源の開発は、量子技術の主要な要件の1つである。しかし、そのような「シングルフォトンエミッタ」(SPE)の初の実証は1970年代に遡るが、その低い信頼性と効率、有意義な実用性を阻んでいた。

白熱電球やLEDsのような従来の光源は、一度にたくさんのフォトン放出する。言い換えると、一度に単一光子を放出する確率は、極めて低い。レーザー光源は、シングルフォトン絶え間なく放出できるが、オンデマンドではない。つまり、われわれが欲しいときにフォトンがないことがよくある。

したがってSPEsの主要な利点は、次の2つ。シングルフォトン放出すること、オンデマンドでできること。つまり、もっと技術的な表現では、単一光子純度(ピュリティ)である。超高速時間フレームで、それを維持できることである。したがって、SPEとしての光源品質では、シングルフォトンピュリティが50%以上。もちろん100%に近ければ近いほど、われわれはますます理想的な光源に近くなる。

Nicolas GrandjeanをリーダーとするEPFLの研究者は、コスト効果の優れたシリコン基板上に成長させたワイドバンドギャップ半導体量子ドットベースの「ブライツ&ピュア」なSPEsを開発した。

その量子ドットは、窒化ガリウムと窒化アルミニウム(GaN/AlN)でできており、特徴は極低温でシングルフォトンピュリティ95%、より高い温度でも優れた回復力を維持し、室温でピュリティは83%である。

そのSPEは、フォトン放出率、最大1MHzを示しており、50%を超えるシン

グルフォトン純度を維持している。「室温でそのような輝度が可能である。これは **GaN/AIN** 量子ドット固有の特性だからである。これは、限られたスペクトルオーバーラップによるシングルフォトン純度を保持する。これは、競合する隣接電子励起との限られたスペクトルオーバーラップによるものである」と、これら量子システムを研究した Ph.D 学生 **Stachurski** は説明している。

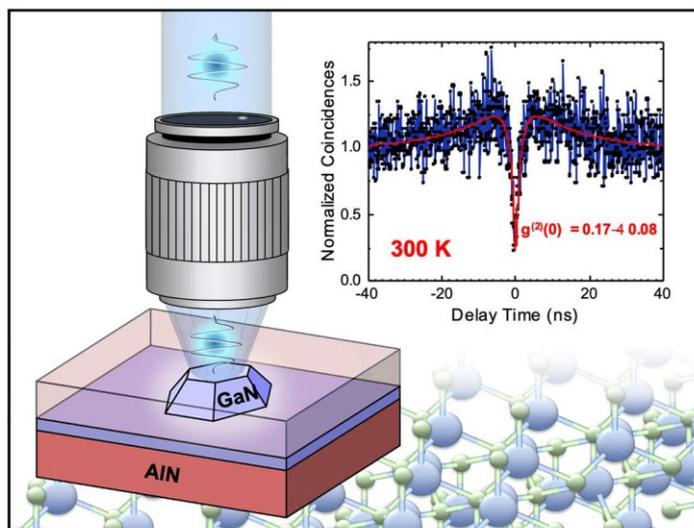


図 1 自己組織化 GaN/AIN 量子ドットによる単一光子放出。Credit: J. Stachurski (EPFL)

「GaN/AIN 量子ドットの非常に魅力的な特徴は、それらが III-窒化半導体ファミリーに属することである。つまり、固体照明革命(青および白色 LEDs)の背後であり、その重要性は、2014年ノーベル物理学賞で認められた」。「現在、それは消費市場では、マイクロエレクトロニクス産業を支配するシリコンに次ぐ第 2 の半導体ファミリーにある。したがって、III-窒化は、固体および成熟した技術的プラットフォームの恩恵を受ける。つまり、量子アプリケーション開発で高い潜在的な関心の的になっている」と研究チームは説明している。

このプラットフォームが 1 光子を放出し、レーザパルスでただ 1 つを放出するならば、重要な未来のステップが見えている。これは、その効率を決める必須の前提条件である。

「われわれの電子励起は、室温寿命を 1 秒の 20 から 30 億分の 1 を示している、数 10MHz のシングルフォトンレートが手の届くところにある。シングルフォトン純度を著しく改善することが知られている共鳴レーザー励起と組み合わせると、われわれの量子ドットプラットフォームは、真の SPE ベースで室温量子カギ配送の実行で関心もたれている。これは、減衰レーザー光源で動作する現在の商用システムに対抗するものである」と研究者は説明している。