

# LEDから自在にもつれ光子を生成

## LED entangles light at the flick of a switch

JON CARTWRIGHT 2010年6月2日 オンライン掲載  
www.nature.com/news/2010/100602/full/news.2010.275.html

高い信頼性で量子ビットを生成することにより、  
高速コンピューターの実現が容易になるかもしれない。

このほど、英国の物理学者らにより、実用的な量子コンピューティングへ向けて重要な一歩が刻まれた。電流を流すともつれ光子を放出する光源が作製されたのである。

量子コンピューターは、量子物理に特有の不確定性を利用して、現行のコンピューターよりはるかに速く計算を行う。従来の情報「ビット」は0か1の値しかとらないのに対して、量子ビット、すなわち「キュービット」は、あいまいな両者の重ね合わせの状態をとる。理論的には、このあいまいさによって、あらゆる数のキュービットをまとめて、すなわち「もつれさせて」、並列処理することが可能になるため、膨大な数の計算が瞬時にできるというわけだ。

しかしながら、もつれている粒子を高効率で発生させることは難しく、実用的な量子コンピューティングの障害の1つとなっていた。一般的にキュービットは光子で構成されているが、物理学者らはこれまで、ある種の結晶に1個の光

子を通させることによって「もつれ光子対」を実現してきた。結晶を通すと、1個の光子は1対のもつれ光子に分裂し、分裂した光子は分裂前の光子がもっていたエネルギーの半分をもつようになる。しかし、この過程は非常に散発的なために、実際には発生効率が低い。

今回、東芝欧州研究所(英国ケンブリッジ)と英国ケンブリッジ大学のMark Stevensonらの研究チームは、この問題を解決する方法を考案した。レーザー光励起でしかもつれ光子を発生させることができなかった量子ドットという半導体と、電流の流れに応じて光子を発生する発光ダイオード(LED)とを組み合わせたのである。結果として、対になったもつれ光子を意のままに発生させるLEDが得られた<sup>1</sup>。

このLEDでは、直径2マイクロメートルのインジウムヒ素量子ドットが360×360マイクロメートルのガリウムヒ素表面上に配置されている。LEDに電流を流すと、量子ドットが組み込まれてい

るレーザー活性層中で2個の電子が正電荷をもつ2個の「正孔(ホール)」に飛び込み、エネルギーの放出として光子対が発生する。特に重要なのは、この発生過程の性質上、一方の発生光子の偏光状態がもう一方の偏光状態によって決まる、つまりその光子対がもつれている状態にあることである。

### 高い忠実度

「この研究は、比較的単純な技術を利用して、関連分野への応用に十分な忠実度をもつもつれ光子対が得られることを実証しています」と、ライプニッツ固体・材料研究所(ドイツ・ドレスデン)で量子ドットを研究しているArmando Rastelliは語る。「今回の結果は、レーザー励起と電流注入によってなされた過去の研究と比較すると、それほど意外なものではありません。しかしこれまで、実験的に実証できていなかったのです」。

一方でRastelliは、今回のデバイスの欠点を2つ指摘している。まず、量子ドット作製過程で得られる量子ドットのうち、もつれ光子の発生に成功するのは、現在、100個中1個程度しかないのだ。また、量子ドットを利用した多くのデバイスと同様に、今回のデバイスも、液体ヘリウム温度(約5ケルビン)に冷却しないと動作しない。

Stevensonは、使用半導体の種類や層の厚さを調整すれば、デバイスの動作温度を高くすることができると考えている。しかし、Stevensonらの当面の第一目標は、デバイスの忠実度を82パーセントから、完全な信頼性を表す100パーセントに向上させることである。

量子ドットの光学特性の専門家であるEli Kapon(スイス連邦工科大学ローザンヌ校)は、「この成果は、いくつかの量子情報処理応用向けに、重要、いや不可欠なものになるかもしれません」と語っている。

(翻訳：藤野正美、編集：編集部)



量子ドットとLEDを組み合わせることによって、オンデマンドでもつれ光子を生成できる。

1. Salter, C. L. et al. *Nature* **465**, 594-597 (2010).