

半導体量子ドットによる単一光子および量子もつれ光源

Quantum-dot-based single and entangled photon sources

北大電子研 ○熊野英和, 中島秀朗, 末宗幾夫

RIES, Hokkaido Univ. ○H. Kumano, H. Nakajima, and I. Suemune

E-mail: kumano@es.hokudai.ac.jp

真空管がトランジスタに、また白熱電球が LED に移行したように、量子情報技術関連分野のキーデバイスである光量子を生成する量子光源についても、固体光源の実現が期待されている。量子ドット構造を用いた固体量子光源の研究は、1982 年、荒川・榊により半導体中の電子を 3 次元的に閉じこめる量子ドット概念[1]が提示されたのを端緒として、Stranski-Krastanow 成長による量子ドット構造の形成[2]、離散的状態密度の観測[3]、単一の量子ドット構造による分光測定成功[4]、単一量子ドットによる単一光子発生の実現[5]等の節目となる成果を経て、今日に至ってもなお著しい進展を見せている。半導体ナノ構造をベースとした光源では、光子波長の設計自由度、他自由度との高い相互変換性、成熟した微細加工技術・集積可能性、光退色や明滅が起こりにくく長期安定性を持つ等、応用上多くの魅力的な性質を持つが、とりわけ重要な点は、量子ドット内ではエネルギー準位が天然の原子と同じように完全離散化するために、パウリ排他律により、伝送距離を制限したり[6]、ビットエラー[7]の原因となる多光子（対）生成が理想的には生じない点であろう。

著者らは、2004 年より半導体量子ドットによる固体量子光源の研究に取り組み、これまで主として量子ドット光源による単一光子発生[8]とその高輝度化、光子の単一性の純化、荷電状態制御、更により広範な応用へ道を拓く量子相関光子対の発生に関連して、励起子分子の時系列発光過程に基づくもつれ合い光子対発生、およびベルの不等式を破る非局所相関を持った光子対発生[9]と、その物性との関連[10]についての研究を進めてきた。本講演では、量子情報技術関連分野への応用を目指した半導体ナノ構造光源の最近の研究開発動向について、筆者らによる研究成果の紹介も交えながら概観する。

【謝辞】本講演の一部は、物質・材料研究機構(NIMS)の黒田隆、間野高明、劉祥明各研究員との共同研究の成果に基づくものです。ここに記して感謝申し上げます。

[1] Y. Arakawa and H. Sakaki, APL **40**, 939 (1982).

[2] R. Goldstein et al., APL **47**, 1099 (1985).

[3] M. A. Reed et al., PRL **60**, 535 (1988).

[4] J.-Y. Marzin et al., PRL **73**, 716 (1994).

[5] P. Michler et al., Science **290**, 2282 (2000).

[6] E. Waks et al., PRA **66**, 042315 (2002).

[7] E. Waks et al., PRA **65**, 052310 (2002).

[8] H. Kumano et al., J. Nanoelectron. Optoelectron. **1**, 39-51 (2006).

[9] T. Kuroda et al., PRB **88**, 041306(R) (2013).

[10] H. Kumano et al., arXiv:1406.6843 [quant-ph].