

量子ドット研究の展望 ～提案から 30 年を経て～

Prospects of quantum dot research: After 30 years from the proposal

東大ナノ量子機構¹, 東大生研² ○荒川 泰彦^{1,2}NanoQuine1 and IIS², The Univ. of Tokyo Univ.

E-mail: arakawa@iis.u-tokyo.ac.jp

1982 年に提案された半導体量子ドット[1]は, Stranski-Krastanow(S-K)成長モードによる自己形成法などナノ技術の進化により, 将来のエレクトロニクスやフォトニクスを支える基本構造の一つとして期待されるまでに発展した. 30 年を経た現時点において, 寸法の揺らぎや位置の制御など, まだ多くの解決すべき課題をかかえているものの, 量子ドットレーザーや光検出器あるいは単電子トランジスタなど情報・通信素子展開への第一歩は, 大きく踏み出されたといえる. 特に, 量子ドットレーザーは, (株)QD レーザにより通信市場に既に 100 万台が出荷されており, 電子のエネルギーの完全離散性を利用した初めての実用量子力学デバイスと位置付けることができる. さらに, 量子ドットレーザーは, 温度安定性・高温動作という既存の半導体レーザーには無い特徴を有しているため, 発熱の問題が大きいシリコン LSI におけるチップ間光結合システムの光源として, 今後コンピューター技術にも大きく貢献すると期待されている.

量子ドットは, 電子, 光子, スピン, フォノンの制御に適した構造であるため, 半導体物理の新現象の発現の宝庫となるとともに, 量子情報素子等への応用が期待されている. また, 量子ドットとフォトリック結晶ナノ共振器の精緻な結合系の実現により, 固体系の共振器量子電磁力学の舞台を提供し, 量子光学の分野の発展にも大きく貢献している. さらに, 最近では, 量子ドットのエネルギー変換素子への応用も活発に研究が進められている. しかし, 量子ドット太陽電池のためのナノ技術は, じつは量子ドットレーザーのためのそれと比べて遥かに要求水準が高く, 今後, 新材料の探索, 新原理の実証等を踏まえた上で確立をはかる必要がある. 課題は山積みであり, 国家的な長期的取り組みの枠の中での研究開発の推進が強く望まれるところである.

本講演では, 量子ドット研究の歴史的発展を述べるとともに, 量子ドットによってもたらされる新物性や素子応用について, その現状と展望を論じる. 量子ドットが今後も半導体科学の源泉の一つであり続けるとともに, 新たなイノベーションを創出することを期待する.

文献

- (1) Y. Arakawa and H. Sakaki: Appl. Phys. Lett., 40, 939 (1982)



図1 量子ドット科学技術によるイノベーション創出