

論文の内容の要旨

論文題目 STMを利用したナノ領域のルミネッセンス分光技術に関する研究

氏名 渡辺 健太郎

Si系光電子集積回路はSi基板の上にSi電子素子や受光素子、発光素子、光導波路などを組み込んだものであり、金属配線同士の電氣的干渉による信号伝達の遅延、金属配線の高抵抗化による回路の消費電力の増大や発熱など、Si集積回路の高密度化によって生じる様々な問題を抑制できると期待されている。発光素子の構造は、化合物半導体もしくはSi, GeなどのIV族系半導体のナノ構造をSi基板の上に形成したものであるが、発光素子の電気-光信号変換効率が低いため、本変換効率の向上に向けた研究開発が必要とされている。

本研究では、発光素子開発を発光素子材料探索段階と発光素子の発光特性評価段階に分けて考え、超高真空STM装置をベースに各段階に必要な局所発光分光評価手法であるSTM-カソードルミネッセンス(CL)分光法とSTM-エレクトロルミネッセンス(EL)分光法の開発を行った。STM-CL分光法は、STM探針を低速電子線源として試料の表面ナノ領域を励起しCLを集光して、発光材料の局所発光効率評価を可能にする手法である。一方、STM-EL分光法は、通電状態の素子の発光(EL)を導電性光ファイバースコープで局所集光評価し、発光素子の電気-光信号変換効率の局所評価を可能にする手法である。

本研究では、以下の成果が得られた。

- (1) 変調STM-CL分光装置、導電性光ファイバースコープ集光系、およびSTM-EL分光装置の開発を行った。
- (2) p-GaAs/p-AlGaAs多層構造試料のSTM-CL分光評価では、空間分解能が電子ビーム径で決まることを明らかにした。また、Cr膜(~10nm)を蒸着した導電性光ファイバースコープを用いたp-AlGaAs/i-GaAs/n-AlGaAs多層構造試料のSTM-EL分光評価では、空間分解能が光ファイバースコープの伝搬光集光領域で決まることを明らかにした。
- (3) STM-CL分光法の集光効率はレンズ集光から導電性光ファイバースコープ集光にすることによって大幅に改善されることを明らかにした。
- (4) STM-EL分光法においてナノ領域の測定を可能とするために、導電性光ファイバースコープにAu遮光膜を蒸着後、集束イオンビームを照射して開口径100nm程度の微小光開口を作製する方法を開発した。