

窒化物半導体材料評価のための顕微変調分光システムの開発

Development of micro-modulation spectroscopy system for the characterization of nitride semiconductors

プロジェクト代表者: 矢口裕之 (理工学研究科・助教授)

Hiroyuki Yaguchi (Graduate School of Science and Engineering, Associate Professor)

1 本研究の背景と目的

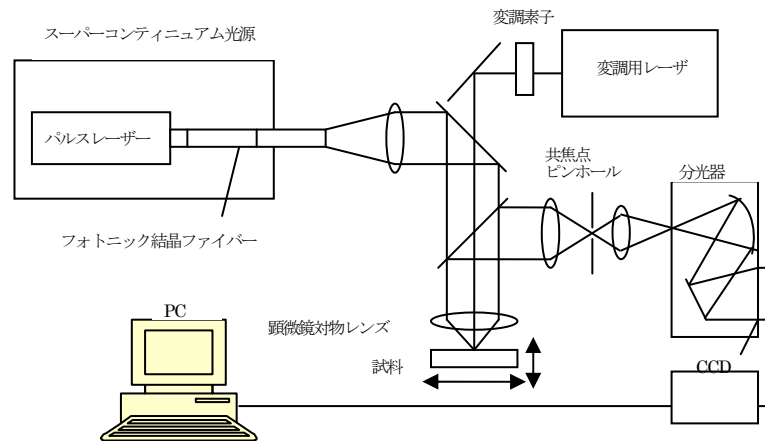
現在の高度情報通信社会をさらに発展させるためには、半導体をベースとした電子デバイスや光デバイスの高性能化が極めて重要となる。電子デバイスの高性能化は、基本的にはそのサイズを小さくすることによって進められているが、結果として、電子デバイス中の電界強度が大きくなっていくために、動作の信頼性を評価する上で、デバイス内の局所的な電界集中に関する情報を得ることが不可欠となっていく。また、光デバイス、とくに光通信や光記録においてキーデバイスとなる半導体レーザの高性能化においては、例えば、光ファイバー通信網が各家庭にまで拡大延長していく際には、より厳しい温度環境においても安定動作することや、光記録の高密度化のためには、短波長コヒーレント光を出力可能であることが要求される。これらの要請に答える発光素子材料の有望な候補として、光通信用にはInGaAsN混晶等の半導体材料が、高密度光記録用にはAlInGaAsN混晶等の半導体材料が考えられ、盛んに研究開発が進められている。

これらの材料はどちらも窒素原子を含む窒化物半導体混晶である。半導体混晶には必然的に混晶組成の揺らぎが存在する。AlGaAs混晶などの従来型の半導体混晶ではその影響が小さいこともあり、あまり問題にされることなかった。これに対して窒化物半導体混晶における組成揺らぎは、とくに電子の局在性に関係し、光学利得の減少をもたらすなどの悪影響を及ぼす反面、発光効率を低下させる原因となるような欠陥との空間的な分離をもたらすなどの利点もあると考えられている。また、現状では、窒化物半導体混晶には多くの欠陥が存在し、デバイス応用上の障害となっている。そのため、光デバイスの高性能化を目指す上では局所的な組成揺らぎや欠陥、歪みの分布などを評価することが重要となっていく。

このような半導体デバイスの局所的な評価法が望まれる状況に対して、新たな評価法として、顕微変調分光システムの開発し、この方法を用いて、電子デバイス構造における電界強度分布を局所的に求め、半導体混晶とくに窒化物半導体混晶における組成揺らぎや欠陥分布を評価することによって、デバイスの高性能化や信頼性向上へ寄与することが本研究の最終的な目標である。そこで、本研究では、顕微変調分光システムを開発するための準備段階として、必要不可欠となるいくつかの要素技術について検討を行うことを目的とした。また、研究の対象となる窒化物半導体材料の作製および評価を行なった。

2 本研究の経過

本研究で開発を目指している顕微変調分光システムの模式図を次ページに示す。今年度はGaAs/AlGaAs量子井戸等の標準的な試料を対象に研究を行いながら、顕微分光のための光学系の詳細な設計や測定・データ処理システムのプログラミングを進めた。また、これから研究の対象とする窒化物半導体の作製を分子線エピタキシー成長等によって行い、評価を行なった。



3 本研究に関する成果

本研究の経過で述べた通り、研究成果としては、本研究で今後、対象とする窒化物半導体の作製およびその評価が主な内容であり、以下のような論文発表を行なった。

1. “Photoluminescence study of isoelectronic traps in dilute GaAsN alloys”
H. Yaguchi, T. Aoki, T. Morioka, Y. Hijikata, S. Yoshida, M. Yoshita, H. Akiyama, D. Aoki, and K. Onabe
Physica Status Solidi (c) Vol. 4, No. 7, pp. 2760-2763 (2007).
2. “Structural and optical characterization of high In content cubic InGaN on GaAs(001) substrates by RF-MBE”
T. Nakamura, Y. Endo, R. Katayama, H. Yaguchi, and K. Onabe
Physica Status Solidi (c) Vol. 4, No. 7, pp. 2437-2440 (2007).
3. “RF-MBE growth of InN/InGaN quantum well structures on 3C-SiC substrates”
S. Hirano, T. Inoue, G. Shikata, M. Orihara, Y. Hijikata, H. Yaguchi, S. Yoshida
Journal of Crystal Growth Vol. 301-302, pp.513-516 (2007).
4. “RF-MBE growth of a-plane InN on r-plane sapphire with a GaN underlayer”
G. Shikata, S. Hirano, T. Inoue, M. Orihara, Y. Hijikata, H. Yaguchi, S. Yoshida
Journal of Crystal Growth Vol. 301-302, pp. 417-420 (2007).
5. “Micro-photoluminescence study of nitrogen delta-doped GaAs grown by metalorganic vapor phase epitaxy”
Y. Endo, K. Tanioka, Y. Hijikata, H. Yaguchi, S. Yoshida, M. Yoshita, H. Akiyama, W. Ono, F. Nakajima, R. Katayama, K. Onabe
Journal of Crystal Growth Vol. 298, pp. 73-75 (2007).
6. “Micro-Raman study on the improvement of luminescence efficiency of GaAsN alloys”
K. Tanioka, Y. Endo, Y. Hijikata, H. Yaguchi, S. Yoshida, M. Yoshita, H. Akiyama, K. Onabe
Journal of Crystal Growth Vol. 298, pp.131-134 (2007).
7. “RF-MBE growth of cubic InN films on MgO (001) substrates”
Y. Iwahashi, H. Yaguchi, A. Nishimoto, M. Orihara, Y. Hijikata, S. Yoshida
Physica Status Solidi (c) Vol. 3, No. 6, pp. 1515-1518 (2006).
8. “Photo-induced improvement of radiative efficiency and structural changes in GaAsN alloys”
H. Yaguchi, T. Morioka, T. Aoki, H. Shimizu, Y. Hijikata, S. Yoshida, M. Yoshita, H. Akiyama, N. Usami, D. Aoki, and K. Onabe
Physica Status Solidi (c) Vol. 3, No. 6, pp. 1907-1910 (2006).