

光ファイバー通信領域 III-N-V 半導体におけるアニール時原子再配列の XAFS 法による研究
XAFS spectroscopy study on the anneal induced atomic rearrangements in optical-fiber telecommunication region III-N-V semiconductors

石川史太郎, 東晃太朗, 青柳利隆*

Fumitaro Ishikawa, Kotaro Higashi, Toshitaka Aoyagi*

大阪大学大学院工学研究科, 三菱電機*

Graduate School of Engineering, Osaka Univ., Mitsubishi Electric*

従来に報告のない、GaInNAs 結晶における Ga-K edge 近傍の XAFS スペクトルを測定することにより、アニールが与える影響について考察することを目的として実験を行った。基板 GaAs をリフトオフした試料作製手法の確立に成功し、基板情報を含まない GaInNAs 中の Ga K edge の XAFS スペクトルの測定に成功した。濃度の低い窒素周辺の原子再配列の情報を得ることは困難であったため、今回確立した試料作成法を生かしながら、今後より高い窒素濃度を持つ試料に対して測定を行うことで、より詳細な検討が可能であることが考えられる。

キーワード： GaInNAs, アニール, 原子再配列, 光ファイバー通信

【背景と研究目的】

III-N-V 化合物半導体の持つ結晶格子定数と光物性の大きな可変性は、低価格・高性能な光ファイバー通信次世代半導体デバイスの基盤材料としての大きな可能性を内在している。熱処理（アニール）は III-N-V 化合物半導体の光学特性改善に欠かせない技術として定着しているが、未だにその結晶に与える影響については未解明の部分が多い。本研究では、従来に報告のない Ga-K edge 近傍の XAFS スペクトルを測定することにより、アニールが与える影響について考察する。また、そのための測定手法を確立する。

【実験】

従来報告のない基板 GaAs 中の Ga からの情報を含まない GaInNAs および Ga K-edge の吸収端の測定を行った。通常 GaInNAs に代表される III-N-V 半導体は GaAs ウエハ上に成長されるので、Ga 元素の XAFS 測定では、通常試料層からの情報が GaAs 基板ウエハの情報に埋もれてしまい観測できない。そこで本研究では、XAFS 用特殊試料をエピタキシャルリフトオフ手法を用いて準備した。試料作成方法を、添付の Fig.1 に示す。図中に示すように、結晶成長された薄膜を BN ウエハに載せ替える。それらのウエハは Ga 元素を含まないため、GaAs 基板の情報を含まない GaInNAs 中の Ga 近傍 XAFS スペクトルの測定が可能になる。実際に GaAs で作成した試料①の構造を Fig.2 に示す。

準備した GaAs 試料（膜厚 2000 nm /200nm）に対してそれぞれ（透過法/蛍光法）を用いて Ga-K edge 周辺の XAFS 測定を行ったところ、明瞭な吸収端近傍の吸収ピークと、高エネルギー側の EXAFS 振動を観測できた。スペクトルに対して解析を行ったところ、Ga-As ボンド長 0.246nm を得た。また、GaInNAs200nm 薄膜試料に対しても同様に蛍光法による XAFS 測定を行ったところ、GaAs 試料よりはスペクトルの精度が落ちるものの、基板情報を含まない GaInNAs Ga K edge 近傍の XAFS スペクトルの測定に成功した。（Fig. 3）

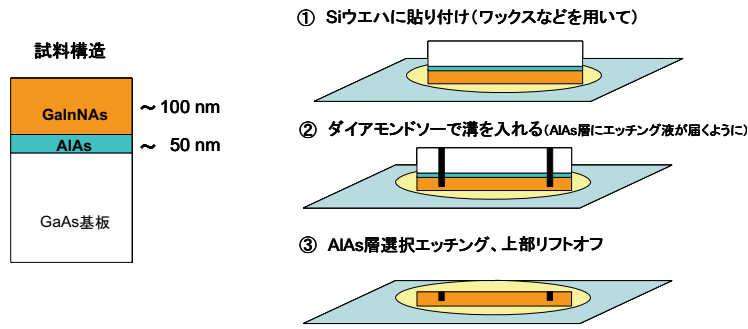


Fig. 1 GaInNAs 測定用特殊試料作成の概要: エピタキシャル・リフトオフ法

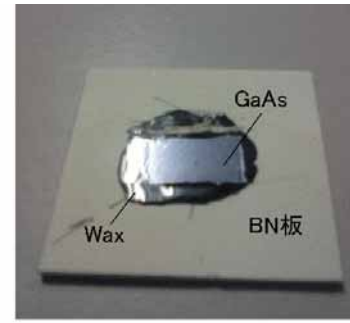


Fig. 2 実際の特種試料 (GaAs)

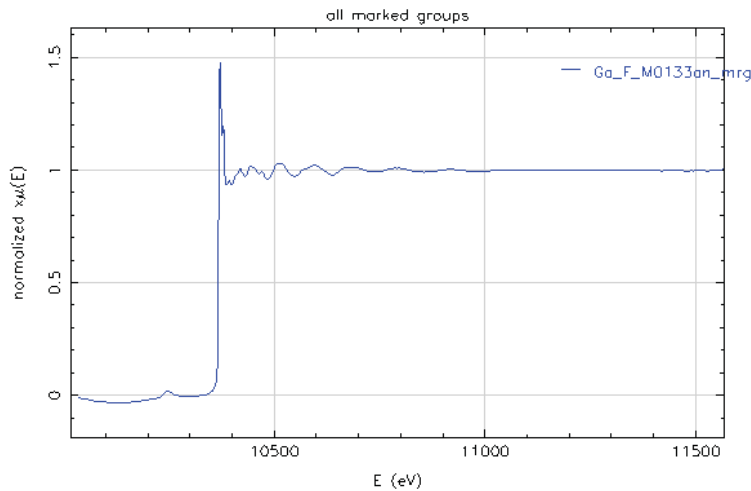


Fig. 3 作製した試料を用いて測定した GaInNAs 試料における Ga K-edge 近傍の XAFS スペクトル

【結果および考察】

準備した GaAs 試料に対して行った実験において得られた結果は、非常に正確に理論的に予測される GaAs ボンド結合長と一致しており、本研究で準備した試料が XAFS 測定試料として有効であることが確認できた。有効な膜厚や試料サイズの基板知識が得られたため、今後 GaAs 結晶基板上に成長された GaInNAs や、GaInAs の評価をさらに確かに進めていくことが期待できる。以降、今回の結果を元に有効な希釈窒化物半導体薄膜試料を準備し、それらの特性について評価を行っていく予定である。

【今後の課題】

GaInNAs Ga K edge についての XAFS スペクトルの測定に成功したが、解析が非常に困難であり、窒素の影響を同定するには至らなかった。今後、今回確立した試料作製手法を用いながら、より高濃度の窒素を含有する GaInNAs 試料を作製すると共に、より簡素化した GaInAs 試料の測定を行うことで、最終目標である N 周辺の原子再配列について詳しい検討が行えると考えられる。