

Title	Epitaxial Growth of GaAs on Si Substrate by Metalorganic Chemical Vapor Deposition
Author(s)	西村, 隆司
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37722
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	にしむらたかし 西村隆司
博士の専攻分野 の 名 称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 9 9 7 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 3 年 12 月 12 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	Epitaxial Growth of GaAs on Si Substrate by Metalorganic Chemical Vapor Deposition (有機金属化学気相成長法によるシリ コン基板上へのガリウム砒素エピタキシャル成長)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 西田 良男 (副査) 教 授 浜川 圭弘 教 授 冷水 佐壽 教 授 中島 尚男

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、GaAs デバイスの高機能化を達成するために重要であるSi 基板上への GaAs 結晶成長を取り扱っている。目的は、(1) 転位の低減と、(2) 熱ストレスに起因するクラックの抑制を実現するための方法を見つけることである。

1. 先ず、GaAs-on-Si 系に初めて $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -GaAsP系の歪超格子を導入し、その転位低減効果を系統的に調べた。次に、熱サイクルアニールを行って、同様に転位低減効果を確認した。さらに歪超格子と熱サイクルアニールの併用による転位密度の低減化を行った。その結果、従来の成長法では 10^6 cm^{-2} 程度存在した転位を、 $5 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ まで下げることができた。

2. GaAs-on-Si の成長に適した、2つの反応管を有する結晶成長装置を開発した。すなわち、GaAs の成長前には Si 表面の自然酸化膜を除去するための高温熱処理が不可欠である。しかし、従来の1反応管の装置では GaAs 成長時に反応管内壁に付着した、粉状の GaAs が高温熱処理中に Si 表面上に落下し易く、表面欠陥の原因となっていた。Si 基板の高温熱処理を行う反応管と GaAs の成長用の反応管を分離することにより、成長の再現性を高めるとともに、表面欠陥の低減を行うことができた。

表面欠陥の周囲では熱ストレスが集中するため、クラックが発生しやすい。2反応管を有する装置を用いた表面欠陥の低減によって、クラックの発生原因を低減することができた。通常は $3 \mu\text{m}$ 以上の GaAs 層厚でクラックは発生するが、最終的には $7 \mu\text{m}$ の厚みまでクラックフリーを実現した。さらに、初期成長の層構造の最適化を試みた。Al と Si の結合力が Ga より強いことに着目し、AlAs/GaAs 層によって表面欠陥が低減できることを示した。

3. 熱ストレスを低減する方法として、サファイアの熱膨張係数が GaAs のそれに近い事に着目して、Si-on- サファイア基板を採用し、従来に無い単一ドメインでかつ低転位の GaAs 結晶を得た。

また、球面状のSi-on-SiO₂基板へのGaAs成長実験から、鏡面が得られる基板の面方位条件についても明らかにした。

4. 従来、転位の評価としてはエッチピットを見る方法が主流であったが、これは試料を破壊してしまう。非破壊の転位測定手段として、光励起による蛍光寿命の分布を自動測定する装置を用い、その有効性を示した。

論文審査の結果の要旨

GaAsはSiにない優れた電気的特性をもっている。Siはデバイスに重要な良い熱伝導率をもち、機械的強度も強く安価である。両方の特徴を兼ね備えた材料が得られれば、応用上の意義は大きい。しかし、GaAsとSiとは結晶構造も格子定数も異なる。従ってSi基板上にGaAsを成長させると、転位が多く入り、クラックも生じて信頼性の高い材料が得られない。この論文は、Si基板上にGaAsを気相成長させる技術について、良質のGaAs単結晶膜を作ること为目标に、物理的指針に基づいた各種の方法を試みた研究である。その結果、従来 $10^8/\text{cm}^2$ であった転位密度を $5 \times 10^5/\text{cm}^2$ まで小さくすることおよびクラックのない結晶膜の成長に成功した。

まず、2つの結晶の格子定数の違いによって発生する転位を減らす方法として、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ と $\text{GaAs}_y\text{P}_{1-y}$ 系の歪超格子を使って、転位の低減効果を系統的に調べた。さらに歪超格子と熱サイクルアニリングとを併用して転位密度が $5 \times 10^5/\text{cm}^2$ まで減ることを確認した。次にクラックを減少させる方法を試みた。クラックの原因はSiの表面のクリーニングが不完全であるために、表面欠陥がSiの表面にできると予想した。表面欠陥を除くため結晶製造装置をクリーニング用とGaAsの成長炉の2つに分離するという改良を行った。この改良によってGaAs膜の厚さを $7 \mu\text{m}$ にしてもクラックが生じないことに成功した。また、GaよりもAlの方がSiとの結合力が強いことに着目して、AlAsとGaAs層をSiの直上に先ず成長させることにより、表面欠陥が低減することを確認した。さらに、熱ストレスを減らす方法として、GaAsの熱膨張係数に近いサファイアを基板に用いることが考えられる。良質のGaAs結晶を得るためには、サファイアの結晶構造による成長の最適面があることを示した。サファイア上のGaAsの成長は深く調べていないが、Si基板と比較する上で興味深い。光ルミネッセンスを使った評価法で、サファイア基板ではGaAsの内部ストレスがSiに比べて小さいことを示している。最後に転位密度の非破壊評価法として、光ルミネッセンスの寿命分布を測定する方法を行い、その有効性を示した。

これらの研究成果は、GaAsを使うデバイスの材料製作技術の進歩に大きな貢献をするものであり、また異種材料の上に良質の単結晶を成長させるという結晶成長の研究にたいしても有意義で示唆に富んでいる。よって、博士(工学)として価値ある論文と認める。