The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	(Al, Ga) As Quantum Wires Formed on Vicinal GaAs (110) Surfaces by Molecular Beam Epitaxy
Author(s)	武内, 道一
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39808
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏　　名	武内道一（たけうち みちいち）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　12536　号
学位授与年月日	平成8年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	(Al, Ga) As Quantum Wires Formed on Vicinal GaAs (110) Surfaces by Molecular Beam Epitaxy （分子線エピタキシー法で微傾斜GaAs（110）面上に形成した（Al, Ga）As量子細線に関する研究）
論文審査委員	（主査） 教　授　中島　尚男 （副査） 教　授　西田　良男　　教　授　冷水　佐壽

論文内容の要旨

微傾斜GaAs（110）面上にGaAs，AlGaAs層を分子線エピタキシャル成長（MBE）すると，ある成長条件下では高さ10〜20nm，長さ数μm以上の直線状ステップが自然に形成される。本論文は，このステップを利用して（Al, Ga）As量子細線を形成し，その微細な構造の分析と基板上に形成される多数の量子細線の均一化に関する研究成果をまとめたもので，全7章から構成される。高密度で均一な微細構造実現は，デバイスへの応用の際の重要な課題である。

第1章では，序論として本研究の背景と目的を述べた。

第2章では，本研究で用いた結晶成長装置，及び結晶評価装置について解説した。

第3章では，原子間力顕微鏡（AFM）観察により，結晶表面形態と成長温度の関係を明らかにした。

第4章では，量子細線をステップ構造の上に形成し，断面観察によって構造面から量子細線へのキャリア閉じ込め機構を検証した。その結果，ステップ構造上ではステップ端部の膜厚がテラス部の膜厚より1.5倍程度厚くなり，$Al_{0.5}Ga_{0.5}As$層はステップ端部で$Al_{0.41}Ga_{0.59}As$となることがわかった。これらの膜厚変化，組成変化がステップ構造上に成長した量子井戸構造内のステップ端部に低エネルギー領域を生みだし，量子細線を形成することがわかった。

第5章では，量子細線の光学測定を行った。量子細線からのフォトルミネセンス（PL）は上記の膜厚変化，組成変化に対応したエネルギー位置で発光していることがわかった。しかし，発光ピークの形状はブロードであった。これはPLが一度に非常に多くの量子細線の発光を観測したためであり，単一量子細線からの発光は非常にシャープなピークを示すことがカソードルミネセンス観察により明らかになった。ブロードなPLのピークは量子細線のサイズの不均一性を示すものであった。

第6章では，その不均一な量子細線を，均一にする成長手法について述べた。まず，ステップ構造が均一にできる成長温度と，膜厚変化，組成変化が起こる成長温度とが異なることを示した。これをふまえて，ステップ形成の際と量子細線形成の際の成長温度を変える2段階成長法を提案した。この成長法により作製した量子細線のPL発光ピークはかなり先鋭化していることがわかった。この手法が量子細線均一化に有効であることが実証された。

第7章では，本論文の結果を総括した。

以上の研究で，微傾斜GaAs（110）面上に形成された（As, Ga）As量子細線の構造を明らかにした。また，均一な量子細線を実現する成長方法の提案と実証を行った。

論文審査の結果の要旨

分子線成長法で，微傾斜 GaAs（110）面上に GaAs，AlGaAs をある成長条件下で成長すると巨大ステップが形成される。この巨大ステップを持つ面上に AlGaAs を成長するとステップ端で AlAs 組成が小さくなり，GaAs を成長すると膜厚が厚くなる。本論文は，この現象を用いて形成した量子細線の構造解析，光学的特性および不均一性の改善に関する研究成果をまとめたもので全 7 章から構成される。

第 1 章では，序論として本研究の背景と目的について述べている。第 2 章では，本研究で用いた結晶成長装置，及び結晶評価装置について解説している。第 3 章では，原子間力顕微鏡観察により，結晶表面形態と成長温度の関係を明らかにしている。

第 4 章では，透過電子顕微鏡により，量子細線の構造解析を行い，巨大ステップ端で AlAs 組成が小さくなり，GaAs 膜厚が厚くなり，量子細線構造が形成されていることを確認している。

第 5 章では，量子細線の光学測定を行った結果を述べている。量子細線からのフォトルミネセンス（PL）では上記の膜厚変化，組成変化に対応したエネルギー位置で発光していることを明らかにしている。しかし，発光ピークの形状はブロードであり，これは量子細線が不均一なためであり，単一量子細線からの発光は非常にシャープなピークを示すことをカソードルミネセンス観察より明らかにしている。

第 6 章では，その不均一な量子細線を，均一にする成長手法について述べている。まず，巨大ステップ構造が均一にできる成長温度と，膜厚変化，組成変化が起こる成長温度とが異なることを示している。これをふまえて，ステップ形成の際と量子細線成長の際の成長温度を変える 2 段階成長法を提案している。この成長法により形成した量子細線の PL の半値幅が狭く，この手法が量子細線均一化に有効であることを実証している。

第 7 章では，本論文の結果を総括している。

これ等の研究結果は微傾斜面上での AlGaAs 量子細線の自然形成過程およびその光学的性質に関して多くの知見を与え，半導体物性に大きな貢献をするものである。よって，本論文は博士（工学）論文として，十分価値あるものと認める。