



Title	分子線結晶成長法による半導体ヘテロ構造の材料特性に関する研究
Author(s)	奥村, 元
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37456
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・(本籍)	おく 奥	むら 村	はじめ 元	
学位の種類	工	学	博 士	
学位記番号	第	9 2 7 7	号	
学位授与の日付	平成	2 年 6 月 27 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当			
学位論文題目	分子線結晶成長法による半導体ヘテロ構造の材料特性に関する研究			
論文審査委員	(主査) 教 授 権田 俊一	教 授 中井 貞雄	教 授 横山 昌弘	教 授 井澤 靖和
	教 授 石村 勉	教 授 青木 亮三	教 授 西原 功修	
	教 授 三間 圭興	教 授 三宅 正宣	教 授 浜口 智尋	

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、分子線結晶成長(MBE)法によるいくつかの半導体ヘテロ構造を対象に、その形成過程や基礎物性を研究したものである。ヘテロ構造の構成要素である極薄膜とヘテロ界面、それらの集合体である超格子のどの段階においても、今日その基本的性質がはっきりと理解されるには至っておらず、ヘテロ構造設計の指針は確立していない。本論文では、設計的観点からの基本特性の理解と新たなヘテロ構造材料系の開拓ということをその目的としている。

第1章ではヘテロ構造の研究の流れ、ならびに一般的基本特性、利点、作製や利用上の問題点について述べ、ヘテロ構造設計との関連や課題を明らかにし、意義と目的について述べている。

第2章では、X線光電子分光法によるⅢ-V族化合物半導体やGaAs/Siヘテロ界面の構造評価を行っている。Ⅲ-V族化合物半導体ヘテロ界面については、Ⅲ族元素を共通にするヘテロ界面とV族元素を共通にするヘテロ界面の違いを明らかにしている。GaAs/Siヘテロ界面については、界面のAs/Si結合やそこでの局所電子構造を明らかにしている。

第3章では、紫外線光電子分光法を用いてⅢ-V族化合物半導体混晶、極薄膜の電子構造について論じている。ヘテロ界面直上の極薄膜形成過程を調べ、GaAs/AlAsヘテロ界面の場合の電子構造の膜厚依存性を示している。また光電子分光スペクトル中のバンド端の観測によるバンド不連続値の測定について議論している。

第4章では、AlGaAs/GaAsヘテロ接合を取り上げ、容量法による伝導帯バンド不連続値(ΔE_C)の精密測定と界面電荷密度の評価について述べている。良好な $Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ ヘテロ接合につ

いて測定し、 $\Delta E_c = 0.67 \Delta E_g$ (ΔE_g はバンドギャップ差) の関係を得ている。また界面電荷密度と容量法によって測定されるバンド不連続値の信頼性との関係を示している。

第5章では、Ge/Si歪超格子を取り上げ、そのMBE法による作製とX線回折、ラマン散乱による格子構造、界面構造評価について述べている。RHEED強度振動の解析からSi(001)基板上にGeは6モノレヤー(ML)まで無転位で成長することなど、Ge/Si歪超格子作製の基本条件を明らかにしている。そして作製されたGe/Si歪超格子試料の測定から、超周期をもった超格子構造ができるためにはGe層の厚さが2ML以上必要であることを見出している。

第6章では、Ge/Si歪超格子の光物性測定、バンド計算を行い、IV族系の新たな超格子としての意義を論じている。フォトルミネッセンス、光吸収、エレクトロリフレクタンス測定を行い、Si(001)基板上のGe_nSi_n(n=4,5,6)試料が直接遷移型半導体に特有な光学的性質を示すことを見出し、バンド計算の結果からは、それらが超格子構造のゾーンフォールディング効果による直接遷移である可能性を示している。

第7章では、本研究を総括し、ヘテロ構造を電子材料として利用していくまでの今後の課題や、新たなヘテロ構造の実現の可能性について述べ、結論としている。

論文審査の結果の要旨

電子材料・素子工学をさらに進めるためには半導体ヘテロ構造の構成要素である極薄膜とヘテロ界面、その集合体の超格子の基本的性質の理解、ヘテロ構造設計の指針の確立が必要とされている。本論文は分子線結晶成長法を用いて半導体ヘテロ構造を作製し、その形成過程や基礎物性を調べることにより、設計的観点からの基本特性の理解と、新たなヘテロ構造材料系の開拓を目的として行った研究をまとめたもので、主な成果は次の通りである。

- 1) ヘテロ構造を形成しつつ、X線光電子分光法によりヘテロ界面の構造評価を行い、III-V族化合物半導体ヘテロ界面については、III族元素を共通にするヘテロ界面とV族元素を共通にするヘテロ界面の違いを明らかにし、後者ではV族元素の置換が起こって界面の急峻性が損なわれやすいくことを見出している。GaAs/Siヘテロ界面については、界面のAs/Si結合やそこでの局所電子構造が界面形成時の温度に依存することを明らかにしている。
- 2) ヘテロ構造、極薄膜を形成しつつ紫外線光電子分光法によりIII-V族化合物半導体混晶、極薄膜の電子構造を調べ、GaAs/AlAsヘテロ界面の形成過程で、膜厚が6モノレヤー(ML)以下では、その電子構造はバルクのものとは異なっていることを明らかにしている。
- 3) AlGaAs/GaAsヘテロ接合の伝導帯バンド不連続値を容量法により測定し、従来のDingle則とは異なる $\Delta E_c = 0.67 \Delta E_g$ (ΔE_g はバンドギャップ差) の新しい関係を得ている。また界面電荷密度は容量法によって測定されるバンド不連続値の信頼性と密接な関係があり、精密なバンド不連続値の測定のためには界面電荷密度が低くなければならないことを明らかにしている。
- 4) Ge/Si歪超格子では、RHEED強度振動の解析から、Si(001)基板上にGeは6MLまで無転

位で成長すること、その上にSiを再成長することによって表面の平坦性が回復することなど、Ge/Si歪超格子作製の基本条件を明らかにしている。そして作製されたGe/Si歪超格子試料を調べ、正確な超格子構造ができるためにはGe層の厚さが2ML以上あることが必要という条件を見出している。

5) Ge/Si歪超格子のフォトルミネッセンス、光吸収、エレクトロリフレクタンス測定の結果、Si(001)基板上のGe_nSi_n(n=4, 5, 6)試料が直接遷移型半導体に特有な光学的性質を示すことを明らかにし、バンド計算の結果から、それらが超格子構造のゾーンフォールディング効果による直接遷移である可能性のあることを示している。

以上のように、本論文は材料設計、素子設計の立場から、半導体ヘテロ構造の基本特性、新たなヘテロ構造材料の開拓可能性を明らかにしたもので、電子材料工学ならびに電子素子工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。