



Title	Oriented Growth of Semiconductor Thin Films on Noncry-stalline Substrates for Graphoepitaxy
Author(s)	金田, 隆
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37458
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 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)	かな 金	た 田	たかし 隆
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	9 5 2 0	号
学位授与の日付	平成 3 年 2 月 26 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	Oriented Growth of Semiconductor Thin Films on Noncrystalline Substrates for Graphoepitaxy (半導体結晶薄膜のグラフォエピタクシ成長に関する基礎研究)		
論文審査委員	(主査)	教授 浜川 圭弘	
	(副査)	教授 難波 進	教授 末田 正 教授 蒲生 健次

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、半導体結晶薄膜のグラフォエピタクシ成長に関する一連の研究についてまとめたもので、本文 7 章と謝辞より構成される。

第 1 章では、大面積半導体素子、高集積半導体素子作成における非結晶基板上への単結晶薄膜成長の必要性について述べ、その観点からグラフォエピタクシ成長法の有効性を明確にした上で、今日までの発展の経緯を要約し、本研究の意義とその目的を明らかにしている。

第 2 章では、非結晶基板に刻まれた規則的なレリーフ構造により結晶方位の制御を行うグラフォエピタクシ成長法の基礎概念について、成長結晶の結晶癖にもとづく成長機構を明らかにしている。そこでは成長結晶、基板材料の表面自由エネルギー、接着エネルギーの関係が具体的な例をふまえて述べられ、グラフォエピタクシ成長に用いるレリーフ基板上のステップ部での優先核生成の最適条件の検討を行っている。

第 3 章では、ダイヤモンド構造、閃亜鉛鉱構造半導体のグラフォエピタクシ成長のために新しく開発された基板作製法について詳説されている。この新しいタイプの基板は異方性エッチングされた Si 表面のピラミッド構造をポリイミドや Ni に複製したもので、きわめて平坦な面と、急峻なステップからなるレリーフ基板を、均質、大面積、かつ再現性よく得ることに成功している。

第 4 章では、電子ビーム蒸着法による ZnS のグラフォエピタクシ成長の結果について述べている。基板の表面処理により、レリーフ基板のステップ部への優先核生成を実現することで、成長結晶の 85% 以上の方位を制御するのに成功している。また、この結果の妥当性は、第 2 章で得られた、熱力学的な核生成理論より導かれる、巨視的なステップにおける優先核生成についての計算結果から支持された。

第5章では、Geを共晶合金を用いて、レーザー再結晶化によりグラフォエピタクシ成長を行った結果について述べている。結晶成長表面の電子顕微鏡観察、オージェ電子分光法による膜中組成分析より、結晶成長は冷却速度の最も大きいレリーフ底部のステップから開始し、共晶金属を膜中からはきだしながら成長することを明らかにしている。このときGe結晶薄膜は10 μm 以上にも及ぶ大きなグレインからなり、成長されたGeの結晶方位は10°以内の範囲でレリーフ構造により同一方向に揃えられていることを確認している。

第6章では、グラフォエピタクシ成長法により成長されたGe結晶薄膜上に、MBE法を用いてGaAs, InGaAsの成長を行った結果について述べている。ラマン散乱スペクトルの偏向解析より、成長膜がGeにエピタクシ成長していることを明らかにしている。ヘテロエピタクシ成長されたGaAsの両面電気抵抗率は、数 μm のグレインからなる多結晶のものに比べ約2桁低い値を示し、グラフォエピタクシ成長による単結晶サイズの拡大とそれによるグレイン界面の膜中密度の減少の効果を実証している。また、バンド端近傍の誘電スペクトルの光変調信号から、半導体膜中の残留歪や、In添加による最適成長温度の低下の効果について検討している。

第7章では、第2章から第6章までの研究効果を総括し、本研究で得られた主な結論、成果についてまとめるとともに、グラフォエピタクシ法による非結晶基板上方位制御された結晶成長と単結晶薄膜化への指針を述べている。

論文審査の結果の要旨

近年、情報化社会の本格化が進むにつれて、“より多く”の情報を“より早く”そして、“より微少消費電力”で処理するハードウェア開発へのニーズは高まるばかりである。こうした要請に応えるため、三次元IC、光情報処理などが提案され、半導体をめぐる材料技術にも“バルク結晶の時代”から、“多層化薄膜時代”へのテクノロジカルエボリューションがみられようとしている。本研究は、こうした背景にもとづいて、非晶質基板上への単結晶薄膜作成技術として最近注目を浴びているグラフォエピタクシ結晶成長法に関する一連の基礎研究をまとめたものである。

本論文では、まずグラフォエピタクシ結晶成長法の原理とされている、規則的なレリーフ構造を持つ非晶質基板上での核生成とその結晶方位制御法について、基板と核物質の濡れ、結晶癖と基板温度などの成長条件の関係について調べている。すなわち、成長結晶、基板材料の表面自由エネルギーとその接着による変化について検討し、グラフォエピタクシ結晶成長の最適条件を明らかにした。ついで、ダイヤモンド構造、閃亜鉛鉱構造半導体のグラフォエピタクシ結晶成長の基板作製法として、選択エッチングされたSi(001)表面のピラミッド構造をポリイミド、Niなどにより反転複製することにより、結晶方位の制御された織り目構造からなるレリーフ基板を、均等、大面積、かつ再現性よく得る技術を開発した。こうして得られたグラフォエピタクシ基板上に、ZnS, Geの濡れ性を考慮した結晶成長を行い、成長条件と結晶方位制御性との関係について詳細に解析し、成長結晶の基板に対する“核生成”と

“濡れ性”の制御がグラフォエピタクシ成長のカギを握っていることを解明した。その実験では、まず ZnS を電子ビーム蒸着法により成長し、濡れ性の制御されたレリーフ基板のステップ部への優先核生成を実現する条件を求め、成長結晶の85%以上の方位をレリーフ構造により制御することに成功している。こうした成果に基づいて、ダイヤモンド構造結晶のグラフォエピタクシ成長を試みた。すなわち、Ge については、融点と濡れに制御性をもたせる目的から Ge-Al との共晶合金を用い、レーザ再結晶化によるグラフォエピタクシ成長を行った。その結果、Ge 結晶薄膜は10 μ m 以上にも及ぶ大きなグレインをもち、成長された Ge の結晶方位を10°以内の範囲でレリーフ構造により同一方向に揃えることに成功している。さらに、グラフォエピタクシ成長された Ge 結晶膜上へ GaAs や InGaAs のヘテロエピタクシ成長に関する一連の基礎研究を行い、エピタクシ膜の電気的特性、光学的特性を詳細に調べあげ、結晶方位のそろった大面積の化合物半導体結晶薄膜作製へのグラフォエピタクシ結晶成長に必要な一連の組織的データを揃え、実用化を目指した基礎技術を確立した。

以上のように本研究は、非晶質基板に単結晶半導体薄膜を製作するグラフォエピタクシ結晶成長法をめぐる基本的ないくつかの問題を解決し、大面積単結晶半導体薄膜の成長とその多層化、電子素子製造をめぐる基礎技術を確立し、次世代のマイクロエレクトロニクスならびに、マクロエレクトロニクスの進歩を左右するとされている多層化薄膜技術の進歩に貢献するところ大きく、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。