



Title	シリコン基板上のCaF ₂ エピタキシャル成長とナノ構造形成に関する研究
Author(s)	亀谷, 圭介
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44284
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	亀谷圭介
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第17812号
学位授与年月日	平成15年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻
学位論文名	シリコン基板上のCaF ₂ エピタキシャル成長とナノ構造形成に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 岩崎 裕 (副査) 教授 後藤 誠一 助教授 木村 吉秀 教授 菅原 康弘 助教授 吉信 達夫 教授 大中幸三郎

論文内容の要旨

本論文は、次世代デバイスを作製する上で重要なナノファブリケーションのプロセスを明らかにすることを目的とし、走査トンネル顕微鏡(STM)を用いて、絶縁物であるCaF₂膜がシリコン基板上でエピタキシャル成長する初期過程における成長機構を明らかにし、さらに、シリコン基板とCaF₂膜との界面層であるCaF層を選択成長用のマスクとして、有機金属分子を用いて、シリコン基板上にSiCドットを自己組織的な手法により選択的に形成する表面微細加工法について研究した結果をまとめたものであり、以下に6章から構成される。

第1章では本研究の背景、目的、意義について述べた。

第2章では使用した測定装置であるSTMの背景および原理、また、成膜装置である真空蒸着法の原理について説明し、装置の構成を紹介した。基板であるシリコン基板の準備、真空蒸着法によるCaF₂の界面層であるCaFマスクの作製、そして有機金属分子であるフェロセンガスを用いた選択的反応等の具体的な実験方法について述べた。

第3章では選択成長のテンプレートとしてCaF₂膜を使用するため、その成長メカニズムを詳しく調べた。そこで、成長初期におけるCaF₂膜の表面モフォロジーを界面層であるCaF層およびその上に成長するCaF₂層をSTMによりミクロスコピック領域からメソスコピック領域まで調べ、得られた表面情報から成長メカニズムに関する詳細な考察を行った。

第4章では有機金属ガスであるフェロセンとシリコン表面との反応について調べた。アニール温度やアニール時間などをパラメータとして、シリコン表面に化学吸着したフェロセンとシリコン原子との表面反応を起こすことで、反応生成物SiCを成長させた。その初期成長についてSTMを用いて詳しく調べた。

第5章では基板であるシリコン表面上に界面層CaF膜をステップフロー成長させ、所定の被覆率でCaF膜の成長を止めることで、CaF膜と被覆されていない露出したシリコン表面で構成されるストライプ状テンプレートを作製した。その表面をフェロセンに暴露し、シリコン表面上でのみSiCを選択成長させることでナノ構造作製を行った。

第6章では、各章で得られた結集について総括し、本研究の課題および今後の展開を述べた。

論文審査の結果の要旨

次世代ナノデバイスの実現は緊急な開発課題となっており、そのために自己組織的な現象を組み合わせたナノ構造の形成プロセスの研究が必要である。本論文は、走査トンネル顕微鏡を用いた絶縁物 CaF_2 膜のシリコン基板上のエピタキシャル成長過程、自己組織的な絶縁膜/シリコン帯状構造作製およびこれを用いた選択的量子ドット作製に関する研究をまとめたもので、その主な成果を要約すると次の通りである。

- (1)シリコン(111)基板上の CaF_2 膜のエピタキシャル成長を走査トンネル顕微鏡を用いて調べ、界面 CaF 層およびその上に成長する 2 層の CaF_2 層までは 1 層ごとに成長し、それ以上の膜厚では 3 次元的な成長をすること、層状の CaF_2 層の成長は 1 次元的な島の核生成、成長を伴う特異な成長モードがあることを明らかにし、そのメカニズムについて考察している。
- (2)走査トンネル顕微鏡を用いて有機金属ガスであるフェロセンとシリコン表面との反応について調べ、アニール温度が摂氏 650 度以上ではシリコン表面に化学吸着したフェロセンとシリコン原子との表面反応によりナノスケールの SiC ドットが成長すること、およびシリコン原子ステップからのシリコン原子供給が SiC ドット成長に不可欠な役割を果たしていることを明らかにしている。
- (3)シリコン表面上に界面 CaF 層をステップフロー成長させ、所定の被覆率で CaF 層の成長を止めることで、 CaF 層と被覆されていない露出したシリコン表面で構成されるストライプ状テンプレートの作製に成功している。
- (4) CaF 層/シリコンストライプ状テンプレートにフェロセンを暴露し、選択成長によりシリコン表面上にのみ複合自己組織的 SiC ナノドット構造を作製すること成功している。

以上のように、本論文は、走査トンネル顕微鏡を用いて、シリコン基板上の絶縁物 CaF_2 膜のエピタキシャル成長過程を明らかにし、ステップフロー成長制御による絶縁膜/シリコン帯状構造の形成、およびフェロセンとシリコンの選択的表面反応を組み合わせた応用展開可能性の高い複合自己組織的ナノ構造形成プロセスを実現しており、応用物理学、特に半導体デバイス工学および微細加工技術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。