

論文内容の要旨

博士論文題目 自己組織化金属触媒による半導体薄膜の新規結晶化手法に関する研究

氏名 東條陽介

(論文内容の要旨)

多結晶シリコン (poly-Si) 薄膜はディスプレイの画素駆動素子用スイッチング素子である薄膜トランジスタ (TFT) の材料として広く用いられている。非晶質シリコン (a-Si) 薄膜を堆積した後に結晶化させることで、安価な大面積基板に TFT を形成してきた。そのため、様々な結晶化手法が提案されている。本研究では金属触媒を使うことで結晶化温度を低減させることが可能な金属誘起結晶化という手法に着目した。しかし、この手法は結晶化に使用する金属によって膜中金属不純物が増加し、素子特性が劣化するという問題があった。この問題の解決法として、a-Si 薄膜表面に吸着する金属触媒を極微量に抑える方法が考えられる。本研究では使用する金属を低減する方法として、球殻状生体超分子のフェリチン内部で合成した金属ナノ粒子を金属触媒吸着に用いる手法と、自己組織化単分子膜 (Self-Assembled Monolayer: SAM) を用いる手法を提案する。これらの手法を用いた TFT の素子特性向上に向けた取り組みとして、素子特性に影響する結晶粒界の影響の除去を目的とした結晶粒の位置制御技術を目指した。

以下に本論文の構成を述べる。第 2 章では、球殻状生体超分子を用いた非晶質ゲルマニウム薄膜の結晶化を目指し、非晶質ゲルマニウム薄膜への球殻状生体超分子の吸着を走査電子顕微鏡や X 線光電子分光法によって評価した。また、本手法による結晶化温度の低温化への効果や結晶化したゲルマニウム薄膜の結晶性を評価した。第 3 章では、球殻状生体超分子によって微量の Ni を導入する結晶化手法について、吸着状態や処理条件による影響を X 線光電子分光法や二次イオン質量分析法、ラマン分光分析法によって解析することで膜質を評価し、TFT 特性への影響を調べた。また、SAM を利用した球殻状生体超分子の吸着位置制御を取り入れることで、結晶粒の位置制御を試みた。第 4 章では、結晶粒の位置制御技術に向けた新たな結晶化手法として、錯形成能を有した SAM を用いた手法を提案した。また、このプロセスについて詳細を検討後、膜質の評価を行い、TFT 特性への影響を調べた。さらに SAM 膜のパターニングと TFT 作製プロセスの組み合わせによる結晶粒の位置制御技術を検討した。第 5 章では、本研究における結晶化技術の一連の成果をまとめ、今後の課題と指針を述べた。

氏名	東條 陽介
----	-------

(論文審査結果の要旨)

本論文の提出者は、自己組織化金属触媒による半導体薄膜の新規結晶化手法に関する研究を行った。多結晶シリコン(poly-Si)薄膜はディスプレイの画素駆動素子用スイッチング素子である薄膜トランジスタ(TFT)の材料として広く用いられている。非晶質シリコン(a-Si)薄膜を堆積した後に結晶化させることで、安価な大面積基板に TFT を形成してきた。そのため、様々な半導体薄膜の低温結晶化手法が提案されている。

本研究では球殻状生体超分子のフェリチン内部で合成した金属ナノ粒子を金属触媒吸着に用いる手法と、自己組織化単分子膜(Self-Assembled Monolayer: SAM)を用いる手法を提案した。これらの手法を用いた TFT の素子特性向上に向けた取り組みとして、素子特性に影響する結晶粒界の影響の除去を目的とした結晶粒の位置制御技術を目指した。本研究では、まずニッケル内包フェリチン(Ni-Fer)を用いて、非晶質ゲルマニウム(a-Ge)薄膜の結晶化熱処理温度の低温化を試みた。その結果、a-Ge 薄膜上への Ni-Fer の吸着を確認し、固相成長による結晶化温度である 450°C から 375°C まで低温化を実現した。

次に TFT の素子特性向上を目指すために、結晶粒の位置制御を試みた。そのために、3-amino-propyltriethoxysilane(APTES)-SAM のパターンを形成し、静電相互作用によって選択的に Ni-Fer を吸着させることで結晶化の金属触媒の位置を制御し、結晶粒の位置制御を実現した。さらに、単一結晶粒の位置制御を目指して Ni に配位することができるエチレンジアミンを有した N-(2-aminoethyl)-3-aminopropyltrimethoxysilane(AEAPS)-SAM を用いた結晶化プロセスを確立した。その結果、TFT 作製用のマスクパターンを利用して AEAPS-SAM を a-Si 薄膜上にパターンニングすることで、TFT のチャンネル中心部分への単一結晶粒の位置制御を実現した。これらの結果から、結晶化のための微量金属触媒の導入手法として、球殻状生体超分子と SAM を利用することは、単一結晶粒の位置制御技術として有効な手法であることが示唆された。

以上のように、本論文は自己組織化機能を有する金属材料を用いた新規な半導体プロセスを確立し、半導体薄膜の結晶化機構の解明や薄膜トランジスタの高性能化を実証しており、学術的に意義深い。よって審査委員一同は、本論文が博士(工学)の学位論文として価値あるものと認めた。