

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	赤 澤 宗 樹
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論 文 題 目			
Local transfer of single crystalline silicon films to glass substrate at low temperature using meniscus force and fabrication of high-performance thin-film transistors (メニスカス力を利用したガラス基板への単結晶シリコン膜の低温局所転写及び高性能薄膜トランジスタの作製)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	東 清 一 郎	
審査委員	教 授	吉 川 公 麿	
審査委員	教 授	横 山 新	
審査委員	准 教 授	黒 木 伸 一 郎	
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、単結晶シリコン(Si)薄膜のメニスカス力低温局所転写技術を利用したガラス基板上高性能薄膜トランジスタ(TFT)の作製技術の開発に関する研究成果をまとめた論文である。</p> <p>Silicon complementary metal-oxide-semiconductor (Si CMOS)テクノロジーは素子の微細化により急速に発展してきた。しかしながら、物理的な限界が迫っており、新たな方向性を見出す必要がある。このため、これまで平面上で作製されてきたトランジスタを立体的に作製する三次元集積化技術が注目されている。三次元化において Si 貫通電極(TSV)と呼ばれるチップ及びウェハ間を配線する技術が重要である。各工程で用いられる配線材料は異なり、トランジスタ作製の工程では、600°C 以上の熱処理を行う必要があることから耐熱性のある多結晶 Si が用いられる。しかしながら、多結晶 Si の比抵抗は金属に比べて2~3桁程度高く、配線による素子の遅延が懸念されている。配線に金属を使用する場合は、プロセスの温度を300°C 以下に抑える必要がある。これまでに申請者が所属する研究室では、液体の表面張力であるメニスカス力と Si 薄膜の一部が SiO₂ の柱で局所的に支えられた構造(中空構造)を用いて異種基板上へ Si 薄膜を低温で転写する技術を報告している。</p> <p>申請者は、上記の低温転写技術と従来の Si CMOS テクノロジーで用いられている作製手法を整合して、高性能トランジスタ作製プロセスの確立を試みている。各工程における要素技術開発を行い、低耐熱材料であるガラス基板上に TFT を作製することにより提案する作製プロセスの有効性を検証している。</p> <p>第1章では、本研究の背景として Si CMOS テクノロジーにおける現状と課題を記載している。</p>			

第2章では、本研究内容の理解のためにメニスカス力及びトランジスタの電気特性に関する基礎事項を記載している。

第3章では、純水を介在させた二平面間に働くメニスカス力を測定することで平面間の距離と力の関係を調査しており、平面間の距離が減少するに伴ってメニスカス力が増大することを実験的に確認している。

第4章では、Silicon on insulator(SOI)基板に中空構造を形成して、単結晶 Si 薄膜のガラス基板への転写を試みている。メニスカス力転写技術によりガラス基板上に(100)面の単結晶 Si 薄膜を形成可能なことを実証している。

第5章では、中空構造 SOI 層の熱酸化と転写への影響を調査している。熱酸化された中空構造 SOI 層は上に凸の反りが生じており、この反りの発生メカニズムを考察している。また、反りを抑制する酸化膜厚及び細線長の設定により熱酸化された単結晶 Si 薄膜をガラス基板上へ転写することに成功している。

第6章では、イオン注入された SOI 基板の中空構造形成における SiO₂ 柱の形状制御とガラス基板への転写の影響を調査している。リンイオン注入の有無により明瞭な柱の形状の変化を観察している。化学反応式に基づいたモデル化による考察から SiO₂ のエッチング進行の変化の要因を解明している。また、柱の形状及びサイズの制御により単結晶 Si 薄膜のガラス基板への転写歩留まりの大幅な向上に成功している。

第7章では、第3～6章で得られた知見を踏まえてガラス基板上で単結晶 Si を用いた TFT を作製し、電気特性の評価を行っている。メニスカス力低温転写技術を利用して均一な特性を持った TFT の作製に成功している。また、熱酸化後の中空構造 SOI 層の膜の反りが大きい条件で作製した TFT においては単結晶 Si TFT の電界効果移動度より高い特性を示した。この移動度向上の要因はチャンネル部分の引っ張り応力であることを明らかにしている。

上記の要約通り、申請者はメニスカス力低温局所転写を利用したガラス基板上高性能 TFT の作製プロセスを各工程の評価及びデバイス作製により確立している。この成果は、絶縁体上に低温で高性能なトランジスタの積層が要求される三次元集積化技術の発展に貢献できると考えられ、高く評価できる。

以上、審査の結果、申請者は博士(工学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。