

## 論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	木我 亮太郎	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	Ph. D.	伊藤 公平
	副査	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	中野 誠彦
		慶應義塾大学准教授	博士（工学）	牧 英之
		慶應義塾大学准教授	Ph. D.	清水 智子
<p>学士（工学）、修士（工学）木我亮太郎君提出の学位請求論文は“Experimental study of nano-scale diffusion in silicon”（シリコン中のナノスケール拡散の実験的研究）と題し、5章から構成されている。シリコン（Si）集積回路の性能向上はトランジスタの寸法縮小により得られてきた。すでにチャンネル長は10nm程度まで短縮され、さらなる微細化に向けては、製造過程での熱処理で生じるドーパントの拡散を抑える手法を、抑制機構の解明に基づき確立する必要がある。そこで本研究ではpチャンネルトランジスタのソース・ドレイン形成に用いられるホウ素（B）の拡散が、フッ素（F）の存在により抑制される機構の解明を行なった。また、次世代の縦型トランジスタ材料として注目されるSi縦型ナノ円柱（ピラー）において、側面ゲート絶縁膜形成のための熱酸化過程に伴うSi自己拡散を定量的に解析・モデル化した。</p> <p>第1章では、トランジスタにおける微細化と、Si中の拡散研究の背景を概観し、本研究の位置づけが示される。</p> <p>第2章では、Si中の拡散及び熱酸化現象の基礎と実験手法が説明される。</p> <p>第3章では、BとFがイオン注入された場合のナノ拡散実験が、Si同位体多層膜を用いたSi自己拡散現象の評価とともに議論される。様々な条件における拡散実験を定量的かつ矛盾なく表すモデルを構築し、数値計算による定量解析に基づき、i) Si点欠陥とFのクラスター発生と、ii) FとBの直接的相互作用という二つの要因により、Bナノ拡散がFにより抑制されることが示される。</p> <p>第4章では、Siナノピラーの熱酸化に関する実験が議論され、ナノピラー酸化中のSi自己拡散が、平面Si酸化の自己拡散とほぼ変化しないことが示される。このことは、ピラーが立脚するSi基板表面の酸化によってウエハー中に注入された過剰Si格子間原子が、ピラー内部の拡散に影響を及ぼしたことを示唆する。この結果は、三次元ナノ構造の形状と基板とを総合的に考慮してナノ拡散現象を理解することの重要性を示した。</p> <p>第5章では、まとめと今後の展望が示される。</p> <p>以上要するに、本研究では、先端トランジスタ製造過程に関するナノメーター領域での原子拡散を正確に測定・モデル化し、その現象を司る機構の解明に成功した。本研究で構築された拡散モデルは、先端シリコントランジスタの工程設計で活用されるTechnology Computer-Aided Design (TCAD)プロセスシミュレータの精度向上に資するものであり、半導体工学分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>				
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>			