

Title	シリコンおよびタンタル酸化膜の半導体回路素子への応用に関する研究
Author(s)	堀内, 司朗
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/29374">http://hdl.handle.net/11094/29374</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	堀 内 司 朗 <small>ほり うち し ろう</small>
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 1 0 2 8 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 10 月 3 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	シリコンおよびタンタル酸化膜の半導体回路素子への応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 犬石 嘉雄 (副査) 教授 山村 豊 教授 西村正太郎 教授 山中千代衛 教授 藤井 克彦 教授 菅田 栄治 教授 中井 順吉 教授 美馬源次郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文はシリコン及びタンタル酸化膜の半導体集積回路素子への応用を目指してシリコン酸化膜の不純物拡散に対するマスク作用, MOS ダイオードの表面状態と安定度, タンタル酸化物薄膜を通じての電子電導などを基礎的に研究した結果をまとめたもので4章よりなっている。

第1章はシリコン酸化膜を通じての不純物拡散を特に硼素について研究したものである。主として高温酸化によってシリコン単結晶上に作られた種々の厚さの酸化膜を通じて硼素の高温拡散を表面濃度, 拡散時間をかえて行ない, シリコン中の硼素分布をエッチングと抵抗測定から求め, その結果と拡散方程式の解析結果とから酸化膜中の硼素の拡散係数を求め実験式をあたえている。硼素の表面濃度が約  $10^{19}/\text{CC}$  より小さい間は活性化エネルギー 3.4 eV 程度の他の不純物に近い拡散係数がえられるが, 濃度がそれより大きくなると拡散係数が著しく増加してマスク作用が失われることを見出している。この原因として硼素によるシリコン酸化膜のガラス化の可能性を提案している。

第2章は MOS ダイオードによるシリコン—シリコン酸化膜界面の表面準位の研究に関するものである。

酸化皮膜で安定化されたシリコン半導体素子や MOS 電界効果トランジスタの安定度はシリコン—シリコン酸化皮膜界面の性質できまることを述べ, この表面準位の位置と濃度を MOS ダイオードの容量—バイアス電圧特性及び縦電場効果から求めた結果を報告している。すなわち, 多くの試料では表面準位は禁止帯中央の上下約 0.4 eV の範囲に分布しその濃度は  $2 \times 10^{12}/\text{cm}^2\text{ev}$  程度でありシリコン酸化膜中に  $\text{Na}^+$  などの不純物イオンによると思われる  $4 \times 10^{11}/\text{cm}^2$  程度の準位があると述べている。また Atalla などの提唱した不純物再分布の影響が小さいことを推論している。

第3章はタンタル酸化膜の電気伝導について述べたものである。メタルベーストランジスタのエミッタとしてのタンタル酸化膜の特性を調べるために酸素気中でタンタルを 200~300°C の比較的高い

温度で短時間酸化した膜と 150°C の比較的低い温度で長時間酸化した膜の電気伝導を種々の膜厚、温度について測定した結果を Stratton などの理論計算と比較し前者ではトンネル効果によって後者ではトンネル効果と Schottky 効果によって電子電流が決まることを推論している。さらに膜厚の薄いばあいに電気伝導が膜厚の不均一性に著しく影響されることを述べ、この点がタンタル酸化膜をエミッタに応用したメタルベース・トランジスタ開発上の問題点であることを指摘している。

さらにメタルベース・トランジスタのコレクタ障壁として利用する目的でタンタル金属薄膜と n 型シリコンの間の Schottky 障壁の電気特性を測定した結果を述べている。

第 4 章では以上の結果を総括し半導体回路へのシリコン酸化膜、タンタル酸化膜の応用の見通しと本研究の結果から判明した問題点をのべている。

### 論文の審査結果の要旨

以上のように本論文は最近注目されつつある電子機器の小型化、高信頼度化の要請に伴う半導体集積回路素子で重要課題であるシリコン酸化膜を通じての不純物拡散、MOS 電界効果トランジスタの不安定性、タンタル酸化膜を用いたメタルベース・トランジスタを対象として行なった基礎研究をまとめたものである。

すなわちシリコン酸化膜中の硼素の拡散係数の実験式を求めると共に高濃度で酸化物のマスク作用が失われることを見出し、さらにシリコン MOS ダイオードを用いてシリコン-シリコン酸化膜界面の不純物準位の位置と濃度を決定した。

またタンタル酸化膜を通じての電気伝導の測定と理論的考察からタンタル酸化膜中の電子電導の機構を明らかにするとともにメタルベース・トランジスタへの応用の際の問題点を明らかにしている。これらの結果は半導体集積回路の製造、安定化などにも重要な指針を与えるものである。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。