

Title	イオンビームのULSIへの応用に関する研究
Author(s)	黒井, 隆
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3155409">https://doi.org/10.11501/3155409</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	黒井隆 <small>くろい たかし</small>
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14656 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子工学専攻
学位論文名	イオンビームの ULSI への応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 尾浦憲治郎
	(副査) 教授 吉野 勝美    教授 濱口 智尋    教授 西原 浩 教授 森田 清三    教授 福西 宏有    教授 谷口 研二 教授 溝口理一郎

#### 論文内容の要旨

本論文は、イオンビームの ULSI への応用に関する研究の成果をまとめたもので、以下の7章で構成されている。第1章の緒論では背景を述べ、シリコン半導体技術におけるイオンビームの役割について説明し、本研究の目的を明確にしている。

第2章では、高エネルギーイオン注入による基板エンジニアリングを提案している。深さ方向にプロファイルをもつプロファイルドウェルの形成により、素子特性をほぼ独立に制御し、素子分離特性の向上、メモリーデバイスのソフトエラー耐性の向上が可能であることを実証している。さらに、結晶欠陥が電気特性に与える影響を調べ、イオン注入量が  $3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$  以上になると、接合リーク電流が急激に減少することを見だし、注入に起因する2次欠陥がイオンの通過した位置に発生した微小欠陥をゲッターリングするセルフゲッターリング機構によることを明らかにしている。

第3章では、高エネルギーイオン注入による近接ゲッターリングについて検討し、高エネルギー注入によって形成したゲッターリング層により、イオン注入によって発生する微小欠陥および重金属がゲッターリングされることを実証している。また、ゲッターリング能力は、ボロン<炭素、酸素<フッ素<シリコン注入の順に強くなることを明らかにしている。

第4章では、窒素イオン注入によるゲート酸化膜の窒化技術を提案している。ゲート電極に窒素イオン注入を行い熱拡散によりゲート酸化膜中に窒素を導入することで、界面準位および電子トラップを低減でき信頼性が向上できることを示している。さらに、窒素によりボロンのゲート酸化膜の突き抜けを抑制できることを明らかにしている。

第5章では、窒素イオン注入による浅い接合形成技術を提案し、拡散層内に窒素を導入することでドーパントの実効拡散係数を小さくし、接合特性を劣化させずに浅い接合が形成できることを示している。

第6章では、プラズマドーピングによる不純物導入について検討し、窒素イオン注入技術と組み合わせることで、従来法と比較して信頼性の劣化がないことを示している。

第7章では、第2章から第6章までの研究結果を総括して本研究の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

LSIは、急激に微細化され高性能化されているが、クォーターミクロン以下のデザインルールの実現を迎えさまざまな物理的制約に直面している。本論文は、このような背景に基づいて、イオンビームを用いたMOSFETの微細化と高速・高信頼性を目的として行われたもので、高エネルギーイオンビームの応用技術の提案、窒素イオン注入によるゲート酸化膜の窒化および浅い接合形成技術の提案、プラズマドーピングのMOSFETへの適用について研究を行っており、その内容には独創性と新しい知見が含まれている。得られた主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 高エネルギー注入により基板不純物分布にプロファイルを持たせることにより、トランジスタ特性、分離特性などを独立に制御することでLSIの高性能化と高信頼性を同時に達成することが可能であることを見出している。
- (2) 高エネルギー注入によって発生する結晶欠陥について検討し、注入量が $3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ 以上になると、接合リーク電流が急激に減少することを見だし、注入に起因する2次欠陥がイオンの通過した位置に発生した微小欠陥をゲッタリングするセルフゲッタリング機構によることを見出している。
- (3) 新規ゲッタリング技術として、高エネルギーイオン注入により素子形成領域の近傍にゲッタリング領域を形成する近接ゲッタリング技術を提案し、高エネルギー注入後の熱処理により形成される転位等の2次欠陥は結晶欠陥および重金属の捕獲中心として働き、接合特性を向上できることを見出している。
- (4) ゲート電極に窒素イオン注入を行い、ゲート酸化膜を窒化する技術を提案し、窒素の導入により、界面準位の発生および電子トラップが低減できる結果、ホットキャリア耐性の向上、酸化膜の信頼性の向上が可能であることを見出している。さらに、ゲート電極中のボロンの拡散が低減できると同時に、窒化酸化膜がボロン拡散のバリアとして作用することによりボロンのゲート酸化膜突き抜けが抑制できることを示している。
- (5) ソースドレイン拡散層に注入した窒素は、ドーパントの実効拡散係数を低減できる結果、ドーパントの拡散を抑制すると同時に、窒素注入により発生した結晶欠陥は、ゲッタリング効果を有し、ドーパント注入により発生する欠陥の発生を抑制することができ、接合特性の劣化なしに浅い接合の形成が可能であることを見出している。
- (6) 極低加速注入が可能であるプラズマドーピング技術のMOSFETへの適用を検討し、窒素注入技術と組み合わせることにより信頼性の劣化が抑制できることを示している。

以上のように、本論文は、Si-LSIに対し、イオンビームの新規応用分野の提案を行うとともに、その電気的特性および信頼性の向上を示すと同時にメカニズムを明らかにし、LSI開発に重要な情報を提供するもので、電子工学に貢献するところは大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。