



Title	収束イオンビーム技術のマスクレス選択ドーピングプロセスへの応用に関する研究
Author(s)	宮内, 榮三
Citation	大阪大学, 1988, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/35666
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	宮 内 榮 三
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 8046 号
学位授与の日付	昭和63年3月17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	収束イオンビーム技術のマスクレス選択ドーピングプロセスへの 応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 難波 進 (副査) 教授 末田 正 教授 浜川 圭弘 教授 蒲生 健次

論 文 内 容 の 要 旨

LSIを始めとする半導体集積素子の微細化、高集積化等の原動力はリソグラフィによる選択薄膜結晶成長、選択イオン注入ドーピング、選択エッチング等からなる微細加工技術である。半導体集積回路のVLSI化、更にULSI化に伴い微細加工技術も、いよいよ工場レベルでサブミクロン時代に突入し、更に、より微細なナノメータ構造をめざして凌ぎが削られている。又、一方ではこれらの半導体集積回路の高性能化への要求が高まっており、これに伴い、素子設計及び製造技術(CAD/CAM)に大きな革新が求められている。このような要求に対処できる新しいプロセス技術の一つとしてリソグラフィマスクを用いないマスクレスプロセスが期待されている。マスクレス不純物ドーピング、加工等の技術が実現し、薄膜結晶成長技術等と結合すればソフトウェアのみの設計及び制御による真空中での一貫プロセスが可能となり、素子設計の自由度が飛躍的に高まり素子製作工程の完全自動化が可能となる。そこで筆者は、このような構想実現の可能性を検討すべく、集束イオンビーム(FIB)技術を基本とするⅢ-V族化合物半導体(GaAs等)へのマスクレス選択ドーピングプロセス技術の研究開発に取り組み、次の如き内容で本論文をまとめた。

まず序論として、半導体集積回路技術全般の動向、並びに本技術の基盤である微細プロセス技術の現状を述べ、この中での集束イオンビーム(FIB)技術の位置付けを行った。次に本研究の主題であるマスクレス集束イオンビーム注入技術の潜在的特長を述べ、それらを実現し、且つ最大限に活用するための技術的課題を示した。

本研究ではマスクレスイオン注入技術の特長を出すため、任意不純物イオン種のプロセス中に於ける高速選択制御が重要な柱となり、これに適応する複数イオン種が放出可能な高輝度イオン源の開発が課

題となる。そこで、単一のエミッタから複数のP及びn型イオン種(Be, Si)を放出する電界放出型合金液体金属イオン源の試作を行い、それをを用いた100kVの集束イオンビーム注入装置の開発研究を行った。開発されたイオン源や集束イオンビーム形成装置のイオン放出特性、イオン分離特性、サブミクロン径イオンビームの集束特性等、装置基本性能を明らかにすると共に、マスクレスイオン注入技術として最適な装置使用条件を示した。

又、本装置により集束イオンビーム注入された半導体基盤内の不純物分布の断面形状を評価し、計算値との比較検討を行った。その結果より、マスクレス不純物イオン注入部の形状設計が高い精度で可能であることを示した。

次に、マスクレスイオン注入の特長を最大限に発揮できる技術として、イオン種、イオンエネルギー、ビーム径等の諸パラメータがソフトウェアのみで自在に制御できるシステム技術の研究開発を行った。本制御技術の性能向上努力により、0.1 μ m径程度の集束イオンビームを、常にベストに近い集束条件に保ちながら、これらのパラメータを自在に変化させてイオン注入描画できるようにした。又、その制御性能を定量的に評価した。

更に、このような高度なマスクレスイオン注入装置と分子線結晶成長装置を組み合わせた新しい複合結晶装置を開発した。本装置により多層選択P及びn型ドーピングGaAs層を形成し、その形状及び注入位置精度の評価により、二次或いは三次元ドーピング基礎構造がマスク無しで形成可能であることを示した。

最後に、このようなマスクレス選択不純物ドーピング複合結晶成長プロセスの応用として、真空中での素子製作一貫プロセス技術への発展可能性の検討を行い、実現した場合の効果を定量的に示した。

論文の審査結果の要旨

本論文は、将来の超微細高集積化デバイスの製作技術として期待される集束イオンビーム技術に関する研究結果を纏めたものである。

まず、高輝度集束イオンビームの形成に必要なAu-Si-Beイオン源を開発し、予測の通りビーム径0.1 μ m以下の集束ビームが得られる事、ビーム分布の裾の拡がりイオン種の初速度分布による事およびその低減のための条件を明らかにした。また、所望の注入イオン種の選択、イオン電流、ビーム集束径、加速エネルギーおよび照射位置の決定をすべて自動化したシステムを開発した。さらに、これらを用いてイオン注入したGaAs試料について、注入イオンの分布および注入位置精度を測定し、マスクレスイオン注入法の実用性を明らかにした。また、本装置と分子線エピタキシー装置を一体化した全真空一貫自動化プロセス装置を開発し、サブミクロン寸法の高集積パターンをマスクレスプロセスにより形成し、界面の汚染、酸化のない状態でマスクレス3次元加工ができる事を示した。

超高密度集積化の進展とともに半導体プロセスの簡略化、高信頼性が求められているが、本研究によりマスクレスプロセスの実現に有力な手掛かりが得られたことは、半導体工学の発展に寄与するところ

大であり、よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。