



Title	超微細高輝度集束イオンビーム装置の開発研究
Author(s)	相原, 龍三
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/37337">https://hdl.handle.net/11094/37337</a>
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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	あい	はら	りゆう	そう
学位の種類	相	原	龍	三
学位記番号	工	学	博	士
学位記番号	第	9 2 6 7	号	
学位授与の日付	平成	2	年	6 月 22 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	超微細高輝度集束イオンビーム装置の開発研究			
論文審査委員	(主査) 教授	難波	進	
	教 授 末田	正	教 授 蒲生	健次
	教 授 志水	隆一		

### 論文内容の要旨

イオンビームの超L S Iを始めとする各種半導体素子の微細加工への応用は、反応性イオンエッチング、イオン打ち込み、薄膜結晶成長など、不可欠な技術として深く浸透し実用化されている。しかし、これら技術は集束されていないプロードなイオンビームを用いており、マスクを使用したリングラフィ工程が必要である。

一方、集束されたイオンビームを用いるとリングラフィ工程は不要となり、工程は大幅に簡略化され、かつ高信頼高精度の加工技術となる。これまで集束イオンビームを形成し、イオン打ち込みやリングラフィへの応用が試みられたものの、イオンビーム径は、当時最も高輝度のデュオプラズマトロンイオン源を用いても、 $2 \sim 5 \mu\text{m}$ が限界であり、マスクレスイオンビームプロセスへの応用には至らなかった。しかし、液体金属イオン源が出現したことにより、一挙に $0.1 \mu\text{m}$ 以下の集束イオンビームが比較的容易に得られることがわかり、新しい用途開拓の可能性が大きくクローズアップしてきた。それらは、マスクレスイオン打ち込みやエッチング、薄膜結晶成長などであり、高集積化された半導体やOE I CなどのCAD/CAMを使った設計および制御データにより自動化微細加工を実現できる。さらにこの集束イオンビームは、CAD/CAMによって制御加工される電子ビーム描画装置と同様に、サブミクロンレジスト描画への応用も期待される。イオンビームでは、電子ビームに較べて高分解能、高感度の描画ができる。

そこで筆者は、その構想を実現するために本開発研究に取り組んできた。本論文は、その開発研究のまとめであり以下の内容を有している。

### 第一章 序論

本章では、半導体プロセスにおけるイオンビームの応用の現状と、集束イオンビーム装置を半導体プロ

セスに導入する必要性を、VLSIやOECの微細化および新しいプロセス動向と照合して述べる。さらに、本研究成果の意義を明らかにし最後に本論文の構成について述べる。

## 第二章 集束イオンビーム装置の要素技術の開発

本章では、実際の半導体プロセスに導入し、生産用として使用し得る集束イオンビーム装置に必要な要素技術の研究について述べる。その第一は、長寿命化された安定性の高い液体金属イオン源の開発である。第二は静電加速部の高安定化と小型化に関する要素技術の開発である。また、このイオン源より発生したイオンを加速するための小型で安定に動作する静電加速器の開発について述べるとともに、このイオンビームを集束するための静電レンズに安定に高電圧を印加するための真空耐電圧特性の改良について述べる。

## 第三章 汎用集束イオンビーム装置の設計、製作

本章では、良好な集束特性を得るためのイオンビーム光学系を設計する上で、新たに開発した主要な技術である静電型三段縮小イオンビーム集束レンズ系の基本、 $E \times B$ マスフィルターの新しい使用法や二段型ブランカーについて述べる。また、集束イオンビーム装置を用いて精度良く描画するために必要な、二次電子検出器の開発について述べる。さらに、マスクレスイオン打ち込み用への応用を考慮して開発された、イオンビームカラムおよび描画系のコンピュータ制御法について述べる。

## 第四章 特定用途集束イオンビーム装置の開発

本章では、第一に低加速から高加速(20~200KV)の範囲で幅広く高い集束特性を有する広域可変エネルギー集束イオンビーム装置の開発について述べ、次にIII-V族化合物半導体プロセスで、分子線結晶成長装置と接続され、高精度描画機能を有するクリーンおよびその場プロセス用超高真空集束イオンビーム装置の開発について述べる。さらにIII-V族化合物半導体のプロセスで問題となる照射損傷を低減させるための、減速電界集束方式対物レンズを使用した低加速高分解能集束イオンビーム装置の開発について述べる。最後に、集束イオンビーム装置をサブミクロン二次イオン質量分析装置へ応用した研究について述べる。

## 第五章 集束イオンビームの応用

本章では、開発された集束イオンビーム装置を用いて種々の半導体プロセスへの応用実験を行い、その有用性を検証した結果について述べる。その一つは、III-V族化合物半導体への照射損傷に関するものであり、減速電界方式集束イオンビーム装置の優位性の裏づけを行った結果について述べる。次に集束イオンビームのレジスト露光への応用結果について述べる。さらに、マスク修正、IC回路修正への応用として金属細線のデポジションや集束イオンビームによる走査二次電子像をアルミ配線の品質管理へ応用した例について述べる。最後に集束イオンビーム装置の問題点と将来の見通しについて述べる。

## 第六章 結論

本章では、第五章までの研究成果を総括し本研究の結論を述べる。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、超微細高精度集束イオンビーム(FIB)に関し、必要な要素技術の開発、その成果を総合してのFIB装置の開発、およびその半導体プロセスに対する有用性の実証などの研究成果をまとめたものである。FIB装置の開発は世界的にもいくつかの機関で進められてきたが、実用化されて多数の機関で使用されているのは本論文の装置のみである。

FIBに必要な要素技術は、高精度、長寿命液体金属イオン源、静電加速部の高安定化と小形化およびイオンビーム光学系とその制御システムである。

まず、液体金属イオン源の動作特性を研究し、高精度で安定動作のための条件を明らかにし、半導体プロセスに必要なBe, Al, Ga, Si等のイオン源を開発し、1000時間以上の寿命をもつイオン源の開発に成功した。

また、広範囲のエネルギーに対し良好な集束特性を得られる広域可変エネルギーFIB装置、MBEと組み合わせた三次元その場プロセスに必要な超高真空FIB、低損傷プロセスに必要な低エネルギーFIB等の装置を開発した。

さらに開発した装置を用いてイオン注入、レジスト露光、エッチングおよびW膜デポジションなどを行いFIBプロセスの有用性を実証した。

すなわち、本研究は種々の開発課題を学術的技術的検討を加えて解決することにより、世界的に普及しているFIB装置を開発したものであり、ビーム工学の進歩に大きな貢献をするものであり、博士論文として価値あるものと認める。