

氏名	かとう たかあき 加藤 高秋
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第2150号
学位授与の日付	昭和63年5月23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	荷電ビームによる微細パターン形成に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 福澤文雄 教授 東邦夫 教授 山田 公

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、荷電ビームによる微細パターン形成に関する研究をまとめたもので、6章よりなっている。

第1章は緒論であり、本研究の意義を明らかにするため、半導体工業における微細加工技術の発展について概説する中で電子ビーム及びイオンビームを用いた微細パターン形成技術の果す役割を明らかにしている。

第2章では、電子ビーム露光による微細パターン形成技術に対して重要な基礎的研究の成果を述べている。すなわち、レジストパターンに歪みを生じる所謂近接効果は電子の後方散乱に起因すること、及び、それがモンテカルロ・シミュレーションによって定量的に解明できることを示している。また、電子ビーム直接露光における位置合せマーク検出プロセスをモンテカルロ・シミュレーションで解析し、電子ビームのエネルギーが大きい方が良く及びビーム径が小さい方が望ましいことを定量的に明らかにしている。

第3章では、電子ビーム露光をサブミクロン・デバイスの作製に応用した結果について述べている。先ず、高輝度電子放出フィラメントである LaB₆ 単結晶のカソード特性を実験的に調べ、[110] 及び [210] の結晶方位のものが実用上優れていることを明らかにし、ついで、電子ビーム直接露光によって GaAs FET の電極形成及び表面弾性波デバイスの試作を行って好結果を得たこと、並びに、そのモンテカルロ・シミュレーションによる解析を述べている。

第4章では、イオンビームを微細加工に応用する際に重要となる固体内イオン散乱の基礎過程を吟味し、Be 等の軽い原子から Sb 等の比較的重い原子に至るまでの広い質量範囲のイオンに対して、固体内散乱を解析するために開発したモンテカルロ・シミュレーション法を説明している。

第5章では、イオンビームによる微細加工に関する研究結果をまとめてある。先ず、Si や GaAs 等の半導体基板中へイオン注入したとき、注入イオンの濃度分布がモンテカルロ・シミュレーションによってよく再現できることを示し、次に、イオンビームを用いたレジスト露光によるパターン形成について考察し、軽い原子のイオンビームでは反跳原子の影響が少ないことを定量的に明らかにしている。さらに、イ

オンビームを GaAs 基板に照射することによって生じる照射損傷をモンテカルロ・シミュレーションで調べ、入射イオンのみでなく反跳原子そのものもまた損傷発生に大きな影響を及ぼすことを明らかにし、損傷による GaAs デバイスの電気的特性の劣化について定量的な解析を行っている。これらの結果をもとに、損傷の低減には He や Be のような比較的軽い原子イオンを用いることが望ましいことを示している。

第 6 章は結論で、本論文の研究で得られた諸結果を要約し、将来の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

半導体デバイスの開発の歴史は微細加工の歴史といわれるように、微細加工技術は半導体の分野では必須の技術となっている。荷電ビーム応用技術は微細加工技術として中心的役割を担っており、その実用化を目指した研究が多方面で進められている。この実用化のためには、電子やイオンの固体内散乱現象を高精度で解析する手法の確立が必要である。本論文はモンテカルロ・シミュレーションを用いた荷電ビームの固体内散乱に関する理論的考察の結果及び荷電ビームを微細パターン形成に応用した研究結果をまとめたものであり、得られた主要な成果は次のとおりである。

1. 電子ビーム露光でレジストパターンに歪みを生じる近接効果は電子の後方散乱現象に基因することをモンテカルロ・シミュレーションによる解析で明らかにし、その補正方法を示した。また、電子ビーム直接露光における位置合わせマーク検出を高精度で行うためには、ビーム径を小さくし、ビームエネルギーを高くすることが望ましいことを定量的に明らかにした。

2. 電子放出フィラメントとして [110] 及び [210] の結晶方位の単結晶 LaB₆ カソードが実用的に優れていることを示した。

3. 電子ビーム露光により 0.1 μm 程度の微細パターンを形成する最適プロセスを見出し、得られたレジストパターンを用いて GaAs FET のマッシュルーム型ゲート電極が形成されることを示した。さらに、0.5 μm 程度の微細パターンを有する表面弾性波デバイスが高精度で作成できることを示した。一方、高電圧電子ビーム露光技術が近接効果を抑制し、0.1 μm 以下の超微細パターン形成に有利となることを示した。

4. イオンビームの固体内散乱に関して基礎的検討を行い、He や Be 等の比較的軽いイオン種から Sb や Ga 等の比較的重いイオン種に至るまでの様々なイオンの散乱を解析するためのモンテカルロ・シミュレーション法を開発し、これを 200 keV の Be 及び Si イオンを用いたレジスト露光プロセス解析に応用して実験結果とよく合うことを確認した。さらに、イオンビームによるレジスト露光において反跳原子の及ぼす影響を明らかにした。

5. イオンビームを用いた微細パターン形成において問題となる照射損傷の発生についてモンテカルロ・シミュレーションによる解析を行い、反跳原子が大きな影響を及ぼすことを明らかにするとともに、照射損傷による GaAs デバイス特性の劣化がモンテカルロ・シミュレーションにより定量的に解析し得ることを示した。

以上要するに、本論文は荷電ビームの固体内散乱に関して理論的、実験的に詳細な検討を行い、荷電ビ

ームを微細パターン形成技術として実用化するための指針を与えたもので、学術上また實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和63年3月2日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。