Osaka University Knowledge Archive

Title	半導体集積回路製造における電子ビーム露光技術の応用に関する研究
Author(s)	渡壁, 弥一郎
Citation	大阪大学, 1984, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/34886
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【59】

氏名・（本籍）	渡壁弥一郎（わたかべ やいちろう）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 6648 号
学位授与の日付	昭和59年11月5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	**半導体集積回路製造における電子ビーム露光技術の応用に関する研究**
論文審査委員	（主査）教授 三石 明善 教授 難波 進　教授 橋本初次郎　教授 南 茂夫

論文内容の要旨

本論文は，ＬＳＩおよび超ＬＳＩの高集積化，高密度化に不可欠であるマスク製造工程に，電子ビーム露光技術を適用するために行った研究の成果を全７章にまとめたものである。

第１章に，本研究の意義と位置づけを明確にするため，半導体集積回路の進歩とパターンの微細化技術の発展の経過について述べ，その中で電子ビーム露光技術が，製造工程の中でいかに重要な役割をはたすかについて概説している。

第２章では，電子ビーム露光装置の概論についてふれ，その構成要素や動作方式と著者が本研究に用いた電子ビーム露光装置の精度と安定性について検討した結果を述べている。電子ビーム源として高輝度，長寿命が期待される単結晶LaB_6の熱電子放出特性に関し，結晶方位依存性，経時変化について検討し，その有用性を明確にしている。

第３章では，電子ビーム露光で重要な種々のレジストについての概論とその中で実用的なネガレジストの諸特性について検討した結果について述べ，また電子ビーム露光特有の問題である入射電子とレジスト分子および基板との相互作用についての研究成果と今後の応用への基礎づけを行っている。

第４章では，先づ電子ビーム露光技術を使ったマスク製作がいかに半導体集積回路の開発期間を短縮し，かつ低欠陥，高精度マスクの供給を可能にしたかについて述べている。また電子ビームにより製作したマスクの寸法精度，重ね合わせ精度の評価結果およびマスクの低欠陥化技術とクロムマスクのプラズマエッチング技術に関する研究成果を述べている。

第５章では，クロムマスクを使わずに直接シリコンウエハに集積回路パターンを電子ビームで露光する技術（電子ビーム直接露光技術）についての検討結果を述べている。シリコンウエハ上に形成した位

置合わせマークの形状，さらに，位置合わせマーク上のレジストの膜厚と検出精度との関係を計算機によるシミュレーションと対応させて明確にしている。電子ビーム照射損傷に関し，ＭＯＳキャパシタのＣ－Ｖ測定より得られたフラットバンド電圧の変化量をモンテカルロシミュレーションを用いたシリコン酸化膜中の蓄積エネルギー計算と対応させて評価している。また，シリコン酸化膜中に発生した電子ビーム照射による損傷低減のためのアニール法について検討している。

第６章では電子ビーム露光技術を使ったサブミクロンパターンへの応用研究について述べている。先づ，電子ビームを用いたサブミクロンパターン形成の応用例としてＭＯＳトランジスタの試作を行い，その諸特性について考察を行っている。次に，多層構造を用いたサブミクロンパターン形成方法とその応用例としてマイクロブリッジ形ジョセフソンデバイスの作製およびその特性結果について述べている。本章の最後で，従来のドライエッチング法では困難であったＡｌ－Ｓｉ－Ｃｕ 合金のエッチングについて述べ，微細な配線パターンで生じるＡｌのマイグレーション問題に見通しを与えている。

第７章は，本論文の結論として，本論文に記述されている研究成果を総括し，あわせて今後に残された課題についてまとめている。

論文の審査結果の要旨

近年における半導体集積回路の目覚ましい発展は，その製造プロセス，特に微細加工に関する技術の進歩による所が大きい。本論文は，半導体集積回路の高集積化，高密度化に不可欠であるマスク製造工程に電子ビーム露光技術を適用するために行った研究をまとめたもので，多くの成果を得ているがその主なものを要約すると次の通りである。

(1) 電子ビーム露光で用いられるネガ形レジストでは，レジストのベーキングによりポリマ分子の配列の改善や熱架橋によるレジストの高分子化が生じ，感度の向上が見られることを明らかにしている。さらにレジストの断面形状の変化をシミュレートするために，モンテカルロ法によるシミュレーション計算に，現像プロセスを考慮した溶解方程式を導入して，実験結果とよい一致を示す計算結果を得ている。また近接効果の補正法を考え，サブミクロンパターン形成を可能にしている。

(2) クロムマスクの製造に関して，パターン寸法精度±０.２μｍ，欠陥密度０.０２ケ／cm^3の高品質マスクの製造プロセスを確立している。またデータ作成からデータ転送までのソフトウエア技術を確立して，マスク製造までのターンアラウンド時間を短縮している。さらに，平行平板形プラズマエッチング技術を導入することで，クロムマスクの高品質化をはかり，今後のＶＬＳＩ用マスクへの見通しを与えている。

(3) 電子ビーム直接露光において重要な因子である位置合せマークの検出について詳しく研究し，１０ＫＶの加速電圧で高さ２μｍの凸形マークに１μｍ程度の厚さのレジストがある場合，０.１～０.２μｍの検出感度を得ている。

(4) 電子ビーム照射による酸化膜中の損傷についてＭＯＳキャパシタのフラットバンド電圧の変化量を

測定し，その結果をモンテカルロシミュレーションによる酸化膜中の蓄積エネルギー計算の結果と対応させ，電子ビームの損傷過程を明確にしている。

(5) 電子ビーム露光技術の応用として，短チャンネル効果の少ないサブミクロンゲートＭＯＳトランジスタを作りうること，３層構造を用いることにより良好な特性のマイクロブリッジ形ジョセフソンデバイスが作製できることを実証している。

以上述べたように本論文は半導体集積回路の微細加工に用いられる電子ビーム露光技術に関する多くの新知見を含み半導体工学に寄与する所が大きい。よって本論文は学位論文として価値あるものと認める。