OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	半導体ドライエッチング技術と中性フッ素ラジカルの制御に関する研究
Author(s)	清水, 正男
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42321
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

氏名	清水正男
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 16290 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科精密科学専攻
学位論文名	半導体ドライエッチング技術と中性フッ素ラジカルの制御に関する研究
論文審査委員	（主査） 教授 芳井 熊安 （副査） 教授 森田 瑞穂　教授 片岡 俊彦　教授 青野 正和 教授 森 勇藏　教授 広瀬喜久治　教授 梅野 正隆 助教授 安武 潔

論文内容の要旨

本論文は、半導体ドライエッチング技術に関し、インライン素子評価法を確立すること、レーザーコリメーションされた中性フッ素ラジカルによる新しいダメージフリーエッチング技術を開発することを目的として行われたもので、全8章から構成されている。

第1章では、半導体生産工程におけるドライエッチング技術について概説し、本研究の位置づけ、意義および目的を明示している。

第2章では、素子保護膜であるポリイミドの表面改質に用いられるプラズマ処理について、種々の方法が表面電気特性に与える影響を調べ、N_2プラズマ処理が半導体生産工程に最も適することを明らかにしている。

第3章では、ドライエッチングに中性ラジカルを用いる効果を明らかにするための評価方法、および生産工程途中のドライエッチング後の素子評価方法を開発することを目的として、新たに吸収電流像を用いたインライン評価法を提案し、実際の素子観察を行ってその有効性を実証している。

第4章では、ドライエッチング条件の変化によりコンタクトホール内部に残留する有機薄膜の素子特性への影響を調べ、残留有機薄膜によりCMOSインバーターにおいて著しい信号遅延が発生することを明らかにしている。

第5章では、中性フッ素ラジカルによるドライエッチングを行うため、高効率ラジカル源の開発を行っている。中性フッ素ラジカルのみによるSiのエッチングレートを測定した結果、量産プロセスへの適用が可能なレート2 μm／hを達成したことを確認している。

第6章では、フッ素ラジカルのレーザーコリメーションのため、F：$3s^4P_{5/2}$-$3p^4D^0_{7/2}$冷却遷移に共鳴する685nmの波長可変シングルモード半導体レーザーを製作し、共鳴蛍光の観察に成功している。

第7章では、F：$3s^4P_{5/2}$が準安定状態であることから、その寿命を共鳴蛍光観察から実験的に測定している。その結果、準安定寿命は3.7±0.5 μsと短く、$3s^4P_{5/2}$-$3p^4D^0_{7/2}$遷移サイクルを用いたレーザーコリメーションは不可能であることを明らかにしている。そこで、フッ素ラジカルビームの有効なコリメーションを行うため、波長95nmの放射光を利用し、下準位が基底状態である$2s^{52}P$-$3s^2P$遷移サイクルを用いる方法を検討した結果、十分実用的なコリメートビームが得られる可能性を示している。

第8章では、本研究で得られた知見を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、半導体デバイス生産技術において、ドライエッチング後のデバイス評価方法の確立と共に、ダメージフリーなドライエッチング技術の開発を目的とした中性フッ素ラジカルの制御について検討したものであり、本研究の成果を要約すると以下の通りである。

(1)素子保護膜であるポリイミドの表面改質に用いられるプラズマ処理に関し、プラズマガスの種類により、半導体デバイス表面の特性が著しく異なること、特に、酸素プラズマ処理した表面は濡れ性が良くなり、アルゴンプラズマ処理した表面にはカーボンによる電気伝導層が形成されることを明らかにしている。また、プラズマ処理を半導体生産工程に適用する場合、N_2プラズマ処理が最適であることを提案している。

(2)ドライエッチング後の半導体デバイスに電子線を照射し、半導体デバイスに吸収される電流をモニターすることによって、ドライエッチング後のデバイスを評価する方法を新たに提案している。この方法を用いた実験観察から、ドライエッチング中にプラズマによって破壊されたゲート酸化膜に接続されるコンタクトホールを検出できることを実証している。

(3)コンタクトホールのドライエッチング条件の違いによって、コンタクトの電気特性が異なることを示している。また回路シミュレーションを行いコンタクトの電気抵抗が、半導体デバイス内部の信号伝播に著しく遅延を発生させることを明らかにしている。

(4)ダメージフリーなドライエッチングを行うために、ECR プラズマを用いた中性フッ素ラジカル源を開発し、中性フッ素ラジカルのみによるシリコンのエッチングレートを測定し、量産プロセスに適用可能な 2 μm／h を達成している。

(5)フッ素ラジカルのレーザーコリメーションのため、F：$3s^4P_{5/2}$-$3p^4D^0_{7/2}$の冷却遷移に共鳴する685nm の波長可変レーザーを製作し、フッ素ラジカルの共鳴蛍光の観察に成功している。

(6)異方性ドライエッチングを行うために、フッ素ラジカルの軌道を光の放射圧を用いて制御する事を新たに提案し、基本条件について検討を行っている。フッ素原子の準安定状態と励起状態の閉じた遷移を用いてレーザー冷却によるフッ素ラジカルの制御を行う場合に重要となる準安定状態寿命については、これまで信頼できる測定値が無かったが、本研究で正確な測定値を得ている。その結果から、準安定状態と励起状態の間では中性フッ素ラジカルの十分な制御を行えないことを明らかにしている。そこで、フッ素ラジカルビームの有効なコリメーションを行うため、波長95nm の放射光を利用し、下準位が基底状態である $2s^{52}P$-$3s^2P$ の遷移サイクルを用いる方法を検討し、十分実用的なコリメートビームが得られる可能性を示している。

以上のように、本論文では、半導体デバイスの微細加工技術であるドライエッチングプロセスの評価方法を新たに確立し、その有効性を実証している。また、中性フッ素ラジカルビームの軌道制御技術を用いた、半導体デバイスの微細加工を行うための基礎条件を明らかにしている。これらの成果は、精密科学ならびに半導体工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。