Osaka University Knowledge Archive

Title	集束イオンビームによるマスクレス加工法に関する研究
Author(s)	落合, 幸徳
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/35173
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

【45】

氏名・（本籍）	落合幸徳（おちあいゆきのり）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 7294 号
学位授与の日付	昭和61年3月25日
学位教授の要件	基礎工学研究科 物理系専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	**集束イオンビームによるマスクレス加工法に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 難波 進 (副査) 教授 末田 正 教授 山本 錠彦

論文内容の要旨

半導体微細加工技術は年々最小加工寸法が小さくなり，半導体素子の高速化小型化信頼性の向上のみならず，機器の高機能化に寄与し，情報化社会を推し進めてきた。さらに，サブミクロン以下の微細加工技術が求められ，新しいプロセス技術が研究されている。

本論文は集束イオンビームを用いたマスクレス加工法に関する研究である。集束イオンビーム法は現在行なわれているマスクを用いたパターン転写技術に対し，マスクを用いずに半導体微細加工がサブミクロンサイズで行なえる特徴を有している。またイオンビームは，エッチング，イオン注入，デポジション等のほとんどの半導体プロセスを行なえ，集束イオンビーム自身を用いて“その場”観察ができるため，微細素子製作に必要な高清浄雰囲気中での半導体加工が可能である。

集束イオンビームは輝度の高い液体金属イオン源を用いることによって形成が可能になった。このイオン源でイオン化する物質は，液体状態で使用するため，その融点と融点における蒸気圧が低く，エミッタチップ材料との濡れのよいことが必要である。半導体プロセスで必要なSi，GaAs 等への不純物元素は高融点高蒸気圧のものが多く，従来この方法ではイオン化できなかった。本論文ではこれらの元素をイオン化できる液体合金イオン源を開発した。これは必要な元素を含む合金を作成し，融点・蒸気圧を下げ，エミッタとの濡れを改善したためである。これによりAs, B, Sb, Si, Be, Znの各種イオンを液体金属イオン源から得ることができるようになった。

集束イオンビームを用いて半導体のプロセスを行う場合，エッチングプロセスに必要なドースは～10^{18} / cm²で，長時間かかることが実用化する上での問題点である。本論文では，エッチング速度を改善するため，高エネルギー（＞35 KeV)の集束イオンビームをイオンビーム支援エッチング技術（ Ion Beam

Assisted Etching）に応用し各種の特性を測定した。この技術は反応性ガス雰囲気中におかれた試料にイオンビームを照射し，ガスと試料との反応を促進してエッチングするものである。集束イオンビーム装置内に高真空を保つため差動排気を行いながら，走査イオン像の観察が行える試料システムを開発した。集束イオンビームには35 KeVのGa^+を，反応ガスには主に塩素を用いた。

エッチングレートのガス圧依存性より，GaAs，Si，Alに対し，物理スパッタの約１０倍のエッチングレートで，サブミクロンパターンが形成できることがわかった。イオンビーム入射角度依存性の測定より，エッチングレートは60～70°の入射角で最大となることがわかった。これよりイオンビーム支援エッチングにおける増速効果は試料表面単位深さ当りに付与されるエネルギーに比例することがわかった。また，高速で走査するとエッチングレートが減少することから，吸着層の影響が大きいことがわかった。試料温度依存性から，InPでは反応生成物の脱離速度が，Siでは反応ガスの吸着量がエッチングレートに大きく影響していることがわかった。また試料表面エッチング領域の組成分析を行った結果，エッチングが増速されている場合は，塩素の残留はみとめられなかった。

本研究により，半導体加工に必要な元素イオンを放出できる集束イオンビーム用の液体合金イオン源が開発された。またイオンビーム支援エッチング技術により，マスクレスで物理スパッタの１０倍のエッチングレートで微細加工が行えることが示された。

論文の審査結果の要旨

本論文は，液体金属イオン源を用いた集束イオンビーム装置および集束イオンビームを用いたマスクレスエッチング加工に関する研究結果をまとめたものである。

最近，集束イオンビーム装置が半導体工業界の注目を集めているが，その理由は，径0.1 μm以下に集束されたイオンビームにより，不純物イオン注入，パターン加工などの各種半導体プロセスをマスクレスで0.1 μmオーダーの細かさで行える可能性があるからである。

著者はまず種々の合金を用いた液体金属イオン源の開発を行った。すなわち，液体金属で濡らした針状電極に高電界を印加することにより，Au，Si，Be，B，Sb，As などの半導体工業で有用な各種イオンを電界放出により取り出すことに成功し，液体金属イオン源の諸特性を明らかにした。さらに液体金属イオン源を用いた集束イオンビーム装置（最小ビーム径～0.05 μm ）の開発に大きな役割を果した。

次にこの装置を用いた集束イオンビームによる各種エッチング加工の実験を行い，加工特性を詳細に調べた。まず加工速度を早くするためのイオンビーム支援エッチング技術を開発し，GaAs，InP，Si，Al などに対し，Cl_2ガスを用いることによりエッチング速度を１０倍以上増速させることに成功した。この技術により各種半導体に幅0.5 μm深さ５μm 以上の溝を形成することができ，溝先端幅１４ nmという，従来の方法では不可能であった高アスペクト比の細溝加工に成功した。

これらの成果は半導体プロセス技術の進歩に寄与するところ大であり，またナノメートルオーダーの極限構造実現のための有力な加工法を提供するものであり，博士論文として価値あるものと認める。