

ナノ・マイクロクラスターの活動 ＝半導体製造からMEMS/NEMSまで＝

東北大学流体科学研究所ナノ・マイクロクラスターでは、ナノ・ミクロレベルの流体現象を解明し、半導体製造プロセス、MEMS/NEMS（ミクロナノ電子機械システム）、医療・生活浄化機器などに積極的に応用を図っています。また、これら応用分野をサポートする基礎研究として、プラズマ流体、分子熱流体、非平衡分子気体流、ナノ界面流などの各基礎研究を推進しています。これらの応用研究と基礎研究を統合して、半導体製造・MEMS/NEMSをはじめとするナノ・マイクロ産業の発展を支えるのがナノ・マイクロクラスターの役割です。



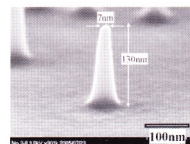
寒川 誠二 教授 samukawa@ifs.tohoku.ac.jp（ナノ・マイクロクラスター長）

中性粒子ビームによる 無欠陥ナノ構造の作製と先端LSIデバイスへの応用

在来型のプラズマ流を利用したエッチングに代わって、中性粒子ビームを用いた半導体デバイスエッチング技術の開発に取り組んでいます。電荷や紫外線が発生してしばしば絶縁膜の破壊が発生する在来型のプラズマエッチングと異なり、電気的に中性な中性粒子ビームを利用することで半導体基板のダメージは大幅に減り、欠陥フリーのナノ構造のエッチングが可能となります。中性粒子ビーム技術の最大の技術的困難はその生成過程にありましたが、我々が開発してきたパルス変調プラズマ方式から発生する大量のマイナスイオンを用い、このイオンから電子を奪うことで、90%以上の負イオンを中性化する技術の確立に成功しました。これによって、25nm以下の線幅の半導体デバイスの製造に近い将来実用化可能な射程に入ってきています。さらに、未来の半導体デバイスとして期待される「量子効果デバイス」の室温動作や、「カーボンナノチューブトランジスタ」の低損傷表面改質に世界で初めて成功しています。

中性粒子ビームによる 超高効率太陽電池・レーザーの開発

太陽電池は再生可能なエネルギー源として注目を集めていますが、変換効率の向上が課題です。また、宇宙用などに用いられる比較的高効率のタンデム型太陽電池には希少元素が必要で大量生産向きではありません。そこで、量子ドットを用いると、バンドギャップを制御できるため、シリコンだけを用いて高効率なタンデム型太陽電池を作製できると期待されています。また量子ドットを高密度に規則的に並べることでミニバンドが形成され、さらに変換効率が高まると期待されています。我々は中性粒子ビームとバイオテンプレートを融合した独自の方法でサイズ及び間隔を自在に制御したシリコン量子ドット（ナノディスク）の高密度規則配列を作製する技術を開発し、現在、この技術を超高効率太陽電池やレーザー素子に応用する研究を進めています。



低温暖化ガスによるエッチングプロセス及び チャンバクリーニング技術

半導体層間絶縁膜のエッチングや、太陽電池用成膜装置のチャンバクリーニングでは、従来、高い地球温暖化係数を持つフロン系ガス(CF₄、C₄F₆等)やNF₃ガスなどが用いられてきました。我々はフロン系ガスの代替ガスとして地球温暖化係数が従来ガスの1/1000であるCF₃Iガスを用いたプラズマエッチングプロセスを提案し、50nm以下という極微細な加工に成功しました。また、シリコン成膜装置のチャンバクリーニングに用いられるNF₃ガスの代替ガスとして、地球温暖化係数が非常に低いF₂(フッ素)ガスを用いたプラズマクリーニングを提案し、高いクリーニング性能を実証しました。

インテリジェントナノプロセスによる高精度プロセス制御

ー徳増准教授・佐藤教授・米村准教授・久保田准教授との共同研究ー

半導体製造装置の実稼働時間は40%程度とされています。我々は半導体製造過程でのオンウェハ・モニタリングシステムを開発し、稼働効率を大幅に向上させる研究を行っています。ウェハ上に計測センサーを埋め込み、デバイス製造過程に発生する紫外線、電荷など数種類のダメージ要素をモニターし、高精度のプロセス制御を可能にしようとする試みです。半導体製造過程にインテリジェントナノ技術を導入するこの試みは、流体科学研究所ナノ・マイクロクラスターの多くの研究者との共同研究として行われています。

大気圧プラズマプロセスの解析・デバイス応用

ー佐藤教授との共同研究ー

大気圧プラズマ流の専門家である佐藤教授と協力し、大気圧プラズマ流によるプロセス（表面処理等）がデバイスに与える影響について研究しています。

極低温マイクロスラッシュによるレジスト剥離

ー石本准教授との共同研究ー

極低温マイクロスラッシュの生成・制御・応用の専門家である石本准教授と協力し、極低温マイクロスラッシュを利用した半導体製造過程におけるレジスト剥離技術の開発に取り組んでいます。

プラズマプロセス表面反応機構の解析

ー徳増准教授との共同研究ー

境界面でのナノスケール反応研究の専門家である徳増准教授と協力し、プラズマ加工における表面反応機構を解明し、半導体製造技術への応用を目指す研究を行っています。

