

中性粒子ビーム装置の概要

尾崎卓哉^{A)}、一木克則^{B)}、寒川誠二^{A)}

^{A)}東北大学流体科学研究所

^{B)}株式会社荏原総合研究所

1 はじめに

IT 革命時代の 21 世紀に展開するデジタル情報家電、ネットワーク情報家電を支えるのは超 LSI、TFT、太陽電池等に代表される超機能半導体デバイス技術である。これらのデバイスは、電子、原子・分子、イオン、フォトンなどのマイクロ粒子を用いた薄膜材料堆積・加工技術により製造されている。東北大学流体科学研究所寒川研究室ではこれら荷電粒子(正負イオン、電子)および中性粒子(原子・分子)の生成方法や加速技術を研究することで、世界に先駆けた原子・分子レベルの超高精度微細加工(エッチング)技術、高機能薄膜材料形成(堆積)技術、あるいは各種表面処理技術の開発を行っている。今回、その中から(株)荏原総合研究所と共同で開発している中性粒子を用いたプラズマエッチングを行う、中性粒子ビーム装置の概要について報告する。

2 中性粒子ビーム

プラズマとは物質の固体、液体、気体の次となる第 4 の状態を表し、ガス分子が中性粒子、正負イオン、電子に分かれた状態を言い、身近では雷や蛍光灯がその一例である。プラズマエッチングとはその状態を利用し、ラジカルやイオン、もしくはその両方で物理的、化学的反応により基板表面のレジストをエッチングする技術である。(図 1)

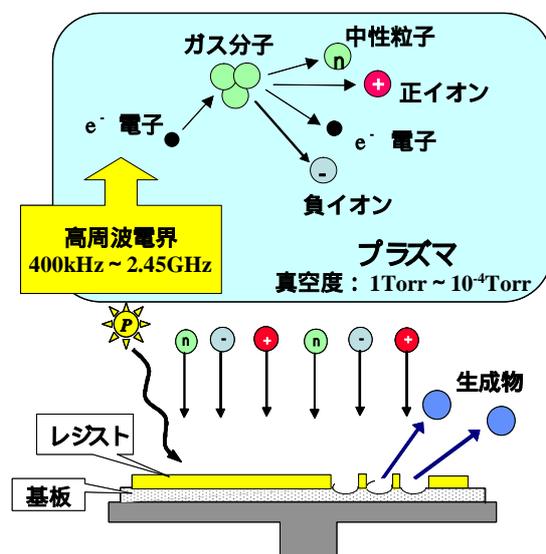


図 1. プラズマエッチング

これまでのプラズマ源では、プラズマから発生される電荷によるチャージアップダメージや、紫外光照射損傷等の問題により 100nm 以下の微細デバイス作成を阻まれている。これらの問題を解決するには中性粒子ビームを用いた加工プロセスが有効であるとされており、これまでも中性粒子ビームの生成を試みられてきたが、従来の装置ではビーム密度が低く、またビームエネルギーも数 keV と非常に高いため実際のプロセス

に要求される高速、高選択エッチングの実現は難しく、幅広い実用化には至らなかった。

そこでこれらの問題点を解決し実用的な中性粒子ビームプロセスを実現するために、1)高密度、2)高効率、3)エネルギー可変の中性粒子ビームの生成を実現できる中性粒子ビーム生成装置の開発を行った。

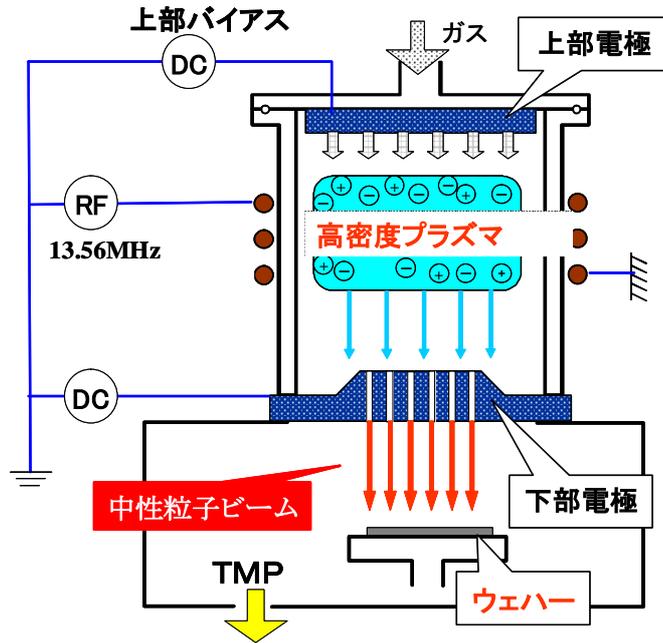


図 2. 中性粒子ビーム源構成

3 装置構成

中性粒子ビーム源の構成を記す。(図 2) この装置は下部電極をはさみ大きく 2 つに分かれており、プラズマを生成・加速するプラズマ生成室、プラズマ生成室から引き出された中性粒子ビームを用いてプロセスを行う基板処理室から構成される。

プラズマ生成室では誘導結合プラズマ(アンテナ電流が作る磁気により放電。磁界の時間変化が電界を誘導し、その電界で電子を加速、プラズマを維持する)を用いて高密度プラズマ($1 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ 以上)を生成しており、上下 2 枚の平行平板型電極に DC、RF バイアスをかける事で発生したイオンをウェハーに対し垂直に加速する。下部電極では、アパーチャーと呼ばれる径 1mm、深さ 10mm 穴が開口率が 50% なるように開いており、正負イオンは通過の際にアパーチャーと衝突し中性化する。(図 3)

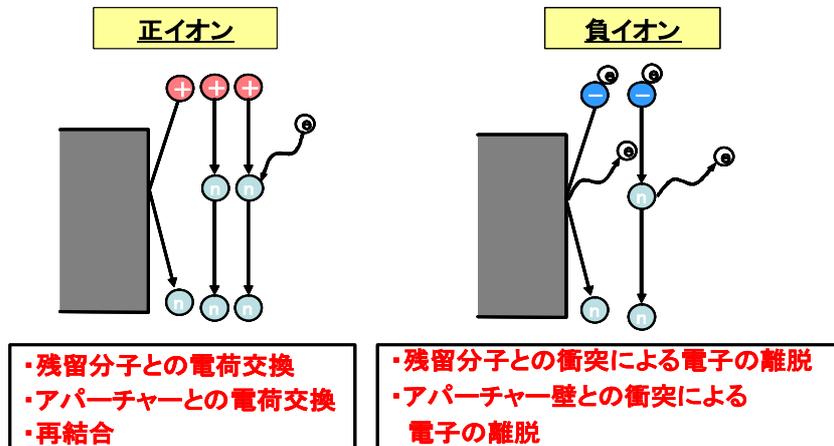


図 3. 中性化メカニズム

つまり、下部電極において活性種を中性粒子にする事でチャージアップダメージフリーに、プラズマを直接基板に当てない事で放射光照射損傷フリーにする事を可能にした。(図4) また、ガスを導入しない場合、プラズマ生成室と基板処理室との圧力差はアパーチャーにより約10倍となっている。(プラズマ生成室>基板処理室) そのため生成されたイオンがプラズマ中を輸送される際には、残留分子との衝突頻度が増加し中性化が促進される。一方、基板処理室へと引き出された中性粒子ビームは基板処理室の圧力が低いため、平均自由行程が長く衝突による散乱がおさえられ、方向性がそろって基板に入射する。これらの垂直性、及び中性化効果により、装置全体として100%近い中性化率を得られた。

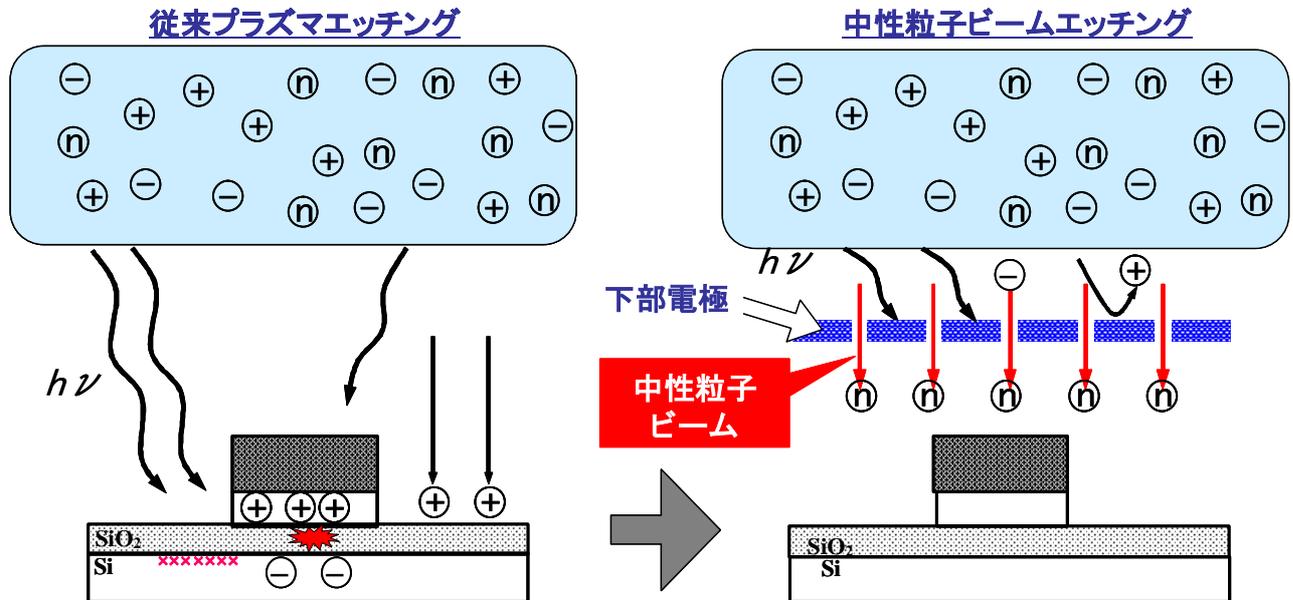


図4. 下部電極における反応

4 まとめ

㈱荏原総合研究所と共同で開発している新た中性粒子ビーム生成装置は高密度、高中性化率の中性粒子ビームを生成した。実用的な中性粒子ビームプロセスを実現するために今後は大口径の開発を進める。