

SC07 プラズマイオン注入による表面改質とそのモニタリング

Surface Modification and its Monitoring in Plasma Immersion Ion Implantation

中 村 圭 二 (中部大工)

NAKAMURA Keiji (College of Engineering, Chubu University)

1. はじめに プラズマを用いた材料プロセスは、プラズマが持つ多様性から様々な分野で実用化されているが、近年、プラズマ中に浸した基材に負バイアスを印加して、イオン注入をベースとした表面処理プロセスが注目されている[1]。従来のビームを用いるイオン注入法に比べて大幅な高スループット化と低コスト化が同時に実現できる可能性を秘めており、各方面で精力的に研究が進められている。本技術はPSII (Plasma Source Ion Implantation)、PIII (Plasma Immersion Ion Implantation)、PBII (Plasma-Based Ion Implantation) など様々な呼び名があるが、本稿ではそれらの技術を「プラズマイオン注入」と呼ぶこととし、それを用いた表面改質やそのモニタリングについて述べる。

2. プラズマイオン注入とは プラズマイオン注入法は、プラズマ中に浸した三次元形状を持つ基材ターゲットにパルス電圧を印加し、ターゲットの各部に一樣なイオンを注入するものである。図1に示すように、真空容器に対して負の高電圧パルスをターゲットに印加すると、ターゲット周辺ではプラズマ中の電子が排斥されてイオンシースが形成されるとともに、印加電圧のほとんどがシースに加わる。シース形状は基材の輪郭に沿うため、三次元形状を持つ基材に向かうイオンの流れが生じ、基材の周囲から一樣にイオンを注入することができる。従来のイオンビームを用いたイオン注入法と比較すると、プラズマイオン注入法では1) 大面積または三次元にわたるイオン注入を行うときに、いわゆるイオンビームの走査が不要、2) イオン流をビーム状にするためのイオンレンズ系が不要、3) それに伴う装置の小型化、といった長所があり、表面処理プロセスの高スループット化・低コスト化が可能である。一方、短所としては、イオンの質量分離機能がないため、イオン種を選択的に注入できない、などがある。

3. プラズマイオン注入による表面改質技術の応用 本手法は、自動車関連部品、金型、工具、製紙・印刷用大型ロールなどの機械分野や、超LSIといった電子デバイスなどの半導体分野など、様々な用途に応用されている。前者の例としてはアルミ合金による自動車エンジン用のピストンの軽量化があり、ピストン全体にプラズマイオン注入法を用いてカーボンイオンを注入して、その後に堆積させるダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜との密着層を形成することにより軽量でなおかつ十分な対磨耗性を有するピストンの開発が進められている。また後者の例としては、0.1 μ m世代に必要な極薄接合技術があり、極めて高濃度の不純物ドーピングを、30-50nmという極めて浅い不純物プロファイルで可能としている。またこれにより製作されたトランジスタが、従来のイオンビーム法を用いた場合と同等以上の性能を有することも報告されている[2]。

4. イオン注入プロセスにおけるその場モニタリング イオン注入プロセスを行う上で最も重要なパラメータの一つにイオン注入(ドーズ)量があり、そのモニタリングはプロセスそのものの制御を行ったり、プロセス結果を理解するのに不可欠な技術である。従来は主にターゲットに流れる全電流をモニタする方法が用いられているが、その電流にはイオン電流のほかに、イオン入射によって誘起される二次電子電流や、パルス電圧印加によってシース幅が時間変化して流れる変位電流が含まれ、所望のイオンフラックスのみを求めることが困難であった。最近、シースで加速された高速二次電子のみをプラズマ中の背景電子から分離して直接測定することに初めて成功し、入射イオンフラックスをin-situで計測する手段が新たに開発された[3]。ターゲット近傍で生成された高速二次電子が、ターゲットと対向して設置されている半導体検出器に入射すると、その内部で電子・イオン対が発生し、そのときの発生電荷量から二次電子の絶対フラックスやエネルギーが得られる。またこの技術を用いるとイオン注入中のターゲット表面における二次電子放出係数も得られ、この二次電子放出係数がターゲット表面に存在する注入元素の量と極めて高い相関を示すことが明らかとなった。通常、イオン注入時においてはスパッタリングも同時に起こるために、イオン注入量とターゲットに存在する注入元素の量とは必ずしも一致しないが、二次電子放出係数を用いるとイオン注入面に存在する注入原子の量そのものの状態をモニタできるので、より高精度なプロセス制御が可能になるものと期待される。[4]

参考文献

- [1] J. R. Conrad et al: J. Appl. Phys., 62 (1987) 4591.
- [2] B. Mizuno et al: Appl. Phys. Lett. 53 (1988) 2059.
- [3] K. Nakamura et al: Plasma Sources Sci. Technol. 11 (2002) 161.
- [4] K. Nakamura et al: Surf. Coat. Technol. 156 (2002) 83.