

プラズマエッチングにおける基板表面へのイオン入射軌跡の解析

Analysis of Ion Trajectories onto Substrate Surface during Plasma Etching

京大院工, °園部 蒼馬, 中崎 暢也, 初瀬 巧, 江利口 浩二, 斧 高一

Kyoto Univ., °Soma Sonobe, Nobuya Nakazaki, Takumi Hatsuse, Koji Eriguchi and Kouichi Ono

E-mail: sonobe.soma.78m@st.kyoto-u.ac.jp

1. 研究背景・目的

半導体デバイスの高集積化および微細化に伴い、プラズマエッチングにおける高精度な加工形状制御の重要性が高まっている。エッチング時に生じる表面ラフネスや形状異常の一因として基板表面へのイオン入射角度が挙げられる。本研究では、プラズマエッチングにおけるイオン斜入射の基礎実験の実現を目的として、基板上にコントロールプレート^[1]を設置した際の、プラズマ・シース内の静電ポテンシャルおよびイオン軌跡の解析を行った。

2. 計算条件

Fig. 1 に計算領域を示す。Si 基板上の金属製コントロールプレートの角度、幅、高さおよび間隔は、 45° 、1 mm、4 mm および 3 mm として、系の静電ポテンシャルの計算を行った。粒子は Cl_2^+ イオンと電子のみを考え、無衝突と仮定して、イオンの運動方程式を速度 Verlet 法で解き、電子は Boltzmann 関係式より統計的に扱った。また、静電ポテンシャルは、Broyden second method^[2]を用いて Poisson 方程式を解くことで求めた。ここで、プラズマポテンシャル、プラズマ密度、電子温度およびイオン温度は、それぞれ 27 V、 $4.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ 、5 eV、および 0.026 eV とした。さらに、算出した静電ポテンシャルを用いて、イオンを $y = 5 \text{ mm}$ から基板に対して垂直に Bohm 速度で入射し、イオンの軌跡計算を行った。

3. 計算結果

Figs. 2 (a), 2 (b)に基板バイアスが -150 V における静電ポテンシャルとイオンの軌跡を示す。コントロールプレートによりシース形状が変化し、イオンが基板に対して斜めに入射していることが確認できる。特に、 $x = 1, 5 \text{ mm}$ 付近から入射されるイオンがコントロールプレートに沿って進み、基板まで到達している。また、イオンが到達している位置 x によって基板表面に対する入射角度が異なることがわかる。Fig. 3 にイオンが基板に到達した際の入射角度分布を示す。入射角度 θ_i は、コントロールプレートの角度 45° 付近をピークとして、 20° から 50° まで広がる。これらの静電ポテンシャルおよびイオン軌跡の解析より、コントロールプレートを用いることで、基板表面に対するイオンの斜入射を実現できることがわかる。

Reference:

[1] S. Takahashi, *et al.*, Nature Materials **8**, 721 (2009).

[2] G. P. Srivastava, J. Phys. A: Math. Gen. **17**, L317 (1984).

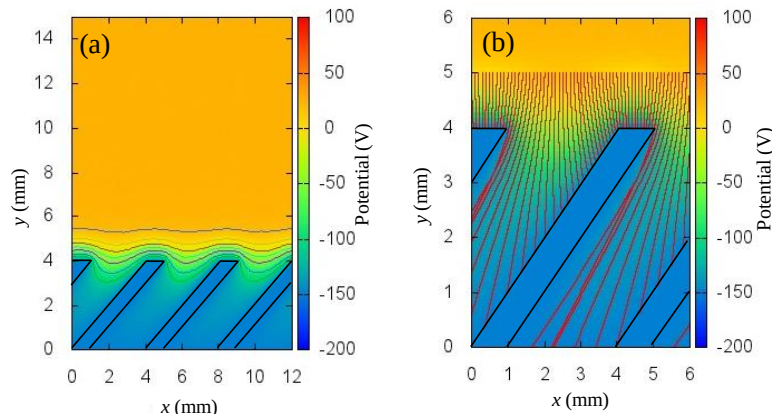


Fig. 2. (a) Electrostatic potential and (b) ion trajectories at a bias voltage of -150 V .

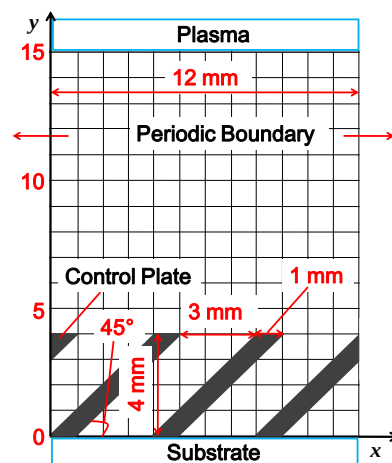


Fig. 1. Schematic of the simulation domain.

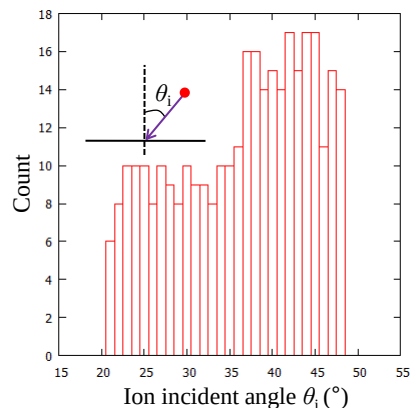


Fig. 3. Histogram of the ion incident angle at a bias voltage of -150 V .