

電界制御板構造が斜め方向プラズマエッチングに与える影響の検討

Effect of structure of ion-sheath control plate on angled plasma etching

京大院工 ○北野 圭輔, 石崎 賢司, 野田 進

Kyoto Univ. ○K. Kitano, K. Ishizaki, and S. Noda

E-mail: k.keisuke@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

我々は、3次元フォトニック結晶 (3D PC) 構造の簡便な実現のために、半導体基板表面に対して斜め方向のプラズマエッチングを行う手法を開発してきた [1]. 本手法は、反応性イオンエッチング時に、基板上に電界制御板を配置して、イオンの軌道を制御し、3次元構造の形成を可能とするものである. これまでに、この斜めエッチングを3方向に対して「同時」に適用することで、わずか1回のプラズマエッチング工程により、完全フォトニックバンドギャップ (PBG) をもつ 3D PC 構造を実現することに成功している [2]. このような斜めエッチング法に基づく 3D PC をより深く形成するためには、精密なイオン軌道・フラックスの制御が重要となる. そこで今回、電界制御板導入時のイオンシースにおける電位分布を3次元解析し、電界制御板の形状がイオン軌道・フラックスに与える影響について検討を行ったので報告する.

図 1(a),(b)には、検討した電界制御板の構造の例を示す. 斜め 35° 方向のエッチングを想定して、底面垂直方向から 35° 傾いた斜めの溝を形成し、図 1(a)では溝に垂直な斜面を形成する場合、図 1(b)では溝と斜面のなす角度 α を鋭角にする場合を想定している. これらの構造において、溝の開口部付近のイオンシースの電位分布を解析した結果を図 1(c),(d)に示す. 図 1(c)では、溝の外部においては、斜面に沿った平行な等電位面が形成され、溝の内部では溝内部に向かって凸状の等電位面が形成されていることが見てとれる. このような等電位面分布は発散性レンズとして機能するため、斜面に垂直方向から溝内部へと入射するイオンの一部は、溝の底部 (試料) へと到達する前に制御板溝側壁に衝突し、失活することになる. この結果、図 2(a)に示すように、溝への入射イオンフラックスは、制御板が無い場合とほぼ同程度であるのに対して、試料に到達するイオンフラックスは $1/8$ まで低下する. 一方、図 1(d)においては、開口部の外側において、外側に向かって凸状の等電位面が形成され、これは収束性レンズとして機能すると考えられる. この結果、図 2(b)において、溝に入射するイオンフラックスが増加することが明らかとなった. 溝内部は発散性レンズ状となっているため、一部のイオンは失活するものの、入射フラックスの増加に起因して溝底部に到達するフラックスも増加し、図 2(a)の場合と比べて 1.7 倍となった. これらの結果は、電界制御板構造の設計により、レンズ効果を制御でき、エッチング角度のみならず、イオンフラックスの詳細な制御が可能であることを示唆している. 詳細は、当日報告する.

【参考文献】 [1] S. Takahashi, K. Suzuki, M. Okano, M. Imada, T. Nakamori, Y. Ota, K. Ishizaki and S. Noda, *Nature Materials* **8**, 721 (2009). [2] 鈴木, 石崎, 興村, 野田, 秋季応物 2a-ZR-8 (2011).

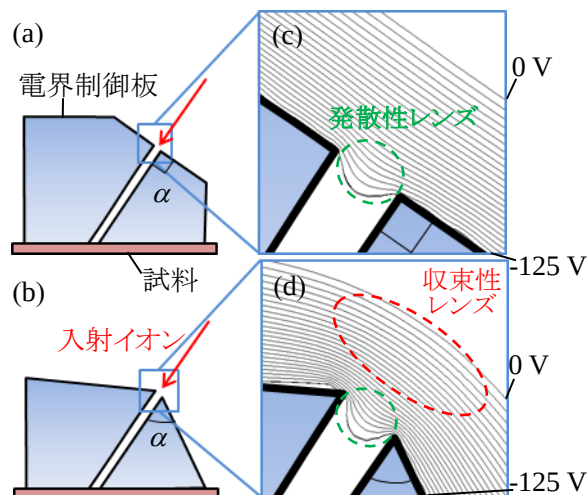


図 1. 電界制御板構造と等電位面.

(a) 構造断面($\alpha = 90^\circ$). (b) 構造断面($\alpha = 60^\circ$).
(c) 等電位面($\alpha = 90^\circ$). (d) 等電位面($\alpha = 60^\circ$).

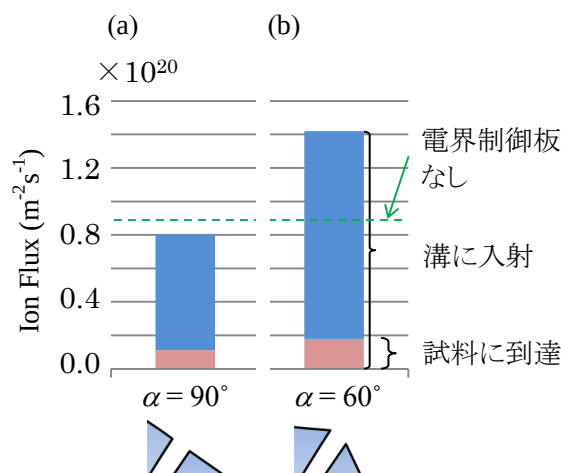


図 2. 各構造におけるイオンフラックス.

(a) $\alpha = 90^\circ$. (b) $\alpha = 60^\circ$.