

3次元 PIC/MC 法による矩形マグネトロンスパッタカソードのエロージョン形状の解析

Analysis of Target Erosion Profile in Rectangular Magnetron Sputtering Cathode by Three Dimensional Particle-in-Cell Monte Carlo Method

○矢部 裕¹, 小寺 恭介¹, 吉田 武史¹, 久保 信一¹, 高橋 理¹, 南部 健一²

(1.株式会社 昭和真空, 2.東北大流体研)

○Y. Yabe¹, K. Kotera¹, T. Yoshida¹, S. Kubo¹, O. Takahashi¹ and K. Nanbu²

(1.Showa Shinku Co., Ltd. 2. Institute of Fluid Science, Tohoku Univ.)

E-mail: yabe@showashinku.co.jp

【はじめに】

マグネトロンスパッタではカソードに磁気回路を組込むことで放電を効率よく起こすことが可能になるが、磁場の影響によりターゲットが局所的に侵食されるためターゲットの使用効率が低下しやすい。ターゲット使用効率を改善するひとつの方法として磁気回路の調整が考えられるが、磁気回路が複雑になると磁場プロファイルとエロージョンの関係は予想しづらい。そのため、カソード開発ではシミュレーションが有用になると考えられる。しかし、市販ソフトでは基本的に3次元の計算に対応していないので矩形カソードの開発に利用できない。そこで、3次元 PIC/MC のコードを開発して、当社製品のスパッタ装置 SPH-2500II の 5"x7"カソードをシミュレーションするとともに、実験から得られたエロージョン形状との比較をおこなった。

【計算方法】

電子, Ar+イオンのサンプル粒子(SP)は、それぞれ 50000 [K], 500 [K]として初速度をサンプリングし、初期のプラズマ密度は $1E14$ [個/m³]で均一として SP に重みを与えた。SP のサンプリングタイムは、電子が $1.0e-11$ [sec], Ar+イオンが $1.0e-10$ [sec]として計算した。Ar+イオンがカソードに入射した際は $\gamma=0.1$ として乱数により2次電子放出の有無を決定した。電子, Ar+イオン間の衝突は無視し、衝突対象である Ar の温度は 300 [K], 圧力は 0.4 [Pa]でガス密度, 速度を決定し、衝突判定をおこなった。計算空間は $126 \times 178 \times 60$ mm で、メッシュサイズは x, y 方向が 0.5mm, z 方向を 0.2mm とした。電位の境界条件はアノード, およびアースシールドの電位を 0[V]のディリクレ条件, 残りの境界はノイマン条件とした。カソード電位は最大-800V, 設定電力を 100W として、カソード電流と設定電力から計算した。電位計算前は各セルに割付けた電荷密度を周辺の 6 セルを使って 20 回の平均化をおこなった。磁場プロファイルは有限要素法により解析した。

【結果】

今回は従来の2極型の磁気回路を使ったカソード, およびターゲット使用効率の改善を図った多極型の高使用効率カソードの2種類の磁気回路を想定しシミュレーションを実施した。Fig. 1. は各磁気回路におけるシミュレーションと実験から得られたエロージョン形状を比較したグラフである。Fig.1 から、シミュレーションから得られたエロージョン形状は、実際の形状とおおよそ一致していることがわかる。このときの高使用効率カソードのプラズマ密度分布を確認すると、エロージョン形状のように幅のあるピーク形状になっていないことがわかった。

※本研究は主に九州大学情報基盤研究開発センターの研究用計算機システムを利用しました。

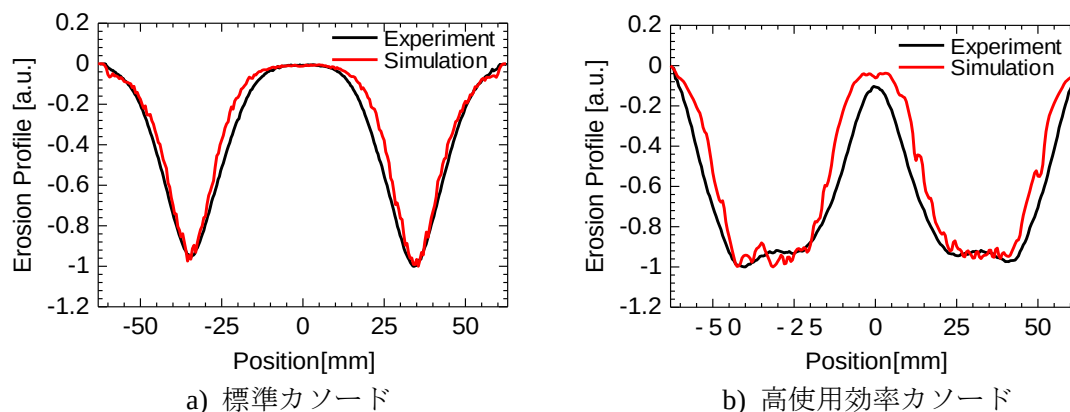


Fig. 1. 各種磁気回路の実験, および計算から得られたエロージョン形状の比較 (5inch 方向).