

# 粒子法による希薄気体流れとプラズマシミュレーション

## Rarefied gas flow and Plasma simulations by particle models

○ 和田 隆生、佐橋 一裕、塩谷 明美 (株式会社ウェーブフロント)

○ Takao Wada, Kazuhiro Sahashi, Akemi Shioya (Wave Front Co., Ltd.)

E-mail: particle@wavefront.co.jp

本講演では、商用シミュレーションソフトの特徴とメーカーにおける数値解析の活用事例について述べる。弊社で開発した DSMC-Neutrals と Particle-PLUS を用いた希薄気体流れとプラズマシミュレーションの計算事例について紹介する。計算手法としてそれぞれ、DSMC (Direct Simulation Monte Carlo) 法と PIC (Particle in Cell) 法を採用している。本予稿集では、実際に企業から依頼があった分野の計算事例について紹介する。

## 1 はじめに

近年、フリーソフトウェアが増えてきているが、商用ソフトウェアの需要も非常に高い。商用ソフトウェアの一番の特徴としては、使いやすさとサポートである。そのために、専門外の方でも計算モデルによっては購入して数日で目的の計算結果を得ることも可能である。本予稿集では、弊社が開発した DSMC-Neutrals [1, 2, 3] と Particle-PLUS [1] を用いた、企業から依頼があった計算事例を紹介する。

## 2 計算事例

希薄気体流れの計算事例としては、CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置内のガス流れ、微粒子の挙動を紹介する。プラズマについては、磁気ヨークを考慮した 3 次元マグネトロンスパッタを紹介する。

### 2.1 計算事例 (希薄気体流れ)

CVD 計算のメッシュと計算結果を図 1 に示す。メッシュは、境界付近は形状を再現するために非構造メッシュを用いており、計算領域中心付近は計算精度が良い立方体のメッシュを採用している。また、気相・表面反応を考慮することも可能である。

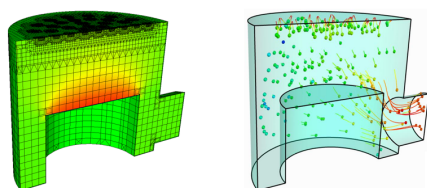


図 1: CVD 装置内のガス流れ

図 2 は真空中に Ar ガスを流入させたときにチャンバー底にある微粒子が舞い上がる計算である。流

入口付近では衝撃波が発生している。

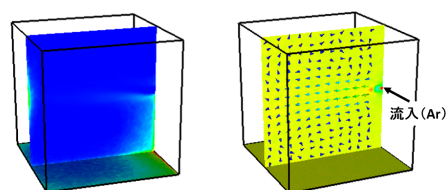


図 2: 微粒子の挙動シミュレーション

### 2.2 計算事例 (プラズマ)

3 次元マグネトロンスパッタの計算結果を図 3 を示す。磁場は FDTD (Finite-difference time-domain method) 法を用いて計算されており、永久磁石の下側にある磁気ヨークの効果も考慮している。

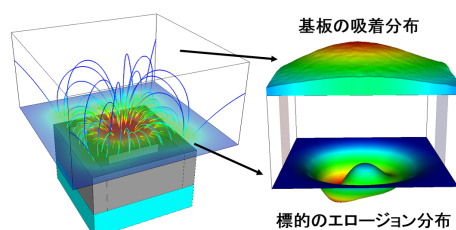


図 3: 3 次元マグネトロンスパッタ

## 3 まとめ

講演では、商用ソフトの特徴と企業から依頼があった幅広い分野の応用事例について述べる。

## 参考文献

- [1] T.Wada, J. Appl. Phys. 116, 044502 (2014).
- [2] T.Wada, and N.Ueda, J. Appl. Phys. 113, 154503 (2013).
- [3] N.Sugie, et. al., J. Photopolym. Sci. Technol. 25, 617 (2012).