

低温かつ低不純物プロセス検証装置に取り付ける酸素負イオンビームおよび
ジエチル亜鉛噴射ノズル機構の設計・製作

Design of Negative Oxygen Ion Beam and DEZn Injection Nozzle for Developing Innovative Plasma Processing

南川和生, 堀田啓介, 森本貴大, 平野達弥, 比村治彦, 政宗貞男, 岡田成文
Kazuki MINAMIKAWA, Keisuke HOTTA, Takahiro MORIMOTO, Tatsuya HIRANO,
Haruhiko HIMURA, Sadao MASAMUNE and Shigefumi OKADA

京都工繊大・電子システム工学専攻
Department of Electronics, Kyoto Institute of Technology

1. はじめに

現在の半導体製造プロセスは、10 nmスケールの微細化や、3次元構造に代表される複雑化へと進展してきている。このような最先端の要請に対応できる新しいプラズマプロセスとして、我々は酸素アニオンラジカル（酸素負イオン） O^- と、飽和蒸気圧の低いジエチル亜鉛（DEZn）溶液とを組み合わせた新奇プラズマプロセスを着想し、そのプロトタイプ装置の設計・製作を進めている。

O^- の電子配置は2重項、いわゆるラジカルなので、その反応性は高い。実際、シリコンの酸化反応が極めて低温下でも進行するなど、様々な報告がある。また、 O^- はラジカルでありながら負イオン、つまり荷電粒子でもある。したがって、原理的に電磁場で制御することができる。プロトタイプ装置では、この O^- だけをDEZnと真空装置内の気相中で反応させることで(ZnO)を作り出す。この(ZnO)を電磁場トラップ内で空間的に一様にする事ができれば、制御性の高いプラズマプロセスが不純物フリーで実現できることになる。

このプロトタイプ装置は、 O^- ビーム源とその偏向機構、DEZn噴射ノズル、真空反応炉、反応炉に繋がる電磁場トラップ部により構成される。本発表では、それらの詳細について述べる。

2. O^- イオン源

図1のように、直径122 mm、高さ35 mmのガラス製容器に対してエンドオンで設置された3ターンのアンテナに13.56 MHzのRF電流を流す。この容器には2 kGの永久磁石が20個、方位角方向に並べられている。高エネルギー電子を遮蔽するための磁気シールドの強さは~100 G、 O^- が生成される領域の大きさは $\pi \times 10^2 \times 21 \text{ mm}^3$ である。計算上、1 kVの引き出し電圧で、この生成領域からビーム電流密度1 mA/cm²の O^- ビームが得られることになる。

3. DEZn噴射ノズル

図2は、新プロセス装置で用いるDEZn用の円錐ノズルの断面を示している。ノズルスロート部の直径を0.1 mm、ノズル下流側の直径を4 mm、長さを13 mmとした円錐に対して、ラバルノズルに対する関係式が成り立つと仮定すると、この円錐ノズルのマッハ数は5である。いま、反応炉の圧力が 10^{-3} Pa の場合、必要となるDEZnの入射ガス圧は、173 Paと計算される。このノズルを用いることで、DEZnガスを広がり角17.2度の指向性で反応炉および電磁場トラップへとまっすぐ入れることができる。

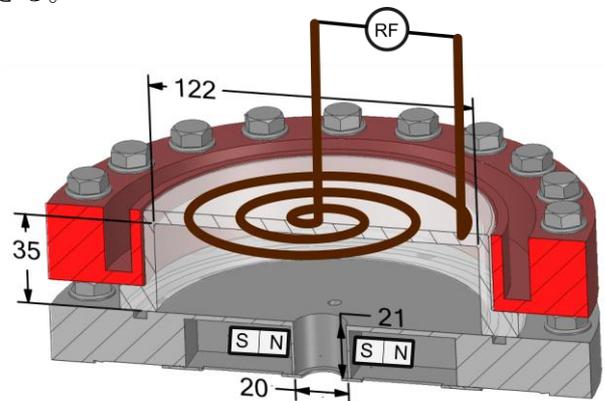


図1 RF酸素負イオン源の鳥瞰図.

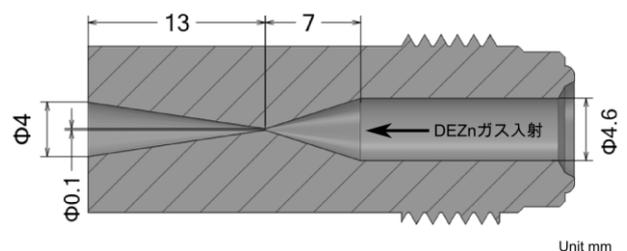


図2 円錐ノズルの断面図.

本研究の一部は、科学研究費補助金挑戦的萌芽研究256001215の支援により行われている。