

原子層堆積装置内の移動現象の解析と設計

Analysis and Design of Transport Phenomena in ALD reactor

横浜国大院理工¹, ワッティ(株)², 謝林生¹, 羽深等¹, 牛川治憲²

Yokohama nat. Univ.¹, Watty Corp.², Linsheng Xie¹, Hitoshi Habuka¹, Harunori Ushikawa²

E-mail: habuka-hitoshi-ng@ynu.ac.jp

【序論】マイクロエレクトロニクスデバイスの微細化を実現する方法の一つとして、原子層堆積 (ALD) 法が挙げられている。ALD 法は、複雑な構造の上に原子層レベルで均一な厚さに製膜することができるものの、原子層単位の製膜であるために極めて長い時間を要し、生産性が低いことが欠点である。これらを解決するためには、装置内の流れと熱を解析し、最適化する設計が必要である。そこで本研究では、ALD 装置の三次元数値計算モデルを作成して熱と流れを把握することを目的とした。

【装置構造と数値計算方法】Fig.1 に ALD 装置の概略を示す。円筒形の容器内に、上側から下向きにアルゴン(Ar)ガスを導入させ、ガス分散盤により加熱しながら容器内に広げる構造とした。容器の下部には、試料台を設けた。本研究では装置の四分の一を用いて、端面に周期境界条件を設定した。

入口のアルゴンガスの流量を 50~500sccm、ガス分散盤の温度を 25~400°C、容器側壁の温度を 200~400°C、圧力を 50~5000Pa、試料台の温度を 350°Cとした。試料台表面と気相の温度分布の数値計算には、熱流体計算ソフト FLUENT を使用した。

【結果と考察】入口のガスの流速を 100sccm、ガス分散盤の温度を 350°C、容器側壁の温度を 200°C とし、操作圧力を 500Pa と 5000Pa として計算した。得られた結果のうち、気相の縦断面の等温線図を Fig.2 に示す。この図において一点鎖線は中心の位置を、破線 A, B, C は中心からの距離が試料台の直径のおよそ 50, 60, 70%の位置を示している。

Fig. 2 (a)に示すように、500Pa においては、中心部の温度は試料台からガス分散盤に至るまでほぼ均一であることが分かった。試料台とガス分散盤の midpoint 付近の温度に着目すると、位置 A においてはほぼ均一であるが、位置 C においては僅かに低下していることが認められる。

次に、5000Pa における気相の温度の様子を Fig. 2 (b)に示す。500Pa と同様に中心部の温度は試料台からガス分散盤に至るまで均一であるが、位置 A における温度は、試料台とガス分散盤の midpoint 付近において低下している傾向が認められ、Fig. 2(a)における位置 C に近い状態であることが分かる。温度が低下する傾向は、容器側壁に近いほど顕著になることから、低温である容器壁により冷却されていると考えられる。

熱移動に着目すると、500Pa では熱伝導が支配的であるが、5000Pa では容器内に生じた渦流の直径が大きくなり、流速も速くなったことが予測された。従って、流れの影響が大きくなったために、容器壁による冷却効果が試料台の内側にまで及んだことが考えられる。

【結論】ALD 装置内の移動現象を解析し、気相温度と操作条件の関係を検討した。圧力の増大により流れによる熱移動が大きくなり、容器側壁の温度の影響が半径の 50%付近の位置にまで及ぶことが予測された。

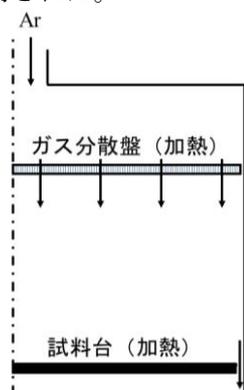


Fig. 1 ALD 装置の概略

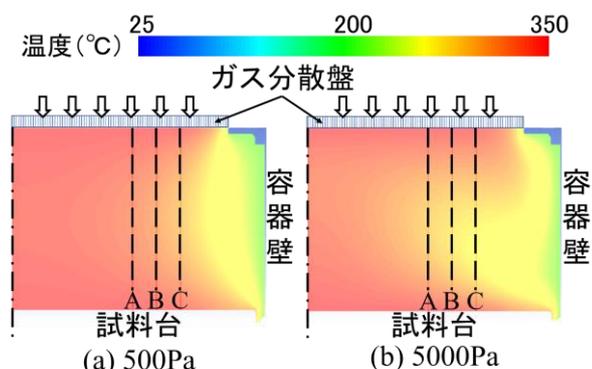


Fig.2 気相の温度分布図 (縦断面) (A, B, C:半径のおよそ 50, 60, 70%の位置)