

流体力学からみたミニマル CVD 装置の特徴 II

Characterization of the minimal CVD tool in the hydrodynamic point of view II

産総研¹, ミニマルファブ推進機構², オリエンタルモーター³, 横国大⁴

○石田 夕起^{1, 2}, 三浦 典子², 池田 伸一^{1, 2}, 伊藤 孝宏³,

羽深 等⁴, クンプアン ソマワン^{1, 2}, 原 史朗^{1, 2},

AIST¹, MINIMAL², ORIENTAL MOTOR Co., Ltd.³, and Yokohama National Univ.⁴

○Yuuki Ishida^{1, 2}, Noriko Miura², Shinichi Ikeda^{1, 2}, Takahiro Ito³,

Hitoshi Habuka⁴, Sommawan Khumpuang^{1, 2}, and Shiro Hara^{1, 2}

E-mail: y-ishida@aist.go.jp

【はじめに】ミニマル CVD 装置の開発においては革新的省資源・省エネルギープロセスを実現することを目的としている。それゆえ、キャリアガス流量を減らすことは必須であり、さらに原料ガスもできるだけ無駄なく使用する必要がある。とくに CVD で最も高品位が要求されるミニマル Si エピタキシャル成長プロセスでは、キャリアガスとして H₂を用いているが、当初 1000 sccm の流量が必要であった。我々は成膜条件を最適化することで、現状は 100 sccm まで削減することが可能となった[1]。この値をレイノルズ数 ($\propto$ 慣性力/粘性力) に換算すると、我々の系では 1 に相当する。通常のメガファブ CVD 装置のレイノルズ数は約 $10^2 \sim 10^4$ であるので、ミニマル CVD 装置は 2~4 桁小さいことになる。すなわち、ミニマル CVD 装置の系では、革新的省資源・省エネルギープロセスを実現するために、低レイノルズ数領域で成長を行わざるを得ない。

低レイノルズ数領域では、慣性項より粘性項の影響のほうが大きいため、ガス流れは層流になりやすく、また流れに擾乱が与えられたときに生ずる渦が安定的に存在できるという特徴がある。Si エピタキシャルプロセスでは、通常 800°C 以上で成長を行うので、100 sccm という低流量では対流が生じてしまう。前回の報告では、シミュレーションによって、この対流が定常的で安定的な渦であることを示した。さらに、対流が生じる条件でかつ内部構造に非対称性があるときに基板上でガス流が一方方向に流れるという偏りが生じることを見出した[2]。そして、この現象を以下のように解釈した。(1) 内部構造の非対称性により生じたガス流の流速の違いが、微小な圧力差を発生させる。(2) 対流による渦構造は動きやすく、この微小な圧力差により渦の中心位置が移動したため、ガス流の偏りが生じた。本発表では、この仮説を確かめるためにシミュレーションを行ったので報告する。

【実験】シミュレーションソフトとして SCRYU/Tetra を用いた。計算条件としては、基板温度 1050°C、H₂ 流量 102 sccm、トリクロロシラン流量 2.2 sccm で行った。また、サセプタの中心軸を 0.5 mm ずらすことで、内部構造を非対称化した。対流が生じない条件は、重力項を 0 にすることで実現した。

【結果】図 1(a)は重力項が存在するときの基板上のガス流れを示している。この条件では対流が生じており、内部構造の非対称性を反映して対流の中心は右に大幅にずれている。なお、流れの方向は対流により、流れの中心に向かっていく。図 1(b)は重力項が存在しないとき、すなわち対流が生じていないときの基板直上のガス流れである。流れの方向は流れの中心から外側である。流速が遅いため、内部構造の影響を受けて、ガス流の中心は右にずれているが、対流有りのケースに比べそのずれは小さい。この結果から、渦構造の存在が基板上のガス流の偏りに影響を与えていることが分かった。

<参考文献>

[1] 石田ら、第 75 回応用物理学会秋季学術講演会、20a-A19-12

[2] 石田ら、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、20p-C101-5

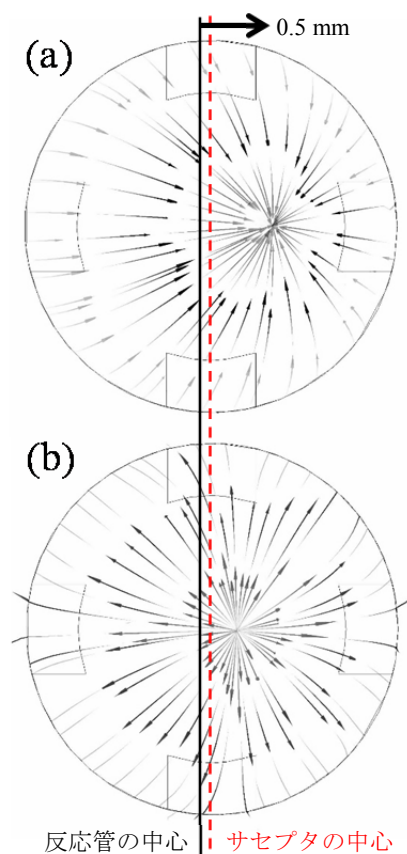


図 1 基板上のガス流速分布
(a)重力項あり、(b)重力項なし