

ミニマルシリコン CVD において SiHCl_3 濃度が輸送現象に与える効果

Effect of SiHCl_3 gas concentration on transport phenomena in Minimal Silicon CVD Reactor

横国大院工¹, [○](M1)入倉 健太¹, 羽深 等¹

Yokohama Nat. Univ.¹, [○]Kenta Irikura¹ and Hitoshi Habuka¹

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

[序論] 環境負荷を抑えながら様々な半導体電子部品を無駄なく適切な量だけ生産するため、小さなシリコンウエハ(直径 12.5 mm)を用いる「ミニマル・ファブ」が提案されている。ミニマル・ファブに用いられる CVD 装置を開発するため、数値解析を用いて装置内の輸送現象を把握した。特に、本研究ではトリクロロシラン濃度がエピタキシャル成長に及ぼす影響を考察した。

[理論] SiHCl_3 が $^*\text{SiCl}_2$ となってシリコン(Si)基板表面に化学吸着し、これとキャリアガスである H_2 が反応することにより Si を製膜する。Si 基板表面で生じる素反応を以下の(1)式、(2)式に、総括化学反応式を(3)式に示す。ラングミュア型の表面反応を仮定して得られる成長速度を(4)式[1]に示す。



$$V = \frac{k_r k_{\text{ad}}}{k_r [\text{H}_2] + k_{\text{ad}} [\text{SiHCl}_3]} [\text{H}_2] [\text{SiHCl}_3] \quad (4)$$

ここで、 k_r はシリコン生成速度定数、 k_{ad} は吸着速度定数、 $[\text{H}_2]$ と $[\text{SiHCl}_3]$ は H_2 と SiHCl_3 の基板表面における濃度である。

(4)式において原料である SiHCl_3 濃度が十分に大きい時、反応速度は以下の式で表される。

$$V = k_r [\text{H}_2] \quad (5)$$

連続の式、運動方程式、エネルギー方程式、化学種輸送の式と理想気体の状態方程式を用いて数値流体計算を行い、装置[2]内の流れ、熱、化学種濃度などを解析した。

[結果と考察] 基板温度 1273 K、基板回転数 4 rpm とし、 H_2 をキャリアガスとして流速を 0.004 m/s、 SiHCl_3 濃度を 1~40 % と変化させ、1 気圧、入口温度 300 K で供給した時の解析結果を以下に示す。 SiHCl_3 濃度 1, 40% の時の流速ベクトルを Fig. 1、温度分布を Fig. 2 に示す。 SiHCl_3 濃度を増大させることにより低温領域が下まで広がり、高温領域が基板表面近くのみ狭まっている。これは SiHCl_3 濃度の増大により重くなったガスが流れ落ちることにより、下から立ち上がる自然対流を抑えていると考えられる。これにより気相反応による Si 粒子の発生を抑制することが可能となり、得られる Si 膜の表面が鏡面になることが考えられると共に、リアクタクリーニングが不要になっていると考えられる。

[結論] ミニマル CVD 装置内の輸送現象の数値解析を行った。 SiHCl_3 濃度を大きくすると高温領域が基板表面近傍に狭まり、Si 粒子発生を抑制することにより鏡面の Si 製膜が可能になっていると考えられる。

[文献] [1] H. Habuka *et al.*, *J. Crystal Growth*, 327 (2011) 1.

[2] 山田彩未, 平成 27 年度横浜国立大学卒業論文, 2015.

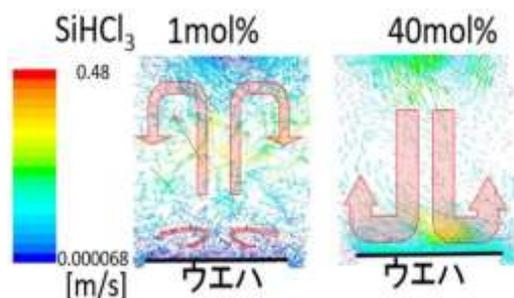


Fig. 1 Velocity vector diagram

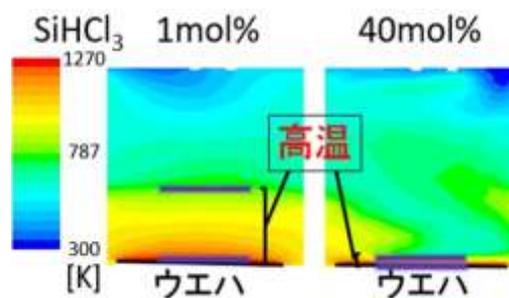


Fig. 2 Temperature contour lines