

SiHCl₃-SiH_x系シリコンエピタキシャル成長の反応速度式

Rate Theory of Silicon Epitaxial Growth in SiHCl₃-SiH_x-H₂ system

横国大院工¹ 渡部 亨¹, 齋藤 あゆ美¹, 羽深 等¹

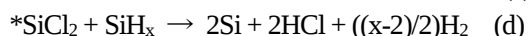
Yokohama Nat. Univ.¹ Toru Watanabe¹, Ayumi Saito¹ and Hitoshi Habuka¹

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

[序論] トリクロロシラン(SiHCl₃, TCS)を用いて Si エピタキシャル成長を行う場合、成長速度の飽和[1]を越えるために SiH_x を添加する方法が提案[2]されている。この時、基板表面で生じる化学反応の速度式を検討し、実験結果と照合したので、その詳細を述べる。

[実験] 反応器内に設置した Si 基板をハロゲンランプにより 700℃に加熱した。キャリアガスには H₂ を、成膜用のガスには SiHCl₃(TCS)を、SiH_x 生成用ガスとしてモノメチルシラン(SiH₃CH₃, MMS)を用いた。基板表面の自然酸化膜を除去した後、H₂ (1 slm)、TCS (24 sccm)、MMS (0~12 sccm)を常圧において 20 分間 Si 基板に供給して Si 薄膜を形成した。成膜前後の基板の厚さから、成膜速度を算出した。

[速度式] シリコン表面における SiCl₂ の吸着、脱離と消費を考慮して Si の成膜速度を記述した。“*”は SiCl₂ が表面に吸着している状態であることを表す。(a), (b)式は、TCS による表面反応[1]である。(c)式に示すように、*SiCl₂ の一部は脱離する。気相分解により MMS から生成した SiH_x と *SiCl₂ が(d)式のように反応して Si が生成する。並行して(e)式に示すように、*SiCl₂ が被覆していないサイトにおいて SiH_x が Si を形成する。



*SiCl₂ による表面被覆率を仮定し、定常状態における反応速度式を導出した。

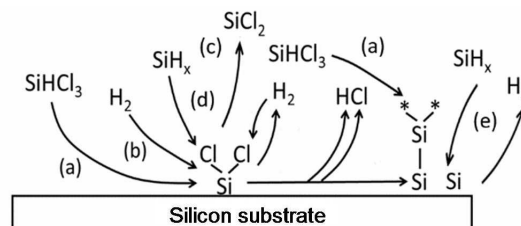


Fig. 1 Surface chemical process

$$R_{\text{Si}} = \frac{k_{(a)}k_{(b)}[\text{SiHCl}_3][\text{H}_2]}{k_{(a)}[\text{SiHCl}_3] + k_{(b)}[\text{H}_2] + k_{(c)} + k_{(d)}[\text{SiH}_x]} + \left(\frac{k_{(a)}(2k_{(d)} - k_{(e)})[\text{SiHCl}_3]}{k_{(a)}[\text{SiHCl}_3] + k_{(b)}[\text{H}_2] + k_{(c)} + k_{(d)}[\text{SiH}_x]} + k_{(e)} \right) [\text{SiH}_x] \quad (\text{f})$$

$k_{(i)}$ は(i)式の反応速度定数である。ここで、TCS の濃度が十分に大きい場合には、次式のように表せる。

$$R_{\text{Si}} = k_{(b)}[\text{H}_2] + 2k_{(d)}[\text{SiH}_x] \quad (\text{g})$$

(g)式より Si の生成速度は MMS の濃度の増大と共に増大することがわかる。

[結果と考察] Fig. 2 に MMS 濃度と成長速度(μm/min)の関係[2]を示す。MMS のみを用いた場合の成長速度は、極めて小さい値であった。TCS と MMS の混合により TCS のみの場合より成長速度が増加した。同時に、排出ガス中のクロロシラン濃度が減少した。これらにより、(g)式が正しいことが考えられた。

[結論] TCS と SiH_x を混合して Si エピタキシャル成長速度を増大させる反応の速度式を導出した。実験結果と一致

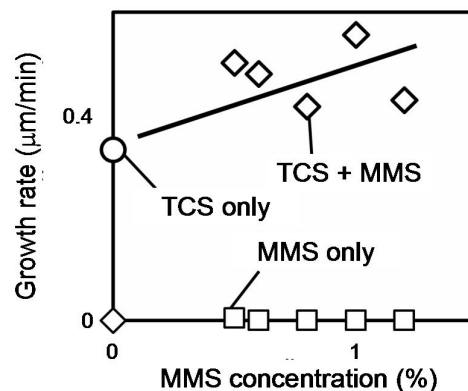


Fig. 2 Silicon epitaxial growth rate

する傾向を示したことから、期待した反応機構が実際に生じている可能性がある。

参考文献

[1] H. Habuka *et al.*, J. Cryst. Growth, **169** (1996) 61-72.

[2] 齋藤あゆ美 ほか、第 76 回応用物理学会秋季学術講演会、14p-1C-16 (2015) .