

CVD 成長 4H-SiC 中 Al 濃度の (0001) 及び (000-1) 基板オフ角依存の考察

Discussion on Reported Misorientation-Dependent Al Concentrations in 4H-SiC Layers Grown on (0001) and (000-1) Substrates by Chemical Vapor Deposition

法政大

○望月 和浩, 三島 友義

Hosei Univ.

○K. Mochizuki, T. Mishima

E-mail: kazuhiro.mochizuki.66@hosei.ac.jp

はじめに MOVPE 成長した GaN 中の C 濃度が(0001)面[1]あるいは(000-1)面[2]からのオフ角 θ の増加と共に減少する傾向は、ステップまたはキンクにおける不純物偏析(偏析係数 $k < 1$)で説明した[3,4]。同じく $k < 1$ である MBE 成長 InGaAs 中の In 濃度が θ の増加と共に増加する傾向は、In の表面拡散で説明した[5]。それに対し、 $k < 1$ と推定される CVD 成長 4H-SiC 中 Al[6,7]の濃度は、 θ の増加と共に、(000-1)オフ基板上で減少し、(0001)オフ基板上で増加する[8]。この結果を、平均ステップ間隔 λ_0 と Al 成長種の表面拡散距離 λ_{Al} の大小関係に基づいて考察したので、報告する。

考察 Al 成長種は気相拡散により [Fig. 1(a)], 荒れた面あるいはステップ/テラス面に到達する。荒れた面上成長では[6,7], 偏析係数は気相中 Al 濃度に対する固相中 Al 濃度(N_{Al})の比となる[Fig. 1(b)]。一方, Al 成長種が表面拡散するステップ/テラス面上成長では, (i) $\lambda_{Al} > \lambda_0/2$ の場合, Al はキンクで取り込まれた後, ステップ端や表面から排出される[Fig. 1(b)]。しかし, (ii) $\lambda_{Al} < \lambda_0/2$ の場合, C/Si 比(原料ガス中の Si 原子数に対する C 原子数の比)が高く, キンクが C で占有される時, キンクで取り込まれる Al 原子の数は, Al 成長種の表面拡散フラックスに律速される[Fig. 1(c)]。

4H-SiC(000-1)オフ及び(0001)オフ基板上ステップ高さの最頻値は、それぞれ 1, 4 分子層と異なるため[9], λ_0 は実験値のある θ (4° 及び 8° [8])に対し Table I のように求められる。(0001)オフ基板上での表面拡散律速を仮定すると, BCF 理論[5]に基づき, C/Si 比が 3 から 6 の範囲における実測濃度比 $N_{Al}^{8^\circ} / N_{Al}^{4^\circ}$ を再現する(0001)面上の λ_{Al} は 2 nm 程度以下と求められた。この λ_{Al} は(ii)の条件 $\lambda_{Al} < \lambda_0/2$ を満足している。(000-1)面上の λ_{Al} も同程度と仮定すると, (000-1)オフ基板上では(i)の条件 $\lambda_{Al} > \lambda_0/2$ が成立しており, ステップ/キンク偏析が N_{Al} を律速すると説明できる。

謝辞 ご討論頂いた東京大学名誉教授西永頌先生に感謝致します。

- [1] F. Horikiri et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **56** (2017) 061001.
- [2] K. Nagamatsu et al., *J. Cryst. Growth* **512** (2019) 78.
- [3] T. Nishinaga et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **28** (1989) 836.
- [4] K. Mochizuki et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **59** (2020) 068001.
- [5] K. Mochizuki and T. Nishinaga, *Jpn. J. Appl. Phys.* **27** (1988) 1585.
- [6] K. Mochizuki et al., *J. Electron Devices Soc.* **7** (2019) 470.
- [7] K. Mochizuki et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **58** (2019) 051009.
- [8] T. Yamamoto et al., *Mater. Sci. Forum* **264-268** (1998) 111.
- [9] T. Kimoto et al., *J. Appl. Phys.* **81** (1997) 3494.

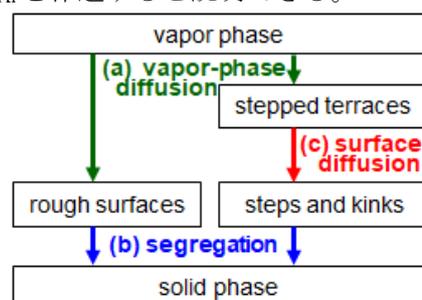


Fig. 1. Flow chart of aluminum segregation steps during CVD growth of 4H-SiC.

Table I. Estimated mean terrace width λ_0 .

off angle	(000-1)	(0001)
4°	3.6 nm	14.5 nm
8°	1.8 nm	7.2 nm