

# 高温ガス成長法による高速レートでの $\phi 4$ 長尺 4H-SiC 結晶の成長

## Demonstration of High-Speed Growth of $\phi 4$ inch Thick 4H-SiC Single Crystals

### by High Temperature Chemical Vapor Deposition (HTCVD) Method

株式会社デンソー<sup>1</sup>, 一般財団法人 電力中央研究所<sup>2</sup>

○徳田雄一郎<sup>1</sup>, 久野裕也<sup>1</sup>, 上東秀幸<sup>1</sup>, 岡本志武<sup>1</sup>, 神田貴裕<sup>1</sup>, 大矢信之<sup>1</sup>, 星乃紀博<sup>2</sup>, 鎌田功穂<sup>2</sup>, 土田秀一<sup>2</sup>

DENSO CORPORATION<sup>1</sup>, Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)<sup>2</sup>

Y. Tokuda<sup>1</sup>, H. Kuno<sup>1</sup>, H. Uehigashi<sup>1</sup>, T. Okamoto<sup>1</sup>, T. Kanda<sup>1</sup>, N. Ohya<sup>1</sup>, N. Hoshino<sup>2</sup>, I. Kamata<sup>2</sup>, H. Tsuchida<sup>2</sup>

E-mail: yuichiro\_tokuda@denso.co.jp

4H ポリタイプのシリコンカーバイド (4H-SiC) は、低損失かつ高耐圧のパワーデバイスを実現できる半導体材料であり、すでにシリコン (Si) の性能を遥かに超えるパワーデバイスが実現している。しかし、さらなる性能向上、普及の上ではいくつかの課題を抱えており、その一つが高品質、低コスト、高生産性を両立する SiC バルク結晶成長手法の実現である。この課題解決に向けて、我々は高温ガス成長法の研究開発を行ってきた[1], [2]。今回は、高温ガス成長法による高速・長尺成長について報告する。

今回実験に用いたガス成長炉の模式図を図 1 に示す。炉内に黒鉛製反応容器が配置してあり、 $\phi 4$  インチ 4H-SiC を種結晶とした。なお、成長面は下方に向け配置した。この反応容器を誘導加熱により加熱した。このとき、結晶表面温度よりも、下方 (Cracking Zone) は高温となる。反応容器の壁面をパイロメーターにより温度を測定した。原料ガスとして  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{C}_3\text{H}_8$  を、キャリアガスとして  $\text{H}_2$  を下方より投入した。このとき投入原料ガスは高温領域 (Cracking Zone) で分解され、分解したガスは種結晶上で結晶化する。

$\phi 4$  インチ全面で均一な長尺結晶成長を実現するためには、成長結晶表面の温度分布の均一化に加え、成長結晶表面に衝突するガスの流速分布の均一化が必要である。そこで、シミュレーションを用いて、ガス流速分布の成長速度への影響を調査し、流速分布均一化の検討を行った。さらに長尺成長の実現の上で、結晶の長尺化に伴う炉内温度変化を抑制する必要がある。そこで、長尺化しても炉内の温度変動が少ない炉内構造を提案し、シミュレーションを用いて検証を行った。これらの検討を踏まえ設計した炉内構造を用いて短時間 (2 h) 成長を実施し、プロセスウィンドウの把握を行った。C/Si=1.0 とし、投入する原料ガス流量を変え、成長速度および結晶品質への影響を調査した。見積もられたプロセスウィンドウを図 2 に示す。なお、シミュレーションから予測される成長結晶の表面温度を横軸に取っている。温度が高く、投入原料ガスの分圧が高い条件において、高速レート (2-3 mm/h) での単結晶成長が可能であることが判明した。さらに、このプロセスウィンドウを踏まえて、長時間 (10 h) の成長実験を実施した。実験で得られた長尺結晶の一例を図 3 に示す。2 mm/h の高速レートで結晶厚さ 20 mm の  $\phi 4$  インチ単結晶成長を実証した。また成長結晶の厚さの標準偏差は 0.34 mm と分布は小さく、均一に成長できていることが分かった。

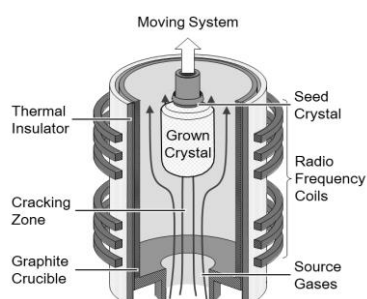


Fig. 1 Schematic illustration of HTCVD reactor.

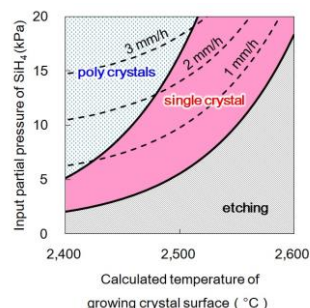


Fig. 2 Process window for  $\phi 4$  inch 4H-SiC crystal growth.

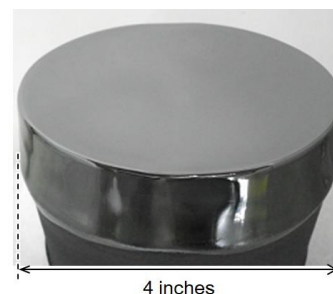


Fig. 2 A typical 4H-SiC crystal (thickness of 20 mm and growth rate of 2 mm/h)

[1] Y. Tokuda *et al.*, *J. Cryst. Growth*, vol. 448, pp. 29–35, Aug. 2016.

[2] N. Hoshino *et al.*, *J. Cryst. Growth*, vol. 478, pp. 9–16, Nov. 2017.