

## 高温ガス成長法による $\Phi 6$ inch 4H-SiC 結晶の開発

### Development of $\Phi 6$ inch 4H-SiC Crystals in High-temperature Gas Source Method

デンソー<sup>1</sup>, 電中研<sup>2</sup> ○神田 貴裕<sup>1</sup>, 岡本 武志<sup>1</sup>, 徳田雄一郎<sup>1</sup>, 鈴木 玄<sup>1</sup>, 大矢 信之<sup>1</sup>,

牧野 英美<sup>1</sup>, 上東 秀幸<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>, CRIEPI<sup>2</sup>, ○Takahiro Kanda<sup>1</sup>, Takeshi Okamoto<sup>1</sup>, Yuichiro Tokuda<sup>1</sup>,

Gen Suzuki<sup>1</sup>, Nobuyuki Ooya<sup>1</sup>, Emi Makino<sup>1</sup>, Hideyuki Uehigashi<sup>1</sup>

Norihiko Hoshino<sup>2</sup>, Isaho Kamata<sup>2</sup>, Hidekazu Tsuchida<sup>2</sup>,

E-mail: TAKAHIRO\_KANDA@denso.co.jp

#### 1. 概要

SiC デバイスの本格普及にむけ、低コストかつ高品質な SiC 単結晶の製造技術の確立が要求されている。昇華法に比べ、低コスト高品質化の可能性のある高温ガス成長法[1-2]において炉内構造及びプロセス条件を検討した。異種多形の発生抑制、応力による結晶の割れを解消し、 $\phi 6$ inch の 4H-SiC 結晶成長技術を開発した。

#### 2. 実験および結果

大口径化に伴う結晶割れ問題に対して、結晶成長中における結晶の周方向応力に対して検討を実施した。今回、熱流体シミュレーション (STR 社製 VR-CVD SiC) を用い、結晶中心と外周の表面温度差  $\Delta T$  が異なる結晶に発生する周方向応力をシミュレーションにて検討した。図 1(a)に示すように  $\Delta T=26^\circ\text{C}$  となった場合は結晶外周部の周方向応力  $\sigma_\theta=46\text{MPa}$  であった。一方で、図 1(b)に示すように  $\Delta T$  が  $8^\circ\text{C}$  となった場合は  $\sigma_\theta=28\text{MPa}$  であった。 $\Delta T$  を抑制することで周方向応力を低減可能であることが示唆された。

また、異種多形抑制に対しては量子科学計算と熱流体シミュレーションを用いて、基板表面で反応する分子種を求め、量子分子動力学シミュレーション(DFTB/MD)で分子種を構成する原子の表面拡散を解析した。その上で、大口径成長に対する導入ガス条件(原料ガス分圧や原料ガス流量)を検討した。

実験は、縦型の高温 CVD 装置を用い SiC 結晶成長を実施した。使用した種結晶は 4H-SiC( $4^\circ$  オフ)、成長面は C 面(000-1)を用いた。原料ガス種として  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{C}_3\text{H}_8$ 、キャリアガスとして  $\text{H}_2$  を使用した。結晶応力低減を目的として、径方向  $\Delta T$  を抑制する炉内構造設計を行い結晶に発生する応力の低減を実施した。また、異種多形制御を目的として、上記のシミュレーションにて検討した導入ガス条件となるように各ガス種の流量制御を行うことで、異種多形の制御を実施した。その結果、図 2 に示すような  $\Phi 6$ inch 4H-SiC 結晶の成長に成功した。

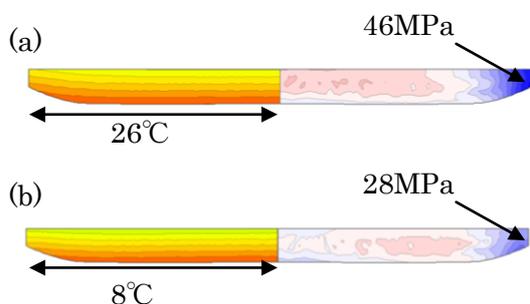


Fig.1 Simulation results for the thermal stress with two different temperature distribution of  $\Phi 6$ inch crystal.



Fig.2 Photograph of  $\Phi 6$ inch 4H-SiC crystal by gas source method.

[1] N. Hoshino et al., Appl. Phys. Express 7 (2014) 065502.

[2] Y. Tokuda et al., J. Cryst. Growth 448 (2016) 29–35