

Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中の Fe 原子の拡散に関する調査Investigation of Fe atom diffusion in Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>タムラ製作所<sup>1</sup>, 情通機構<sup>2</sup>°佐々木 公平<sup>1,2</sup>, ワン マンホイ<sup>2</sup>, 東脇 正高<sup>2</sup>, 倉又 朗人<sup>1</sup>, 山腰 茂伸<sup>1</sup>Tamura Corp.<sup>1</sup>, NICT<sup>2</sup>°Kohei Sasaki<sup>1,2</sup>, Man Hoi Wong<sup>2</sup>, Masataka Higashiwaki<sup>2</sup>, Akito Kuramata<sup>1</sup>, Shigenobu Yamakoshi<sup>1</sup>

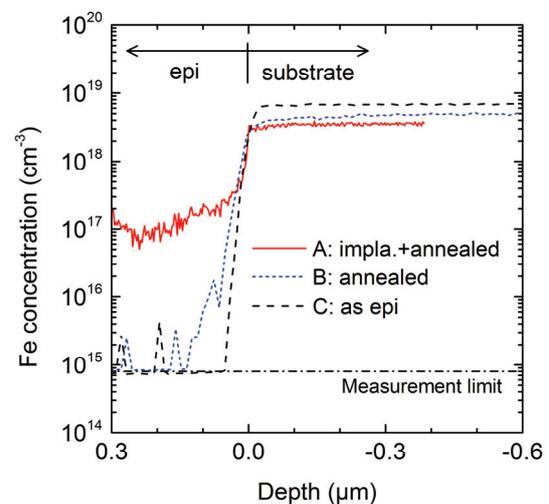
E-mail: kohei.sasaki@tamura-ss.co.jp

$\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、約 4.8 eV という非常に大きなバンドギャップから、SiC や GaN よりも高い絶縁破壊電界強度を有すると期待される。さらに、融液成長法によって大型のバルク結晶を製造可能なことから、安価かつ簡便に大型の単結晶基板が得られるという特徴もある。これらの利点から、我々は Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が次世代のパワーデバイス用半導体材料として有用であると考え、研究開発を行ってきた。最近、Si イオン注入による n 型ドーピング技術を開発することに成功した[1]。また、その Si イオン注入プロセスを、チャンネルおよびコンタクト両層のドーピングに用いた Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MOSFET の作製にも成功した[2]。しかし、チャンネルの Si 注入濃度を  $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  とした MOSFET は良好なデバイス特性およびその基板面内分布を示したものの、注入濃度を  $1 \sim 2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  に下げたサンプルでは、チャンネル層導電率の面内均一性が悪化し、場所によっては高抵抗化するという問題が確認された。この原因として、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピタキシャル成長中、もしくはイオン注入後の活性化アニール工程において、半絶縁性を得る目的で基板にドーピングしている Fe 原子がチャンネル層へと拡散し、その結果キャリアを補償していることが考えられた。そのため、今回、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中の Fe 原子の拡散に関する調査を行ったので報告する。

Fe を  $3 \sim 7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  程度ドーピングした高抵抗  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (010) 基板上に、MBE を用いて厚さ 300 nm のアンドープ層をホモエピタキシャル成長したエピ基板を 3 枚(試料 A, B, C)用意した。試料 A には、多段イオン注入により Si 濃度  $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、深さ 300 nm のボックスプロファイルを形成した後、950°C、30 分間のアニール処理を施した。このプロセスは、注入した Si 原子の最適活性化アニール条件に相当する。試料 B は、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピ基板への Si イオン注入は行わずに、試料 A と同条件の 950°C、30 分間のアニール処理のみを施した。試料 C にはイオン注入もアニール処理も行っていない。これら 3 試料の Fe 濃度プロファイルの SIMS 分析結果を図に示す。試料 A では、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピタキシャル膜中全域に渡って  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  台の Fe 原子が観測されたのに対し、試料 B, C ではほとんど見られない。この結果から、チャンネル層の導電率低下の原因は、活性化アニール処理中に生じる Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピ層への Fe 原子の単純な熱拡散ではなく、イオン注入ダメージに起因する異常拡散によるものと推察される。

[1] K. Sasaki et al., APEX 6, 086502 (2013).

[2] M. Higashiwaki et al., IEDM Tech. Dig., 707 (2013).

Depth profiles of Fe atom concentrations in Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> epitaxial layers.