## 高濃度 AI ドープ p 型 4 H-SiC の抵抗率への N コ ドープの影響

Influence of N Codoping on Resistivity in Heavily Al-doped p-type 4H-SiC 大阪電気通信大学<sup>1</sup>, 産総研先進パワーエレクトロニクス研究センター<sup>2</sup> <sup>O</sup>日高 淳輝<sup>1</sup>, 竹下 明伸<sup>1</sup>, 今村 辰哉<sup>1</sup>, 高野 晃大<sup>1</sup>, 奥田 和也<sup>1</sup>, 松浦 秀治<sup>1</sup>, 紀 世陽<sup>2</sup>, 江藤 数馬<sup>2</sup>, 児島 一聡<sup>2</sup>, 加藤 智久<sup>2</sup>, 吉田 貞史<sup>2</sup>, 奥村 元<sup>2</sup> Osaka Electro-Communication University<sup>1</sup>, AIST Advanced Power Electronics Research Center<sup>2</sup> <sup>o</sup>Atsuki Hidaka<sup>1</sup>, Akinobu Takeshita<sup>1</sup>, Tatsuya Imamura<sup>1</sup>, Kota Takano<sup>1</sup>, Kazuya Okuda<sup>1</sup>, Hideharu Matsuura<sup>1</sup>, Shiyang Ji<sup>2</sup>, Kazuma Eto<sup>2</sup>, Kazutoshi Kojima<sup>2</sup>, Tomohisa Kato<sup>2</sup>, Sadafumi Yoshida<sup>2</sup>, and Hajime Okumura<sup>2</sup> E-mail: h-atsuki@osakac.ac.jp, matsuura@osakac.ac.jp

【1. 背景及び目的】 SiC による n チャネル insulated gate bipolar transistor (IGBT)の実現には低抵抗率で結晶性が良いp型 4H-SiC 成長の実現が求められている。Al を高濃度ドープするこ とで低抵抗率 p型4H-SiC エピ層を作製する研究が進められてい るが、高濃度 AI ドープによる格子定数の変化が問題になってい る。そこでNをコドープすることで高濃度 Al ドープ SiC エピ層 での格子ミスマッチを抑えることが出来ると報告されている[1]。 本研究では、横型ホットウォール CVD により作製された Al-N コドープp型4H-SiCエピ試料を用い、Nコドープによる抵抗率 への影響を van der Pauw 法による抵抗率測定によって評価する。 【 2. 実験結果及び考察 】 図1に同じAI濃度(C<sub>AI</sub>: 1.2×10<sup>20</sup> cm<sup>-3</sup>) である試料の抵抗率のアレニウスプロットを示す。○印は Al 単独ドープ、▲印は Al-N コドープ (N 濃度[C<sub>N</sub>]: 2.4×10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>) である。高温側ではバンド伝導、低温側では最近接ホッピング (NNH) 伝導であり、これらの伝導は並列接続である。コドー プの方が単独ドープよりも高温で NNH 伝導が現れ、NNH 伝導 の抵抗率も低い。図2にバンド伝導から NNH 伝導に変わる温度 (遷移温度)のN濃度依存性を示す。遷移温度はCNが高くなるに したがって高温になっている。一方、Al 濃度が 10<sup>19</sup> cm-3 台前半 である試料の抵抗率のアレニウスプロットを図3に示す。〇印 は Al 単独ドープ試料 (C<sub>Al</sub>: 2.4×10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>)、▲印は Al-N コドー プ試料 ( $C_{Al}$ : 1.4×10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>,  $C_N$ : 7.0×10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>) である。バンド 伝導から他の伝導に遷移する温度は、Nコドープで高温側に移 動している。バンド伝導と NNH 伝導との間に別の伝導が現れ、 活性化エネルギーの大きさからバンド伝導ではなく NNH 伝導 の温度依存性と類似している。これを NNH\*伝導と呼ぶことと する。NNH\*伝導より抵抗率の高い NNH 伝導が低温側で支配的 であることより、この2つの伝導は直列接続と考えられる[2]。 図4にはAI単独ドープ試料のNNH伝導及びNNH\*伝導の活性 化エネルギー ( $\Delta E_{NNH}$ : 〇印,  $\Delta E_{NNH*}$ : 〇印) を示す。 $\Delta E_{NNH}$ がAI濃度とともに減少することと、同じ試料の Δ E<sub>NNH\*</sub> が Δ *E*<sub>NNH</sub>と異なることより、NNH\*伝導はNNH 伝導と Al 濃度が異 なる領域の伝導の可能性がある。

【3. 結論】 Al-N コドープ p型 4H-SiC は Al 単独ドープに比 べ、低温側で抵抗率が低く、最近接ホッピング伝導が生じやす い。また N 濃度が高くなると、バンド伝導から最近接ホッピン グ伝導に変わる温度が高くなることが分かった。そして、Al-N コドープと Al 単独ドープのある Al 濃度で低温側にて 2 種類の 温度依存性を持つ最近接ホッピング伝導があることが分かった。

謝辞:本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレク トロニクス/SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究 開発」(管理法人:NEDO)によって実施されました。

【 参考文献 】

[1] S. Ji, et.al., Jpn. J. Appl. Phys., 54 (2015) 04DP08.

[2] H. Matsuura, et.al., to be published in Materials Science Forum.



