Al濃度 10²⁰ cm⁻³ 台前半の p型 4H-SiC エピ膜の電気抵抗率と Hall 係数 Electrical Resistivity and Hall Coefficient in Al-Doped p-Type 4H-SiC Epilayers with Al Concentration of First Half of 10²⁰ cm⁻³.

大阪電気通信大学1, 産総研 先進パワーエレクトロニクス研究センター2

^O(B)近藤 佑樹^{1,a)},竹下 明伸¹,今村 辰哉¹, 高野 晃大¹, 奥田 和也¹, 日高 淳輝¹, 松浦 秀治^{1,b)},

紀 世陽², 江藤 数馬², 児島 一聡², 加藤 智久², 吉田 貞史², 奥村 元²

¹Osaka Electro-Communication University

²AIST Advanced Power Electronics Research Center

°Yuki Kondo^{1,a)}, Akinobu Takeshita¹, Tatsuya Imamura¹, Kota Takano¹, Kazuya Okuda¹,

Atsuki Hidaka¹, Hideharu Matsuura^{1,b)}, Shiyang Ji², Kazuma Eto², Kazutoshi Kojima²,

Tomohisa Kato², Sadafumi Yoshida², and Hajime Okumura²

E-mail: ^a)ee16a030@oecu.jp, ^b)matsuura@osakac.ac.jp

1. はじめに

SiC を用いたオン抵抗の低いパワーデバイスである n チャネル Insulated-Gate Bipolar Transistor のため、Al 濃度 (C_{Al})が 10¹⁹ cm⁻³ 以上の p型 4H-SiC の電気的特性を調べてきた[1-4]。特に、Al 濃 度が 10²⁰ cm⁻³前半では 300 K での電気抵抗率が減少しないこと が分かった[1]。今回は、 C_{Al} が 10²⁰ cm⁻³前半の伝導機構について 詳細に検討した。また、300 K で抵抗率の減少しない C_{Al} の範囲で の Hall 係数の温度依存性 ($R_{H}(T)$)を調べた。

2. 実験

n⁺型 4H-SiC 基板上に CVD で約 90 μ m の Alドープ p型 4H-SiC エピ膜を成膜した。東陽テクニカ製 ResiTest8400 を用いて、これら の抵抗率の温度依存性($\rho(T)$)は van der Pauw 法で測定し、 $R_{\rm H}(T)$ は AC 磁場ホール効果測定(磁束密度:0.396 T、周波数:0.05 Hz ~0.25 Hz)で求めた。

3.実験結果と考察

C_{AI}が 10¹⁹ cm³ 台の伝導機構は、高温側でバンド伝導、低温側 で最近接ホッピング (NNH)伝導であった[1-2]。図 1 には、C_{AI}が 1.2×10²⁰から 1.8×10²⁰ cm³ までの試料の ln $\rho(T) - 1/T$ 特性を示す。 C_{AI}が 1.8×10²⁰ cm³以外の試料では 2 直線で表せることから、高温 側ではバンド伝導、低温側では NNH 伝導であることが分かった。 しかし、C_{AI}が 1.8×10²⁰ cm³の試料は 70 K より低温側で線形フィッ ティングできない。図 2 には、C_{AI}が 1.8×10²⁰ から 4.7×10²⁰ cm³ よ での試料の ln $\rho(T) - T^{1/4}$ 特性を示す。C_{AI}が 1.8×10²⁰ cm³ 以外の 式料ではほとんどの温度領域で線形フィッティングが可能なことか ら、可変領域ホッピング (VRH) 伝導であることが分かった。また、 C_{AI}が 1.8×10²⁰ cm³の試料は 70 K 以下で線形フィッティングできる。 これらのことから、バンド伝導、NNH 伝導であることが分かった。また、 C_{AI}が 1.8×10²⁰ cm³の試料は 70 K 以下で線形フィッティングできる。 これらのことから、バンド伝導、NNH 伝導であることが分かった。 しかり、AI 濃度が増えるに従ってフェルミ準位付近に局在準位が形 成され、VRH 伝導の抵抗率が減少し、C_{AI}が 2.4×10²⁰ cm³ 以上 ではバンド伝導より VRH 伝導の抵抗率が低くなると考えられる。 図 2 から分かるように、C_{AI}が 2.4×10²⁰ cm³ 以上の VRH 伝導の 抵抗率は約 100 K 以上では AI 濃度を増やしても抵抗率が減少し ていないことが分かる。図 3 には、VRH 伝導の試料のうち C_{AI}が

図 2 から分かるように、 C_{AI} が 2.4×10²⁰ cm⁻³以上の VRH 伝導の 抵抗率は約 100 K 以上では AI 濃度を増やしても抵抗率が減少し ていないことが分かる。図 3 には、VRH 伝導の試料のうち C_{AI} が 2.4×10²⁰ cm⁻³の ln $\rho(T) - T^{-1/4}$ と ln $R_{H}(T) - T^{-1/4}$ を示す。VRH 伝導 領域で、 $R_{H}(T)$ の符号が 260 K 付近で反転している事が分かるしか し現状では Hall 係数の符号反転のメカニズムは明らかではない。

4. まとめ

AIドープ 4H-SiC の伝導機構は、バンド伝導、NNH 伝導とVRH 伝導が並列的であり、AI 濃度が 2.4×10^{20} cm⁻³以上ではフェルミ準 位付近に局在準位が形成され、VRH 伝導の抵抗率がもっとも低く なると考えられる。講演では、AI 濃度変化に伴う支配的な伝導機 構の変遷とともに、 $R_{\rm H}(T)$ の符号反転との関係についも議論する予 定である。

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] H. Matsuura, et al.: APEX 11 (2018) 101302 1-5.
- [2] H. Matsuura, et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 58 (2019) 098004 1-3.
- [3] H. Matsuura, et al.: Mater. Sci. Forum 963 (2019) 324-327.
- [4] H. Matsuura, et al.: ICSCRM2019, Kyoto, Japan, Oct. 2, 2019, WeP19 (to be published in Materials Science Forum).



Fig.3. $\ln \rho(T) - T^{-1/4}$ and $\ln R_{\rm H}(T) - T^{-1/4}$ with $C_{\rm Al}$ of 2.4×10²⁰ cm⁻³.

15.6