4H-SiC における c 軸方向の電子移動度の評価 Characterization of the electron mobility along the *c*-axis in 4H-SiC 京大院エ [○]石川諒弥, 原征大, 金子光顕, 木本恒暢 Dept. of Electron. Sci. & Eng., Kyoto Univ. [○]R. Ishikawa, M. Hara, M. Kaneko, and T. Kimoto E-mail: ishikawa@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

移動度は半導体デバイスの特性を決定づける最も基本的な物性の一つである. SiC における移動度は異方性を有することが知られており [1], SiC 縦型パワーデバイスにおいて最も重要なのは, c 軸方向の移動度である.しかし, SiC においてこれまで主に調べられてきたのは c 軸垂直方向の移動度であり, c 軸方向の移動度に関する報告は非常に限られている.本研究では, Hall 効果測定により c 軸方向, c 軸垂直方向の Hall 電子移動度 $\mu_{\rm H,//}$, $\mu_{\rm H,l}$ を定量した.また,抵抗率 $\rho_{//}$, $\rho_{\rm l}$ の温度依存性を測定し、ドリフト移動度の異方性を調べた.

n型 4H-SiC(11 $\overline{2}$ 0)基板上に p型および n型エピ層を順に成長させた試料に対して,図1に示す ホールバー素子を作製した. p型エピ層は n型基板と n型エピ層を電気的に分離するためのもの である.また, $\mu_{H,//}$, $\mu_{H,\perp}$ をそれぞれ評価するために,同一試料上に向きの異なる 2 種類のホール バー素子を作製した.n型エピ層のドナー密度は, N_D =5.4×10¹⁵~1.0×10¹⁷ cm⁻³の5 種類とし,こ の素子に対して Hall 効果測定を行うことで,Hall 電子移動度および抵抗率を評価した.

室温における Hall 電子移動度の実験値を図 2 に示す.得られた $\mu_{H,//}$ は、 $\mu_{H,\perp}$ と比較しておよそ 1.2 倍高い値となった.また、 N_D =5.4×10¹⁵ cm⁻³において得られた移動度 $\mu_{H,//}$ =1108 cm²/Vs は、過 去に SiC で実測された室温における電子移動度として最も高い値である.

Hall 散乱因子の影響を除去してドリフト移動度の異方性を議論するためには、Hall 移動度では なく、抵抗率の異方性を評価する必要がある.実験から得られた抵抗率の比の温度依存性を図 3 に示す.図3より、ドリフト移動度の異方性は温度が高く、また N_D が高いほど小さいことが分か る.電子のエネルギー分布を考えると、温度が高く N_D が高いほど高いエネルギーを有する電子の 割合が大きいことから、伝導帯の底ほどドリフト移動度の異方性が大きい可能性がある.また、 ドリフト移動度は、有効質量 m^* と平均緩和時間< τ >を用いて、 $\mu = e<\tau$ >/ m^* と表されるため、 μ の異 方性の起源としては、 m^* または< τ >の異方性が考えられる.本研究で得られたドリフト移動度の比 は、 $\mu_{//}/\mu_1 = 1.20$ (室温、 $N_D = 5.4 \times 10^{15} \text{ cm}^3$)であり、先行研究により報告されている有効質量から 求められる比 $m_1^*/m_{//}^* = 1.21$ と近い値となった[3].これは、ドリフト移動度の異方性に大きく影 響するのが有効質量の異方性であることを示唆する結果である.

[1] W. J. Schaffer et al., Mater. Res. Soc. Symp. Proc., 339, 595 (1994).

[2] T. Kimoto and J. A. Cooper, Fundamentals of Silicon Carbide Technology (Wiley, 2014).

[3] N. T. Son et al., in Silicon Carbide - Recent Major Advances, eds. W. J. Choyke et al. (Springer, 2004), p.437.



Fig. 1. Schematic structure of the Hall bar sample for measuring $\mu_{\text{H},[0001]}$ or $\mu_{\text{H},[1\overline{1}00]}$.



Fig. 2. Experimental Hall electron mobility as a function of the donor density at room temperature. The broken curve shows the fitting result of μ_{\perp} reported in previous studies [2].

Fig. 3. Temperature dependence of the ratio of the resistivity $(\rho_{\perp}/\rho_{//})$ with the donor density of 5.4×10^{15} , 1.0×10^{17} cm⁻³. The broken curve shows the ratio of the effective mass $(m_{\perp}^*/m_{//}^*)$ [3].