

4H-SiC (0001) への Al チャネリングイオン注入に対する電子阻止断面積の再評価

Re-evaluation of electronic stopping cross section for channeled-ion implantation of Al into 4H-SiC (0001)

法政大 ○望月 和浩, 西村 智朗, 三島 友義

Hosei Univ. ○K. Mochizuki, T. Nishimura, T. Mishima

E-mail: kazuhiko.mochizuki.66@hosei.ac.jp

はじめに オン抵抗-耐圧トレードオフを解消できる SiC スーパー Junction 素子をエピタキシャル成長とイオン注入の繰り返しで作製する場合に[1], 繰り返し回数を最小化するため, チャネリングイオン注入[2]の適用が検討されている。チャネリングイオン注入では核阻止断面積<<電子阻止断面積 S_e であるため, S_e の評価が重要となる。B, N, Al および P の 4H-SiC(0001)へのチャネリングイオン注入の結果, チャネリング・プロファイルにおける平坦部の濃度が 1/10 まで低減する深さ $R_{\max}$ [2]は, n 型層への Al イオン注入の場合に最大となることが判明した[3]。ところが, これまでに報告された S_e [4,5]では, 最近報告された $R_{\max}$ 値[6-8]を正確に再現できない。そこで, 注入エネルギー E_0 がフェルミエネルギー E_F ($=0.96$ MeV [4])を超え, Al イオンから電子が取り除かれ出すと, S_e の増加する効果を含んだ Janson らの式[4]

$$S_e = k E^{p+f p_2} \quad (k, p, p_2: \text{定数; 但し, } k \text{ は結晶方位に依存}) \quad (1)$$

$$f = \exp[-3 \{\log(E_F)/\log E(\text{keV})\}^4] \quad (2)$$

を用い, S_e を再評価したので報告する。

検討 Al イオンのエネルギー E が E_F 以下のとき $S_e = k E^p$, $E > E_F$ のとき $S_e = k E^{p+p_2}$ へ滑らかに漸近させる関数 f は, $E \leq 300$ keV においてほぼ零となる (Fig. 2)。そこで, $E_0 \leq 300$ keV にて, k および p をフィッティングした結果, $k = 3.5 \times 10^{-18}$ かつ $p = 0.35$ のとき, Mochizuki ら[3,5]および Linnarsson ら[6]の $R_{\max}$ 報告値を最もよく再現できた[9]。続いて, これらの値を固定し, $R_{\max}$ 報告値の存在する $60 \leq E_0 (\text{keV}) \leq 8000$ にて, p_2 をフィッティングした。従来の S_e における p_2 は 0 であった[4,5]のに対し, $p_2 = 0.3$ とすることにより, Inoue ら[7]および Wada ら[8]の報告値を含む, 全 $R_{\max}$ 報告値[3,5-8]を再現できることが明らかとなった (Fig. 1)。

まとめ S_e 再評価の結果, 広範囲な E_0 にわたって正確な $R_{\max}$ の予想が可能となった。

[1] R. Kosugi et al., ISPSD 2014, p. 346.

[3] K. Mochizuki et al., Jpn. J. Appl. Phys. 59, 109301 (2020).

[5] K. Mochizuki et al., Mat. Sci. Forum, 963, 394 (2019).

[7] 井上 他, 2022 年秋季応物, 22a-B204-7.

[9] K. Mochizuki et al., Jpn. J. Appl. Phys. 61, 110902 (2022).

[2] T. Furuya et al., J. Appl. Phys. 49, 3918(1978).

[4] M. S. Janson et al., J. Appl. Phys. 96, 164 (2004).

[6] M. K. Linnarsson et al., J. Appl. Phys. 130, 075701 (2021).

[8] R. Wada et al., Jpn. J. Appl. Phys. 61, SC1033 (2022).

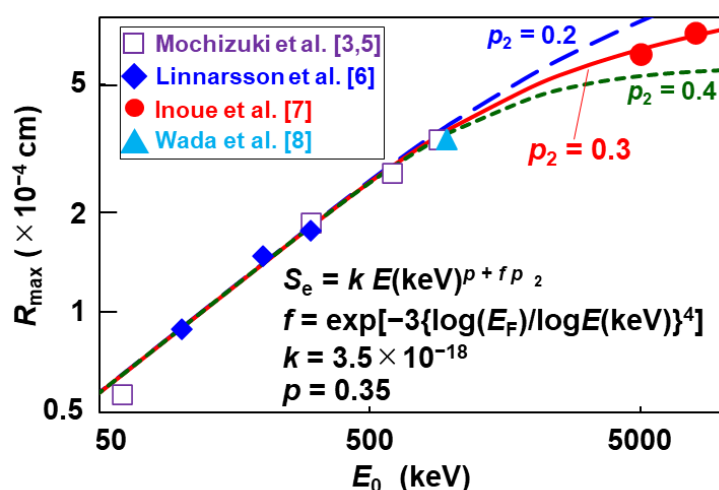


Fig. 1. Implantation-energy (E_0) dependences of maximum channeled range ($R_{\max}$) of Al into 4H-SiC (0001) fitted to reported data with p_2 .

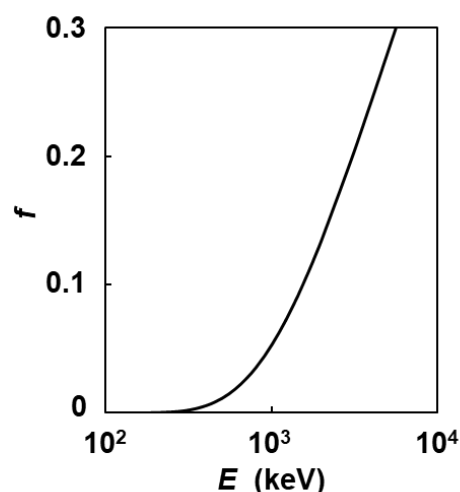


Fig. 2. Al-ion energy dependence of f .