

マルチシードキャスト法により導入した小傾角粒界における再結合速度の温度特性 Temperature dependence of recombination velocity at small tilt angle grain boundaries artificially induced by multispeed casting

○小島 拓人¹, 立花 福久¹, 大下 祥雄¹, Ronit R. Prakash^{2,3}, 関口 隆史^{2,3}, 山口 真史¹
(豊田工大¹, 物材機構², 筑波大³)

°T. Kojima¹, T. Tachibana¹, Y. Ohshita¹, R. R. Prakash^{2,3}, T. Sekiguchi^{2,3}, and M. Yamaguchi¹
(Toyota Tech. Inst.¹, NIMS², Tsukuba Univ.³)

E-mail: sd12501@toyota-ti.ac.jp

結晶粒界のキャリア再結合速度 v_s はバルク有効キャリア寿命への影響を示す直接的な特性パラメータである。また再結合速度は粒界の欠陥準位における再結合過程を直接反映しており、SRH モデルによりキャリア捕獲断面積、欠陥濃度と関連付けられる。再結合過程は電子・正孔の導電帯・価電子帯から再結合中心への捕獲、および捕獲の逆過程である放出の発生確率の比により決定される[1]。それぞれの過程は特徴的な温度依存性を有するため、再結合速度の温度特性 $v_s(T)$ から粒界再結合を支配する欠陥特性を解析できることが期待される。

本研究では多結晶シリコン中の小角粒界のモデルケースとして、 $\langle 100 \rangle$ 軸に対して 1.4 , 2.9 , 5.7 , 11° の異方差をもつ傾角粒界をマルチシードキャスト法によって作製し、EBIC コントラストを 80 - 300 K の温度領域で測定した。成長したインゴットは p 型で、固化率 $h = 0.33, 0.50, 0.67$ の領域から切り出したウェハ（いずれも抵抗率 $\sim 2 \Omega\text{-cm}$ ）を選んだ。再結合速度の温度特性 $v_s(T)$ は粒界近傍の EBIC コントラストのプロファイルに Donolato の解析モデルでフィッティングすることで求めた [2,3]。固化率 $h = 0.67$ における異方差 1.4° の粒界に対する結果 $v_{s,\text{meas}}$ を図中の円プロットで示す。低温側と高温側で異なる温度傾向を示した。一般的に低温側では少数キャリア（ここでは電子）の再結合中心への捕獲過程を反映した温度依存性が、高温側では再結合中心からの電子または正孔の放出過程を反映した Arrhenius 型温度依存性が現れる。低温領域では指数則 $v_{s,\text{LT}} \propto T^{-\alpha}$ を示し（図中破線 $v_{s,\text{LT}}^*$ ）、これは導電帯から浅い準位へのカスケードフォノン放出捕獲機構[4]、あるいは深い準位への励起子オーজে機構[6]へ帰着できると考えられる。 $v_{s,\text{meas}}$ と $v_{s,\text{LT}}^*$ との差分 $v_{s,\text{HT}} = [1/v_{s,\text{meas}} -$

$1/v_{s,\text{LT}}^*]^{-1}$ （図中四角プロット）への Arrhenius フィッティングにより求めた活性化エネルギーはおよそ 0.1 eV であった。これらの結果から再結合による伝導帯の過剰電子の価電子帯へのエネルギー緩和は素過程として、(i) 伝導帯から約 0.1 eV の欠陥準位へのカスケードフォノン放出機構による電子捕獲、あるいは(ii) 励起子オーজে機構による価電子帯から約 0.1 eV の欠陥準位への電子捕獲のいずれかを含むと考えられる。

謝辞

本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構の支援のもと実施された。関係者各位に感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] (e.g.) S. Rein, Lifetime Spectroscopy (Springer, Heidelberg, 2005), pp. 41-50.
- [2] C. Donolato, J. Appl. Phys. **54**, 1314 (1983).
- [3] R. Corkish, T. Puzzer, A. B. Sproul, and K. L. Luke, J. Appl. Phys. **84**, 5473 (1998).
- [4] M. Lax, Phys. Rev. **119**, 1502 (1960).
- [5] A. Hangleiter, Phys. Rev. B **35**, 9149 (1987).

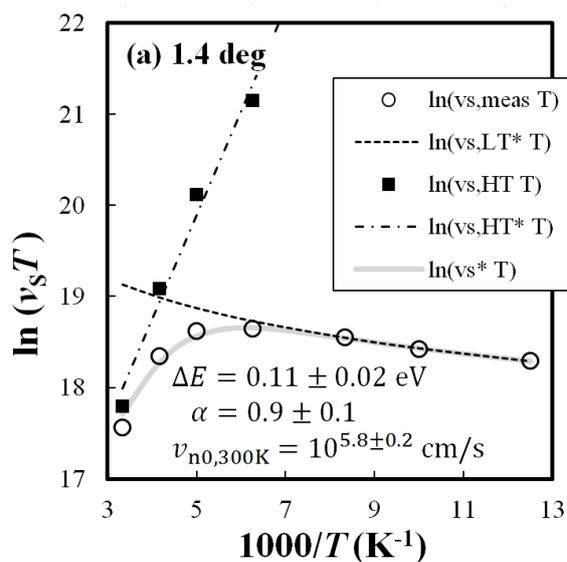


図. 再結合速度へのフィッティング結果.