多結晶シリコン中の非対称粒界でのキャリア再結合速度に粒界面方位が与える影響

Effect of grain boundary plane orientation on carrier recombination velocity at asymmetric grain boundaries in multicrystalline silicon

名大院工[1], 理研 AIP[2], 名大院情報[3]
○(M2)福田 祐介[1], 沓掛 健太朗[2], 小島 拓人[3], 宇佐美 徳隆[1]
Graduate School of Eng., Nagoya Univ.[1], AIP, RIKEN[2], Graduate School of Info., Nagoya Univ.[3]
○Yusuke Fukuda[1], Kentaro Kutsukake[2], Takuto kojima[3], Noritaka Usami[1]
E-mail: fukuda.yusuke@d.mbox.nagioya-u.ac.jp

【はじめに】多結晶 Si は主要な太陽電池用基板材料であるが、粒界でのキャリア再結合による変換効率の低下が課題の一つである。しかし、粒界には無数の種類の構造が存在するが、これまでに粒界構造と電気的特性の関係について調査がなされているのは、ごく一部の構造のみである。特に、非対称粒界は、粒界の種類の大部分を占めるにも関わらず、その特性は対称粒界に比べてほとんど調査されていない。この原因の一つは、自然発生する非対称粒界は構造が系統的でないことである。そこで本研究では、人工粒界を設計し、それを含む種結晶からインゴットを成長し、得られた粒界を評価することで、非対称粒界の構造とキャリア再結合速度の関係について系統的な調査を行った。

【実験方法】一方向凝固法にて、<100>配向 CZ 単結晶 Si を組み合わせた複合種結晶を用い、<100>を共通の回転軸として持つ非対称傾角粒界を含むインゴットを成長した。このインゴットでは、結晶成長開始時の固液界面形状が上に凸であった影響で人工粒界は<100>から傾いて形成された。そこで、粒界構造を表す指標として粒界面方位を表す 2 つの指標、インゴット成長方向<100>を回転軸とする非対称度 β と、<100>からの傾き角 θ を定義し、β と θ が粒界でのキャリア再結合速度に与える影響を調査した。インゴットの成長方向と平行に 1mm 厚で切り出したウェハ(図 1)に対し、化学研磨、表面酸化膜除去、表面パッシベーションを行った後に、Photoluminescence(PL)イメージを測定した。その後、キャリアシミュレーションによる粒界周囲での PL プロファイル計算結果を測定結果にフィッティングさせることにより、粒界でのキャリア再結合速度を求めた[1]。

【結果と考察】図 2 に β と θ が粒界でのキャリア再結合速度に与える影響について示す。プロット点の大小で粒界でのキャリア再結合速度の大小が表現されている。図 2 より、成長方向からの傾き角 θ が大きい粒界では、傾き角の小さな粒界に比べ、キャリア再結合速度が大きく、一方で、非対称度 β がキャリア再結合速度に及ぼす影響は小さいという傾向がみられた。今回の粒界配置では、粒界が傾くことは傾角粒界にねじれ成分が加わり、混合粒界となることに対応する。つまり、粒界でのキャリア再結合には、混合粒界となることの影響が大きいと考えられる。

【謝辞】本研究は、JST CREST (JP MJCR17J1)の支援のもと行われた。

【参考文献】[1] K. Mitamura *et al.*, J. Appl. Phys., **128**, 125103 (2022)

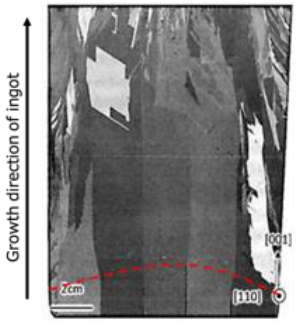

Figure 1 *- Cross-sectional optical image of an ingot. The broken red line shows the initial solid-liquid interface.*

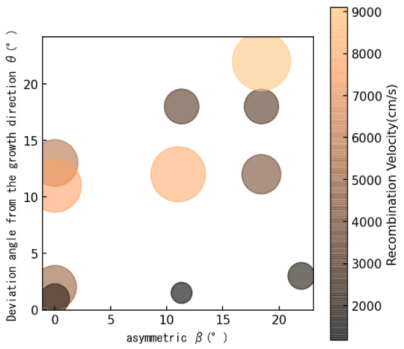

Figure 2 *- Relative evaluation of carrier recombination velocity of grain boundary*

© 2021年 応用物理学会