

デンドライト結晶利用成長法と Noncontact Crucible (NOC) 法を用いた太陽電池用高品質 Si インゴットの結晶成長

Growth of high quality Si ingots for solar cells

using the dendritic cast method and the noncontact crucible (NOC) method

○中嶋 一雄^{1,2}、小野 聖²、白澤 勝彦³、福田 哲生³、高遠 秀尚³

1. 東北大学金属材料研究所名誉教授、2. 元科学技術振興機構 FUTURE-PV
3. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター

E-mail: kazuonakajima@pb.jst.jp

太陽電池用の Si インゴット結晶は、多結晶をキャスト成長法で単結晶を主に Czochralski (CZ) 成長法で作製されている。ここでは、キャスト成長炉を用いて研究開発された、太陽電池用の Si インゴット多結晶と単結晶に関して述べる。

初期のインゴット多結晶は、石英ルツボに入れたシリコン融液を一方向で凝固して作製する技術が長く使われていた。我々はインゴット多結晶の組織制御を行うと太陽電池特性が向上することを、デンドライト結晶利用成長法を考案してインゴット成長することにより初めて見出し、この分野の研究者に広く伝えた[1, 2]。これにより、ルツボ底で核形成を制御する技術が各種考案され、単結晶板をルツボ底面に敷く mono-like 成長法の開発に引き継ぎ、各種微細粒をルツボ底面に敷く HP (High performance) cast 法が現在では主に実用的に使われるようになった。ここではデンドライト結晶利用成長法による核形成とインゴット多結晶の成長に関して要点を述べる。

しかし、mono-like 成長法も HP cast 法もルツボ壁に触れる成長法であるため、ルツボ壁からの核形成と応力の影響を受け、均一性と転位密度に依然課題を残している。またインゴット多結晶は生産性が高いため太陽電池市場で大きなシェアを占めているが、良質なテクスチャー構造を作製できないために、変換効率で単結晶太陽電池に劣るといった課題がある。そのため、生産性の高いキャスト成長炉を用いて単結晶を成長できる mono-like 成長法が考案されたが、均一性の問題があった。そこで我々はキャスト成長炉を用いてルツボ壁に触れないで融液内成長できる Noncontact Crucible (NOC) Method を考案し[3]、最大 90 %の直径比と 45 cm の最大直径を有する Si インゴット単結晶を成長した。ここでは、本成長法の特徴を述べ、さらにその品質を主に Si インゴット単結晶を用いて作製した太陽電池の変換効率と歩留まり[4]をベースに述べる。

- [1] K. Fujiwara, K. Maeda, N. Usami, G. Sazaki, Y. Nose, and K. Nakajima, *Scripta Materialia*, 57, 81-84 (2007).
- [2] K. Nakajima, N. Usami, K. Fujiwara, K. Kutsukake, and S. Okamoto, *Proceedings of 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, pp. 1219-1221 (2009).
- [3] K. Nakajima, R. Murai, K. Morishita, and K. Kutsukake, *J. Crystal Growth*, 372, 121-128 (2013).
- [4] K. Nakajima, S. Ono, Y. Kaneko, R. Mura, K. Shirasawa, T. Fukuda, H. Takato, S. Castellanos, M. A. Jensen, A. Youssef, T. Buonassisi, F. Jay, Y. Veschetti, and A. Jouini, To be published in *J. Crystal Growth* (2017).