

コロイダルリソグラフィ法とナノインプリント法による 近赤外光に特化した光閉じ込め構造の作製

Fabrication of light confinement structures specialized in near-infrared light
by colloidal lithography and nanoimprinting method

1.名大院工 [○]木股 佑斗¹, 後藤 和泰¹, 宮本 聡¹, 黒川 康良¹, 宇佐美 徳隆¹

1. Nagoya Univ. [○]Y. Kimata¹, K. Gotoh¹, S. Miyamoto¹, Y. Kurokawa¹, N. Usami¹

E-mail: kimata.yuto.w2@s.mail.nagoya-u.ac.jp

【研究背景】近年、カーボンニュートラルの実現に向けて、車載太陽電池が注目されている。曲面上に太陽電池を設置するためには、結晶シリコン太陽電池を薄くすることが要求されるが、近赤外光吸収が不十分となる。従来のアルカリテクスチャでは、近赤外光の光散乱性能が不十分であり、薄いシリコン基板上への作製が困難である。そこで本研究では近赤外光散乱に特化したサブミクロンの光閉じ込め構造 (Light trapping structure; LTS) をナノインプリント法により作製することを目的とした。光散乱性能に優れた LTS は規則性がなく、シリカ被覆率が 0.4 以下程度で、アスペクト比の低いものであることが光学シミュレーションから得られた。このような構造を得るために、シリカ粒子を用いたコロイダルリソグラフィにより作製したマスターモールドを使用した。作製した LTS の構造および太陽電池構造に実装したときの光学特性評価を行った。

【実験方法】マスターモールドの作製のため、シリカ粒子 (粒径 $D=500\sim1500$ nm) をシリコン基板上にスピコート法で堆積した。この時、シリカ濃度・堆積時間・回転数を変えて堆積を行った。シリカ堆積後の試料を走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察し、シリカ被覆率を見積もった。シリカ堆積後の試料を CF_4+O_2 ガスを用いた反応性イオンエッチング処理することでマスターモールドを得た。 D やエッチング時間 t_{et} を変えたときの LTS の構造評価を SEM で行った。熱ナノインプリントでマスターモールドをソフトモールドに転写した。結晶シリコン太陽電池を模した ITO 付シリコン基板上に UV 硬化樹脂を塗布し、ソフトモールドを使って UV ナノインプリントで LTS を作製した。LTS 上に Ag, Al を製膜することで太陽電池構造とし、光学特性評価を行った。

【結果と考察】シリカ堆積実験の結果、シリカ濃度 5.0 wt% 以上、堆積時間 10 min 以上、回転数 8000 rpm にすることで 60 % 以上のシリカ被覆率を得られることがわかった。図 1(a) は作製したマスターモールドの SEM 像である。LTS の幅は D と同程度になっており、 t_{et} を変えることで、LTS のアスペクト比高さを制御できることがわかった。図 1(b) はナノインプリントにより作製した LTS の SEM 像である。マスターモールドとほぼ同じ構造を転写できていることがわかる。図 2 は、 $D=800$ nm で作製した LTS を実装した太陽電池構造の反射スペクトルである。平坦な試料と比較して、1000-1200 nm の近赤外光領域の反射率が低減できていることがわかる。反射率から短絡電流密度を計算したところ、 $t_{\text{et}}=5$ min の時、最も増加した。条件最適化により短絡電流密度の増分を最大で 1.63 mA/cm^2 にすることができた。

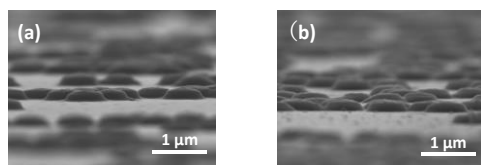


Figure 1. SEM image of (a) a master mold and (b) LTS fabricated by nanoimprinting.

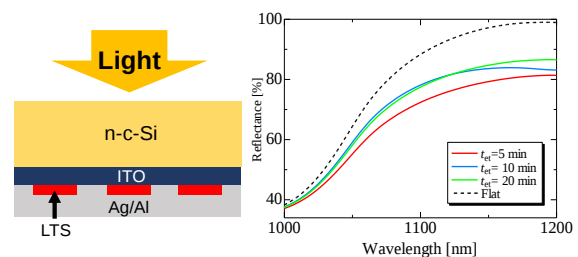


Figure 2. Reflectance spectra of LTSs fabricated by silica particles with $D=800$ nm.

【謝辞】本研究の一部は NEDO の助成を受けたものである。