

# インクジェット印刷を利用したパターニングによる裏面電極型ヘテロ接合 Si 太陽電池の作製プロセス構築

金子 哲也<sup>†a)</sup>      佐藤 愛子<sup>†</sup>      野毛 宏<sup>†</sup> (正員)  
 齊藤 公彦<sup>†</sup>      近藤 道雄<sup>†,††</sup>

Construction of Fabrication Procedure for Interdigitated Back Contact Silicon Heterojunction Solar Cells with Patterning Using Inkjet Printing

Tetsuya KANEKO<sup>†a)</sup>, Aiko SATO<sup>†</sup>, *Nonmembers*, Hiroshi NOGE<sup>†</sup>, *Member*,  
 Kimihiko SAITOU<sup>†</sup>, and Michio KONDO<sup>†,††</sup>, *Nonmembers*

あらまし インクジェット印刷を用いたパターニングプロセスによって、フォトリソグラフィーを用いずに裏面電極型ヘテロ接合太陽電池を作製するプロセスを構築した。厚さ 140  $\mu\text{m}$  のテクスチャ形成済み単結晶シリコン基板を用い、変換効率 8.68% を得た。

キーワード 太陽電池, 裏面電極型, ヘテロ接合, インクジェット印刷

## 1. まえがき

結晶シリコン太陽電池の低コスト化には、シリコン (Si) 基板を薄型化して材料使用量を低減することが効果的であると考えられるが、基板厚が数十マイクロン以下になると強度不足により基板そのままセル化を行う事は困難となる。また、薄型化により光吸収が減少し、電流の低下による変換効率の低下が予想される。そこで、Si 基板をガラス等の支持基板に貼り付けて強度を確保するとともに、Si の薄型化により電圧の向上が可能なヘテロ接合構造を利用し、電極の影によるロスのない裏面電極型とすることで、超薄型・高効率な結晶 Si 太陽電池が実現可能であると考えられる。この裏面電極型ヘテロ接合太陽電池の作製に必要な p 及び n 領域のパターニングには一般的にフォトリソグラフィーが用いられるが、我々はセル作製プロセスでも低コスト化を目指し、インクジェット印刷によるレジスト塗布を用いてセル作製を行った [1]。

## 2. 実験方法

実験には、表面にテクスチャ構造を形成した n 形単結晶 Si(100) 基板を用いた。裏面電極型セルの作製プロセス構築を主眼とし、接合基板は使用せずに

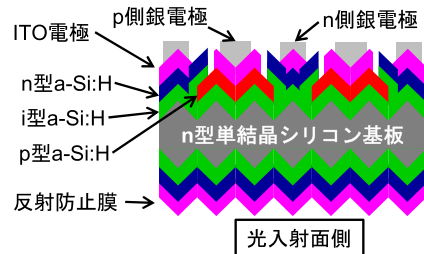


図 1 セルの断面模式図

Fig.1 Schematic cross-sectional diagram of solar cell.

140  $\mu\text{m}$  厚の自立基板を用いている。ヘテロ接合の形成は a-Si:H i, p, n 各層をシラン ( $\text{SiH}_4$ )、ジボラン ( $\text{B}_2\text{H}_6$ )、ホスフィン ( $\text{PH}_3$ ) 及び水素を原料ガスとするプラズマ CVD 法によって行った。セル作製は、Si 基板の上に a-Si:H (i/p) を成膜した後にレジスト材をくし形にインクジェット印刷し、熱固化した後、ウエットエッチングにより p 層側のパターニングを行った。続いて同様に a-Si:H (i/n) を成膜・パターニングを行い、基板片面に p 層と n 層がくし形に配列した構造を作製した。その後、スズドープ酸化インジウム (ITO) をスパッタ法で成膜した後にパターニングによりくし形に成形し、その上にインクジェット印刷により Ag を形成して電極とした。図 1 に作製したセルの断面模式図を示す。光入射側は、a-Si:H (i/n)/ITO 構造とした。なお、この ITO は反射防止層として利用している。

## 3. 実験結果及び考察

図 2 に、作製したセルの電極面の外観を示す。今回

<sup>†</sup> 福島大学共生システム理工学類, 福島市

Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, 1 Kanayagawa, Fukushima-shi, 960-1296 Japan

<sup>††</sup> 産業技術総合研究所福島再生可能エネルギー研究センター, 郡山市  
 Fukushima Renewable Energy Institute, AIST, 2-2-9 Machiike-dai, Koriyama-shi, 963-0215 Japan

a) E-mail: tetsuya-kaneko@aist.go.jp

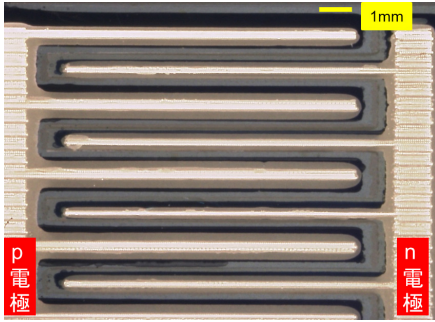


図2 セル電極面の外観

Fig.2 Appearance of contact side of solar cell.

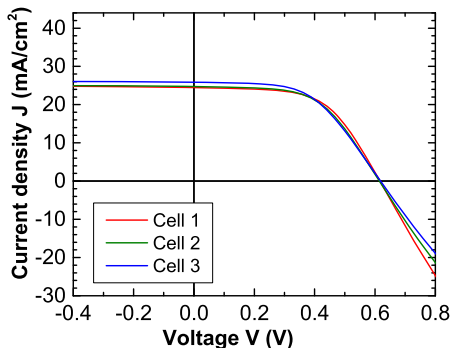


図3 太陽電池の電流-電圧特性

Fig.3 Current density - Voltage characteristics of solar cells

表1 太陽電池特性

Table 1 Solar cells characteristics.

Name	Voc (V)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	FF	効率 (%)
Cell 1	0.616	24.47	0.576	8.68
Cell 2	0.614	24.75	0.559	8.51
Cell 3	0.618	25.90	0.534	8.55

のセル作製プロセスにおいて、p層側、n層側、ITOのレジストを用いたパターンニングとAgのインクジェット印刷で計4回の異なる印刷デザインによる印刷を行っている。セル作製工程の進行とともに印刷機への基板のセット・取外しを繰り返したが、基板の平行出し及び印刷原点位置の統一により各印刷を必要な位置に行うことができていることが分かる。

図3及び表1に、1cm<sup>2</sup>の受光面積のうちn側の細線部の寸法を変えず(n側ITO電極幅0.52mm)に本

数を5本、4本、3本と減らすことで、相対的にp層面積を増やしたセルの電流-電圧特性及びセル特性を示す。なお、図2はn層側5本のセルの一部を撮影したものである。また、受光面は写真の裏側となり、開口部が1cm角の遮光マスクにより規定しており、左右の縦長に形成された電極部は受光範囲外となっている。セル特性より、Cell1から3にむかってp層面積が増える(n層本数が減る)につれて短絡電流密度(J<sub>SC</sub>)が増加傾向であることが分かる。開放電圧(V<sub>OC</sub>)には大きな変化はないが、曲線因子はn層本数が減るごとに悪化している。その結果、変換効率はn層本数の一番多いCell1における8.68%(V<sub>OC</sub>=0.616V, J<sub>SC</sub>=24.47mA/cm<sup>2</sup>, FF=0.576)が最大となった。図3より、セルの並列抵抗成分には問題は見られず、FFの悪化は直列抵抗の増大が要因であることが分かる。これは、現状n層側に何らかの抵抗となる部分が存在しており、n層本数を減らすことでその影響が大きくなったためと推測される。

#### 4. むすび

フォトリソグラフィを行わず、インクジェット印刷を用いたパターンニングプロセスによって裏面電極型ヘテロ接合太陽電池が作製可能であることを実証し、変換効率8.68%の太陽電池を得た。今回のセル作製プロセスは、接合基板であっても適用可能と考えられる。また、インクジェット印刷を用いた裏面電極型太陽電池の作製プロセスの特徴として、印刷制御ソフトウェアに登録する印刷パターンを変更するだけで、作製するセルの電極形状を容易に変更することができる点が挙げられる。この利点を生かし、電極形状・寸法を系統的に変えたセルを作製することで、構造の最適化が可能であると考えている。

**謝辞** 本研究は、地域イノベーション戦略支援プログラムのもとに行われた。また、産業技術総合研究所・太陽光発電工学研究センターの支援を受けた。関係各々に感謝申し上げます。

#### 文 献

- [1] 金子哲也, 佐藤愛子, 野毛 宏, 齊藤公彦, 近藤道雄, “インクジェット印刷によるパターンニングプロセスを用いた裏面電極型ヘテロ接合Si太陽電池の開発,” 第61回応物春季予稿集, 19p-E12-18, 2014.

(平成26年3月31日受付, 5月13日公開)