

# 太陽電池用ドーピングペースト

## Doping Paste for Photovoltaic Solar Cell

野尻 剛 *Takeshi Nojiri*

新事業本部 筑波総合研究所

岩室 光則 *Mitsunori Iwamuro*

機能材料事業本部 先進材料事業部 機能性ペースト開発部

### 1 概要

環境保全や化石燃料からの脱却などの世界的潮流から、再生可能な自然エネルギーの活用がますます注目されており、中でも太陽光発電(PV)関連事業は成長産業として期待されている<sup>1)</sup>。特に結晶Si系PV分野では、選択エミッタ型(Selective Emitter=SE)セル、バックコンタクト型(Interdigitated Back Contact=IBC)セルおよび両面受光型(Bifacial=BF)セルに代表される新規構造高効率化セルの開発が急激に加速している。当社は、このような高効率化セルに必要な不可欠なリンまたはホウ素のドーピングに着目し、これらドーパントの均一な拡散や従来の化合物およびプロセスでは実現できなかった選択拡散を可能にするドーピングペースト(Doping Paste=DP)を開発したので報告する。

In response to global trends such as environmental protection and abolition of nuclear power plants, renewable energy sources have attracted attention increasingly<sup>1)</sup>. Especially photovoltaic(PV) related business has been expected as a growth industry. In the field of the crystalline silicon PV, the development of high performance cells of new structure such as the selective emitter cell, back-contact cell and bifacial cell has been progressing quickly. We paid our attention to the doping of phosphorus(P) or boron(B) indispensable to these cells. In this paper, we outlined the development of doping paste(DP) which can diffuse P or B into silicon uniformly and selectively.

### 2 開発品の特長

- ・ Si基板内にドーパント(リンまたはホウ素)を均一に拡散でき、基板内シート抵抗の均一性が高い。
- ・ 本材料を塗布した部分にドーパントが拡散する性能(選択拡散性)が高い。
- ・ フッ酸への溶解性が高く、フッ酸エッチング工程後の残渣が極小である。

### 3 開発の経緯

図1に一般的な従来のPVセルと高効率PVセル(SEセルおよびIBCセル)の断面模式図を示す。当社では、PVセル構造のトレンドを解析しており、SEセルの $n^{++}$ 層形成に $n$ 型DPが好適であること、また $p$ 型DPおよび $n$ 型DPを併用することによってIBCの $p^{++}$ 層および $n^{++}$ 層形成にも適用可能であることに着目していた。2009年下期に開始したDPのフィージビリティスタディによって、リンあるいはホウ素含有の化合物を見出し、これを適用することによって、各ドーパントの拡散が原理的に可能であることを確認した後、DPの本格的な開発に着手した。

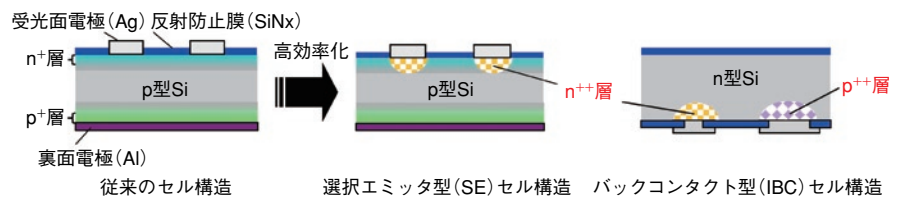


図1 従来のセル構造と高効率セル(SEセルおよびIBCセル)構造の断面模式図  
Figure 1 Cross sectional view of the conventional cell and the next generation Cell

### 4 技術内容

#### (1) 材料設計コンセプト

図2に開発した $n$ 型DPを用いて $n$ 層を形成するプロセスの模式図を示す。 $n$ 型DPは、リン含有化合物、樹脂および溶剤から構成されている。本ペーストをSi基板の上に塗布し、乾燥・脱脂工程で樹脂および溶剤を除去すると、リン含有化合物のみが粒子として残る。リン含有化合物は、 $800^{\circ}\text{C}$ 以上の高温で熔融する組成に設計されていて拡散温度( $\geq 800^{\circ}\text{C}$ )でSi基板表面に追従するため、Si基板表面においてリンが均一に拡散することとなる。なお、 $p$ 型DPについても同様のコンセプトでホウ素含有化合物を材料設計しており、ホウ素の均一拡散が可能になる。

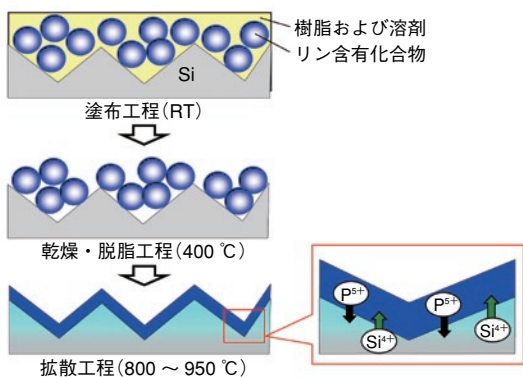


図2 n型DPを使用したn<sup>++</sup>層形成機構の模式図  
Figure 2 Concept of n<sup>++</sup> layer forming on Si with n-type doping paste

## (2) p型DPの評価

前述の材料設計コンセプトに従い、ホウ素含有化合物を含むp型DPを用いて、ホウ素を拡散したSi基板のシート抵抗を測定し(156 mm×156 mmサイズ全面)、マッピングした結果を図3に示す。シート抵抗の高低を示す色が面内で均一であり、ホウ素がSi基板面内で均一に拡散されていることが確認できた。また、拡散後フッ酸でエッチングしたSi基板表面のSEM観察結果を図4に示す。SEM像から明らかなように、ホウ素含有化合物の残渣は認められない。一方、ホウ素ドーピングには、BBr<sub>3</sub>などによるガス拡散の手法が一般的であるが、拡散時にボロンシリサイド層(Boron Rich Layer = BRL)による残渣が発生し、効率低下の課題となっている<sup>2)</sup>。本材料は、SEM観察で残渣が見られず、またBRLが存在しないことを示す撥水性も認められることから、各種高効率セルのp層形成に有用である、と考える。

## (3) n型DPの評価

n型DPをパターン状に塗布・拡散したSi基板において、塗布部分および塗布部分から2 mm離れた非塗布部分のリン拡散分布についてSIMS分析した結果を図5に示す。Si基板表面付近において、ペースト非塗布部分のリン濃度は極めて低いのに対して、ペースト塗布部分ではリン濃度が高く、十分拡散されていることから、リンの選択拡散性が高いことを確認できた。この選択拡散性を利用し、図1に示すSEセルを試作し、発電特性を評価した結果を表1に示す。当社n型DPを使用したSEセルは、従来の一般的なセルに比べて、短絡電流密度(Jsc)および開放電圧(Voc)が向上し、結果として変換効率(Eff)の0.4%アップを実現できた。本材料は、YT-2100-Nとして'12年/上に上市し、SE用途として、PVメーカーにご使用いただいている。

表1 n型DPを使用して試作したSEセルの発電特性  
Table 1 PV Properties of Selective Emitter Cell doped with n-type Doping Paste

セルタイプ(単結晶Si)	短絡電流密度 (Jsc) [mA/cm <sup>2</sup> ]	開放電圧 (Voc) [mV]	曲線因子 (F.F.)	変換効率 (Eff) [%]
従来のセル	37.0	623	80.1	18.5
SEセル	37.4	634	79.7	18.9(+0.4)

## 5 今後の展開

- ・ p型DPおよびn型DPのIBCセル対応用途展開
- ・ リンおよびホウ素同時拡散可能なDP組成の確立およびプロセス開発

### 【参考文献】

- 1) 2013年度版 太陽電池関連技術・市場の現状と将来展望, 富士経済, (2013)
- 2) M.A.Kessler et al.: Semiconductor Science and Technology, 25(2010)055001 (9pp)

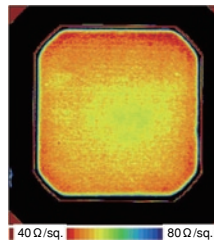


図3 p型DPでホウ素ドーピングしたSi基板のシート抵抗マッピング(Si基板のサイズ: 156 mm×156 mm)  
Figure 3 Sheet resistance mapping on the boron-doped Si surface with p-type doping paste

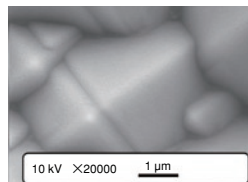


図4 p型DPを使用してホウ素ドーピングした後、フッ酸でエッチングしたSi基板表面のSEM像  
Figure 4 SEM image of the boron doped Si surface after etching with HF solution

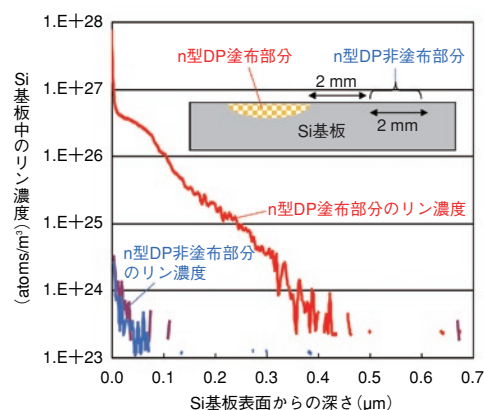


図5 n型DPを使用してリンをドーピングしたSi基板中のリン濃度分布(リンのSIMS分析結果)  
Figure 5 Concentration distribution of Phosphorus beneath Si surface doped with n-type doping paste [SIMS analysis]

### 【関連特許】

特許第04868079号, 特許第04978759号, 特許第05176158号, 特許第05176159号