

# フラットな両面受光型太陽電池パネルと加飾技術の実証

## Demonstration of the bifacial solar panels and decoration technology

電子・機械技術部 機械・加工科 小野裕道 三瓶義之  
電子・機械技術部 ロボット・制御科 松本聖可  
会津若松技術支援センター 産業工芸科 原朋弥  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 (AIST) 福島再生可能エネルギー研究所 (FREA)  
棚橋克人、高遠秀尚、白澤勝彦、立花福久  
東北芸術工科大学 堀内芳明  
福島双羽電機株式会社 本田剛

太陽光発電のさらなる普及には、太陽電池パネルの市街地への設置が求められている。近年普及しつつある両面受光型太陽電池パネルは、垂直に設置する例が多く、設置箇所の拡大が期待される。このため、ハイテクプラザと共同研究者はジャンクションボックスを省いたフラットな太陽電池パネルと、このパネルの加飾技術の開発に取り組み、薄型のインラミネート型バイパスダイオードと太陽電池パネルの加飾シートを開発した。

**Key words:** 両面受光型太陽電池パネル、バイパスダイオード、デザイン

## 1. 緒言

再生可能エネルギーにより発電された電力の固定価格買取制度 (FIT: Feed-in Tariff) の導入を契機に、再生可能エネルギー発電所は増加し続けている。この中で、福島県は「福島新エネ社会構想<sup>1)</sup>」の実現に向け、再生可能エネルギー関連産業の支援に取り組んでいる。特にメガソーラーなど大規模太陽光発電所は増加を続け、県内の太陽光発電施設の設備容量は、令和3年度には2661[MW]に達した<sup>2)</sup>。これは平成25年度の県内の太陽光発電施設の設備容量の1.1倍にあたる。他方、市街地での太陽電池パネルの設置は、住宅やビルの正味のエネルギー消費量を削減するZEH(Net Zero Energy House) やZEB (Zero Energy Building)<sup>3)</sup>の電源として関心が高まっているものの、広い設置面積が必要になることから、特にZEBにおいて導入が進んでいない。これに対し、垂直に設置しても総発電量の低下が少ない両面受光型太陽電池パネルは、設置面積が小さくて済むことから設置拡大が期待される。

これまでハイテクプラザでは、パネル裏面に取り付けられていたジャンクションボックス内のバイパスダイオードをパネルに内蔵させ、裏面がフラットなパネルを製造する技術を開発してきた。この技術を両面受光型太陽電池パネルに適用すれば、パネル両面がフラットになることで、これまでガラスやプラスチックで作られていた屋外の仕切り板や看板、案内板などに両面受光型太陽電池パネルを使用でき、用途の拡大が見込まれる。また、太陽電池パネルの図柄や掲示内容を定期的に更新できれば、意匠性の向上が期待され、廉価な海外品と差別化できる。そこで、ハイテクプラザでは福島双羽電機株式会社と産業技術総合研究所福

島再生可能エネルギー研究所 (FREA)、東北芸術工科大学と共同で、フラットな両面受光型太陽電池パネルの開発と、その市街地向けの設置形態の考案に取り組んだ。これまで太陽電池パネル端面から電線を取り出す取出し口と固定用の架台について報告している<sup>4)</sup>。本報告では、放熱性を高めたバイパスダイオードを開発し、これらを組み込んだ太陽電池パネルの加飾手法を開発した。

## 2. 実験及び結果

### 2. 1. フラットな両面受光型太陽電池パネルの開発

#### 2. 1. 1. 薄型バイパスダイオードの開発

両面受光型太陽電池パネルは、図1に示すようにガラス板の間にはんだ付けした太陽電池セルとインターコネクタ、タブ線をエチレン・酢酸ビニル共重合体 (EVA: Ethylene-vinyl acetate copolymer) フィルムに挟んで、ラミネートした構造である。太陽電池パネルにバイパスダイオードを内蔵させるためには、太陽電池セルとインターコネクタを合わせた厚さと同等の0.9[mm]以下の厚さであることが求められる。また、ダイオードは内部保護のため樹脂で封止される

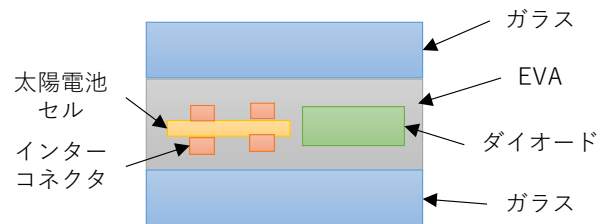


図1 両面受光型太陽電池パネルの構造

ことが一般的であるが、バイパスダイオードは電流を迂回させた際の発熱を逃がすために放熱性も必要である。そこで放熱性の向上を重視し、ダイオード素子を樹脂で封止しないインラミネート型バイパスダイオードを選択し、福島双羽電機株式会社が開発した。

開発したインラミネート型バイパスダイオードの仕様を表1に示す。このバイパスダイオードは、太陽電池パネルのラミネート工程で電極間の隙間にEVA樹脂が流れ込み封止される。EVA樹脂が電極間にスムーズに流れ込むよう、片方の電極に図2に示す開口部を設けた。開口部分の面積が小さな試作品1と面積の大きな試作品2の2種類のダイオードを製作した。ダイオード内部のはんだは、クリームはんだをスクリーンで印刷し、リフロー炉を通して接合した。

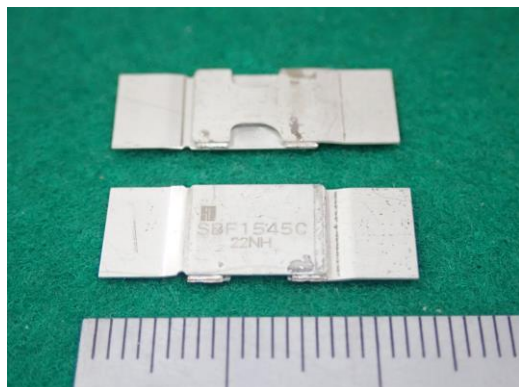
製作したインラミネート型バイパスダイオードを、

表1 バイパスダイオードの仕様

厚さ	厚さ0.85mm
逆方向電圧[VRWM]	40V
順方向電流[IF(AV)]	10Aから12.5A
端子形状	熱応力を吸収する形状

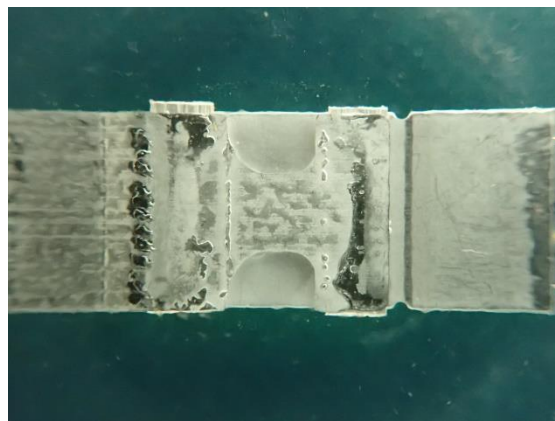


(a) 試作品1

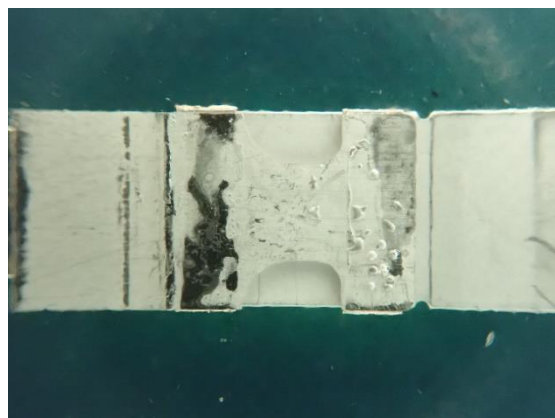


(b) 試作品2

図2 インラミネート型バイパスダイオード



(a) 試作品1



(b) 試作品2

図3 ラミネート後のバイパスダイオード外観

太陽電池パネルを模擬してラミネート加工した。ラミネート後の外観を図3に示す。ダイオード周辺に気泡は観察されず、電極間の空気がEVA樹脂に置換されたことが分かる。

## 2. 1. 2. 両面受光型太陽電池パネルの開発

4枚の両面受光型太陽電池セルを直列に配置し、インターコネクタ間にインラミネート型バイパスダイオードを内蔵した太陽電池パネルを製作した。セルが両面受光型であるため、白色のフィルムであることが多いバックシート側も、強化ガラスとした。製作した両面受光型太陽電池パネルを図4に示す。パネルのインターコネクタはパネルの両端部から引き出す構造とした。

太陽電池セルやインターコネクタ、インラミネート型バイパスダイオードに割れた場所や気泡の残りは無く、良好にラミネートされた。

## 2. 2. 太陽電池パネルの設置手法の開発

### 2. 2. 1. 設置モデルの開発

市街地の仕切り板や案内板、広告として設置するため、太陽電池パネルを加飾する。加飾する図柄の評価



図4 両面受光型太陽電池パネル

のため、予めスケールモデルを製作した。

案内板を想定し、4色の図柄を東北芸術工科大学がデザインした。赤べこや白河だるま、三春駒などの福島県内の縁起物を図案化し、福島縁起物と名付けた柄とした。

試作した縮尺 1/5 のスケールモデルを図5に示す。太陽電池パネル部はアクリル板に太陽電池セルを模した青色をスクリーン印刷し、図柄を4色でスクリーン印刷した。設置架台は線上の樹脂材を熔融させて積層する熱溶解積層 (Fused Deposition Modeling) 方式の



図5 太陽電池パネル加飾のスケールモデル

3Dプリンタで製作した。夜間の照明を模擬して、下部側面に白色のLEDライトを配置した。

スケールモデルの印象から、無機質な印象の太陽電池パネルに図柄が付与させ、通行人の目につく存在になった。青色の太陽電池パネルにも鮮明な図案を表示できたことから、案内板や広告板として利用できることが分かった。

## 2. 2. 2. 太陽電池パネル加飾手法の開発

太陽電池パネルを加飾するには、ガラス板に焼き付け塗装する手法や柄を印刷したフィルムを太陽電池セルと共にラミネートする手法が提案されている。これらの手法は、ビル壁面の加飾に使用するため、耐候性に優れるものの、印刷柄を塗り替えることはできない。特に焼き付け塗装は、ガラスに塗膜が付着することから、ガラスのリサイクルの妨げとなる。

市街地に案内板や広告板として太陽電池パネルを設置するには、掲載する柄を定期的に更新する必要がある。このため、本研究では、建物ガラス壁面や車両などのラッピング用として市販されるシートに、図柄を印刷して貼り付けることとした。加飾シートは貼り替えが容易で、パネルのガラス板に直接印刷しないことから太陽電池パネルのリユースやリサイクルの妨げにならない。

加飾用シートの仕様を表2に示す。銀粉を透明インクに混ぜて印刷する単色印刷と、銀粉をカラーインクに混ぜて印刷する多色印刷の2種類とした。

表2 加飾シートの仕様

シート	屋外加飾用接着剤付きシート
塗料色	白色、青色、黄色、赤色
印刷柄	網点柄

単色印刷の図柄は、伝統柄の中から松柄を選定した。多色印刷はスケールモデルと同じ福島縁起物とした。

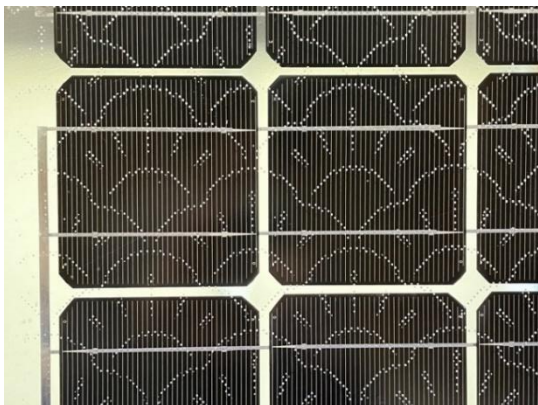
太陽電池の受光面に加飾すると、電池の受光量が低下するため、発電量が低下する。前年度の研究では、高い透過率のインクで加飾を試みた<sup>4)</sup>。しかし、結晶シリコン太陽電池セルの紺がかった青色が透けて見える透過混色が発生した。図柄をドット柄で印刷することで、透過光量を確保しつつ、図柄の視認性を高めた。

印刷した加飾シートを、裏面に透明なバックシートを使用した太陽電池パネルに貼り付け屋内外での視認性を評価した。単色加飾シートを貼った太陽電池パネルを図6に、多色加飾シートを貼った太陽電池パネルを図7に示す。いずれも屋外に設置し、距離1[m]から写真を撮影した。

単色印刷の松柄は、透明インクに銀粉を混ぜて印刷



(a) 外観



(b) 詳細

図6 単色加飾シートを貼った太陽電池パネル

した。銀粉は入射光を散乱させるため、視認性に優れる。加飾シートの透過光量を確保するため、ドット柄にする網点処理を行い、遮光面積率は3.2%まで低減できたが、線が点線となってしまった。このため、1[m]離れた距離での視認性が良くなかった。

多色印刷の福島縁起物は、色インクに銀粉を混ぜて印刷した。単色印刷と同様に、銀粉が入射光を散乱させ、良好な視認性を得られた。福島縁起物にも網点処理を行い、遮光面積率を17.8%に低減した。福島縁起物は、各図柄はドット柄の塗りつぶしてあるため視認性が良く、スケールモデルとよく似た印象となった。

スケールモデルで示したとおり、夜間は案内板に照明を当てることを想定する。それぞれの加飾シートに側面からLED照明を当て視認性を評価した。照明を模



(a) 外観



(b) 詳細

図7 多色加飾シートを貼った太陽電池パネル

擬し、LED ライトで照らした。太陽電池パネルから50[cm]ほど離れて撮影した写真を図8に示す。低い角度の入射光でも、銀粉が入射光を散乱させ、良く視認できた。

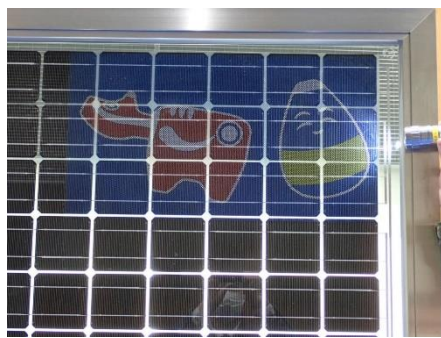
### 2. 2. 3. 加飾したパネルのホットスポットの観察

結晶シリコン太陽電池パネルは、複数のセルを直列に配置した構造である。パネルに影がかかり、一部のセルの受光量が低下すれば、発熱しホットスポットを発生させる。発熱が定常的に続けば、熱応力によりセルの破損の可能性が高まる。太陽電池の加飾シートも太陽電池セルの受光量を低減させれば、ホットスポットを誘発する恐れがある。

そこで、作成した単色の松柄加飾シートを貼り付けた太陽電池パネルを屋外に設置し、ホットスポットの



(a) 単色加飾



(b) 多色加飾

図8 照明をあてた太陽電池パネル

発生を観察した。屋外に設置した直後の太陽電池パネルの温度分布と、同じパネルの出力を短絡させ10分後の太陽電池パネルの温度分布を示す。温度はサーモカメラで撮影した。数ヶ所のセルが発熱したものの、場所はランダムであり加飾模様との相関は見られなかった。

### 3. 考察

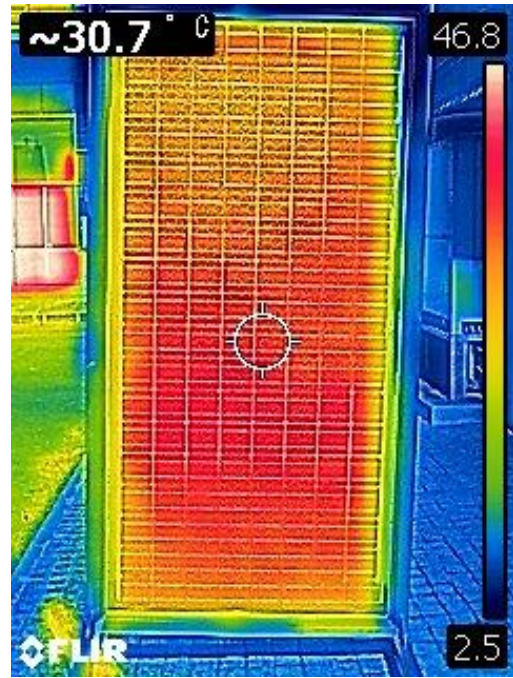
#### 3. 1. フラットな両面受光型太陽電池パネルの開発

開発したインラミネート型バイパスダイオードは電極間にEVA樹脂が流入して封止することが求められ、電極の開口部は大きな面積が望ましい。他方、バイパスダイオードは作動時に太陽電池パネルが発電した電流を迂回させた際に発熱による応力が発生するため、電極の開口部は小さい面積が望ましい。

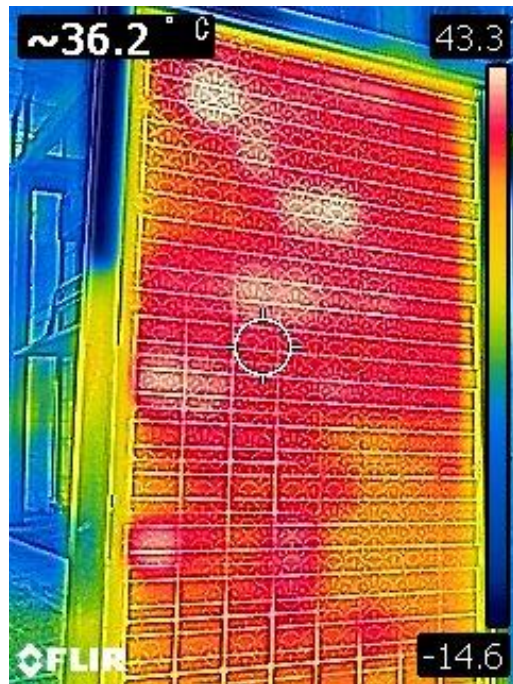
実験に示すように、電極開口部の面積の違いによりラミネート加工時の気泡残りに差は無かった。このことから開口部面積の小さな試作品1でも、樹脂流入性に十分な効果があると考えられる。

#### 3. 2. 太陽電池パネルの設置手法の開発

実験結果より、太陽電池セルのホットスポットは加



(a) 発電していない加飾太陽電池



(b) 短絡して10分後の太陽電池

図9 太陽電池を短絡させた際の発熱

飾図柄と相関は無かった。これは、セル毎の遮光面積が均等であるため、新たなホットスポットは発生しなかったと考えられる。

この加飾シートは両面受光型太陽電池に限らず適用できる。実験で示したとおり一般的な片面受光型の結晶シリコン太陽電池にも、施工可能である。

また、CIGS等の化合物太陽電池や色素増感太陽電池では、1枚のパネルが1つのセルであることが多く、

影がかかってもホットスポットを発生しにくい。このような太陽電池パネルでは、ホットスポットの発生を懸念せず、加飾することができる。

4) 小野裕道, 他. フラットな両面受光型太陽電池パネルと設置方法の開発. 令和3年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告.

#### 4. 結言

フラットな両面受光型太陽電池パネルと市街地向けの加飾技術の実証に取り組んだ。放熱性に優れたインラミネート型バイパスダイオードを開発し、これを組み込んだ両面受光型太陽電池パネルを製作した。また、ホットスポットの発生を抑制しながら、太陽電池パネルにラミネートシートを貼り付けて加飾する方法を開発した。これにより、次の結果を得た。

- ・樹脂流入性に優れたインラミネート型バイパスダイオードを開発した。
- ・インラミネート型バイパスダイオードを内蔵した両面受光型太陽電池パネルを製作した。
- ・市街地設置のため、発電電力で夜間に照明する案内板のデザインを開発し、スケールモデルを作製した。
- ・加飾後の太陽電池パネルを屋外に設置し短絡させたが、加飾による新たなホットスポットは発生しなかった。
- ・加飾柄を網点処理し遮光面積 3.2%の単色加飾シートを作製し、太陽電池パネルに貼り付けたところ、1[m]離れた地点からの視認性は良くなかった。
- ・加飾柄を網点処理し遮光面積 17.8%の4色の加飾シートを作製し、太陽電池パネルに貼り付けたところ、1[m]離れた地点からの視認性は良好であった。

#### 謝辞

研究の一部は、文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ (ARIM Japan) 事業の支援を受けて実施しました (JPMXP1222TU0046)。ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 福島新エネ社会構想実現会議.”福島新エネ社会構想”. 経済産業省. [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/fukushima\\_vision/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/fukushima_vision/). (参照 2023-01-30).
- 2) 福島県企画調整部. “令和3 (2021) 年度 福島県内における再生可能エネルギー導入実績”. 福島県. <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/530927.pdf>. (参照 2023-01-25).
- 3) 経済産業省資源エネルギー庁. “省エネポータルサイト”. 経済産業省. [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/index.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/index.html). (参照 2022-03-25).