

プリンテッドエレクトロニクスの技術開発

◆CEATEC 2021がオンラインで開催された

2021年10月19日、電子情報技術安全協会（JEITA）は、「CEATEC 2021 ONLINE」を昨年続き完全オンラインで開催した。22回目となる今回からJEITAが主催となり、これまでともに主催してきた情報通信ネットワーク産業協会とソフトウェア協会は共催者となった。「つながる社会、共創する未来」の開催テーマを掲げ、Society5.0実現に向けての重要課題である「カーボンニュートラル」「スーパーシティ&スマートシティ」「5G」「モビリティ」の4つがフォーカスされている。

延べ出展者数314社/団体のうち41%にあたる128社/団体が新規出展者であり、海外からも85社/団体が出展し、スタートアップや大学研究機関も115社/団体となった。昨年の出展者数356社/団体と比較すると、数は下回っているが、これまでCEATECを牽引してきた電機、IT、電子部品各社に加え、通信、化粧品、モビリティなどの新規領域からの出展が増え、裾野が広がった状況である。

出展した技術の中から、イノベーション性が高く、優れていると評価できるものを表彰するCEATECアワード2021では、東芝のフィルム型ペロブスカイト太陽電池が経済産業大臣賞とカーボンニュートラル部門の2部門を受賞した。

◆エネルギー変換効率15.1%を実現したフィルム型ペロブスカイト太陽電池開発

21年9月10日、東芝は世界最高のエネルギー変換効率15.1%を実現したフィルム型ペロブスカイト太陽電池を開発したと発表した。18年6月にペロブスカイト太陽電池として世界最大サイズ（703cm²）のモジュールを開発したが、そのサイズを維持しながら、成膜プロセスの高速化と変換効率の向上に成功した。変換効率15.1%は、現在普及している多結晶シリコン型の太陽電池のエネルギー変換効率に相当する。フィルム型太陽電池の軽量薄型で曲げることが可能な特長を生かし、シリコン型では設置できなかった強度の弱い屋根やオフィスの窓など多様な場所への設置、IoTやモバイル機器のエネルギーハーベスティング用電源として利用が期待できる。

仮に、この太陽電池を東京都23区内の建物の屋上および壁面の一部に設置した

場合、東京都23区の家庭内年間消費電力量の2/3相当がまかなえる。

従来の2段階によるペロブスカイト層の成膜法では大面積の均一塗布が困難との課題があったが、東芝は、MAPbI₃結晶の成長を制御することができる1段階のメニスカス塗布法によって解決した。具体的にはMAPbI₃インク、乾燥プロセス、装置の開発によって、成膜工程の段数が従来の半分となり、塗工速度の高速化が可能となった。この方法により、高品質で低コストの製品量産に向けて大きく前進した(図.1)。しかしながら、長期耐久性が不足している点など、改善点が残っており、今後の改善が期待される。

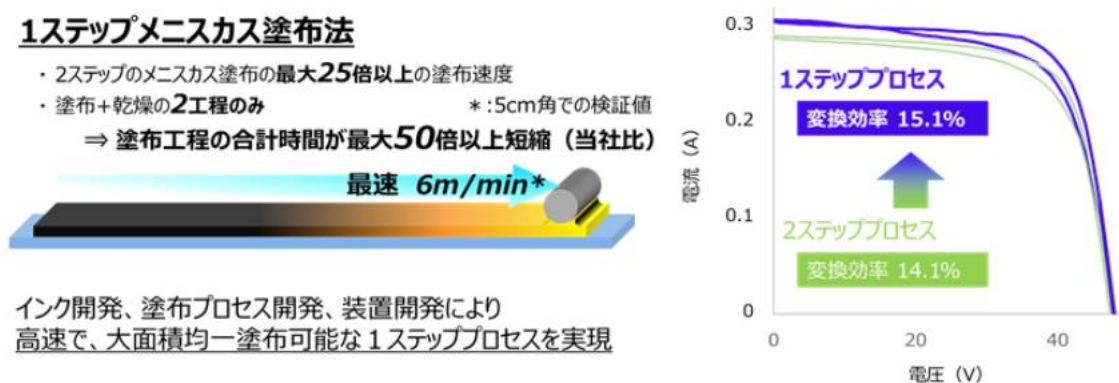


図.1 新たに開発した1ステップメニスカス塗布法の概念図とIV曲線

出典 : <https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/topics/21/2109-01.html>

◆ ポリマー半導体の高性能化に向けて性能を20倍以上向上させる手法開発

21年10月22日広島大学、京都大学、名古屋大学、物資・材料研究機構(NIMS)などの共同研究チームは、ポリマー半導体の化学構造を少し組み替えるだけで、電荷となるπ電子が主鎖に沿って高度に非局在化し、半導体性能の一つである電荷移動度が20倍以上向上することを発見したと発表した。

ポリマー半導体は、印刷プロセスで簡便に薄膜化できる半導体であり、有機トランジスタや有機薄膜太陽電池などの次世代プリンテッドデバイスへの応用が期待されている。しかし、これらのデバイスの性能を左右する電荷移動度は、シリコン半導体などに比べて著しく低い値を示す。そのため、高速動作の回路設計ができず、高い電荷移動度特性を持つポリマー半導体の開発が強く求められている。

共同研究チームは、過去に広島大学の研究グループが開発したポリマー半導体「PBTD4T」のBTD部分を、京都大学と名古屋大学の研究グループが共同で開発していたSPという化学構造に置き換えた「PSP4T」を合成した。PBTD4TとPSP4Tは互

いに化学構造が少し組み変わっただけの構造異性体であるが、これらのポリマーを半導体層とする有機トランジスタを作製したところ、PSP4Tの電荷移動度は

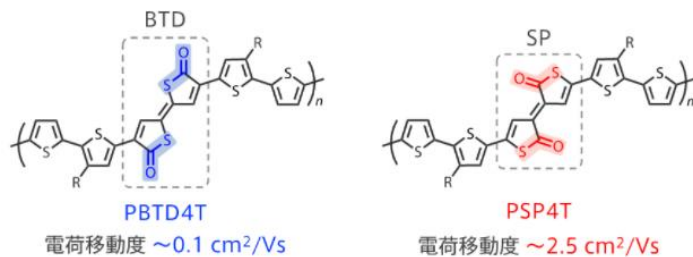


図. 2 PBT4TとPSP4Tの化学構造

出典：<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/67285>

2.5cm²/VsとPBT4Tの0.1cm²/Vsに比べて25倍の性能を示した（図. 2）。X線解析の結果、PSP4TはPBT4Tに比べて、ポリマー主鎖上にあるn電子が高度に局在化し、電荷が主鎖内を流れやすい構造を持つことが明らかになった。さらに、第一原理計算によりポリマー主鎖のバンド構造を計算し、主鎖内電荷移動度を算出したところ、PSP4TはPBT4Tよりも最大で30倍も高い値を示し、これまでに報告されたポリマー半導体の中でも最高レベルの性能であることも示唆された。

◆ポリマー半導体で急峻なスイッチング特性を持つ薄膜トランジスタ開発

21年10月15日、東京大学はポリマー半導体による薄膜トランジスタ（TFT）のスイッチングの鋭さと安定性を決定づける要因について解析し、これをもとに従来にない高急峻なスイッチング動作、高いバイアス耐性、低電圧動作を同時に示す、実用的な塗布型TFTの構築に成功したと発表した。

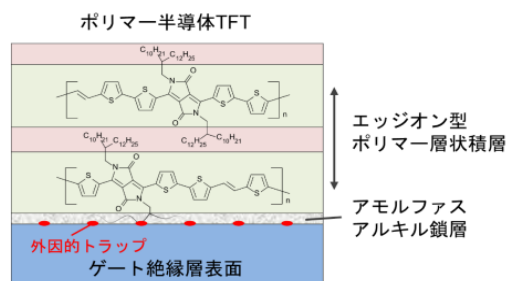


図. 3 半導体界面のトラップ不動態化

出典：東京大学

具体的には、キャリアの動きを阻害しスイッチング特性を劣化させるト

ラップがポリマー半導体層内部や半導体と絶縁層の界面近傍に潜むことを突き止め、その発生を抑え込む技術を開発した（図. 3）。

これまで安定したスイッチング動作を得るには、10V以上の電圧印加が必要になるなど、低電圧、低消費電力駆動を実現することが課題であったが、今回の開発により、低電圧の動作と高速動作が可能となる。

フィルム型ペロブスカイト太陽光発電電池や高性能ポリマー半導体の開発により、さまざまなプリントデバイス性能が飛躍的に向上し、IoT社会、低炭素社会実現に大きく貢献することを期待する。

【成田誠】