



配布先: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

2024年12月6日

報道機関 各位

カーボンナノチューブ電極を用いた太陽電池 高耐久で透明、曲げられる薄膜電池を“電車の窓”で初の実証実験

【本研究のポイント】

- ・単層カーボンナノチューブ^{注1}電極を用いた有機薄膜太陽電池^{注2}の実証実験を行う。
- ・カーボンナノチューブ電極は、有機薄膜太陽電池の耐久性の向上に貢献する。
- ・シリコン太陽電池と差別化可能で、両面受光可能な透光性のあるフレキシブル・軽量の太陽電池が作製された。

【研究概要】

名古屋大学大学院工学研究科および未来社会創造機構マテリアルイノベーション研究所の松尾 豊 教授、大島 久純 特任教授らの研究グループは、大阪市高速電気軌道株式会社(Osaka Metro)、デザインソーラー株式会社、株式会社デンソーとの共同研究として、単層カーボンナノチューブ(CNT)薄膜透明電極を用いた有機薄膜太陽電池(CNT-OPV と呼ぶ)の実証実験を大阪・森之宮の e METRO MOBILITY TOWN で2024年12月6日から行います。カーボンナノチューブ電極を用いた次世代太陽電池の世界初の実証実験となります。

カーボンナノチューブは我が国の研究者により発見された、導電性のある炭素材料です。機械的、化学的に安定で、軽量で、薄い膜にすることにより太陽電池の透明電極となります。研究チームは、次世代太陽電池として実用化が期待される有機薄膜太陽電池の裏面電極にカーボンナノチューブ薄膜透明電極を適用し、100 cm² の CNT-OPV セミモジュールを作製しました。CNT は酸化されないため、裏面電極に銀を用いた従来の有機薄膜太陽電池モジュールと比較し、耐久性が格段に向上します。また、銀とは異なり透明な膜を形成できるため、両面受光型の透光性のある CNT-OPV モジュールを作製できます。これを30枚、Osaka Metro で使われていた車両の窓枠に取り付け、発電量、耐久性などの実証実験を行います。

本実証実験により、自然エネルギーの活用やそのデバイスの産業化、エネルギー自給率の向上へ向けた議論が加速されるものと期待されます。



【研究背景と内容】

カーボンナノチューブ(CNT)は、炭素原子でできた筒状の物質です。フラーレンなどとともにナノカーボン材料の一種で、日本人研究者によって発見されました。炭素でできているため、原料や資源に制限はなく、軽量で、機械的および化学的安定性に優れています。CNT を薄い膜に形成することで、光を通し、導電性がある太陽電池に用いられるフレキシブルな透明電極を作ることができます。

有機薄膜太陽電池(OPV)は、ペロブスカイト太陽電池^{注3)}とともに次世代太陽電池のひとつであり、発電材料に有機半導体^{注4)}を用いています。OPV は軽量でフレキシブルであり、ペロブスカイト太陽電池と比較してエネルギー変換効率がやや劣るものの、耐久性が高いことが知られています。OPV の裏面電極^{注5)}として従来は一般に銀が用いられてきましたが、研究グループは裏面電極に CNT 薄膜透明電極を用い、透光性があり両面受光可能な CNT-OPV の10 cm 角(100 cm²)セミモジュール^{注6)}を作製しました(図1)。

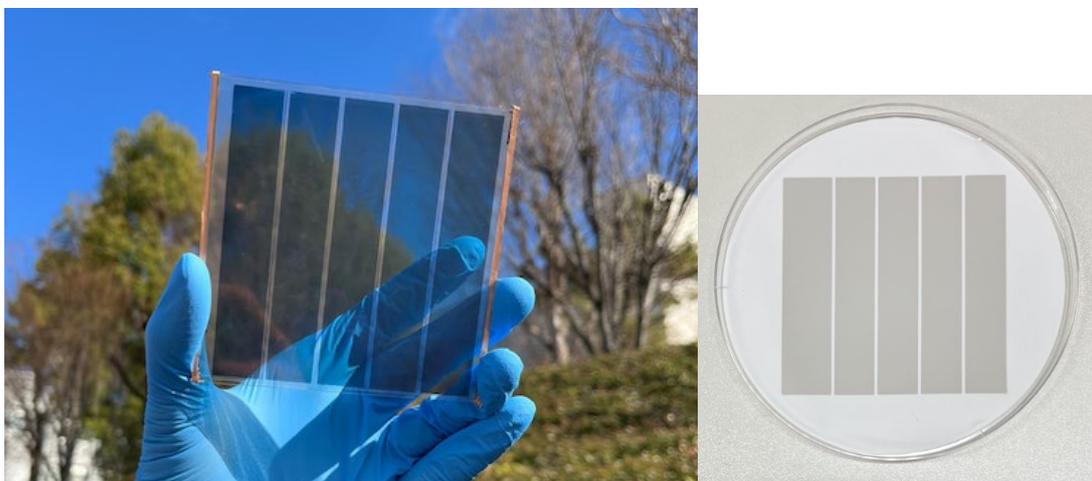


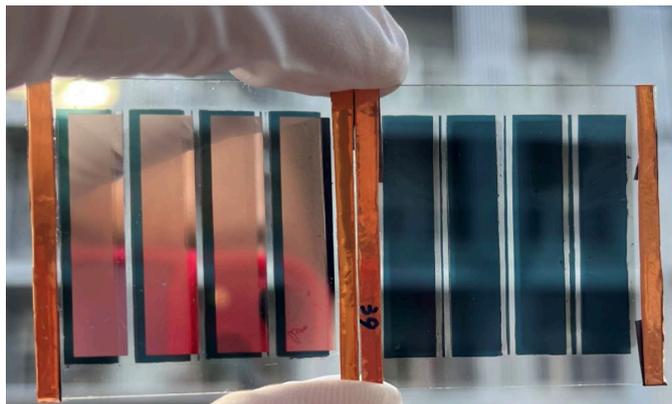
図 1. 10 cm 角(100 cm²)CNT-OPV セミモジュール。右は CNT 薄膜透明電極。

従来の銀裏面電極を用いた OPV と比較して、CNT-OPV はまず見た目に優れているという特長があります(図2(a)). 従来の OPV では銀電極側から見ると、銀電極が目立ってしまいます。一方、研究チームが開発した CNT-OPV では CNT 電極側から見ると、CNT 電極が目立たず表面、裏面どちらから見ても有機半導体のきれいな色が見えて意匠性に優れます。実際、表面、裏面どちら側から光を入射させても、同じ発電量となります。

見た目だけでなく、CNT 電極は OPV の耐久性の向上にも好ましい影響を与えます(図2(b)). 銀は空気中の酸素に酸化されると、銀の指輪のように色が黒くなってきます。これは酸化された銀(Ag^+)が生成するためです。洗濯機等に「 Ag^+ 」ボタンがあったり制汗剤に Ag^+ が使われたりするように、 Ag^+ は酸化力を持ち、有機発電層から電子を奪い、酸化してしまいます。これにより有機半導体が壊れて、OPV の有機発電層が色抜けしてきます。

それに対し、CNT 電極を用いるとそうした色抜けは起こらず、封止^{注7)}無しで2年経っても有機発電層の色は保たれました。その理由として、CNT ではそうした酸化が起こらないばかりでなく、CNT は活性酸素^{注8)}を消去するラジカルクエンチ能^{注9)}をもっていて有機発電層を保護するためだと、研究チームは考察しています。

(a)



(b)

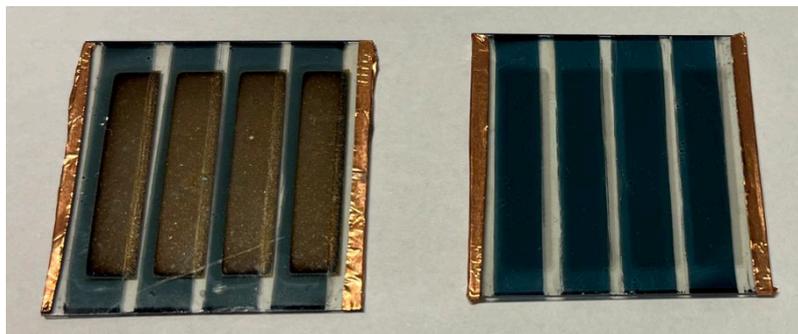


図 2. 従来の銀裏面電極をもつ OPV(a 左)と CNT-OPV(a 右)の比較。CNT 透明電極は見た目が目立たず、意匠性が優れ、透光性のある両面受光型の有機薄膜太陽電池となる。

一方、封止なしでは銀裏面電極は酸化され、銀が黒ずんでくる。同時に有機発電層が色抜けする (b 左)。CNT-OPV では封止なしでも有機発電層の色が変わらず、発電能力が保持される(b 右)。

Press Release

こうした CNT-OPV の優れた耐久性を実証するため、研究チームは CNT-OPV の実証実験を行います(図3、図4)。このためにフレキシブルなフィルム型の 10 cm 角(100 cm²) CNT-OPV セミモジュールが30枚作製されました。逆型有機薄膜太陽電池の構造のセミモジュールで、有機発電層の上に正孔輸送層^{注10}が塗布され、その上に CNT 薄膜透明電極が貼り合わせられます。最後にラミネートによる簡便な封止が行われます。

こうして作製された30枚の CNT-OPV セミモジュールは、大阪・森之宮の e METRO MOBILITY TOWN に配置した地下鉄引退車両の窓枠に取り付けました。実証実験は2024年12月6日から2025年10月下旬まで行われます。データロガーで発電量などが記録され、耐久性が試験されます。

e METRO MOBILITY TOWN は2025年1月11日から2025年10月下旬まで一般に開放されます。これはカーボンナノチューブ電極を用いた次世代太陽電池の世界初の実証実験となります。



図3. 地下鉄引退車両(大阪・森之宮の e METRO MOBILITY TOWN)



図4. 窓枠に取り付けた30枚の CNT-OPV

【実証実験の意義】

シリコン太陽電池と比較して次世代太陽電池は耐久性に懸念がありましたが、その問題を大きく改善する CNT 薄膜透明電極は次世代太陽電池の実用化に向けてゲームチェンジャーになる可能性をもっています。耐久性懸念の問題に対処するために、高品質なバリアフィルムを用いる戦略もありますが、CNT 薄膜透明電極はそれとは異なるアプローチで耐久性を担保する新しい概念です。しかも CNT-OPV はフレキシブルで軽量であるばかりでなく、透光性があり両面受光が可能で意匠性に優れ、シリコン太陽電池との差別化が図りやすい太陽電池です。

多くの人の目に触れる公共の会場で CNT-OPV の実証実験を行うことで、より多くの太陽光エネルギーの利用、自然に負荷をかけない再生可能エネルギーの開発、エネルギーデバイスの産業化など、市民の関心を高めることにつながるとも考えています。

本研究は、大阪市高速電気軌道株式会社(Osaka Metro)との共同研究のもとで行われたものです。

【用語説明】

注 1)カーボンナノチューブ:

炭素原子が六角形格子を形成して筒状になった構造をもち、優れた電気伝導性、強度、熱伝導性をもつ。電子デバイスやエネルギー材料、バイオ医療など幅広い分野で応用が期待されている。

注 2)有機薄膜太陽電池:

発電層に有機半導体材料を用いた太陽電池で、軽量・柔軟な特性をもち、製造コストが低いことが特徴。多様な基板に対応可能で、次世代の再生可能エネルギー源として注目されている。

注 3)ペロブスカイト太陽電池:

ペロブスカイト構造の有機無機ハイブリッド材料を発電層に用いた太陽電池。高効率かつ低コストで製造可能なため、従来のシリコン太陽電池に代わる次世代の太陽電池として注目されている。

注 4)有機半導体:

炭素を主成分とする有機分子や高分子からなる半導体材料。その軽量・柔軟な薄膜は、印刷技術による製造が可能なため、有機 EL や有機太陽電池、トランジスタなどの分野で注目されている。

注 5)裏面電極:

太陽電池や電子デバイスの裏側に配置される電極で、発電層で発生した電流を収集する。安定性や電気伝導性、コスト優位性などが求められ、金属や炭素材料などが使用される。

注 6)セミモジュール:

数個から数十個の太陽電池セルを直列につなぎ組み込んだものをモジュールという。小型のモジュールをセミモジュールという。研究段階では一つのセルでの発電効率が評価されるが、実用化段階においてはモジュールで評価される。

注 7)封止:

電子デバイスや太陽電池の材料や部品を外部環境から保護する技術で、湿気や酸素などによる劣化を防ぐ役割を果たす。適切な封止により、デバイスの寿命と性能が向上し、信頼性の高い運用が可能となる。

注 8)活性酸素:

酸素分子(O_2)に太陽光の紫外線が当たるとスーパーオキシドアニオンラジカル($\cdot O_2^-$)などの活性酸素がごく微量に発生することがある。生体においては老化の原因になるばかりでなく、太陽電池では劣化の原因となる。

注 9)ラジカルクエンチ能:

反応活性が非常に高いラジカル種を消去する能力のこと。



東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。
国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。

東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>

