

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 金 揆 叡

有機－無機ハイブリッド系のペロブスカイト太陽電池は安価でシリコン型太陽電池に匹敵する光電変換効率を持つため、注目が集まっている。ペロブスカイト太陽電池は溶液の塗布によって簡便に薄膜を作製でき、フレキシブル化や半透明太陽電池への応用も容易である。透明度を高める方法としてはペロブスカイト層の薄膜化またはアイランド化が挙げられるが、ペロブスカイトの量が必然的に減るため、効率が低くなってしまうという問題がある。本研究はペロブスカイトの量をなるべく減らさず、ペロブスカイト層の平滑化や局在表面プラズモン共鳴（**LSPR**）の適用によって、ペロブスカイト太陽電池の高い性能を保ちながら視覚的透明度を向上することを目的とした。

1 章では、太陽電池の現状と作動原理について述べた。近年、脚光を浴びているペロブスカイト太陽電池の歴史や、光学的・電氣的な特徴から不安定性などの問題点についても紹介した。また、**LSPR** に関する原理や理論を説明し、その太陽電池への応用についてまとめた。最後に、本研究の目的について述べた。

2 章では、半透明ペロブスカイト太陽電池の開発を目的とし、ペロブスカイト層のナノスケールでの平滑化を行った。まず、スピncコート中にペロブスカイト溶液を基板に滴下する **dynamic dispense** 法とスピncコート前に溶液を滴下する **static dispense** 法を比較した。空気中の水分との接触時間が少ない **dynamic dispense** 法により作製した太陽電池は **static dispense** 法によるものと比べ、透過率やエネルギー変換効率が高かった。しかし、透明度は低く、ヒステリシスなどの問題も見られ、半透明ペロブスカイト太陽電池への応用は難しいことが示唆された。これらの問題を克服し、高性能で高い透明度を持つペロブスカイト層の作製に向け、**short-spinning and vacuum-drying (SSVD)** 法を開発した。ペロブスカイト溶液のスピncコート時間を短くし、迅速に真空乾燥を行う **SSVD** 法は、空気中の水分との接触がほとんどないため、凹凸の少ないスムーズなペロブスカイト層を作製できた。平坦なペロブスカイト層は表面の散乱光を抑制し、十分な視覚的透明度を保つことができた。このように、半透明ペロブスカ

イト太陽電池の透明度及び光電変換効率を高めることができた。

3 章では、SSVD 法で作製したペロブスカイト層に金属ナノ粒子を導入し、LSPR による太陽電池の性能向上について検討した。通常、金属ナノ粒子によるプラズモンのピークは、ペロブスカイト層の光吸収が強い波長領域にあるが、ペロブスカイト層の吸収端付近にシフトさせることが望ましい。解決策として、粒子と電極のプラズモンカップリング (electrode-coupled plasmon、ECP) を利用した。数値シミュレーションで ECP の挙動を検討したところ、ナノ粒子と電極の間に挿入される電子輸送層の厚さまたはナノ粒子のサイズによってプラズモンのピーク位置が大きく移動することがわかった。計算結果に基づいて 70 nm の銀ナノキューブ、10 nm の電子輸送層を用い、ペロブスカイト太陽電池を作製したところ、短絡電流値の上昇による光電変換効率の向上が見られた。ペロブスカイト層の光吸収が弱い領域での光電流増強が観察され、ペロブスカイト太陽電池の性能向上に対する ECP の有効性が確認された。

4 章では、2、3 章の成果、すなわち SSVD 法と ECP を組み合わせることで、人間の比視感度の低い短波長および長波長域での光利用効率を高め、比視感度の高い中間波長域での光吸収を低く保つことで、高い効率を保ちながら高い視覚的透明度を達成することができた。

5 章では、本研究で得られた研究結果についてまとめ、今後の展望についても言及した。SSVD 法と ECP をペロブスカイト太陽電池に応用し、効率と視覚的透明度の高い半透明ペロブスカイト太陽電池を実現した。今後は、金属ナノ粒子の形状などを工夫することで、効率や透明度のさらに向上できると考えられる。さらに、本研究で得られた知見は、種々の異なる太陽電池や光機能材料の研究にも、重要な指針を与えると期待される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。