

ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРОВСКІТНИХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ЧЕРЕЗ ВИКОРИСТАННЯ ЙОДИДУ МІДІ

Слюсаренко О. А.

Науковий керівник – к.ф.м.н., доц. Галат О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62
e-mail: oleksandr.sliusarenko@nure.ua.

Nickel oxide (NiO) is one of the most promising and high-performing Hole Transporting Layer (HTL) in inverted perovskite solar cells due to ideal band alignment with perovskite absorber, wide band gap, and high mobility of charges. At the same time, however, NiO does not provide good contact and trap-free junction for hole collection. In this paper, we examine this problem by developing a double hole transport configuration with a copper iodide (CuI) interlayer for efficient surface passivation.

Перовскітні сонячні елементи (ПСЕ) — це новітня технологія для фотоелектричних систем. Ця технологія має ряд переваг над кремнієвою що пов'язано з унікальними напівпровідниковими властивостями гібридних галогенідних перовскітів за рахунок більшої довжини дифузії носіїв заряду, поверхневої рекомбінації, амбіполярного переносу заряду та ширшого спектру поглинання. Більш того, перовскітні фотоперетворювачі використовують технологію обробки тонких плівок, що може бути реалізована з низькими витратами, як на жорстких, так і на гнучких підкладках. Наприклад, кремнієві сонячні батареї при товщині в 180 мкм поглинають стільки ж світла, скільки перовскіт поглине при товщині всього в 1 мкм.

Але ця технологія ще не набула розповсюдження через проблеми зі стабільністю пристроїв на її основі. Більш того, ефекти гістерезису в вольт-амперних характеристиках, що виникають із-за руху іонів і ефектів рекомбінації на кордонах розділу, погіршують точку максимальної потужності. Гістерезис характеристики сонячної панелі може бути зменшений за рахунок використання перевернутої планарної p-i-n структури без істотної втрати продуктивності.

Шар переносу дірок (ШПР) в інвертованому плоскому ПСЕ слід вибрати з урахуванням: вирівнювання рівнів валентної зони щодо перовскітового поглинача (близько -5,45 eV), широкої забороненої зони для зменшення паразитного поглинання та відповідний діапазон рухливості дірок, близький до галогенідного перовскіту 10^{-3} - 10 В · с/см²). Крім того, виготовлення ШПР має задовольняти деяким технологічним вимогам, таким як однорідність і площинність наплавленого ШПР та низькотемпературна обробка. Для цього завдання було розроблено кілька органічних і неорганічних матеріалів для перенесення дірок, і одним з найбільш багатообіцяючих кандидатів є оксид нікелю, який задовольняє

всім ключовим вимогам, перерахованим вище. Оксид нікелю (NiO) має ширину забороненої зони 3,6 eV, рівень валентної зони EV від -5,4 eV до -5,2 eV і рухливість дірок (μ_h) до $10 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$.

У порівнянні з органічними ШПР, NiO має кілька переваг, таких як хороша стабільність межі розділу зі струмознімальними електродами [1]. Також його можна наносити різними способами: обробка розчину з використанням прекурсорів, дисперсії наночастинок, вакуумна обробка з магнетронним розпиленням та атомно-шарового осадження. До теперішнього часу р-і-n з NiO продемонстрували ефективність перетворення енергії, що перевищує 18% , при цьому все ще залишаються великі можливості для оптимізації. Однак власна, а не пасивована плівка NiO не забезпечує стабільного з'єднання з перовскитом, що вимагає відповідної модифікації.

У цій роботі ми демонструємо, що наявний у продажу йодид міді може діяти як ефективний пасивуючий матеріал для NiO. Проміжний шар з йодиду міді (CuI) був включений в структуру пристрою між перовскітним поглиначем і транспортним шаром NiO. До теперішнього часу йодид міді розглядався як ШПР для інвертованого ПСЕ з нижчою ефективністю, ніж у NiO. Однак в цій роботі ми показуємо, що основна перевага використання CuI полягає в поєднанні з NiO. Як показано в [2], прошарок CuI дозволяє швидко інжектувати дірки завдяки своїм непоганим транспортним властивостям, таким як висока рухливість дірок $> 40 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ та великий термін служби зарядів. Виявлено, що оброблена в розчині CuI в конфігурації NiO / CuI може знизити рівень поверхневої рекомбінації, покращуючи властивості переносу заряду і зменшуючи динаміку деградації.

Більш того, ідеальне вирівнювання рівнів валентної зони між метіламмоній-йодидом свинцю перовскитів - CuI - NiO не створює перешкод для переносу заряду. Пасивація CuI покращує зміст летючих органічних сполук, яка збільшується з 1,02 В для чистого NiO до 1,07 В для NiO / CuI і знижує послідовний опір. Зразок на основі NiO / CuI має ефективність 15,26%, що відповідає збільшенню майже на 10% в порівнянні з NiO, та має кращі терміни експлуатації і стабільність.

Список використаної літератури

1. Sun, K.; Zhang, S.; Li, P.; Xia, Y.; Zhang, X.; Du, D.; Isikgor, F.H.; Ouyang, J. Review on Application of PEDOTs and PEDOT:PSS in Energy Conversion and Storage Devices. *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 2015, 26, 4438–4462.
2. Gotoh, K.; Cui, M.; Takahashi, I.; Kurokawa, Y.; Usami, N. Development of Spin-Coated Copper Iodide on Silicon for Use in Hole-Selective Contacts. *Energy Procedia* 2017, 124, 598–603.