

УДК 620.92

ОСАДЖЕННЯ CuI НА ПІДКЛАДКИ З НАНОЦЕЛЮЛОЗИ (NC) ДЛЯ СТВОРЕННЯ БІОРОЗКЛАДНИХ ТОНКОПЛІВКОВИХ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ НАНОГЕНЕРАТОРІВ

Д. О. Жадан

аспірант кафедри ФМЕГ, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

Dmytro.Zhadan@khp.edu.ua

Зменшення використання невідновлюваних джерел енергії є однією з провідних тем досліджень науковців. Відомо, що підчас фотосинтезу в рослинах проходить перетворення енергії сонячного світла, вуглекислого газу та води в біомасу, котра забезпечує можливість створення різноманітних матеріалів на основі целюлози, які є альтернативою полімерам на основі нафти. Реінжиніринг біомаси в целюлозні волокна дає можливість виготовляти наноцелюлозу (NC), яка є поновлюваним матеріалом і може бути застосована в якості підкладок для вдосконалених систем накопичення енергії, біосенсорів та різних електронних та оптоелектронних пристроїв.

Оскільки біорозкладні електронні пристрої, а також гнучкі термоелектричні (ТЕ) прилади, зокрема термоелектричні генератори (ТЕГ), поєднують як неорганічні, так і органічні функціональні матеріали, важливо, щоб неорганічні тонкоплівкові матеріали, наприклад, метали та їх сполуки, були безпечними для людського організму та навколишнього середовища. Задля цього в даній роботі було виготовлено плівку йодиду міді (CuI) товщиною 0,72 мкм на підкладці з NC за допомогою низькотемпературного, економічного, і придатного для широкомасштабного виробництва методу послідовної адсорбції та реакції іонного шару (SILAR). Таким чином, було виготовлено легкий та гнучкий біорозкладний термоелектричний матеріал на основі CuI/NC.

Для створення біологічно розкладного термоелектричного матеріалу CuI/NC на підкладці з NC (отримання наноцелюлози докладно описано в [1]), покритої з обох сторін плівками CuI товщиною 0,72 мкм, було використано метод SILAR. В якості катіонного прекурсору використовували водний розчин, що містив 0,1 М CuSO₄ та 0,1 М Na₂S₂O₃, у який занурювали підкладку з NC на 20 с. Потім підкладку промивали дистильованою водою протягом 10 с. Після цього NC занурювали на 20 с у водний розчин NaI (аніонний прекурсор), концентрація якого становила 0,075 М, щоб здійснити реакцію адсорбованих іонів Cu⁺ на поверхні NC з іонами I⁻ для отримання CuI. Завершальним етапом одного циклу SILAR було промивання в дистильованій воді протягом 10 с. Такий цикл SILAR для осадження CuI на NC повторювали 40 разів. Товщину плівки CuI визначали гравіметрично, беручи для розрахунку об'ємну щільність CuI 5,67 г/см³. Питомий опір ρ плівок CuI/NC вимірювали за допомогою чотирьохзондового методу. Коефіцієнти Зеєбека Z вимірювали як індуковану термоелектрорушійну силу ΔV в залежності від градієнта температури ΔT вздовж плівки, нанесеної на підкладку з наноцелюлози. Термоелектричний коефіцієнт потужності P плівок був розрахований як $P = Z^2/\rho$. Вихідну напругу $V_{\text{вих}}$ і вихідну потужність P_{out} плівок отримано як функцію вихідного струму $I_{\text{вих}}$ для декількох температурних градієнтів ΔT в діапазоні 5-50 К, після цього з отриманих даних визначено напругу холостого ходу $V_{\text{хх}}$ і максимальну вихідну потужність P_{max} напівпровідникових плівкових компонентів ТЕГ.

Дослідження морфології поверхні CuI/NC показало, що наноструктурована напівпровідникова плівка CuI нанесена на наноцелюлозу досить щільна і повністю покриває поверхню NC. Дослідження оптичних властивостей осадженої плівки йодиду

міді показало, що її ширина забороненої зони становила $\approx 3,0$ еВ. Питомий опір ρ плівок CuI/NC знаходився в межах $(1,5-1,7) \cdot 10^{-1}$ Ом·см. Коефіцієнт Зеебека S становив ~ 228 мкВ К $^{-1}$. При цьому коефіцієнт Зеебека не змінювався у діапазоні температур 290–335 К, що сприяє використанню CuI/NC в якості нового термоелектричного матеріалу в конструкції планарного, біорозкладного, гнучкого, тонкоплівкового термоелектричного наногенератора. Коефіцієнт термоелектричної потужності CuI/NC становив $P \approx 36$ мкВт·м $^{-1}$ ·К $^{-2}$. При різниці температур 50 К вихідні параметри однієї термоелектричної смужки CuI/NC довжиною 3 см і шириною 0,5 см складали $V_{xx} = 8,4$ мВ, $I_{кз} = 0,7$ мкА та $P_{max} = 1,5$ нВт, що відповідає густині потужності $P^*_{max} = 10$ мкВт/м 2 . Таким чином, в даній роботі було розроблено екологічний, біорозкладаний, гнучкий, тонкоплівковий термоелектричний матеріал на основі CuI/NC, котрий може бути ефективно використаний для перетворення низькопотенційного тепла в електричну енергію при температурі близькій до кімнатної [2].

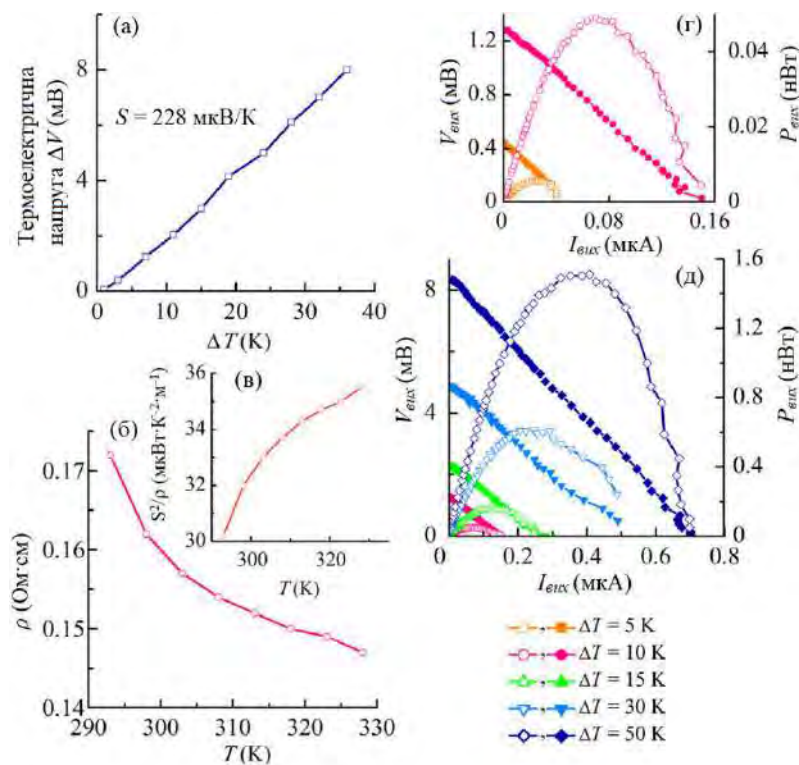


Рисунок 1 – Електричні та термоелектричні параметри плівки CuI на наноцелюлозі (NC): (а) – Термо ЕРС, індукована у відповідь на різницю температур ΔT вздовж термоелектричної смужки CuI/NC; (б) – залежність питомого опору ρ плівки CuI від температури; (в) - температурна залежність коефіцієнта термоелектричної потужності $P = S^2/\rho$ для ТЕ матеріалу CuI/NC; (г, д) - залежності вихідної напруги $V_{вих}$ та вихідної потужності $P_{вих}$ для різниці температур ΔT від вихідного струму $I_{вих}$, отриманих для плівки CuI/NC.

Список літератури:

1. Barbash, V.A. Preparation and properties of nanocellulose from miscanthus x giganteus / V.A. Barbash, O.V. Yashchenko, O.A. Vasylieva // Journal of Nanomaterials. – 2019. – №2019 – С. 1-8.
2. Klochko, N.P. Use of biomass for a development of nanocellulose-based biodegradable flexible thin film thermoelectric material / N.P. Klochko, V.A. Barbash, K.S. Klepikova, V.R. Kopach, I.I. Tyukhov, O.V. Yashchenko, D.O. Zhadan, S.I. Petrushenko, S.V. Dukarov, V.M. Lyubov, A.L. Khrypunova // Solar Energy. – 2020. – №201 – С. 21-27.