

ГРАФЕН У ТОНКОПЛІВКОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Вінницький національний технічний університет,

Анотація

Науковці світу працюють над збільшенням ефективності перетворення енергії сонячними елементами. Відомо, що комерційні сонячні панелі базуються здебільшого на монокристалічному (іноді – полікристалічному чи аморфному) кремнії з ККД в околі 20%. Проте планарні технології виготовлення кремнієвих пластин для фотоелементів чи електронних чіпів доволі енергозатратні та складні. Альтернативою кремнієвим технологіям є графен з можливістю перетворення його в унікальний напівпровідниковий матеріал і формуванням відповідної забороненої зони та p-p-переходу.

Ключові слова: графен, тонкоплівкові технології, кремній, сонячні панелі.

Abstract

Scientists around the world are working to increase the efficiency of energy conversion by solar cells. It is known that commercial solar panels are based mostly on monocrystalline (sometimes polycrystalline or amorphous) silicon with an efficiency of about 20%. However, planar technologies for manufacturing silicon wafers for photovoltaic cells or electronic chips are quite energy-intensive and complex. An alternative to silicon technologies is graphene with the possibility of transforming it into a unique semiconductor material and forming the corresponding band gap and p-p junction.

Keywords: graphene, thin film technologies, silicon, solar panels.

Отже, на заміну найбільш вживаному у геліотехнологіях кремнію пропонуються інші інноваційні матеріали, зокрема бінарні (тандемні), тонкоплівкові, на нестехіометричній кераміці, перовскітні, арсенід-галієві та інші сучасні сполуки та технологічні рішення. При цьому одними із найперспективніших сонячних елементів є органічні напівпровідники з максимально можливим на сьогодні ККД до 13%. Найкращим із них є графен зі значною рухливістю електронів за рахунок π -зв'язку, у 140 разів більшою, аніж у кремнії. Проте графен не має забороненої зони, як у класичних напівпровідників, оскільки це ідеально одноатомний шар атомів вуглецю у вигляді шестикутних ароматичних кілець, у яких валентні електрони усіх атомів вуглецю вільно переміщаються по всьому просторі шару, створюючи значну рухливість та провідність. Тому під час полімеризації, зокрема, епітаксialних графенових двовимірних шарів (2d-полімеризація) потрібне формування на ньому шару іншого полімеру, зокрема, унікального триазокронену, після чого здійснюється легування цієї двовимірної структури акцепторами р-типу з додаванням, наприклад, діоксиду ванадію чи інших аналогів. Все це має здійснюватись найкраще на поверхні карбиду кремнію, якщо мова йде про надпотужні акумулятори електричної енергії. При цьому, зрозуміло, що плівка саме карбиду кремнію, з точки зору чотиривалентного графенового карбону, є сумісною з ним. Аналогічну технологію можна зреалізувати і на основі тонких плівок золота, міді, срібла чи титану, а також фулерену, рубрену, антрацену, пентацену, фталоціанінах металів тощо, які можливо отримувати не складними енергозатратними планарними технологіями з витягуванням монокристалу із розплаву (метод Чохральського), як у випадку кремнію, германію чи арсеніду галію, а, значно простішими: хімічним осадженням із газової фази, або методом «золь-гель», або плівкоутворення центрифугуванням - «spin coating», або методом 2d-чи 3d-друку та ін.

Отже, технологія отримання органічних напівпровідникових тонких плівок із застосуванням графену значно дешевша від класичних кремнієвих матеріалів. При цьому вони досить міцні і гнучкі, можуть ефективно перетворювати енергію фотонів у електричну енергію та мають промислову і комерційну перспективу, хоч і на даному етапі досліджень є певні обмеження цих тонкоплівкових матеріалів і технологій, зокрема, довговічність, зміна ВАХ з часом, їх відносно низький ККД не задовільняє споживачів тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петрук В.Г., Полив'ячук А.П., Петрук Р.В., Полив'ячук Н.М., Гончарук В.С. Інноваційні тонко плівкові геліотехнології. *Матеріали VIII Міжнародного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. збалансоване природокористування»*, 16–18 жовтня 2024 р., Львів. – 2024. – С.109. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2024.04.199>
2. Vasyi Petruk, [Andriy Polivyanchuk](#), Roman Petruk, Natalya Polyvyanchuk, Vadim Honcharuk. Innovative thin-film heliotechnologies of decarbonization and ecologization of municipal energy of Ukraine. *Environmental problems*. – Vol. 9, No. 4, 2024. – С. 199–203. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2024.04.199>
3. Vasyi Petruk, Andriy Polyvyanchuk, Galina Petruk, Kostyantyn Hura, Volodymyr Faichuk. Decarbonization and ecomodernization of the economy as a resource-energy-efficient way of post-war reconstruction of Ukraine. *Environmental problems*. Vol. 9, No. 2, 2024. – С. 73–77. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2024.02.073>

Петрук Василь Григорович – доктор техн. наук, професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Кушнір Дмитро В'ячеславович – студ. групи ТЗД-216, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: 3ukraina4561@gmail.com

Гавадза Сергій В'ячеславович – аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Хмара Олексій Володимирович – студ. групи ТЗД-206, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: oleg_tucha@ukr.net

Vasyi G. Petruk – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Dmytro V. Kushnir – student, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 3ukraina4561@gmail.com

Sergiy V. Gavadza – postgraduate of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Oleksiy V. Khmara – student, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oleg_tucha@ukr.net