

УДК 620:621.38-022.532:004.891.3

ВПЛИВ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДВОВИМІРНИХ МАТЕРІАЛІВ MoS_2 ТА ГРАФЕНУ

Кондрат В.В., Пятайкіна М.І., Стрілкова Т.О.

e-mail: valerii.kondrat@nure.ua, mariia.piataikina@nure.ua,
tetiana.strilkova@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, МЕЕП
м. Харків, Україна

The paper considers the features of 2D materials and their prospects for application in modern nanoelectronics. Particular attention is paid to such materials as Graphene and Molybdenum disulfide (MoS_2). The influence of point defects of the crystal lattice on the electrical characteristics of materials is analyzed. It is shown that defects can significantly change the electrical conductivity and mobility of charge carriers.

Упродовж останніх десятиліть значну увагу науковців привертають так звані двовимірні (2D) матеріали (диселенід вольфрам, диселенід молібден, фосфорен та ін.). До найбільш досліджуваних представників цього класу матеріалів належать графен та дисульфід молібдену (MoS_2). Властивості 2D-матеріалів суттєво відрізняються від інших матеріалів завдяки їх унікальній кристалічній структурі [1]. Графен являє собою моношар атомів вуглецю, розташованих у гексагональній кристалічній решітці. Завдяки надзвичайно високій рухливості електронів, графен є перспективним матеріалом для створення елементів наноелектроніки, зокрема транзисторів, провідників в інтегральних схемах та гнучких електронних пристроїв. MoS_2 – напівпровідниковий матеріал із прямою забороненою зоною у моношаровому стані. Завдяки цій властивості MoS_2 активно досліджується для застосування в польових транзисторах, фотодетекторах та інших елементах оптоелектроніки. Висока чутливість поверхні 2D-матеріалів до абсорбції молекул робить їх перспективними для виготовлення газових, біологічних та хімічних сенсорів з низьким енергоспоживанням та високою чутливістю. Завдяки унікальним оптичним властивостям двовимірні матеріали знаходять застосування в оптоелектроніці, зокрема у фотодетекторах, світлодіодах, сонячних елементах та інших фотонних пристроях.

Незважаючи на значний потенціал двовимірних матеріалів, їх практичне застосування ускладнюється наявністю різноманітних дефектів кристалічної решітки, які виникають під час синтезу, механічної обробки або експлуатації матеріалів. До найбільш поширених дефектів 2D матеріалів відносяться точкові. Наявність таких структурних порушень може суттєво вплинути на електронні, оптичні та механічні властивості двовимірних матеріалів [2, 3]. Найбільш типові точкові дефекти, які зустрічаються в графені – вакансії атомів, які виникають унаслідок видалення одного або кількох атомів вуглецю з кристалічної решітки, та міжвузлові атоми, коли

атом вуглецю займає позицію між вузлами кристалічної решітки. В дисульфіді молібдену найчастіше зустрічаються вакансії атомів сірки, які виникають унаслідок їх видалення з кристалічної решітки, домішкові дефекти та міжвузлові атоми, які утворюються під час синтезу або під впливом зовнішніх факторів. Дефекти кристалічної решітки здатні змінювати провідність матеріалу, впливати на рухливість носіїв заряду, а також спричиняти появу додаткових енергетичних рівнів у забороненій зоні та впливати на оптичні властивості матеріалів. На рис.1 наведено графік залежності питомої електропровідності графену та MoS_2 від концентрації дефектів.

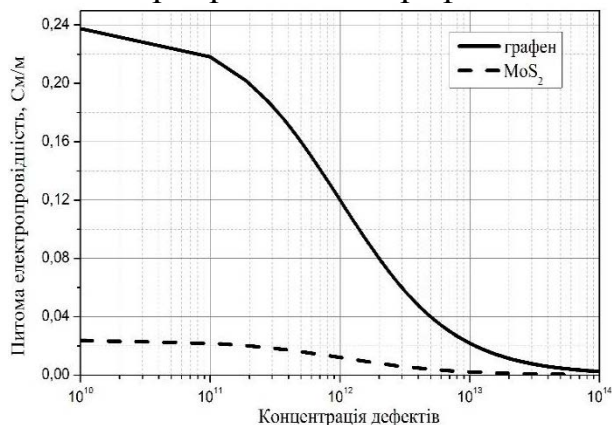


Рис. 1

Аналіз наведеної залежності показує, що збільшення концентрації дефектів призводить до поступового зменшення питомої електропровідності обох матеріалів. Це пов'язано з тим, що дефекти кристалічної решітки виступають центрами розсіювання носіїв заряду, що призводить до зниження їх рухливості. З графіка видно, що питома електропровідність графену значно

вища за питому електропровідність MoS_2 . Це пояснюється тим, що рухливість носіїв заряду графену значно більша ніж у MoS_2 . Крім того, у графену спостерігається більш різке зниження питомої електропровідності при малих значеннях концентрації дефектів, після чого спад стає більш плавним. Для MoS_2 зменшення електропровідності відбувається більш поступово. Отримані результати свідчать про те, що збільшення концентрації дефектів негативно впливає на питому електропровідність досліджуваних 2D-матеріалів. При цьому графен демонструє значно вищі значення питомої електропровідності, ніж MoS_2 , що робить його більш перспективним матеріалом для використання в високопровідних елементах наноелектроніки.

Список використаних джерел

1. Graphene and Beyond: Recent Advances in Two-Dimensional Materials Synthesis, Properties, and Devices / Y. Lei et al. ACS Nanoscience Au. 2022. Vol.2. P.450-485.
2. Пятайкіна М. І. Інформаційні технології в діагностиці процесів дефектоутворення мікро- та наноелектронних структур / М. І. Пятайкіна, Т. О. Стрілкова // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 29-го Міжнар. молодіж. форуму, 16–19 квітня 2025 р. – Харків : ХНУРЕ, 2025. – Т. 1. – С. 50–52.
3. Sorkin V., Pei Q. X., Zhang Y. W. Modelling of Defects and Failure in 2D Materials: Graphene and Beyond. Handbook of Materials Modeling. Cham, 2020. P. 1869–1909.