

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕТЕРОШАРІВ α -ZnSe

Досліджено спектри оптичного відбивання та люмінесценції гетерошарів α -ZnSe, отриманих ізовалентним заміщенням на монокристалічних підкладках α -CdSe. Визначено ширину забороненої зони гетерошару ($E_g \approx 2,89$ eV), а також значення розщеплень внаслідок спин-орбітальної взаємодії ($\Delta_{SO} \approx 0,37$ eV) і кристалічного поля ($\Delta_{CR} \approx 0,07$ eV).

Ключові слова: ізовалентне заміщення, гетерошари, α -ZnSe, оптичне відбивання, люмінесценція.

Исследованы спектры оптического отражения и люминесценции гетерослоев α -ZnSe, полученных изовалентным замещением на монокристаллических подложках α -CdSe. Определена ширина запрещенной зоны гетерослоя ($E_g \approx 2,89$ эВ), а также значения расщеплений вследствие спин-орбитального взаимодействия ($\Delta_{SO} \approx 0,37$ эВ) и кристаллического поля ($\Delta_{CR} \approx 0,07$ эВ).

Ключевые слова: изовалентное замещение, гетерослои, α -ZnSe, оптическое отражение, люминесценция.

The optical reflection and photoluminescence spectra of α -ZnSe heterolayers, obtained by the isovalent substitution on α -CdSe single-crystal substrates were investigated. The bandgap of heterolayer ($E_g \approx 2,89$ eV) and the value of splitting is caused by spin-orbit interaction ($\Delta_{SO} \approx 0,37$ eV) and crystal field ($\Delta_{CR} \approx 0,07$ eV) has been determined.

Keywords: isovalent substitution, heterolayers, α -ZnSe, optical reflection, luminescence.

Вступ

Відомо, що об'ємні кристали широкозонних II-VI сполук (за винятком сульфїду цинку) можуть мати лише одну стабільну в часі структурну модифікацію – кубічну (β) або гексагональну (α). Так, зокрема, селенід цинку один з найбільш перспективних матеріалів функціональної електроніки, кристалізується тільки в кубічну (сфалеритну) структуру. Натомість, перехід до α -модифікації може викликати не лише зміну ширини забороненої зони E_g цієї сполуки, але й привести до появи нових властивостей, які притаманні матеріалам з гексагональною структурою (електрооптичний, акустооптичний та п'єзоелектричний ефекти) [1]. Отже, актуальним є пошук технологій отримання кристалів або шарів α -ZnSe зі стабільними у часі параметрами і характеристиками.

Перспективним у даному аспекті може бути метод ізовалентного заміщення (ІВЗ), яким уже було синтезовано низку гетерошарів халькогенідів кадмію і цинку обох

структурних модифікацій [2]. Дана робота присвячена дослідженню основних оптичних і люмінесцентних властивостей ізовалентно-заміщених гетерошарів α -ZnSe.

Обговорення результатів досліджень

Гетерошари селенїду цинку створювались шляхом ізотермічного відпалу монокристалічних пластинок селенїду цинку у насиченій парі цинку. Процес відбувався в евакуйованих до 10^{-4} Торр. і запаяних кварцових ампулах, причому підкладка CdSe і наважка елементарного Zn знаходились в її протилежних кінцях. Утворення гетерошарів відбувається за реакцією, яка описується наступним рівнянням



де індекси "ТВ" та "Г" відповідають твердому і газоподібному станам учасників реакції. В результаті останньої, як слїдує з (1), повинна утворитись нова хїмічна сполука, а саме селенід цинку.

Про це, насамперед, свідчить зміна кольору поверхні підкладки з чорного на

жовто-зелений, який характерний для ZnSe. Другим підтвердженням цього є суттєві відмінності диференціальних спектрів оптичного відбивання R'_ω базових і відпалених підкладинок, які представлено на рис.1, відповідно кривими 1 і 2.

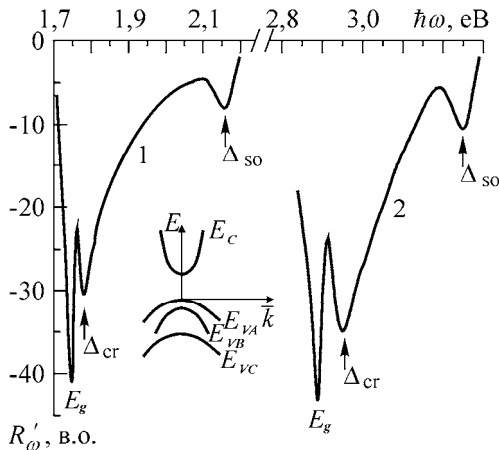


Рис. 1. Диференціальні спектри оптичного відбивання базових (1) і відпалених (2) підкладинок CdSe. На врізці – структура енергетичних зон напівпровідників з гексагональною структурою.

У першу чергу відмітимо наявність на кривих R'_ω обох типів зразків трьох піків, що є характерним для гексагональних кристалів, енергетична структура яких також наведена на врізці рис. 1. Її особливість полягає у наявності трьох валентних підзон, які обумовлені розщепленням за рахунок спин-орбітальної взаємодії Δ_{SO} і кристалічного поля Δ_{CR} . На діаграмі їм відповідають енергетичні відстані між вершинами підзон E_{VB} та E_{VC} і основної валентної зони E_{VA} відповідно.

Енергетична ж відстань між екстремумами зони провідності E_C і E_V є фактично шириною забороненої зони, дослідне значення якої виявилось 2,89 еВ. Останнє значно перевищує $E_g \approx 2,7$ еВ кубічного селеніду цинку, однак добре корелює з величиною $E_g \approx 2,88$ еВ для α -ZnSe [3]. Цей факт, а також наявність двох відщеплених зон (замість двох для кубічних кристалів) є безперечним доказом утворення гетер шарів ZnSe гексагональної модифікації. Крім того, зі спектрів оптичного відбивання вперше знайдено величини важливих парамет-

рів Δ_{SO} і Δ_{CR} зонної структури α -ZnSe, які становлять 0,37 еВ і 0,07 еВ відповідно.

Додатковим підтвердженням утворення гетер шару селеніду цинку є наявність у спектрі люмінесценції N_ω смуги, яка суттєво відрізняється від смуги випромінювання базових підкладинок (рис. 2).

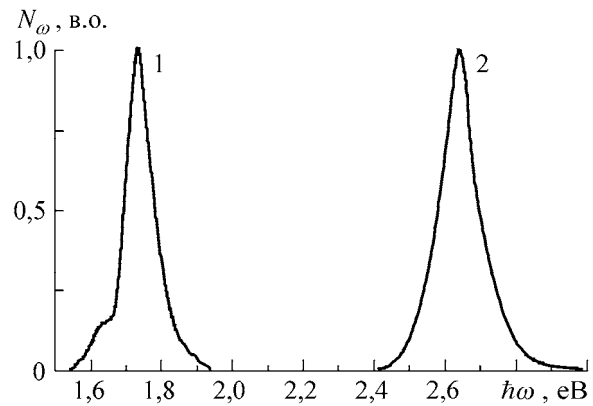


Рис.2. Спектри люмінесценції базових (1) і відпалених (2) підкладинок CdSe виміряні при 300 К.

Видно, що випромінювання зміщується з червоної у синю область спектра, а максимум $h\omega_m$ домінуючої смуги шарів α -ZnSe знаходиться в околі 2,7 еВ. Дослідження показали, що його положення залежить від рівня збудження L , зміщуючись в область менших енергій при збільшенні L (рис. 3).

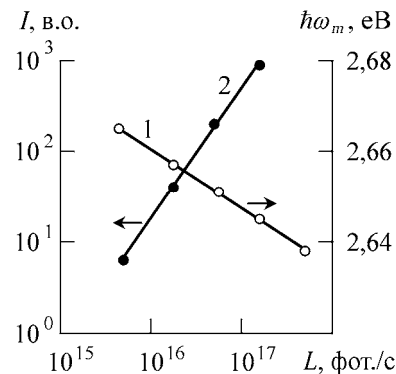


Рис.3. Залежність максимуму $h\omega_m$ (1) блакитної смуги шарів α -ZnSe та її інтенсивності I (2) від рівня збудження L . $T=300$ К.

Крім того, інтенсивність I залежить від рівня збудження за законом $I \sim L^{1.5}$. Зазначені особливості поведінки блакитної смуги люмінесценції характерні для випромінювання екситонів при їх непружному розсіюванні на вільних носіях заряду [4]. У фор-

муванні екситону не виключається участь ізовалентної домішки (залишкові атоми Cd базової підкладинки), що присутня в гетерошарі і з якою може зв'язуватись електрон або дірка. Натомість, встановлення його природи потребує окремих досліджень із залученням модуляційних методів і вимірювань в області низьких температур.

Висновки

Отже, результати досліджень свідчать про можливість використання методу ізовалентного заміщення для виготовлення на підклададках α -CdSe гетерошарів α -ZnSe з домінуючою люмінесценцією в блакитній області спектра.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Физика соединений A^2B^6 . / Под ред. Георгобиа-ни А.Н. и Шейнкмана М.К. – М.: Мир. – 1986. – 320с.
2. Махній В.П., Сльотов М.М., Демич Н.В., Сльотов А.М. Особенности физических свойств гетерослоев изовалентного замещения широкозонных II-VI соединений // Междунар. науч. конф. – Минск. – 2005. – 1. – С. 385-387.
3. Горкавенко Т.В., Зубкова С.М., Макара В.А., Русина Л.Н. Температурная зависимость зонной структуры полупроводниковых соединений типа вюрцита: ZnS, ZnSe, ZnTe, CdSe // ФТП. – 2007. – 41(8). – С. 908-916.
4. Koh Era, Langer D.W. Luminescence of ZnSe near the band edge under strong laser light excitation // J. Luminescence. – 1970. – 1-2. – P. 514-527.