

ВПЛИВ ОПТИЧНИХ І РЕКОМБІНАЦІЙНИХ ВТРАТ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ГЕТЕРОПЕРЕХОДІВ n -ІТО(ZnO)/ n -CdS(ZnS, ZnSe)/ p -CZTS

Опанасюк А.С., Доброжан О.А., Данильченко П.С., Опанасюк Н.М.
Сумський державний університет, м. Суми 40007, вул. Римського-Корсакова, 2,
opanasjuk_sumdu@ukr.net, dobrozhan.a@ukr.net, petr-danil@ukr.net

Згідно з прогнозами з середини ХХІ століття сонячна енергетика стане домінуючим джерелом енергії людства. Одним із найбільш перспективних методів використання сонячної енергії є її перетворення в електричну за допомогою фотоелектричних перетворювачів (ФЕП). Сьогодні найпоширенішими є сонячні елементи (СЕ), що базуються на кремнієвих технологіях, однак останнім часом почали використовуватися тонкоплівкові ФЕП на основі гетеропереходів n -CdS/ p -(CdTe, CuIn_xGa_(1-x)(S,Se)₂) із фронтальним струмознімальним шаром ІТО (In₂O₃ (90%)+SnO₂ (10%)). Але, такі недоліки як токсичність Cd, висока вартість In, Ga, Te дають поштовх до пошуку альтернативних матеріалів функціональних шарів та конструкцій ФЕП. У наш час як перспективна заміна традиційним поглинаючим шарам тонкоплівкових СЕ розглядається чотирикомпонентна сполука Cu₂ZnSnS₄ (CZTS), яка має оптимальну для перетворення сонячної енергії ширину забороненої зони ($E_g^{CZTS} = 1,5$ eВ) та p -тип провідності. Віконним матеріалом у такому СЕ традиційно виступає CdS, а фронтальним контактом ІТО. Альтернативою відомим ФЕП є конструкція з вікном з ZnS або ZnSe та струмознімальним шаром ZnO:Al. До складу нової конструкції ФЕП входять поширені в природі та нетоксичні елементи. Сполуки ZnO та ZnS, ZnSe є широкозонними ($E_g^{ZnO} = 3,37$ eВ, $E_g^{ZnS} = 3,7$ eВ, $E_g^{ZnSe} = 2,7$ eВ), що дозволяє збільшити кількість фотонів, які надходять до шару CZTS.

За оцінками ефективність тонкоплівкових СЕ з поглинаючим шаром CZTS складає 25-30%. Однак ККД реальних ФЕП не перевищує 12,7%. Різниця між теоретичними передбаченнями та отриманими значеннями ефективності приладів пояснюється оптичними, електричними та рекомбінаційними втратами при перетворенні сонячної енергії в електричну.

У зв'язку з цим метою даного дослідження було визначення та порівняння оптичних і рекомбінаційних втрат у ФЕП, що мають конструкцію n -ІТО(n -ZnO)/ n -CdS(n -ZnS, n -ZnSe)/ p -CZTS/тильний металевий контакт.

Моделювання фізичних процесів у багатошарових структурах проводилося нами в діапазоні товщини віконного шару $d_1 = 25$ -100 нм, струмознімального фронтального шару ІТО (ZnO) $d_2 = 100$ -200 нм. Концентрації некомпенсованих акцепторів в шарі CZTS змінювалася в інтервалі 10^{15} - 10^{17} см⁻³. Ці значення є типовими для реальних СЕ.

Встановлено, що СЕ з конструкцією: n -ZnO/ n -ZnS/ p -CZTS, n -ІТО/ n -ZnS/ p -CZTS мають найкращий коефіцієнт пропускання світла у діапазоні довжини хвилі $\lambda = (300$ -400) нм, за рахунок кращих оптичних характеристик віконного шару ZnS. В діапазоні довжини хвилі $\lambda = (800$ -1200) нм найгірший коефіцієнт пропускання мають СЕ з конструкцією n -ІТО/ n -CdS/ p -CZTS, n -ІТО/ n -ZnS/ p -CZTS. СЕ виду n -ZnO/ n -ZnS/ p -CZTS мають більші значення струму короткого замикання ніж з конструкцією ІТО/CdS/ p -CZTS.

Проведені розрахунки дають можливість вибрати оптимальну конструкцію СЕ та мінімізувати оптичні та рекомбінаційні втрати енергії у приладі.

Секція IV

ХІМІЧНІ СЕНСОРИ

Section IV

CHEMICAL SENSORS