

©2011 р. В.В. Мельник, М.М. Сльотов, І.В. Ткаченко*

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, Чернівці
*Чернівецький торговельно-економічний інститут КНЕТУ, Чернівці

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ ZnTe:Sn

Досліджено вплив температури легування на електричні і люмінесцентні властивості дифузійних шарів ZnTe:Sn, у яких олово утворює центри заміщення донорного Sn_{Zn} і акцепторного Sn_{Te} типу. Перші з них визначають електронну провідність шарів, а другі – формують нову смугу люмінесценції з максимумом ~2,08 еВ при 300 К.

Ключові слова: телурид цинку, дифузійний шар, фотолюмінесценція.

Исследовано влияние температуры легирования на электрические и люминесцентные свойства диффузионных слоев ZnTe:Sn, в которых олово образует центры замещения донорного Sn_{Zn} и акцепторного Sn_{Te} типа. Первые определяют электронную проводимость слоев, а вторые – формируют новую полосу люминесценции с максимумом ~2,08 эВ при 300 К.

Ключевые слова: теллурид цинка, диффузионный слой, фотолюминесценция.

Effect of doping temperature T_a on electrical and luminescent properties of diffusion layers ZnTe:Sn is studied. Tin forms in these replacement centers donor Sn_{Zn} and acceptor Sn_{Te} type. The first of them determine the electronic conductivity of these layers, and others – form a new band luminescence with maximum at ~2,08 eV at 300 K.

Keywords: zinc telluride, diffusion layer, photoluminescence.

Характерними особливостями халькогенідів кадмію і цинку є широкий спектр власних і неконтрольованих домішкових дефектів, одностороннє відхилення від стехіометрії та схильність до самокомпенсації [1]. Саме ці фактори призводять до переважаючої монополярної провідності даних сполук (за винятком CdTe) і складності керування її величиною і типом. Так, зокрема, кристали ZnTe можна сильно легувати мілкими акцепторами, але отримати низькоомні зразки *n*-типу звичайними методами не вдається через компенсацію донорів одно- і двократно зарядженими вакансіями цинку V_{Zn} . Для подолання цих труднощів зазвичай використовують різноманітні нерівноважні способи легування – іонну імплантацію, лазерний або електронний відпал попередньо нанесеної на кристал ZnTe плівки донорної домішки тощо [2]. Однак, ці технології вимагають вартісного і складного обладнання, а також додаткового відпалу радіаційних дефектів, які виникають у процесі іонного легування. Вирішення даної задачі було знай-

дене авторами [3], які дифузією олова у закритому об'ємі отримали шари ZnTe:Sn з досить високою електронною провідністю. Дана праця присвячена вивченню впливу умов легування на електричні і оптичні властивості дифузійних шарів ZnTe:Sn.

Технологія виготовлення зразків описана в праці [3], а температура дифузії T_a змінювалась у діапазоні 1073÷1273 К. Омичні контакти до шарів ZnTe:Sn виготовлялись вплавленням наважок індію, а питомий опір ρ_n вимірювався двохзондовим методом. Фотолюмінесценція збуджувалась N_2 -лазером з $\lambda_m \approx 0,337$ мкм, а спектри записувались в автоматичному режимі на універсальній установці, яка утримувала дифракційний монохроматор і стандарту схему синхродетектування.

Електричні властивості

Дослідження показали, що провідність базових кристалів в області кімнатних температур визначається глибокими акцепторними центрами з $E_a \approx 0,88$ еВ. Ця енергія ко-

релює з глибиною залягання рівнів, обумовлених атомами міді і вакансіями цинку [4]. Провідність шарів ZnTe:Sn є електронною, а її температурна залежність у координатах $\ln(\sigma_n) - 1/T$ зображається прямою з енергетичним нахилом $E_d \approx 0,26$ еВ, який практично не залежить від температури дифузії. На відміну від цього, абсолютна величина σ_n при 300 К зростає більш ніж у 20 разів при збільшенні T_a від 1073 до 1273 К (рис.1). Викладені факти свідчать про те, що збільшення T_a викликає ріст концентрації донорних центрів, якими є атоми олова у катіонних вузлах основної ґратки, тобто Sn_{Zn}.

З іншого боку, внаслідок амфотерності, олово також може входити в аніонну підґратку, утворюючи акцепторні центри Sn_{Te} з $E_a \approx 0,22$ еВ [3]. Враховуючи, що $E_d > E_a$, а провідність шарів у всьому діапазоні зміни T_a залишається електронною, слід допустити, що концентрація атомів заміщення [Sn_{Zn}] переважає концентрацію центрів [Sn_{Te}].

Оптичні властивості

Спектр фотолюмінесценції базових підкладок при 300 К у видимій області утримує одну смугу А з максимумом поблизу краю фундаментального поглинання ZnTe (рис.2). Легування кристалів Sn викликає появу нової смуги В з максимумом поблизу 2,08 еВ, положення якого не залежить від температури відпалу. Різниця між E_g і максимумом $\hbar\omega_{mB}$ цієї смуги складає $2,30 - 2,08 = 0,22$ еВ, яка корелює з глибиною залягання акцепторних центрів Sn_{Te}. Із урахуванням електронної провідності шарів ZnTe:Sn слід допустити, що В-смуга обумовлена рекомбінацією основних носіїв (електронів) через зазначені рівні. Підтвердженням цього є спостережуваний ріст інтенсивності даної смуги із збільшенням T_a , яка, як уже відмічалось, викликає зростання концентрації центрів Sn_{Te}. Достатньо велика напівширина В-смуги ($\Delta\hbar\omega_{1/2} \approx 0,1$ еВ) свідчить про її складну структуру, з'ясування якої виходить за рамки даних досліджень.

Крайова А-смуга також має велику напівширину $\Delta\hbar\omega_{1/2} \approx 0,08$ еВ, внаслідок чого є

суперпозицією декількох рекомбінаційних каналів. Перший з них відповідає за формування високоенергетичного "крила" і обумовлений міжзонними переходами. Це підтверджується тим, що вона добре описується відомим виразом для міжзонної рекомбінації

$$N_\omega \sim (\hbar\omega - E_g)^{1/2} \exp\left(-\frac{E_g - \hbar\omega}{kT}\right), \quad (1)$$

якщо прийняти $E_g \approx 2,3$ еВ (рис.2).

Надлишкове над міжзонним низькоенергетичне випромінювання А-смуги зумовлене переходами за участю мілких локальних центрів. Їх енергетичне положення визначається різницею між E_g і основним максимумом А-смуги $\hbar\omega_{mA}$, яка складає 20–30 меВ. Водночас, природа даного центру невідома, а відповідь на це питання можуть дати додаткові дослідження.

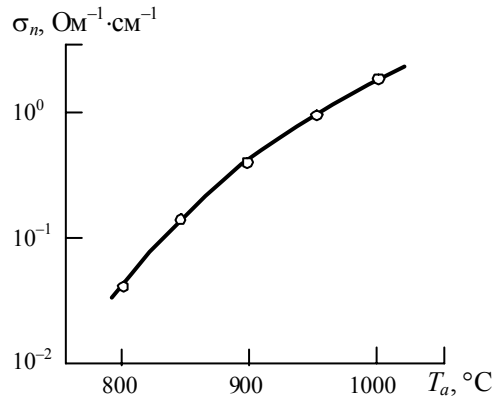


Рис. 1. Залежність питомої електропровідності шарів ZnTe:Se від температури дифузії.

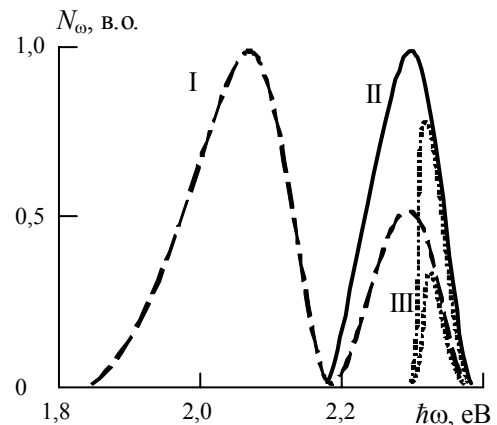


Рис. 2. Нормовані в максимумах спектри фотолюмінесценції вихідного кристалу ZnTe (I) і шару ZnTe:Se (II) та розраховані (III) за формулою (1) залежності N_ω при $E_g = 2,3$ еВ. $T = 300$ К.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Физика соединений A^2B^6 / Под ред. А.Н. Георгобиани, М.К. Шейнкмана. – М.: Наука, 1986.
2. Кононенко В.К. Инжекционная электролюминесценция теллурида цинка // Журнал прикладной спектроскопии. – 1975. – **23**(3). – С.528-553.
3. Махний В.П., Грицул В.И. Диффузионные слои ZnTe:Sn с электронной проводимостью // ФТП. – 2006. – **40**(7). – С. 794-795.
4. Оптические свойства полупроводников. Справочник / Гавриленко В.И., Грехов А.М., Корбутяк Д.В., Литовченко В.Г. – Киев: Наук. думка, 1987.