

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І СПЕКТРІВ ШУМІВ МОНОКРИСТАЛІВ І ПЛІВОК InSe

Досліджувались рівень і характер шумів фоточутливих монокристалів InSe n - і p -типу провідності і плівок InSe, одержаних методом лазерного напилення. Показано, що експериментальні залежності спектральної густини шуму від величини зміщення мають вид $S_{ш} = \text{const} \cdot U^n$, де U – величина зміщення, $n=0,8-1,4$. Одержана залежність величини сигнал-шум ($U_{с}/U_{ш}$) від напруги дозволяє розширити діапазон зміщень, для яких це відношення зростає, що важливо для роботи фотоприймальних пристроїв. Визначена нормована спектральна густина шуму при $\Delta f=150$ Гц і струмах $10^{-5}-5 \cdot 10^{-6}$ А, яка складає $10^{-14}-10^{-15}$ с.

Character of noise and its value were investigated for photosensitive InSe single crystals of p - and n -type conductivity well as for InSe films received by the method of laser evaporation. It is shown that experimental dependences of noise spectral density on a bias value have the form $S_N = \text{const} \cdot U^n$, where U is the value of bias, $n=0,8-1,4$. The obtained of the signal-noise ratio (U_s/U_N) versus applied voltage allows to extend the bias range, where this ratio increases. It is important for operating photodetectors. We have determined a spectral density of noise at the current $10^{-5}-5 \cdot 10^{-6}$ A and at $\Delta f=150$ Hz, which is equal to $10^{-14}-10^{-15}$ s.

Досить висока фоточутливість при кімнатних температурах [1-2] спричинює інтерес до дослідження фотоелектричних властивостей моноселеніду індію. У зв'язку з цим постає необхідність глибокого вивчення шумових характеристик такого матеріалу, оскільки шуми – один із факторів, які загалом визначають граничні параметри фотоприймальних пристроїв.

У даній роботі досліджувались фотоелектричні характеристики, рівень і характер шумів у шаруватих кристалах і тонких плівках InSe, одержаних методом лазерного напилення.

Для дослідження власних шумів монокристалічних зразків і плівок необхідно створення контактів, рівнем шумів яких можна знехтувати у порівнянні з рівнем шумів досліджуваних об'єктів. Тому нами були підібрані склади контактного матеріалу, який наносився на досліджувані об'єкти у вигляді плівок термічним випаровуванням у вакуумі.

Для електронних монокристалічних зразків і плівок найбільш задовільним матеріалом для контактів був матеріал складу Pb-Sn-Sb з добавкою срібла, для діркових зразків такий матеріал – сплав Sn-In-Sb.

Перевірка наявності або відсутності контактних шумів проводилась за методикою, запро-

понованою у роботі [3], і підтвердила, що для підібраних контактних матеріалів їх шумом можна знехтувати. Зауважимо, що шумові методи дослідження контактів більш чутливі у порівнянні з методом ВАХ, що проявляється, зокрема, в наявності явища "різношуму" (залежності величини шуму від полярності прикладеної напруги) навіть у випадку суперлінійності ВАХ.

Дослідження шумових характеристик InSe проводилось на низьких (до 1200 Гц) частотах, оскільки більшість приймачів випромінювання працюють саме на таких частотах. Відомо, що на низьких частотах основний шум – це шум зі спектром $1/f$ [4]. Залежність спектральної густини шуму типу $1/f$ від величини зміщення описується емпіричним співвідношенням Хуга [5].

$$S = \text{const} \cdot U^n / f^\gamma, \quad (1)$$

де $n \approx 2$, $\gamma = 0,8-1,2$.

Залежності спектральної густини шуму від напруги зміщення у діапазоні ± 30 В, отримані нами на монокристалічних зразках та плівках InSe, також, як показує аналіз цих залежностей, описується співвідношенням Хуга (1). Проте, на відміну від традиційних напівпровідників, як для монокристалічних зразків, так і для плівок InSe, показник n – помітно менший від 2. Так для величини зміщення в інтервалі $0 \div 12$ В $n=0,8-1,2$,

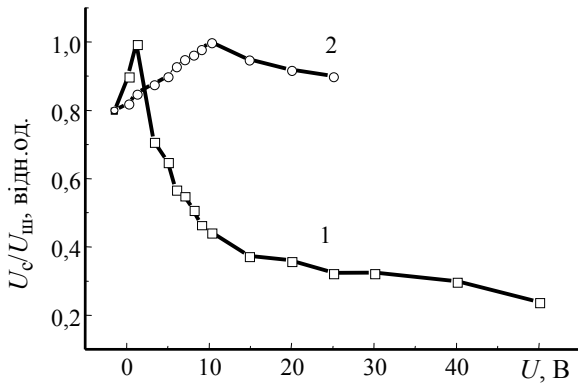


Рис.1. Залежність відношення сигнал-шум від величини напруги зміщення для монокристалічних зразків InSe (1); для плівок, одержаних методом лазерного напилення (2).

для інтервалу 12÷30 В $n=1,3-1,4$. Ця обставина істотно впливає на хід залежності відношення сигнал-шум $U_c/U_{ш}$ від напруги зміщення (рис.1).

Як видно з рис.1, дані залежності свідчать про те, що швидкість зростання корисного сигналу більша за швидкість росту величини шуму для значного діапазону величини зміщення. При цьому, для плівок відношення $U_c/U_{ш}$ набуває максимального значення при більших значеннях напруг зміщення (10-12 В) у порівнянні з монокристалічними зразками. Така закономірність надає можливість оптимізувати цілий ряд параметрів фотоприймальних пристроїв, зокрема питому виявну здатність.

Визначена нормована спектральна густина шуму при $\Delta f=150$ Гц, яка складає величину 10^{-14} - 10^{-15} с для струмів 10^{-5} - $5 \cdot 10^{-6}$ А і задовільно збігається з розрахунковими значеннями для випадку струмових шумів типу $1/f$. На монокристалічних зразках і плівках одержаних лазерним напиленням були проведені дослідження частотних характеристик з метою визначення їх чутливості в залежності від частоти модуляції променевого потоку у діапазоні частот 400-1200 Гц, що важливо для технічного застосування (рис.2). Як видно з рис.2, фотосигнал падає за лінійним законом із збільшенням частоти модуляції. У дослідженому діапазоні частот швидкість спадання фотосигналу для плівок більша, ніж для монокристалічних зразків, в основному, через різні значення постійних часу τ при умові, що чутливість можна характеризувати лише величиною τ .

Для більш широкого застосування шаруватих кристалів у фотоприймальних пристроях досліджувались технологічні режими лазерного напилення з метою створення гомо- і гетеропереходів на кристалах і плівках InSe і GaSe. P-n переходи

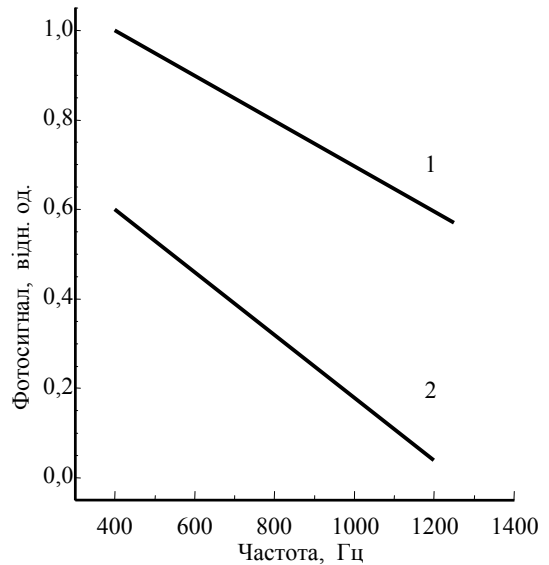


Рис.2. Частотні характеристики шумів для монокристалічних зразків (1) і плівок InSe, одержаних лазерним напиленням (2).

створювались лазерним напиленням монокристалічного матеріалу InSe на монокристалічні підкладки InSe, GaSe p-типу провідності. Проведені виміри фотоелектричних характеристик при освітленні джерелом живлення з кольоровою температурою 2850 К у фотодіодному режимі відповідають основним співвідношенням для класичних фотодіодів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бакуменко В.Л., Ковалюк З.Д., Курбатов Л.Н., Чишко В.Ф. Фотоелектрические свойства моноселенида индия // ФТП. - 1978. - **12**, №11. - С.2197-2201.
2. Ковалюк З.Д. Слоистые полупроводники // Физические основы полупроводникового материаловедения. - Киев: Наук. думка, 1982. - С.14-18.
3. Лук'янчикова Н.Б., Маркевич І.І., Федорус Т.А., Шейнкман М.К. Дослідження шумів фотоструму в CdS-монокристалах з різними контактами // УФЖ. - 1965. - **10**, № 1. - С.27-38.
4. Коган Ш.М. Новые экспериментальные исследования механизма шума $1/f$ // УФЖ. - 1977. - **123**, №1. - С.131-136.
5. Букингем М. Шумы в электронных приборах и системах. - М.: Мир, 1986.