

СТИМУЛЯЦИЯ КРАТНОСТИ ОТНОШЕНИЯ СВЕТОВОГО ТОКА К ТЕМНОВОМУ В МОНОКРИСТАЛЛЕ PbGa_2Se_4

ТАГИЕВ Б.Г., МУСАЕВА Н.Н., ДЖАББАРОВ Р.Б.

Институт Физики НАН Азербайджана

Исследована вольтамперная характеристика монокристаллов PbGa_2Se_4 в темноте и при освещенности 200 лк в широком интервале электрических полей.

Обнаружена стимуляция кратности светового тока к темновому при 200 лк. Установлено, что с увеличением освещенности глубокие уровни кристалла заполняются, в результате чего уменьшается высота максимума на зависимости кратности отношения светового тока к темновому от напряжения ($k \sim U$).

Семейство тройных халькогенидных соединений, с общей формулой $\text{A}^{\text{II}}\text{B}_2^{\text{III}}\text{C}_4^{\text{VI}}$ (где А-Мп, Рb; В- Ga, In; С-Se, S), принадлежит к перспективным полупроводниковым материалам, которые в настоящее время подробно изучаются в физике и технике полупроводников.

Кристаллы на основе вышеуказанных соединений, обладающих ярко выраженными фотопроводящими свойствами, являются хорошей базой для создания светоизлучательных, электрофотографических устройств, солнечных элементов и других преобразователей.

Соединение PbGa_2Se_4 , принадлежащее к этому семейству, фоточувствительно в широкой области спектра ($0.400 \div 1.200$ мкм). В ранее опубликованных работах в кристаллах PbGa_2Se_4 были изучены: спектры фотопроводимости (ФП) при различных приложенных электрических полях, температурное гашение фототока (ТГФ), кинетика ФП и т.д. [1].

Монокристаллы PbGa_2Se_4 , полученные методом Бриджмена-Стокбаргера, являются высокоомными полупроводниками ($\rho \sim 10^{10} \div 10^{11}$ Ом·см). В результате оптических исследований, проведенных в интервале энергии фотонов $2.24 \div 2.46$ эВ были выявлены не прямой и прямой оптические переходы с энергиями $E_{\text{gi}} = 2.28$ эВ и $E_{\text{gd}} = 2.35$ эВ, соответствующих 300К [2].

Как известно, кратность отношения светового тока к темновому является одной из основных характеристик фоточувствительных кристаллов. Авторы работ [3-5] разработали теоретически обоснованную методику анализа экспериментальных кривых фототока, базирующуюся на аппроксимациях ВАХ в режиме постоянного поля.

Экспериментальные исследования проводились на установке, собранной на базе монохроматора МДР-12. Образцы освещались светом лампы накаливания.

На рис.1 представлена ВАХ PbGa_2Se_4 в темноте и при освещенности 200 лк. Как видно из рисунка, в слабых электрических полях темновой ток резко растет, а при освещении при тех же значениях поля на ВАХ наблюдается линейный участок. Резкое возрастание темнового тока до 10^{-10} А связывается с образованием контактного поверхностного барьера в образце, включенном в запертом направлении. В результате линейного увеличения напряжения происходит пробой барьера вследствие ударной ионизации в области объемного заряда, и электроны инжектируются в объем из контакта.

При дальнейшем увеличении напряжения на кривой наблюдается сублинейный участок со значением степени $0 < \alpha_m < 1$, которое характеризует режим постоянного поля на межконтактном слое (рис.2, кривая 1). Используя минимальное значение $\alpha_m = 0.67$, найдена начальная контактная концентрация n_{k0} , эффективная прозрачность приконтактного барьера D_k^* , ширина приконтактного барьера d_k [6,7].

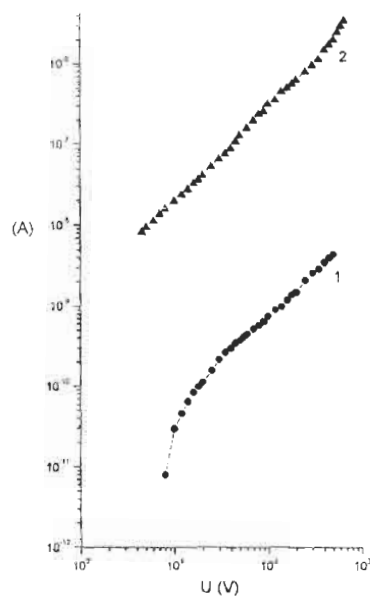


Рис.1. Вольтамперная характеристика монокристалла PbGa_2Se_4 в темноте (1) и при освещенности 200 лк (2)

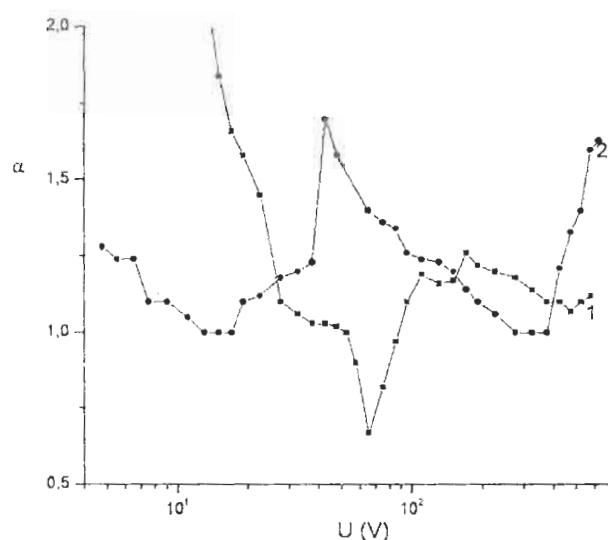


Рис. 2. Зависимость α от U в темноте (1) и при свете 200 лк (2). (1) – $n_{k0} = 6 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$; $D_k^* = 6 \cdot 10^{-3}$; $d_k = 1.1 \cdot 10^{-7} \text{ см}$; $\Delta\varepsilon = 0.78 \text{ эВ}$; $n_{k\min} = 2.6 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$; $I_{k\min} = 1.22 \cdot 10^{-9} \text{ А}$; $\frac{|\rho_k|}{e} = 3.88 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$; (2) – $n_k = 2.24 \cdot 10^9 \text{ см}^{-3}$.

Эффективная высота барьера

$$\Delta\varepsilon = kT \ln \frac{N_c}{n_{k0}} \quad (1)$$

где $N_c = 2 \left(\frac{2\pi m_n kT}{h^2} \right)^{3/2} \approx 10^{19} \text{ см}^{-3} \cdot \left(\frac{m_n}{m} \frac{T}{300\text{K}} \right)^{3/2}$ – эффективная плотность состояний в зоне проводимости.

Минимально возможная контактная концентрация и сила тока, определяющие пределы спада контактной эмиссии в монополярном режиме инжекции, вычисляются по формулам :

$$(n_k)_{\min} = \left(2 - \frac{\alpha_m}{1 - \sqrt{1 - \alpha_m}} \right) \exp(\sqrt{1 - \alpha_m}) \frac{I_m L}{e \mu S V_m} \quad (2)$$

$$I_{\min} = (2 - \sqrt{1 - \alpha_m}) \exp(\sqrt{1 - \alpha_m}) I_m \quad (3)$$

Переход от линейного участка к сублинейному позволяет оценить приконтактную плотность объемного заряда $|\rho_k|$:

$$|\rho_k| = \frac{\varepsilon V_1}{2\pi L^2} \quad (4)$$

Здесь V_1 - начальное значение напряжения точки спада функции $\alpha(V)$ от единицы. При освещении на зависимости $\alpha \sim U$ (рис.2, кривая 2) наблюдается скачок ($\alpha_{\max} = 1.7$, $U_{\max} = 42.5 \text{ В}$, $I_{\max} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ А}$), а в сильных полях происходит рост тока с напряжением. Максимальное значение $\alpha_{\max}$ позволило определить некоторые важные параметры кристалла [8], в том числе и прианодную концентрацию - n_k

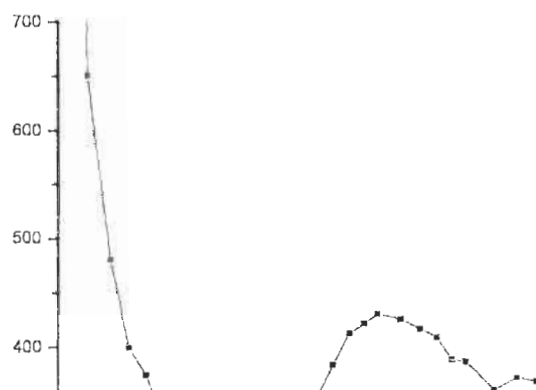


Рис.3. Зависимость К от U.

$$n_k = 2 \frac{a_m^2}{a_m + 1} \frac{I_m L}{e \mu V_m S} \quad (5)$$

Стимуляционный характер зависимости кратности отношения светового тока к темновому от приложенного напряжения хорошо иллюстрируется и на (рис.3). При свете 200 лк кратность достигает $K_{\max} = 5 \cdot 10^2$. С увеличением освещенности глубокие уровни кристалла заполняются, и при этом высота максимума уменьшается с ростом освещенности.

- [1] Тагиев Б., Тагиев О.Б., Джаббаров Р.Б., Мусаева Н.Н. Электрические и фотоэлектрические свойства монокристалла $PbGa_2Se_4$. Неорганические материалы, 1999, том 35, №1, 33-35
- [2] Тагиев Б.Г., Мусаева Н.Н., Джаббаров Р.Б. Коэффициент оптического поглощения в монокристаллах $PbGa_2Se_4$. ФТП, 1999, том 33, №1, с.39-41
- [3] Зюганов А.Н., Свечников С.В. Инжекционно-контактные явления в полупроводниках. Киев, Наук.Думка, 1981
- [4] Костюкевич Е.В., Свечников С.В., Смертенко П.С. Стимуляция кратности отношения светового тока к темновому процессами на контакте металл-полупроводник. Оптоэлектроника и полупроводниковая техника, 1993, вып.26, с.70-75
- [5] Зюганов А.Н., Завьялова Л.В., Иванов А.М. Свечников С.В., Смертенко П.С. Контактный механизм стимуляции кратности отношения светового тока к темновому. Оптоэлектроника и полупроводниковая техника, 1989, вып.16, с.42-44
- [6] Беришвили З.В., Зюганов А.Н., Свечников С.В., Смертенко П.С. Исследование электрофизических характеристик пленок твердых растворов материалов группы $A^{II}B^{VI}$, полученных катодным трехэлектродным распылением. Полупроводниковая техника и микроэлектроника, 1978, №28, с.23-31
- [7] Зюганов А.Н., Свечников С.В., Тхорик А.Ю., Шульга Е.П. Расчет экспериментальных параметров для области скачка тока. УФЖ, 1977, №1, с.370-375.

PBGA₂SE₄ MONO KRİSTALLARINDA İŞİQ JƏRƏYANLARININ QARANLIQ JƏRƏYANA NİSBƏTƏN TƏRTİBİNİN STİMULLAŞMASI

TAĞIYEV B.Q., MUSAYEVA N.N., JABBAROV R.B.

$PbGa_2Se_4$ monokristallarının qaranlıqda və 200 lk işıqda və geniş elektrik sahə intervalında volt-ampere xarakteristikaları tədqiq olunmuşdur.

İşıq jərəyanının qaranlıq jərəyana nisbətən tərtibinin stimulyasiyası 200 lk-da müşahidə olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, işıqlanmanın artması ilə kristalın dərin səviyyələri dolur, nəticədə isə işıq jərəyanının qaranlıq jərəyana nisbətən tərtibinin gərginlikdən asılılığında ($k \sim U$) maksimumun hündürlüyü azalır.

STIMULATION OF RATIO RELATION LIGHT CURRENT TO DARK IN PBGA₂SE₄ SINGLE CRYSTAL

TAGIEV B.G., MUSAYEVA N.N., JABBAROV R.B.

The voltage-current characteristic of $PbGa_2Se_4$ single crystals are investigated in darkness and at illuminating intensity 200 lux in a broad interval of electrical fields.

The stimulation of ratio relation of a light current to dark is founded at 200 lux. Is established, that with increase of illuminating intensity the steep levels of crystal are space filled, and as a result an altitude of a maximum on dependent of ratio relation of a light current to dark from voltage ($k \sim U$) decreases.