

УДК 621.315.592

ОСОБЕННОСТИ ФОТОПРОВОДИМОСТИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ В СИСТЕМЕ $\text{SnSe} : (\text{In}, \text{PZЭ}) \text{Se}$

Р.Ф.МЕХТИЕВ

Институт Физики АН Азербайджана,

Баку-143, пр. Г. Джавида, 33

(Поступило 26.05.95)

Представлены результаты исследований фотопроводимости в системе $\text{SnSe} : (\text{In}, \text{PZЭ}) \text{Se}$ с целью нахождения корреляции между указанными параметрами и предсказания по возможности оптимальных составов для регистрирующих элементов ИК излучения.

Показано, что для SnSe из семи легирующих ПЗЭ ($\text{Pr}, \text{Ce}, \text{Ho}, \text{Lu}, \text{Er}, \text{Gd}, \text{Sm}$) улучшенным параметром обладает состав SnSe-LuSe . Сравнение параметров составов позволяет заключить, что кристаллы SnSe с добавлением одновременно и празеодиума, и лютения должны обладать наиболее улучшенными параметрами. Установлено, что состав SnSe-InSe является подходящим материалом для регистрации ИК излучения ($\sim 1,6\text{--}1,8 \mu\text{мкм}$) при комнатной температуре.

Создание новых фоточувствительных материалов, применяемых в качестве фоторезисторов, которые могут быть использованы в схемах автоматического контроля и измерительной техники, имеет научное и практическое значение. Особую роль при этом играют полупроводники, чувствительность которых охватывает и ИК область спектра.

Известные фоточувствительные материалы $\text{PbS}, \text{PbSe}, \text{PbTe}$, предусмотренные для работы в ИК области ($\sim 2,5 \mu\text{мкм}$) спектра [1] могут работать при комнатной температуре только в видимой области спектра. Для их использования в ИК диапазоне спектра требуется глубокое охлаждение (до 77 К).

Охлаждающие системы, имеющие значительные габариты и вес затрудняют использование фоторезисторов в целом ряде аппаратуры. Фоточувствительные составы на основе CdS и PbS работают в ИК области и при комнатной температуре [2]. Однако, составы работающие в области 1,6-1,8 мкм ими не были получены.

В результате проделанной нами работы поискового характера установлено, что монокристалл селенида олова обладает заметной чувствительностью в ближней и средней ИК области спектра при комнатной температуре.

С целью повышения и расширения области чувствительности были получены кристаллы на основе твердых растворов селенида олова,

РЗЭ и индия [3-6]. Основные параметры этих составов приведены в таблице 1.

Таблица 1 [3+5]
Параметры системы $SnSe:(In, PZ\bar{E})Se$

основной состав, $(SnSe)_{1-x}$					
легирующий состав	$x, \%$	темновое сопрот., $10^3 \Omega$	световое сопрот., $10^3 \Omega$	$\frac{R_T}{R_C}$	интегр. чувст., $\frac{\text{мкА}}{\text{ДМ}\cdot\text{В}}$
$(PrSe)_x$	0,5	700	466	1,50	1,43
	2,0	23,5	20,5	1,14	12
$(CeSe)_x$	0,25	4,84	4,28	1,13	53,3
	0,5	1,95	1,72	1,13	137
	1,0	83	68,5	1,22	512
$(HoSe)_x$	0,5	0,976	0,93	1,05	100
	1,0	0,86	0,81	1,06	133
	4,0	1,18	1,099	1,074	120
$(LuSe)_x$	0,25	0,58	0,5	1,16	570
	0,5	0,83	0,69	1,2	500
	1,0	0,21	0,772	1,22	2000
	4,0	1,47	1,19	1,24	320
	5,0	4,76	3,12	1,52	220
$(ErSe)_x$	0,25	1,13	0,99	1,14	260
	0,5	12	10	1,2	32
	2,0	25	20,8	1,2	16
	4,0	16,6	13,7	1,21	26
$(GdSe)_x$	0,25			1,1+2,6	
	1,0				
	2,0				
	3,0				
$(SmSe)_x$	0,25			1,1+1,4	
	2,0				

Количество компонентов $SnSe$ с одной стороны и селенидов легирующих элементов с другой, подбирается таким образом, чтобы исследуемые тройные составы образовали твердый раствор.

Монокристаллы указанных составов выращены методами, описанными в [7,8]. Полученные составы имели слоистую структуру. Все сплавы устойчивы по отношению к воздуху, воде и органическим растворителям, частично разлагаются под действием минеральных кислот с выделением сelenоводорода [4]. Приведенные в таблице составы относятся к области твердых растворов, и видно, что растворимости селенидов РЗЭ различны. К примеру, отметим, что растворимость $ErSe$ в $SnSe$ при $600^\circ C$ -6,3 мол.%, а при $200^\circ C$ -5 мол.% и параметры элементарной ячейки (для предельной концентрации) его рав-

ны: $a = 4,40 \text{ \AA}$, $b = 4,12 \text{ \AA}$, $c = 11,54 \text{ \AA}$. Рентгеновские анализы проведены для состава с $LuSe$ и др.

Для исследования фотопроводимости к кристаллам создавались омические контакты из индия. По семействам ВАХ, снятых в темноте и при освещении, определены основные параметры, характерные для фотоэлектрических преобразователей: сопротивление фотопроводника в темноте (R_t) и на свету (R_c), отношение указанных сопротивлений, относительное изменение сопротивления при освещении, удельная интегральная чувствительность (K). Эти параметры отражены в таблице 1.

Полученные твердые растворы обладают р-типом проводимости. В экспериментах величины светового потока изменяли с помощью нейтральных фильтров (максимальный поток ~ 2 люмен). Для снятия люкс-амперных (ЛАХ) и спектральных характеристик использована компенсационная схема. ЛАХ оказались для исследуемых составов сублинейным. Эксперименты по спектральным характеристикам позволяют определить область чувствительности, которая лежит в ИК области спектра диапазона $0,75\text{--}2,0 \text{ мкм}$. Определена ширина запрещенной зоны исследуемых составов, которая изменяется в пределах $0,96\text{--}1,03 \text{ эВ}$. Для всех составов механизм рекомбинации является бимолекулярным.

Данные в таблице 1 позволяют предполагать, что ионы различных РЗЭ в виде Lu^{3+} , влияют на фотопроводимость по-разному. Например, кристаллы $SnSe$ с празеодимом более высокоомные, нежели составы с участием церия и гольмия. Но интегральная чувствительность двух последних составов сравнительно высокая.

В составах $SnSe$ с эрбием достаточно заметная величина кратности сопротивления ($1,14\text{--}1,21$), сопровождается со сравнительно большим темновым сопротивлением. Более улучшенные параметры получены для кристаллов с $LuSe$ $\frac{R_t}{R_c} \sim 1,16\text{--}1,52$, а интегральная чувстви-

тельность их существенно выше ($200\text{--}2000 \text{ мкА/лм.В}$), чем для остальных составов, включая и составы с эрбием. Отметим, что для составов с гадолинием (самарием) характерна высокая величина кратности сопротивлений ($\sim 1,1\text{--}2,6$; $1,1\text{--}1,4$), но для них интегральная чувствительность меньше, чем для составов с лютешем.

Выше указанные сравнения параметров (по таблице 1) составов дают основание предположить, что кристаллы $SnSe$ с добавлением одновременно празеодима и лютеша будут обладать наиболее улучшенными параметрами, так как составы с $PrSe$ достаточно высокоомные, а твердые растворы с $LuSe$ обладают высокой интегральной чувствительностью.

Наиболее важные результаты получены для $SnSe$ с добавкой In_xSe в виде тройного состава $Sn_{1-x}In_xSe$, где x принимает значение от 0 до 0,1 (всего 8 значений), параметры этих составов приведены в таблице 2 [6].

Таблица 2
Основные параметры системы $Sn_{1-x}In_xSe$

параметры	x							
	0	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1
фототок, (мкА)	0,22	0,25	0,63	1,5	3,0	1,75	1,38	1,26
концентрация, (10^{14} см $^{-3}$)	350	79	17	8	1,4	1,38	1,36	1,35
подвижность дырок, (см 2 /В·с)	103	125	145	150	153	155	158	160

Из таблицы 2 видно, что при оптимальном составе фоточувствительность увеличивается почти в 14 раз по сравнению с исходным материалом $SnSe$, а в составах, отличающихся от оптимального (0,04±0,1), фоточувствительность ниже, но все же достаточно высока (почти в 6 раз выше) по сравнению с исходным материалом. Образцы предложенного состава имеют стабильные электрические и оптические свойства. Таким образом, предложенный фоточувствительный материал на основе халькогенида элемента четвертой группы эффективно работает в ИК области (~1,6÷1,8 мкм) спектра при комнатной температуре [6].

Литература

1. Ступельман В.М., Филаретов Г.А. Полупроводниковые приборы "Советское радио", 1973, с.19.
2. Патент США № 3900431, кл.252-501, 1975.
3. Мехтиев Р.Ф. Тем. сб. "Электрические и оптические свойства веществ" Изд. АГУ, Баку, 1984, с. 49.
4. Мехтиев Р.Ф., Гуршумов А.П. Тем. сб. "Физика плазмы и конденсированных сред" Изд. АГУ, Баку, 1985, с.133.
5. Мехтиев Р.Ф., Алиев О.М. Тем. сб. "Неравновесные процессы в сложных полупроводниках" Изд. АГУ, Баку. 1987, с.46.
6. Рустамов П.Г., Мехтиев Р.Ф., Алиджаев М.А., Сафаров В. Авт.свид. № 662137 от 1979 г.
7. Гуршумов А.П., Кульев П.Б., Ахмедов А.М. и др. Изв. АН СССР, Неорганические материалы, 1984, 20, с.1090.
8. Мехтиев Р.Ф., Абдуллаев Г.Б., Ахундов Г.А. ДАН Аз.ССР, 1962, 18, 11.

R.F. Mehdiyev

SnSe: (In, NTE) Se SİSTEMİNDƏ BƏRK MƏHLULLARIN FOTOKEÇİRİCİLİYİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

İQ şıalanma qeydedici elementləri üçün mümkün optimal tərkibləri tapmaq və parametrlər arasındakı qarşılıqlı əlaqəni aydınlaşdırmaq məqsədi ilə *SnSe: (In, NTE) Se* bərk mehlullarının fotokeçiriciliyi təqdim olunur.

Gösterilmişdirki *SnSe*-nin 7 NTE (*Pr, Ce, Ho, Lu, Er, Gd, Sm*) selenidləri ilə bərk mehlulu içerisinde *SnSe-LuSe* yaxşı parametrlərə malikdir.

Tərkiblərin müqayisəsi, *SnSe*-ə eyni zamanda *Pr* və *Lu* selenidlərini əlavə etdikdə, en üstün parametrlü tərkibin alınmasını fərz etməyə imkan verir. Aydın olmuşdur ki, *SnSe-InSe* tərkibi ~1,6+1,8 mkm oblastı üçün otaq temperaturunda işleyə bilən en yararlı tərkibdir.

R.F. Mekhtiev

PECULIARITY OF PHOTOCONDUCTIVITY OF SOLID SOLUTIONS IN *SnSe: (In, REE) Se*

The results of investigations of photoconductivity in *SnSe:(In,REE)Se* system are presented to determine the correlation between the given parameters. the optimum compositions for the register elements of IR radiation are predicted. It was indicated that the composition of *SnSe-LuSe* from seven additional REE (*Pr, Ce, Ho, Lu, Er, Gd, Sm*) has improvement parameters for the composition *SnSe*.

The comparison of parameters of compositions permits us to conclude that crystals *SnSe* with additions *Pr* and *Lu* simultaneously must have most improvement parameters . It was established that the composition of *SnSe* and *InSe* is suitable material for the registration IR radiation (~1,6+1,8 mkm) at the room temperature.