

Method of automatized testing a minimum resolvable temperature difference to be provided with a thermal-imaging device

A. A. Solodkov, S. S. Miloserdov

The 22-nd Research Institute, Mytichshi, Moscow Region, Russia

Account is taken of labour-rent for the automatized method permitting to determine a minimum resolvable temperature difference to be provided with a thermal-imaging device.

УДК 621.315.592

Структура и фотоэлектрические свойства эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$

И. Р. Нуриев, М. Б. Гаджиев, Р. М. Садыгов, А. М. Назаров

Институт физики НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

Исследованы особенности роста, структура и фотоэлектрические свойства эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0,02—0,04$), выращенных на подложках BaF_2 (111) методом конденсации молекулярных пучков в вакууме 10^{-4} Па. Показано, что полученные пленки обладают высокой fotocувствительностью при температуре 77 К, спектральные характеристики которых варьируются посредством изменения x . Смещение максимума спектральной fotocувствительности в сторону более коротких волн с ростом x объясняется сильным возрастанием ширины запрещенной зоны твердых растворов $Pb_{1-x}Mn_xSe$ с увеличением содержания марганца.

Полумагнитные твердые растворы халькогенидов свинца, в которых атомы свинца частично замещены атомами переходного элемента — марганца, с некомпенсированным магнитным моментом являются предметом интенсивных экспериментальных и теоретических исследований [1—12]. В результате введения ионов марганца в решетку соединений халькогенидов свинца и образования твердого раствора незначительно уменьшается параметр решетки, сильно возрастает ширина запрещенной зоны [2, 8]. При этом в магнитном поле необычно изменяется энергетический спектр носителей заряда, благодаря чему создается возможность управления свойствами структур на их основе с помощью магнитного поля и температуры.

Из литературных данных видно, что более широко исследованы полумагнитные твердые растворы $Pb_{1-x}Mn_xTe$. Получены и исследованы их массивные монокристаллы и эпитаксиальные пленки. Однако твердые растворы $Pb_{1-x}Mn_xSe$ изучены сравнительно мало. Полумагнитные твердые растворы $Pb_{1-x}Mn_xSe$, как и их аналоги $Pb_{1-x}Mn_xTe$,

представляют научно-практический интерес и являются перспективными материалами для инфракрасной (ИК) техники.

Следует отметить, что для практического применения большой перспективой обладают эпитаксиальные пленки. Для создания различных приборов ИК-техники, многоэлементных матриц на основе полупроводниковых пленок и их успешного применения в современной оптоэлектронике требуются пленки со стабильными свойствами. В связи с этим необходимы установление закономерностей роста и разработка технологии получения совершенных эпитаксиальных пленок с заданными структурными, электрофизическими и фотоэлектрическими параметрами.

В настоящей работе представлены результаты исследования особенностей роста, структуры и фотоэлектрических свойств эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0,02—0,04$), выращенных методом конденсации молекулярных пучков в вакууме 10^{-4} Па. Подложками служили свежие естественные сколы монокристаллов BaF_2 (111). Известно, что свойства эпитаксиальных пленок во

многим определяются параметрами подложки, в частности, желательно максимально возможное совпадение параметров решетки и коэффициентов теплового расширения подложки и напыляемой эпитаксиальной пленки. В нашем случае между указанными параметрами имеются удовлетворительные соотношения. С другой стороны, эти подложки диэлектрические, основным достоинством их является возможность осуществления электрической развязки отдельных функциональных элементов при создании многоэлементных структур. В качестве источника использованы заранее синтезированные образцы $Pb_{1-x}Mn_xSe$ различных химических составов ($x = 0,02—0,04$).

Структурное совершенство пленок контролировалось электронографическим, рентгенодифрактометрическим и электронно-микроскопическим методами.

Параметр решетки и ориентация пленок определялись по кривым качания рентгеновской дифракции и по электронограммам отражения.

Исследования показали, что эпитаксиальный рост пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ на подложках BaF_2 (111) наблюдается выше температуры 653 К. Установлено, что при температурах подложки $T_s = 663—673$ К и скоростях конденсации 8—9 Å/с получаются эпитаксиальные пленки с совершенной кристаллической структурой ($W_{1/2} = 80—100''$), плоскостью роста (111) и с параметрами кубических гранцентрированных решеток $a = (6,11—6,10)$ Å (рис. 1, а, б). Однако на электронно-микроскопических снимках полученных пленок наблюдаются черные скопления, свидетельствующие о наличии второй фазы, являющиеся окислами металла и образовавшиеся вследствие захвата кислорода с излишними атомами свинца в процессе роста (рис. 2, а).

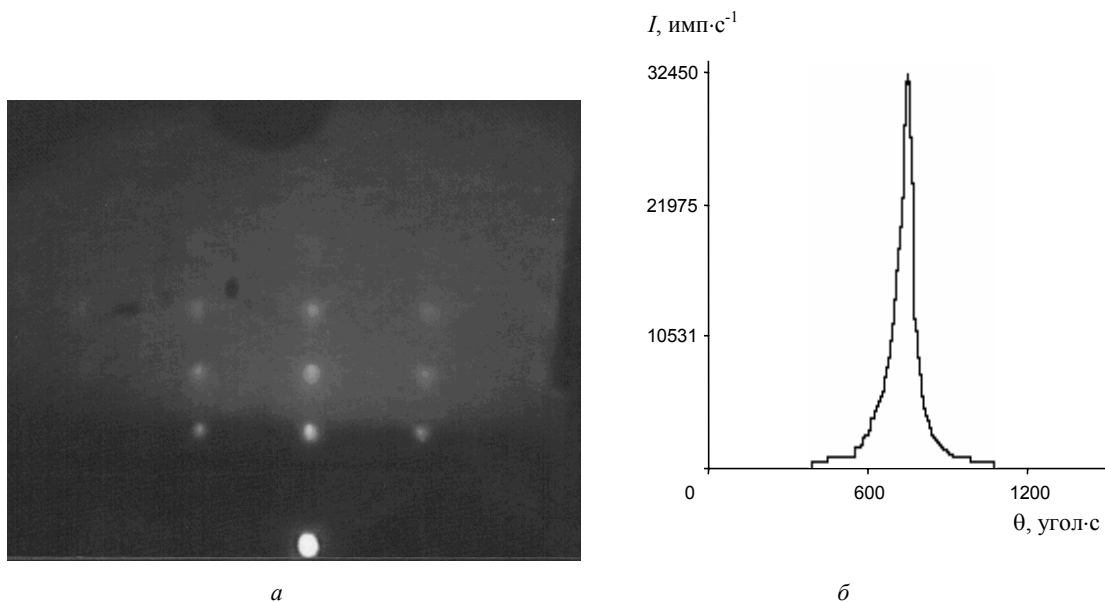


Рис. 1. Электронограмма (а) и кривая качания рентгеновской дифракции (б) пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0,02$)

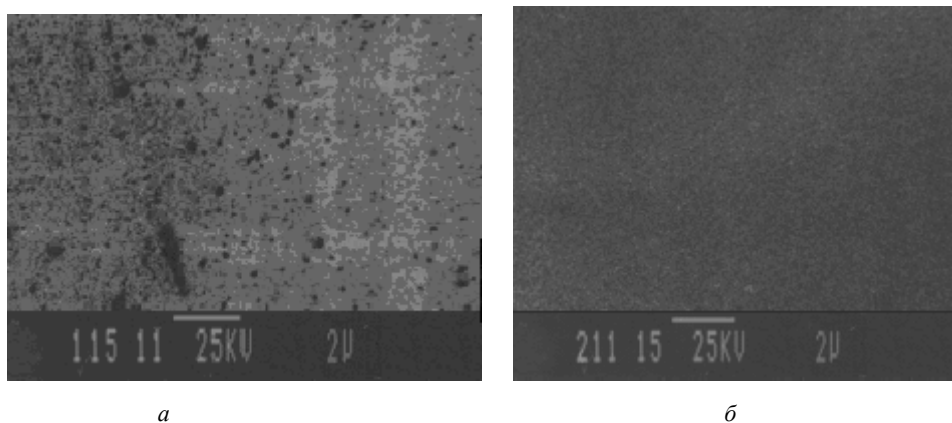


Рис. 2. Электронно-микроскопический снимок поверхности пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0,02$): а — без компенсации Se; б — с компенсацией Se

Использованием дополнительного компенсирующего источника паров Se в процессе роста были получены эпитаксиальные пленки $Pb_{1-x}Mn_xSe$ с чистой, гладкой поверхностью без включения второй фазы, что важно при создании на их основе различных фоточувствительных структур с высокими параметрами (см. рис. 2, б).

Регулируя температуру указанного источника Se, удалось получить структурно совершенные пленки $Pb_{1-x}Mn_xSe$ с заданными электрофизическими параметрами ($n, p_{77\text{ К}}$) = $(3—5) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, $\mu_{n,p}(77 \text{ К}) = (2,5—3) \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.

Установлено, что полученные при вышеприведенных условиях эпитаксиальные пленки $Pb_{1-x}Mn_xSe$ являются фоточувствительными при температуре жидкого азота (рис. 3).

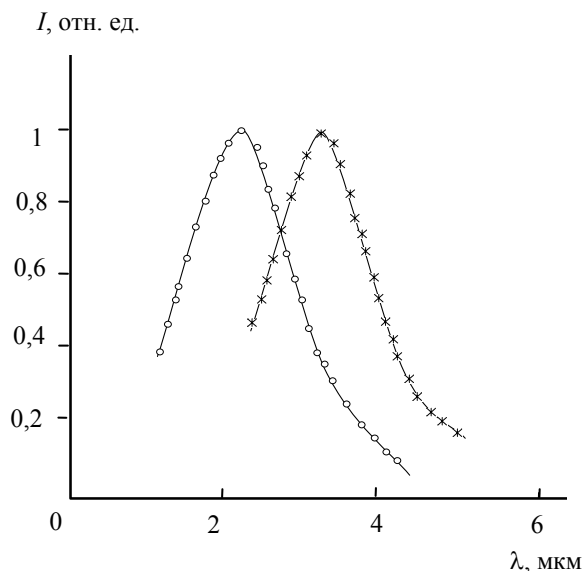


Рис. 3. Спектры фотопроводимости пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$, снятых при температуре 77 К:
○ — $x = 0,04$; * — $x = 0,02$

Как видно из рис. 3, спектральные характеристики варьируются посредством изменения величины x . При этом максимум спектральной фото-

чувствительности смещается в сторону более коротких волн с ростом содержания марганца в исследуемых образцах, что объясняется увеличением ширины запрещенной зоны.

Л и т е р а т у р а

1. Андрианов Д. Г., Павлов Н. М., Савельев А. С., Фистуль В. И., Цискаришвили Г. И. Дальнедействующая обменная связь между ионами Mn^{+2} в $Pb_{1-x}Mn_xTe$ // ФТП. 1980. Т. 14. № 6. С. 1202—1212.
2. Засавицкий И. И., Ковальчик Л., Мацолашвили Б. Н., Сазонов А. В. Фотолуминесценция полумагнитных полупроводников типа $A^{IV}B^{VI}$ // Там же. 1988. Т. 22. № 12. С. 2118—2123.
3. Акимов Б. А., Никорич А. В., Рябова Л. И., Широкова Н. А. Переход металл-диэлектрик в твердых растворах $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (In)// Там же. 1989. Т. 23. № 6. С. 1019—1024.
4. Акимов Б. А., Белоконов С. А., Дашевский З. М. и др. Энергетический спектр и фотопроводимость твердых растворов $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (Ga)// Там же. 1991. Т. 25. № 2. С. 250—253.
5. Гук В. Г., Осипова Е. В., Папушина Т. И. Микротвердость кристаллов PbTe и $Pb_{1-x}Mn_xTe$ // Неорганические материалы. 1992. Т. 28. № 2. С. 340—343.
6. Виссер А. Де, Иванчик И. И., Хохлов Д. Р. Особенности магнитосопротивления сплавов $Pb_{1-x}Sn_xTe$ (In) и $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (In) в сверхсильных магнитных полях// ФТП. 1996. Т. 30. № 8. С. 1400—1405.
7. Акимов Б. А., Львова Н. А., Рябова Л. И. Кинетика фотопроводимости в твердых растворах $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (In) при изменении их состава// Там же. № 9. С. 1647—1652.
8. Рогачева Е. И., Солозубенко А. С., Кривулькин И. М. Микротвердость полумагнитных твердых растворов $Pb_{1-x}Mn_xTe$ // Неорганические материалы. 1998. Т. 34. № 6. С. 669—674.
9. Нуриев И. Р., Фарзалиев С. С., Джалилова Х. Д., Садыгов Р. М. Особенности роста и фотопроводимость эпитаксиальных пленок твердых растворов $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (Ga)// Прикладная физика. 2004. № 4. С. 89—92.
10. Nuriyev I. R., Farzaliyev S. S., Faradjev N. V., Sadigov R. M. Photoelectrical and optical properties of $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (Ga) epitaxial films// Proceedings of SPIE. 2004. V. 5834. P. 246—249.
11. Нуриев И. Р., Фарзалиев С. С., Садыгов Р. М. Рост эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (Ga) на монокристаллах $PbTe_{1-x}Se_x$ // Поверхность. Сер. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2004. № 2. С. 110—112.
12. Нуриев И. Р., Садыгов Р. М., Машнин А. А. Фоточувствительные p - n -переходы в эпитаксиальных пленках $Pb_{1-x}Mn_xTe$ // Известия НАН Азербайджана. 2005. Т. XXV. № 2. С. 106—109.

Статья поступила в редакцию 11 октября 2006 г.

Structure and photoelectric properties of $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaxial films

I. R. Nuriyev, M. B. Gadzhiyev, R. M. Sadigov, A. M. Nazarov
Institute of Physics of the Azerbaijan National Academy of Sciences,
Baku, Azerbaijan Republic

The features of growth, structure and photoelectric properties of $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0.02—0.04$) epitaxial films grown by the molecular beams condensation method in vacuum 10^{-4} Pa on BaF_2 (111) substrate have been investigated. It is shown that received films possess high photosensitivity at 77 K temperature and their spectral characteristics vary by change of x . Shift of the maximum of spectral photosensitivity to shorter wavelengths with growth of x is explained by the increase in width of the forbidden band of $Pb_{1-x}Mn_xSe$ solid solutions with increase of manganese content.

УДК 621.383

Цифровая компенсация поворота изображения в системе кругового обзора на основе матричного фотоприемного устройства

Л. И. Горелик, А. К. Петров
ФГУП «НПО «Орион»» — Государственный научный центр РФ, Москва, Россия

Одним из способов, позволяющих реализовать систему кругового обзора панорамы с минимальными массогабаритными характеристиками, является способ цифровой компенсации поворота изображения. Настоящая статья посвящена изучению этого способа в целях создания основ математической модели такой системы, в основе которой должны лежать математические закономерности, описывающие движение каждого пикселя матричного фотоприемного устройства (МФПУ) в пространстве предметов.

Система кругового обзора панорамы

Системы кругового обзора (СКО) панорамы представляют собой специализированный класс ИК-систем, решающих задачи обнаружения воздушных, надводных и наземных объектов по их собственному тепловому излучению. Отдельный подкласс представляют системы, формирующие тепловизионные изображения всей сферы и используемые для решения большинства задач сферического пояса.

Такие системы находят широкое применение в различных комплексах защиты, в частности, на самолетах гражданской авиации, а также в оптико-электронной аппаратуре охраны объектов от террористических атак, системах тепловизионного наблюдения, в навигационном оборудовании, системах робототехники и т. д.

Для ряда задач могут применяться СКО только с минимальными массогабаритными характеристиками, поэтому нахождение способов реализа-

ции таких систем — одна из приоритетных задач в современной теплопеленгации.

Способы построения СКО

Система кругового обзора панорамы, как и любая другая ИК-система, представляет собой сложный взаимосвязанный комплекс оптического тракта, фотоприемной системы, системы охлаждения и необходимой системы цифровой обработки сигнала.

При построении СКО следует выработать способ эффективного обзора пространства, возможны разные варианты его реализации. У каждого из них есть не только свои преимущества, но и недостатки. Выбор конкретного способа определяется требованиями решаемой задачи и возможностями его воплощения.

Наиболее употребляемые на практике способы обзора пространства можно условно разделить на следующие: