

УДК 539.216.002

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК И *p-n*-СТРУКТУР В СВЕРХВЫСОКОМ ВАКУУМЕ

И. Р. Нуриев, Э. А. Ахмедов, Э. Ю. Салаев, М. И. Абдуллаев

Институт фотоэлектроники АН Азербайджана, Баку, Азербайджанская Республика

*Разработана методика получения эпитаксиальных пленок полупроводников типа $A^{IV}B^{VI}$ и *p-n*-структур на их основе в сверхвысоком вакууме методом ЭГС. Исследованы особенности роста эпитаксиальных пленок твердых растворов $Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($x=0,2$) и $PbTe_{1-y}Se_y$ ($y=0,08$) на различных подложках. На основе этих пленок получены изопериодические гетероструктуры *p-Pb_{1-x}Sn_xTe* ($x=0,2$) — *n-PbTe_{1-y}Se_y* ($y=0,08$) и изготовлены фоточувствительные элементы $R_{0,77} K=0,6-0,8 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$; $\lambda_{\text{max}} = 10,5 \text{ мкм}$.*

Проблема разработки технологии получения эпитаксиальных пленок и *p-n*-структур с заданными свойствами, применяемых в различных приборах и устройствах, требует постоянного усовершенствования методов их получения и поиска новых путей решения этой задачи.

Как известно, в течение последних двух десятилетий для получения эпитаксиальных пленок полупроводников типа $A^{IV}B^{VI}$ все шире используются методы эпитаксии из молекулярных пучков (ЭМП) и "горячей стенки" (ЭГС), являющиеся разновидностями метода вакуумного напыления. Из-за больших возможностей в подборе параметров роста эпитаксиальных слоев метод эпитаксии из молекулярных пучков широко применяется для научных и практических целей. Отличительной чертой метода ЭМП является сверхвысокий вакуум ($\leq 1,3 \cdot 10^{-8}$ мм рт. ст.), при котором в процессе напыления одновременно контролируется структура и состояние поверхности подложки, а также состав молекулярных пучков и т. д. Однако к настоящему времени основным фактором, ограничивающим широкое применение этого метода, является высокая стоимость технологического оборудования. С применением этого метода были получены эпитаксиальные пленки полупроводников типа $A^{IV}B^{VI}$ и *p-n*-переходы на их основе с высокими электрофизическими и фотоэлектрическими параметрами. Получение пленок методом ЭГС отличается от метода ЭМП тем, что пространство между источником и подложкой окружено тепловым экраном, чтобы предотвратить возможность осаждения на стенки испаряемого материала и получить пленки в условиях, близких к равновесным. Метод ЭГС широко использован для получения эпитаксиальных пленок полупроводников типа $A^{IV}B^{VI}$ с рекордной толщиной и высокими электрофизическими параметрами. Этот метод также был успешно применен для создания на основе эпитаксиальных пленок $PbTe$ и $Pb_{1-x}Sn_xTe$ самых современных устройств твердотельной электроники — сверхрешеток. Однако установки, основанные на методе ЭГС и применяемые для получения эпитаксиальных пленок и *p-n*-структур в основном работали в вакууме $\sim 10^{-8}$ мм рт. ст. Эксперименты показывают, что в пленках, полученных при указанном вакууме, наблюдается влияние остаточного кислорода на их свойства. Поэтому создание установки для получения эпитаксиальных пленок и *p-n*-структур методом ЭГС в сверхвысоком вакууме имеет важное научно-практическое значение и является перспективным.

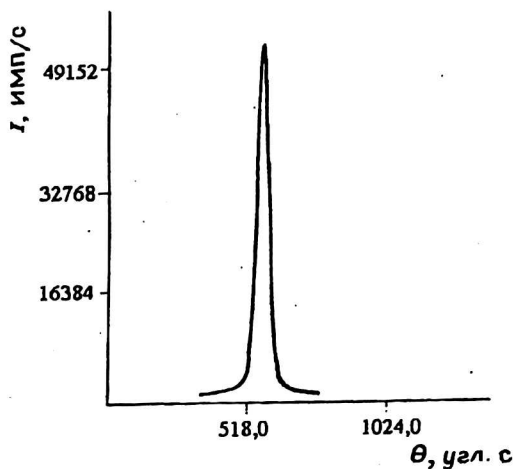
В связи с вышеизложенным в данной работе разработана методика получения эпитаксиальных пленок полупроводников типа $A^{IV}B^{VI}$ и *p-n*-структур на их

основе в сверхвысоком вакууме ($10^{-8} \div 10^{-9}$ мм рт. ст.) методом ЭГС. Предлагаемая методика реализована на совершенно новой установке с без масляной откачкой, впервые созданной и внедренной в Институте фотоэлектроники АН Азербайджанской Республики [1—3]. Были исследованы особенности роста эпитаксиальных пленок твердых растворов $Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($x=0,2$) и $PbTe_{1-y}Sny$ ($y=0,08$) на свежесколотых подложках BaF_2 (111). В качестве испаряемого материала использовались заранее синтезированные образцы указанных твердых растворов. Степень совершенства и морфология поверхности пленок исследовались электрографическим, рентгенодифрактометрическим и электронно-микроскопическим методами.

Установлено, что эпитаксиальные пленки с более совершенной структурой и высокими электрофизическими параметрами получаются в следующих условиях:

$U_k = 8-10 \text{ \AA} / \text{с}$; $T_{II} = 400-450 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{ист} = 540-550 \text{ }^\circ\text{C}$. Для лучших образцов: подвижность носителей заряда $\mu_{77 \text{ K}} = (2,5 \div 3) \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, концентрация носителей заряда $p, n \leq (2 \div 3) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$; полуширина кривого качания рентгеновской дифракции $W_{1/2} = 80-100''$ (рисунок). Пленки вырастают плоскостью (111)_{пл} || (111)_{подл} и имеют зеркально-гладкую поверхность. Параметр решетки

полученных пленок $a = 6,43 \text{ \AA}$. На основе этих пленок получены изопериодические гетероструктуры $p\text{-}Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($x = 0,2$) — $n\text{-}PbTe_{1-y}Sny$ ($x = 0,08$) и изготовлены фоточувствительные элементы $R_{0A77 \text{ K}} = 0,6 \div 0,8 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$; $\lambda_{max} = 10,5 \text{ мкм}$.



Кривая качания рентгеновской дифракции пленки $Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($x = 0,2$),
выращенной на BaF_2 ; $W_{1/2} = 90''$

Литература

1. Нуриев И. Р., Набиев Р. Н., Ахмедов Э. А. Устройство для изготовления p - n -переходов в едином технологическом цикле: А. с. 299120, 1989.
2. Нуриев И. Р., Набиев Р. Н., Ахмедов Э. А. Подложкодержатель с магнитоуправляемой маской и заслонкой: А. с. 330688, 1990.
3. Нуриев И. Р., Набиев Р. Н., Ахмедов Э. А. Сверхвысоковакуумная установка для выращивания эпитаксиальных пленок в квазиравновесных условиях // Электронная техника. Сер. 7. 1991. Вып. 3(166). С. 49—52.

PERSPECTIVE METHOD OF RECEIVING OF THE EPITAXIAL LAYERS AND *p-n*-STRUCTURES AT SUPERHIGH VACUUM

I. R. Nuriyev, E. A. Akhmedov, E. Yu. Salayev, M. I. Abdullayev

Institute of Photoelectronics of the Azerbaijan Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

*Original technique of the obtaining of epitaxial films of the $A^{IV}B^{VI}$ type semiconductors and *p-n*-structures on their base in superhigh vacuum by the "hot wall" method have been developed. The conditions of the growth of epitaxial films of $Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($x = 0,2$) $PbTe_{1-y}Sn_y$ ($y = 0,08$) in superhigh vacuum are defined and peculiarities of their growth on various substrates have been established. In the order of increasing of charge carrier mobilities and improving structure perfection of the films additional compensating source of halcogen vapours was used. Crystallic structure of the obtained epitaxial films and *p-n*-structures have been investigated by electronographic, electronmicroscopic and X-ray diffractometric methods. Isoperiodical heterostructures of $p-Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($x = 0,2$) – $n-PbTe_{1-y}Sn_y$ ($y = 0,08$) were obtained. On the base of heterostructures obtained photosensitive elements with parameters: $R_0A_{77K} = 0,6-0,8 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$; $\lambda_{max} = 10,5 \mu\text{m}$ were fabricated.*