

РЕНТГЕНОДИФРАКЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР $Pb_{1-x}Sn_xTe/PbTe_{1-y}Se_y$

М.И. АБДУЛЛАЕВ, И.Р. НУРИЕВ, А.М. НАЗАРОВ

Институт Фотозлектроники АН Азербайджана

370141, Баку, ул. Ф. Агаева, квартал 555

В данной работе исследовалась зависимость параметров переходной области от состава верхнего слоя гетероструктур $Pb_{1-x}Sn_xTe/PbTe_{1-y}Se_y$, полученных методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Методом асимптотической брэгговской дифракции определялась толщина переходного слоя, его деформация и степень аморфизации слоя $\exp(-f)$ (статический фактор Дебая-Валлера). Показано, что с приближением к изопериодичной гетероструктуре структурные параметры переходного слоя улучшаются.

Известно, что электрофизические и фотоэлектрические характеристики гетероструктуры тесно связаны с явлениями, происходящими в области границы раздела широкозонного (оптическое окно) и узкозонного полупроводникового материала, т.е. переходной области. В работах [1-5] установлено влияние ширины переходного слоя на протекание тока, рассмотрены процессы фотогенерации и переноса носителей заряда в тонких гетеропереходах, изучено образование дислокаций при несоответствии параметров кристаллических решеток и т.д.

Принимая во внимание большой научный и практический интерес к изучению переходной области p-n переходов, в данной работе исследовалась зависимость параметров указанной области от состава верхнего слоя гетероструктур p- $Pb_{1-x}Sn_xTe$ – n- $PbTe_{1-y}Se_y$, полученных методом молекулярно-лучевой эпитаксии. В качестве подложек использовались монокристаллические пластины $Pb_{1-x}Sn_xTe$ с зеркально-гладкой поверхностью и фиксированным стехиометрическим составом $x=0,2$. Состав эпитаксиальной плёнки $PbTe_{1-y}Se_y$ варьировался в диапазоне $y=0+0,08$. Толщина переходного слоя, его деформация и статический фактор Дебая-Валлера определялись методом асимптотической брэгговской дифракции (АБД) [6,7].

В основе метода АБД лежит прецизионный угловой анализ интенсивности рентгеновских лучей, отклоненный от точного угла Брегга θ_B на угол $\alpha=\theta-\theta_B$. В результате удается разделить диффузную и дифракционные компоненты рассеяния. На типичных спектрах АБД наблюдается три максимума, соответствующие рассеянию на самой решетке кристалла – главный пик при $\Delta\theta=2\alpha$, на дефектах структуры – диффузный пик при $\Delta\theta=2\alpha \cdot \sin^2\theta_B$ и чисто брэгговское отражение от кристалла, связанное с непараллельностью пучка излучения после кристалла монохроматора – псевдопик при $\Delta\theta=\alpha$. По анализу интенсивности и формы этих максимумов можно судить об искажениях поверхности, изгибе кристаллов, наличии деформации кристаллических плоскостей и разупорядочения атомов в переходных слоях пленка-подложка [8].

В настоящей работе эксперименты выполнялись на трехкристалльном рентгеновском спектрометре, управляемом от ЭВМ. В качестве монохроматора и анализатора использовали высокосоввершенные монокристаллы $Pb_{1-x}Sn_xTe$. Дифракционные рассеяния регистрировали при различных углах рассогласования $\alpha=\pm 1000''$. Исполь-

зовались $CuK\alpha$ -излучение, отражение от плоскости (200), бездисперсионное расположение кристаллов. Размер пучка на выходных щелях коллиматора составлял $0,1 \times 3$ мм².

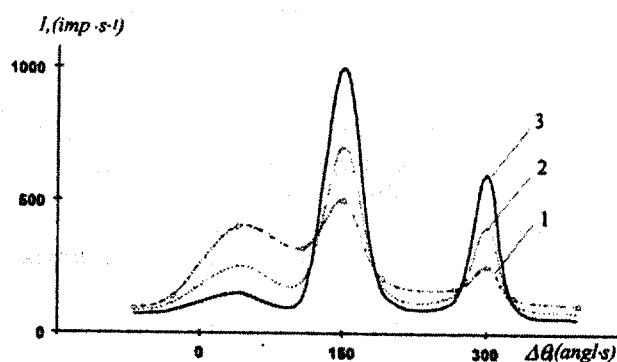


Рис. 1. Кривые АБД в зависимости от состава верхнего слоя в гетероструктуре $Pb_{1-x}Sn_xTe/PbTe_{1-y}Se_y$ (кривая 1 при $y=0$; кривая 2 при $y=0,04$; кривая 3 при $y=0,08$).

Полученные кривые АБД представлены на рис.1. Как видно из этого рисунка спектры АБД состоят из трех максимумов. При этом диффузный максимум по интенсивности превышает главный пик при $y=0$, что свидетельствует о наличии дефектов в переходном слое. По мере увеличения значения y , это соотношение меняется (кривые 2,3) и диффузный максимум почти исчезает, что свидетельствует о изопериодичности гетероструктур при данном составе верхнего слоя ($y=0,08$), приводящего к уменьшению механических напряжений в переходной области.

Используя модель, предложенную в работе [7] нами были рассчитаны средние параметры по слою – среднее изменение параметра $\frac{\bar{\Delta}d}{d}$, толщины переходного слоя (l) и степень аморфизации слоя $\exp(-f)$ (статический фактор Дебая-Валлера) в зависимости от стехиометрического состава верхнего слоя $PbTe_{1-y}Se_y$.

Таблица

y	$\frac{\bar{\Delta}d}{d} \times 10^3$	l , нм	$\exp(-f)$
0	3,1	15,0	$0,20 \pm 0,10$
0,02	2,4	11,0	$0,30 \pm 0,10$
0,04	1,5	8,5	$0,45 \pm 0,10$
0,06	0,8	5,0	$0,65 \pm 0,10$
0,08	0,3	3,5	$0,80 \pm 0,10$

Полученные данные показывают, что с увеличением стехиометрического состава (y) структурные параметры переходного слоя гетероструктуры улучшаются и при $y=0,08$ принимают наилучшие значения.

Таким образом, в данной работе продемонстрирована возможность анализа структуры тончайших переходных слоев гетероструктур $Pb_{1-x}Sn_xTe/PbTe_{1-y}Se_y$ в зависимости от стехиометрического состава верхнего слоя.

- [1] *W.G. Oldham, A.G. Milnes.* Solid state Electron, 1963, 6, p.121.
[2] *E.D. Hinkley, R.H. Rediker.* Solid state Electron, 1967, 10, p.671.
[3] *J.F. Womac, R.H. Rediker.* J. Appl. Phys., 1972, 43, p.4129.
[4] *D. Cheung, S.Y. Chiang, G.L. Person.* Solid state Electron, 1975, 18, p.263.
[5] *G.H. Olsen, M. Ettenberg.* Growth effects in the hetero-epitaxy of III-V compounds. In "Crystals Growth:

- Theory and Techniques", 1978, v.2, p.1. Plenum, New York.
[6] *A. Iida, K. Kohra.* Phys. Stat. Sol. (a), 1979, 51, p.533.
[7] *A.M. Afanas'ev, P.A. Aleksandrov, R.M. Imamov, A.A. Lomov, A.A. Zavyalova.* Acta Crust., 1984, A40, p.352-355.
[8] *A.M. Afanas'ev, R.M. Imamov, A.A. Lomov. et.all.* Surf. Sci. in press. 1992, 5, p.131-136.

M.İ. Abdullayev, H.R. Nuriyev, A.M. Nəzərov

$Pb_{1-x}Sn_xTe/PbTe_{1-y}Se_y$ HETEROQURULUŞUNUN KEÇİD ZONASININ RENTGENDİFRAKTOMETRİK TƏDQIQI

Bu məqalədə molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə alınmış $Pb_{1-x}Sn_xTe/PbTe_{1-y}Se_y$ heteroquruluşunun keçid zonası parametrlərinin üst təbəqənin kimyəvi tərkibindən asılılığı tədqiq edilmişdir. Asimptotik Breqq difraksiyası metodu ilə keçid zonasının qalınlığı, onun deformasiyası və amorf luq dərəcəsi (statik Debay-Valler faktoru) təyin edilmişdir. Göstərilmişdir ki, heteroquruluş izoperiodikliyə yaxınlaşdıqca onun keçid zonasının parametrləri yaxşılaşır.

M.I. Abdullayev, H.R. Nuriyev, A.M. Nazarov

INVESTIGATION OF JUNCTION AREA OF $Pb_{1-x}Sn_xTe/PbTe_{1-y}Se_y$ HETEROSTRUCTURES

In present work the dependence of parameters of junction area on composition of top layer of heterostructure $Pb_{1-x}Sn_xTe / PbTe_{1-y}Se_y$ prepared by a method molecularly-beam-epitaxy was investigated. By the methods of asymptotical Bragg diffractometry have been determined thickness of a junction layer, deformation and static Debye-Waller factor. The calculations are carried out in kinematic approximation, allowed to obtain profile of distribution of deformation and static Debye-Waller factor in these structures.