

УДК 621.383.832

## ЭЛЕКТРООТРАЖЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$

И.М.АЛИЕВ, Р.А. РАГИМОВА

*Институт Физики НАН Азербайджана  
3700143, г.Баку, пр.Г.Джавида, 33*

Исследованы спектры электроотражения и микротвердость твердых растворов  $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ . Показано, что рост микротвердости зависит от увеличения атомного содержания кремния. В механически нарушенных слоях рассчитан коэффициент механического напряжения.

Изучение физических свойств полупроводниковых материалов по их оптическим спектрам представляет большой интерес.

Теория электроотражения (ЭО) и техника эксперимента, в частности, появление электролитической методики измерения электроотражения, расширило возможности модуляционной спектроскопии с точки зрения ее практического применения.

Спектроскопия электролитического ЭО является эффективным методом контроля неоднородности образцов полупроводниковых твердых растворов. Преимуществом метода является возможность неразрушающего контроля при комнатной температуре, высокий предел чувствительности к незначительным изменениям состава и дефектности локальной области кристалла. Предел чувствительности определяется характером зависимости энергии контрольного перехода в спектре ЭО от состава твердого раствора. Получаемый материал бывает локально неоднороден по составу, концентрации свободных носителей и дефектных центров.

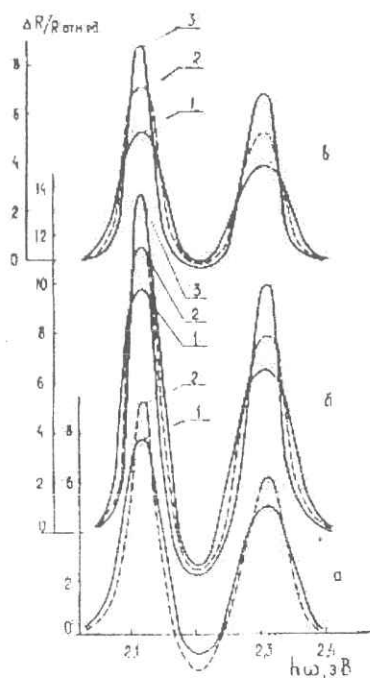
В нашей работе исследован твердый раствор  $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$ , отличающийся высокой чувствительностью в ближней и средней инфракрасных областях. Этот твердый раствор широко применяется в качестве эффективного материала в устройствах электронной техники и фотоэлектроники.

Исследовались спектры ЭО монокристаллов р-типа проводимости: Ge;  $\text{Ge}_{0.98}\text{Si}_{0.02}$ ;  $\text{Ge}_{0.97}\text{Si}_{0.03}$ ;  $\text{Ge}_{0.95}\text{Si}_{0.05}$ ;  $\text{Ge}_{0.90}\text{Si}_{0.10}$ ;  $\text{Ge}_{0.85}\text{Si}_{0.15}$ . Механическая полировка поверхности образцов проводилась алмазной пастой с диаметром зерна 1мкм, послойное удаление осуществлялось полирующим травителем CP-4A ( $5\text{HNO}_3:3\text{HF}$  в 3-х долях уксусной кислоты). Исследования ЭО проводились на установке, созданной в лаборатории спектроскопии Института Физики АН Азербайджана [1]. Ранее, нами методом спектроскопии ЭО и измерений микротвердости изучены слои структурного разупорядочения поверхности монокристаллов  $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$  ( $x=0; 0,02; 0,03; 0,05; 0,10; 0,15$ ), возникающие при механической полировке [2,3]. Измерение микротвердости по глубине нарушенного слоя указало на ее рост по мере удаления слоя и позволило установить нелинейный характер зависимости микротвердости от состава в области  $x=0\div 0,06$ . Также в работе [4] проведены топографические исследования этих твердых растворов.

Анализировались амплитуды, полуширины и энергетические положения структуры  $E_1$ ,  $E_1+\Delta_1$  спектров от поверхностей исходных химически травленных, механически полированных образцов и их изменения по глубине нарушенного слоя.

На Рис.1 показаны изменения формы спектров ЭО при переходе от механически полированных поверхностей к поверхностям с полностью стравленными нарушенными слоями для  $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$  с  $x=0; 0,02; \text{ и } 0,03$ . Отметим, что амплитуды спектров ЭО этих образцов отличаются по концентрациям свободных носителей заряда в них. Изменения амплитуды и параметра уширения спектров ЭО по глубине механически нарушенного слоя при полировке для исследованных составов  $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x$  представлены, соответственно,

на Рис.2 и Рис.3. Из сопоставления полученных экспериментальных кривых,



соответствующих каждому значению состава, определена глубина нарушенного слоя при механической полировке для изученных составов твердых растворов. Зависимости глубины механически нарушенного слоя от содержания Si в твердых растворах  $Ge_{1-x}Si_x$  для моно- и поликристаллов изображены на Рис.4. Из рисунка видно, что для монокристаллов эта зависимость нелинейная и наибольшая глубина нарушенного слоя для интервала составов  $0 \leq x \leq 0,15$  приходится на состав с 5 ат.%Si.

Рис.1.

Спектры ЭО света от механически полированных поверхностей Ge (а),  $Ge_{0,98}Si_{0,02}$  (б) и  $Ge_{0,97}Si_{0,03}$  (в) а)1-механическая полировка; 2-стравлено 0,2мкм; б)1-механическая полировка; 2,3-стравлено соответственно 0,5 и 1,2мкм; в) 1-механическая полировка; 2,3-стравлено соответственно 0,5 и 2,0 мкм,  $U_{смещ.} = -0,7В$ ,  $U_{мод.} = 0,7В$ .

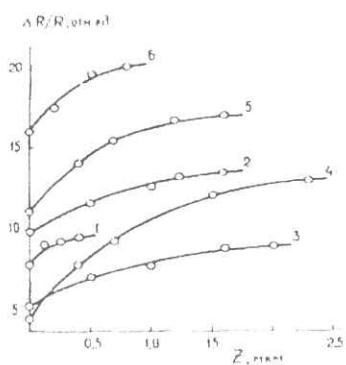


Рис.2.

Изменения амплитуды доминирующего пика спектра ЭО по глубине нарушенного слоя при механической полировке для Ge(1);  $Ge_{1-x}Si_x$  с  $x=0,02$  (2); 0,03 (3); 0,05 (4); 0,10 (5) и 0,15 (6).

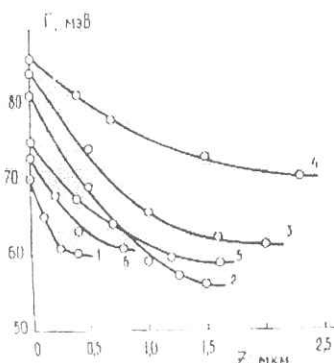


Рис.3.

Изменения параметра уширения спектра ЭО света по глубине нарушенного слоя при механической полировке для Ge(1);  $Ge_{1-x}Si_x$ :  $x=0,02$  (2); 0,03 (3); 0,05 (4); 0,10 (5) и 0,15 (6).

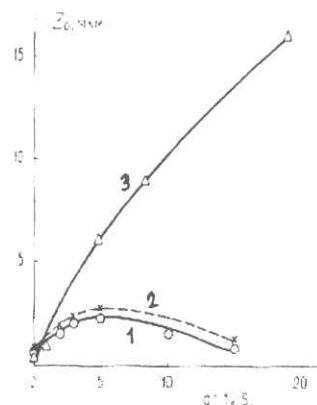


Рис.4.

Зависимости глубины нарушенного слоя при механической полировке  $Ge_{1-x}Si_x$  от содержания Si для монокристаллов (1,2) и поликристаллов (3); 1 и 3-по измерениям ЭО, 2-по измерениям микротвердости.

Наблюдавшиеся коротковолновые энергетические сдвиги пиков  $E_1$  и  $E_1 + \Delta_1$ , возникающие при механической полировке поверхности, оказались несущественными для образцов всех исследованных составов, кроме состава с  $x=0,05$ .

Для образцов  $Ge_{0,95}Si_{0,05}$  энергии критических точек в результате полировки сместились в среднем от  $E_1=2,134 \pm 0,005 \text{ эВ}$  и  $E_1 + \Delta_1=2,331 \pm 0,005 \text{ эВ}$  до  $E_1=2,185 \pm 0,008 \text{ эВ}$  и

$E_1 + \Delta_1 = 2,389 \pm 0,01$  эВ. Такое смещение энергии критических точек может указывать на значительные механические напряжения, возникающие в нарушенном слое. Пользуясь известным значением коэффициента сдвига энергии по давлению, который, судя по данным работы [5], для интервала составов  $0 < x < 0,1$  твердых растворов  $Ge_{1-x}Si_x$  остается неизменным и равным  $\frac{\partial E_1}{\partial P} = 7,8 \times 10^{-11}$  эВ/Па, можно оценить величину механического напряжения в нарушенном слое. Такая оценка привела к значению механического напряжения  $6,3 \cdot 10^8$  Па. Существенное уменьшение сдвигов пиков  $E_1$  и  $E_1 + \Delta_1$  для составов с  $x$  меньше и больше 0,05 позволяет предположить наличие на зависимости  $\partial E_1 / \partial P$  от  $x$  нелинейного участка в области  $0 < x < 0,15$ .

1. Э.И.Велиюлин, *Дисс. на соискание ученой степени докт. физ.-мат. наук*, (1990) 212.
2. И.М.Алиев, К.С.Бердзенишвили, Э.И.Велиюлин, М.Г.Кекуа, Р.Х.Ляпин, Ф.Г.Мирзоев, *VIII координационное совещание по исследованию и применению твердых растворов кремний-германий*, Ташкент, (1991) 16.
3. И.М.Алиев, Р.А.Рагимова. *Изв. АН Азерб.*, **20** №2 (2000) 66.
4. И.М.Алиев, Р.А.Рагимова, *Физика (Азерб.)*, **5** №3 (1999) 24.
5. М.Г.Кекуа, Э.В.Хуцишвили, *Твердые растворы полупроводниковой системы германий-кремний*, Тбилиси, «Мецниереба», (1985) 175.

#### **Ge<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub> BƏRK MƏHLUL KRİSTALLARINDA ELEKTRİKƏKSETMƏ**

**İ.M.ƏLİYEV, R.Ə.RƏHİMOVA**

Ge<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub> bərk məhlul kristallarında elektrikəksetmə spektrləri və mikrobərklik öyrənilmişdir. Göstərilir ki, mikrobərkliyin artması silisiumun miqdarının artmasından asılıdır. Səthin mexaniki pozulmuş laylarında mexaniki gərginlik əmsali hesablanmışdır.

#### **ELECTROREFLECTANCE in Ge<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub> SOLID SOLUTIONS**

**I.M.ALIYEV, R.A.RAHIMOVA**

Electroreflectance spectra and microhardness of Ge<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub> solid solutions crystal were investigated. The increase of microhardness of solutions was shown to depend on increasing the atomic contents of Si. The mechanical pressure coefficient in mechanically broken layers was calculated.

Редактор: В.Салманов