

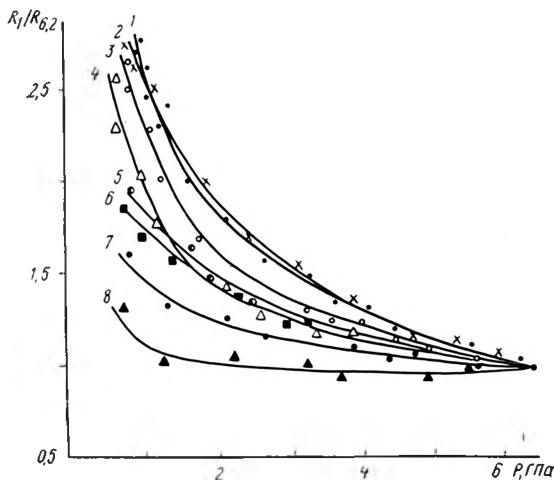
УДК 541.12.034.2 : 669.083.2

В. Ф. СКУМС, Б. Л. ВАЛЕВСКИЙ,
А. С. СКОРОПАНОВ, А. А. ВЕЧЕР,
Ю. С. МАСЛЕНКО, Р. Л. ПИНК

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ТРОЙНЫХ ХАЛЬКОГЕНИДОВ НА ОСНОВЕ ТЕЛЛУРИДА ГЕРМАНИЯ В УСЛОВИЯХ СВЕРХВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ

Исследование электрических свойств тройных теллуридов при сверхвысоких давлениях (СВД) представляет интерес как в научном, так и в практическом плане, тем более, что сведения такого рода в литературе представлены недостаточно. Относительная «рыхлость» кристаллических структур трехкомпонентных интерметаллидов на основе теллурида германия позволяет предположить, что уменьшение межатомных расстояний, обусловленное значительным повышением давления, может привести к их переходу в более плотные структурные формы.

Цель настоящей работы — исследование влияния сверхвысоких давлений (до 6,2 ГПа) на электросопротивление соединений системы $\text{GeTe} - \text{Bi}_2(\text{Sb}_2)\text{Te}_3$. В этой системе, согласно [1, 2], образуются следующие соединения: $\text{GeBi}_4(\text{Sb}_4)\text{Te}_7$, $\text{GeBi}_2(\text{Sb}_2)\text{Te}_4$, $\text{Ge}_3\text{Bi}_2\text{Te}_6$, $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, которые в сильно сжатом состоянии ранее не изучались.



Зависимость относительных электросопротивлений соединений Bi_2Te_3 (1), GeBi_4Te_7 (2), $\text{Ge}_3\text{Bi}_2\text{Te}_6$ (3), GeBi_2Te_4 (4), GeSb_4Te_7 (5), $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (6), GeSb_2Te_4 (7), Sb_2Te_3 (8) с ростом давления

Интерметаллиды $\text{GeTe} - \text{Bi}_2(\text{Sb}_2)\text{Te}_3$ синтезировались сплавлением металлов полупроводниковой чистоты, взятых в стехиометрических количествах, в вакуумированных до $1-1,5$ Па кварцевых ампулах с 5-часовой выдержкой в жидком состоянии (1250 ± 10 К) при постоянном встряхивании с последующим двухступенчатым гомогенизирующим отжигом (600 ± 10 и 400 ± 10 К). Идентификация интерметаллидов осуществлялась методами дифференциального термического и рентгенофазового анализа.

Исследование зависимости электросопротивления от давления проводилось на порошкообразных образцах с помощью твердофазной техники сверхвысоких давлений на аппаратах «наковальня с лункой» типа «торонд» [3]. Давление определялось манометром, проградуированным по фазовым переходам Bi , Tl , PbTe . Падение напряжения измерялось полуавтоматическим потенциометром постоянного тока Р363/2, величина тока — миллиамперметром М82.

С целью исключения возможных неомических явлений в контактах проводились два измерения для противоположных направлений тока. Разброс экспериментальных величин не выходил в этом случае за пределы точности измерения электросопротивления.

Опыты осуществлялись при комнатной температуре на 4—6 образцах для каждого материала. Погрешность измерения электросопротивления составляла 0,5—1,5, а давления 2—3 %.

На рисунке показана зависимость относительного электросопротивления $R_i/R_{6,2}$ для соединений системы $\text{GeTe} - \text{Bi}_2\text{Te}_3$ (Sb_2Te_3) от давления (где $R_{6,2}$ — электросопротивление при 6,2 ГПа, а R_i — при других давлениях). Как видно из рисунка, при сжатии веществ наблюдается плавное уменьшение их относительного электросопротивления, а при декомпрессии — монотонное увеличение $R_i/R_{6,2}$, что указывает на отсутствие в исследованных материалах фазовых превращений, инициируемых давлением до 6,2 ГПа.

Полученная информация позволила дать приближенную оценку влияния давления на изменение ширины запрещенной зоны ($\Delta(\Delta E)$). С этой целью первоначально вычислялся пьезокоэффициент электросопротивления (α). Учитывая слабую зависимость подвижности и эффективных масс носителей зарядов от давления и пренебрегая эффектом изменения геометрических параметров образца [4, 5], можно представить α следующим образом: $\alpha = \frac{1}{R} \Delta R / \Delta P \cong \frac{1}{\rho} \Delta \rho / \Delta P = \frac{1}{2kT} \Delta(\Delta E) / \Delta P$, ρ — исходное удельное электросопротивление, а ΔP — изменение давления.

Результаты оценки ρ , α , $\Delta(\Delta E)$ и $\beta = \frac{\Delta(\Delta E)}{\Delta P}$ (эта величина характеризует изменение ширины запрещенной зоны материала с ростом давления) приведены в таблице.

Некоторые электробарические характеристики систем $\text{GeTe} - \text{Bi}_2(\text{Sb}_2)\text{Te}_3$

Вещество	ρ , Ом·м	α , ГПа ⁻¹	β , эВ/ГПа	$\Delta(\Delta E)$, эВ
Bi_2Te_3	$1,78 \cdot 10^{-5}$	$-2,9 \cdot 10^{-1}$	$-1,51 \cdot 10^{-2}$	0,080
GeBi_4Te_7	$2,70 \cdot 10^{-5}$	$-3,0 \cdot 10^{-1}$	$-1,56 \cdot 10^{-2}$	0,083
GeBi_2Te_4	$2,37 \cdot 10^{-5}$	$-3,5 \cdot 10^{-1}$	$-1,82 \cdot 10^{-2}$	0,097
$\text{Ge}_3\text{Bi}_2\text{Te}_6$	$1,07 \cdot 10^{-5}$	$-3,1 \cdot 10^{-1}$	$-1,60 \cdot 10^{-2}$	0,085
Sb_2Te_3	$0,66 \cdot 10^{-5}$	$-5,7 \cdot 10^{-2}$	$-2,97 \cdot 10^{-3}$	0,016
GeSb_4Te_7	$0,54 \cdot 10^{-5}$	$-8,9 \cdot 10^{-2}$	$-4,70 \cdot 10^{-3}$	0,025
GeSb_2Te_4	$0,21 \cdot 10^{-5}$	$-6,3 \cdot 10^{-2}$	$-3,30 \cdot 10^{-3}$	0,018
$\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_3$	$0,46 \cdot 10^{-5}$	$-8,1 \cdot 10^{-2}$	$-4,20 \cdot 10^{-3}$	0,021

Как видно из таблицы, соединения системы $Sb_2Te_3 - GeTe$ и $Bi_2Te_3 - GeTe$ обладают относительно небольшими ρ . У интерметаллидов $Sb_2Te_3 - GeTe$ наблюдается слабая зависимость электросопротивления от давления. Более сильная зависимость отмечена у соединений $Bi_2Te_3 - GeTe$, в этом случае внешнее давление существеннее влияет на ширину запрещенной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрикосов Н. Х., Банкина В. Ф., Порецкая Л. В., Скудниова Е. В., Чижевская С. Н. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе.— М., 1975, с. 150.
2. Чижиков Д. М., Счастливый В. П. Теллур и теллуриды.— М., 1966, с. 213.
3. Литвин Ю. А., Севрюков О. Н. Эксперименты и техника высоких газовых и твердофазовых давлений.— М., 1978, с. 172.
4. Пол В., Варшауэр Д. Твердые тела под высоким давлением.— М., 1966, с. 214.
5. Ohtani A., Seike T., Motobayashi M., Onodera A.— J. Phys. Chem. Sol., 1982, v. 43, № 7, p. 627.

Поступила в редакцию
24.01.83.

НИИ ФХП БГУ им. В. И. Ленина,
Институт сверхтвердых материалов АН УССР.

УДК 771.534.55

Г. В. АЖАР, В. К. КАЛЕНТЬЕВ, В. В. ПАНСЕВИЧ,
Г. А. БРАНИЦКИЙ, Р. С. БИКТИМИРОВ

СТРУКТУРОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОСЕРЕБРЯНЫХ ПЛЕНОК С УМЕНЬШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СЕРЕБРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЯВИТЕЛЕЙ

Для получения фотографических изображений из благородных металлов на галогенидосеребряных слоях с уменьшенным содержанием серебра изображение с малой оптической плотностью, образующееся после обычного проявления и фиксирования, усиливают в растворах несеребряных (медные, никелевые, кобальтовые) физических проявителей [1, 2].

В настоящей работе рассматривается изменение структурометрических характеристик малосеребряного светочувствительного слоя при медном физическом проявлении.

Объектом исследования явились образцы малосеребряной фототехнической пленки (содержание серебра изменялось от 0,3 до 1,3 г/м²), изготовленной на основе монодисперсной бромосеребряной эмульсии с кубическими микрокристаллами размером 0,18 мкм по ребру и коэффициентом вариации микрокристаллов по размерам $C_v = 18\%$. Отношение серебра к желатине в эмульсионном слое 0,9; содержание серебра в полусеребряном аналоге изучавшейся пленки 2,5 г/м².

После экспонирования пленки проявляли в проявителе УП-2, фиксировали в 20 %-ном растворе тиосульфата натрия, конвертировали в галогенид (обработка в растворе, г/л: $K_3Fe(CN)_6 - 60$, $KBr - 6$, $H_2O -$ до 1000 мл) и обрабатывали в растворах медного борогидридного (МБ) или медного формальдегидного (МФ) физического проявителя (усилителя). Рабочие растворы физических проявителей готовили смешением растворов А и Б 9:1. МБ (раствор А), г/л: $CuSO_4 \cdot 5H_2O - 25$, трилон Б — 42, $H_3BO_3 - 12$, $NaOH$ до pH 10,7, H_2O до 1000 мл; раствор Б, г/100 мл: $NaBH_4 - 0,5$, $NaOH - 4$, H_2O до 100 мл. МФ, раствор А, г/л: $CuSO_4 \cdot 5H_2O - 70$, глицерин — 65, трилон Б — 10, $NaOH - 70$, H_2O до 1000 мл; раствор Б — 37 % CH_2O .

Разрешающую способность (R) слоев определяли на резольвометре РП-2М. Измерение средней квадратичной гранулярности (σ_D) проводили по методике [3].

На рис. 1 приведена зависимость σ_D для оптической плотности $D_{0,85}$