

©1995 г.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДОНОРНОГО ДЕЙСТВИЯ ГАЛЛИЯ В СПЛАВАХ $Pb_{1-x}Sn_xTe$, ОБЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОНАМИ

Е. П. Скипетров

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
119899, Москва, Россия
(Получена 26 сентября 1994 г. Принята 8 ноября 1994 г.)

Исследовано влияние облучения быстрыми электронами ($T \approx 300$ К, $E = 6$ МэВ, $\Phi \leq 8.1 \cdot 10^{17}$ см $^{-2}$) и последующего гидростатического сжатия ($P \leq 16$ Кбар) на электрофизические свойства сплавов $Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($x = 0.19, 0.23$), легированных галлием. Установлено, что облучение быстрыми электронами приводит к практически линейному изменению концентрации носителей заряда, связанному, по-видимому, с генерацией при облучении квазилокальных уровней донорного типа в зоне проводимости сплавов. С ростом потока облучения происходит постепенное исчезновение эффекта разрушения донорного действия галлия под давлением и стабилизация донорного действия галлия. Полученные результаты объясняются в рамках модели, предполагающей возникновение при облучении донорного радиационного уровня E_d в зоне проводимости и изменение плотности квазилокальных уровней галлия E_{Ga} , связанное с переходами атомов галлия между нейтральными и электрически активными состояниями под действием электронного облучения и давления.

Введение

Легирование элементами III группы приводит к возникновению в энергетическом спектре полупроводников $A^{IV}B^{VI}$ глубоких квазилокальных уровней, положение которых относительно краев энергетических зон зависит от сорта примеси, состава сплава, температуры, давления и магнитного поля. В настоящее время существование таких уровней позволяет удовлетворительно объяснить большую часть экспериментальных данных, полученных при исследовании электрофизических и оптических свойств легированных материалов на основе соединения $A^{IV}B^{VI}$ [1-3].

Одним из немногих исключений являются $PbTe$ и сплавы $Pb_{1-x}Sn_xTe$, легированные галлием. Известно, что галлий в этих материалах является донором [4-6]. Так, в $PbTe$ по мере увеличения содержания галлия C_{Ga} концентрация дырок в образцах p -типа уменьшается и происходит p - n -конверсия. При этом в широкой области концентраций примеси в окрестности точки p - n -конверсии уровень Ферми стабилизируется внутри запрещенной зоны и концентрация носителей

заряда оказывается аномально низкой ($n, p \leq 10^{13} \text{ см}^{-3}$ при $T = 78 \text{ К}$). При дальнейшем легировании образцов уровень Ферми попадает в зону проводимости, а концентрация электронов увеличивается и стремится к насыщению ($C_{\text{Ga}} > 1 \text{ ат}\%$). Уровень насыщения концентрации электронов при $T \approx 80 \text{ К}$ в PbTe составляет $n_{\text{sat}} \approx 5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и плавно уменьшается с ростом концентрации олова в сплавах $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$, достигая $n_{\text{sat}} \approx 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ в сплаве с $x = 0.3$ [7,8].

Установлено также, что гидростатическое сжатие легированных галлием сплавов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ ($0 \leq x \leq 0.3$) вызывает уменьшение концентрации электронов и n - p -конверсию в вырожденных образцах n -типа и увеличение концентрации дырок в образцах p -типа [9-11]. Кроме того, при $T = 4.2 \text{ К}$ в сплавах $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ ($x = 0.19, 0.20$), легированных галлием, в области n - p -конверсии был обнаружен практически скачкообразный переход уровня Ферми из зоны проводимости в валентную зону, указывающий на отсутствие локальных уровней в запрещенной зоне [11].

Столь необычное для легированных полупроводников поведение концентрации носителей заряда под давлением позволило авторам [11] высказать гипотезу о неустойчивости легирующего действия галлия в сплавах $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$: в результате деформации решетки под действием давления и, возможно, при увеличении концентрации олова в сплаве происходит переход атомов галлия из электрически активного в нейтральное состояние, в результате чего концентрация электронов, внесенных галлием, уменьшается. Существование таких перестраивающихся центров может быть связано с возможностью существования неэквивалентных положений галлия в кристаллической решетке $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ [12-14], а их концентрация, по-видимому, существенно зависит от способа получения кристаллов. Поэтому можно предположить, что облучение быстрыми электронами, изменяя равновесные концентрации дефектов в подрешетках металла и халькогена, позволит эффективно управлять электрофизическими свойствами $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}(\text{Ga})$.

В настоящей работе исследовано влияние облучения электронами и последующего гидростатического сжатия на электрофизические свойства сплавов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}(\text{Ga})$ ($x = 0.19, 0.23$) с целью выяснения вопроса о возможности управления свойствами сплавов с помощью облучения и определения характера воздействия облучения на энергетический спектр исследования сплавов.

1. Образцы. Методика измерений

В настоящей работе исследованы монокристаллические образцы сплавов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ ($x = 0.19, 0.23$), выращенные методом Чохральского и легированные галлием ($C_{\text{Ga}} = 0.2 \div 0.3 \text{ ат}\%$) в процессе изотермического отжига в парах GaTe . Параметры исследованных образцов при $T = 4.2 \text{ К}$ приведены в таблице.

Исходные образцы облучались быстрыми электронами ($T \approx 300 \text{ К}$, $E = 6 \text{ МэВ}$, $\Phi \leq 8.1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$) на линейном импульсном ускорителе ЭЛУ-6. У каждого образца до облучения и после нескольких потоков облучения электронами измерялись температурные зависимости удельного сопротивления ρ и коэффициента Холла R_H ($4.2 \leq T \leq 300 \text{ К}$, $B \leq 0.04 \text{ Т}$), а также осцилляции Шубникова-де-Гааза при $T = 4.2 \text{ К}$ ($B \leq 7 \text{ Т}$, $B \parallel (100)$).

Образец	x	Тип	$N, \text{см}^{-3}$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{см}$	$\mu_H, \text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$	$\Phi_{\text{max}} \cdot 10^{-17}, \text{см}^{-2}$
Ga-1	0.19	n	$2.1 \cdot 10^{17}$	$8.4 \cdot 10^{-5}$	$2.9 \cdot 10^5$	8.1
Ga-2	0.19	n	$1.3 \cdot 10^{17}$	$7.9 \cdot 10^{-5}$	$4.9 \cdot 10^5$	2.0
Ga-3	0.19	n	$1.5 \cdot 10^{16}$	$2.1 \cdot 10^{-3}$	$1.7 \cdot 10^5$	0.6
Ga-4	0.23	p	$5.2 \cdot 10^{17}$	$5.9 \cdot 10^{-3}$	$1.7 \cdot 10^3$	2.1

Аналогичные измерения проведены у образцов Ga-2, Ga-3, Ga-4 в условиях гидростатического сжатия ($P \leq 16$ кбар). Образец Ga-4 исследовался под давлением до облучения, образец Ga-3 — до облучения и после облучения потоком электронов $\Phi = 0.6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, а образец Ga-2 — после облучения потоком электронов $\Phi = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$.

2. Влияние облучения электронами на электрофизические свойства сплавов $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$

Исходные образцы сплавов $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$, исследованные в настоящей работе, имели как n -, так и p -тип проводимости (см. таблицу). Под действием электронного облучения у всех образцов наблюдается монотонное и согласованное изменение электрофизических параметров. В образцах n -типа происходит медленное уменьшение удельного сопротивления при $T = 4.2$ К. Коэффициент Холла имеет отрицательный знак во всем исследованной диапазоне температур и уменьшается примерно на порядок при облучении электронами. В образце p -типа наблюдаются противоположные изменения — удельное сопротивление и коэффициент Холла при $T = 4.2$ К увеличиваются с ростом потока облучения. При всех потоках облучения температурные зависимости удельного сопротивления и коэффициента Холла исследованных образцов имели металлический характер, типичный для нелегированных и необлученных сплавов $Pb_{1-x}Sn_xTe$.

Указанные изменения величин ρ и R_H в облученных образцах свидетельствуют об увеличении концентрации электронов в образцах n -типа и уменьшении концентрации дырок в образцах p -типа при облучении (рис. 1, 2). Скорость изменения концентрации носителей заряда

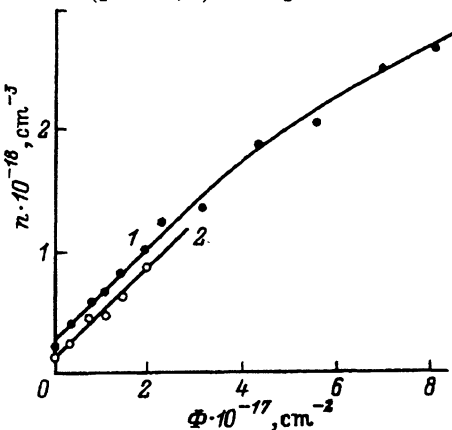


Рис. 1. Зависимости концентрации электронов при $T = 4.2$ К от потока облучения для образцов $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$. 1 — Ga-1, 2 — Ga-2.

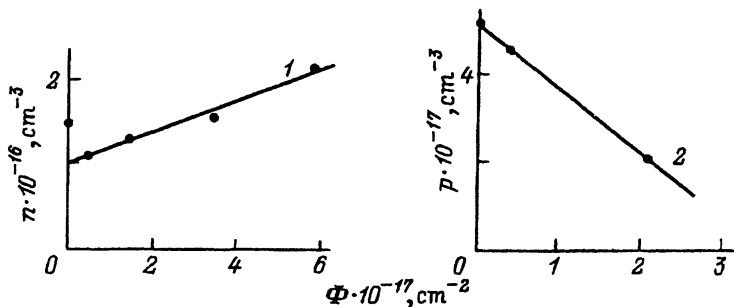


Рис. 2. Зависимости концентрации носителей заряда при $T = 4.2 \text{ K}$ от потока облучения для образцов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}(\text{Ga})$. 1 — Ga-3, 2 — Ga-4.

с ростом потока облучения в исследованных образцах заметно различается и составляет $dn/d\Phi = 0.2 \div 4 \text{ cm}^{-1}$. Подвижность носителей заряда в облученных образцах изменяется в несколько раз, что связано, очевидно, с изменением эффективной массы на уровне Ферми и концентрации заряженных дефектов в образцах при облучении.

В образцах n -типа вплоть до максимальных потоков облучения сохраняются высокие значения подвижности электронов ($\mu_n \geq \geq 5 \cdot 10^4 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{c}$), что позволило наблюдать отчетливые осцилляции Шубникова-де-Гааза во всем исследованном диапазоне потоков облучения. Уменьшение периода осцилляций $\Delta_{100}(1/D)$ также указывает на увеличение концентрации электронов при облучении. Концентрации электронов, рассчитанные по периоду осцилляций, с точностью $\sim 10\%$ совпадают с данными, полученными из холловских измерений.

Изменения электрофизических параметров исследованных образцов удовлетворительно согласуются друг с другом и определяются, очевидно, увеличением концентрации дефектов донорного типа при облучении. В принципе такие изменения параметров качественно согласуются с известными в настоящее время данными по низко- и высокотемпературному электронному облучению нелегированных сплавов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ и не противоречат модели энергетического спектра облученного электронами сплава $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ ($x = 0.2$) [15]. Однако при более подробном рассмотрении полученных результатов можно отметить две характерные особенности.

Во-первых, зависимости концентрации носителей заряда от потока облучения во всех исследованных образцах практически линейны. В наиболее подробно исследованном образце Ga-1 линейность зависимости $n(\Phi)$ сохраняется до потока облучения $\Phi \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$, при котором концентрация электронов увеличивается более чем на порядок. Во-вторых, у ряда образцов, легированных галлием, при облучении наблюдается очень высокая скорость изменения концентрации носителей заряда $dn/d\Phi \approx 4 \text{ cm}^{-2}$, примерно на порядок превосходящая аналогичную величину для нелегированных сплавов [15].

Оба указанных обстоятельства свидетельствуют о возникновении при облучении дефектов донорного характера, скорость генерации которых может в отличие от нелегированных сплавов существенно превосходить скорость генерации дефектов акцепторного типа [15]. Существуют, по-видимому, две причины, вызывающие изменение концентрации носителей заряда в исследованных образцах при облучении.

1. Облучение быстрыми электронами может приводить к появлению донорного радиационного уровня E_d , связанного с простейшими точечными дефектами и расположенного в зоне проводимости выше уровня Ферми в исследованных кристаллах. Перетекание электронов с уровня E_d в разрешенные зоны может вызывать линейное уменьшение концентрации дырок в образце p -типа и линейное увеличение концентрации электронов в образцах n -типа, однако учет только этой возможности не позволяет удовлетворительно объяснить полученные экспериментальные результаты, так как в нелегированных кристаллах $Pb_{1-x}Sn_xTe$ n - и p -типа скорость изменения концентрации носителей заряда при облучении значительно меньше, чем в кристаллах $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$.

2. С другой стороны, ряд экспериментальных фактов указывает на то, что в решетке $Pb_{1-x}Sn_xTe$ атомы галлия могут находиться в неэквивалентных положениях и обладать при этом различной зарядовой активностью [12-14]. Кроме того, они неоднократно распределяются в решетке $Pb_{1-x}Sn_xTe$, образуя электрически неактивные скопления (сегрегации, микровключения второй фазы). При электронном облучении происходит генерация простейших дефектов в подрешетках металла и халькогена. Поэтому вполне возможно, что облучение электронами повышает однородность распределения галлия в решетке, вызывая переходы атомов галлия из нейтрального состояния в электрически активное. В этом случае может происходить увеличение плотности квазилокальных примесных уровней галлия E_{Ga} , расположенных в зоне проводимости [7,8], и изменение концентрации носителей заряда в облученных образцах в результате перетекания электронов с уровней галлия в разрешенные зоны.

В зависимости от технологии приготовления образца, количества введенной примеси галлия и исходной дефектной структуры образца может доминировать один из указанных механизмов либо их комбинация. Однако в любом случае с ростом потока облучения должна наблюдаться стабилизация уровня Ферми и концентрации электронов при совпадении уровня Ферми с одним из квазилокальных уровней. В образце Ga-1 при максимальных потоках облучения ($\Phi > 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$) наблюдается отклонение от линейности и тенденция к насыщению зависимости $n(\Phi)$ (рис. 1). Расчеты, проведенные в рамках двухзонной модели Кейна [16], показывают, что в этой области потоков облучения уровень Ферми в образце достигает энергии $E_F > E_c + 50 \text{ мэВ}$. Поэтому вполне возможно, что отклонение зависимости $n(\Phi)$ от линейности связано с приближением уровня Ферми к локальному уровню галлия, который согласно данным работы [8] в сплаве $Pb_{1-x}Sn_xTe$ ($x = 0.19$) должен иметь энергию $E_{Ga} \approx E_c + 75 \text{ мэВ}$.

3. Стабилизация донорного действия галлия в облученных электронами сплавах $Pb_{1-x}Sn_xTe$ под давлением

Образцы $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$ были исследованы также в условиях гидростатического сжатия до давления $P \leq 16$ кбар. Установлено, что в необлученных кристаллах n - $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$ в соответствии с данными работы [11] наблюдается резкое увеличение удельного сопротивления и абсолютной величины коэффициента Холла под действием давления. При давлении $P \approx 0.3$ кбар удельное сопротивление проходит

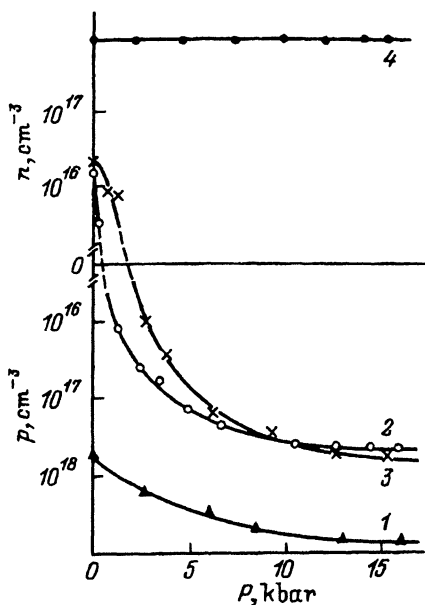


Рис. 3. Зависимости концентрации электронов при $T = 4.2$ K от давления в образцах $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$, облученных электронами. $\Phi \cdot 10^{-17}, \text{см}^{-2}$: 1 — 0 (Ga-4), 2 — 0 (Ga-3), 3 — 0.6 (Ga-3), 4 — 2.0 (Ga-2).

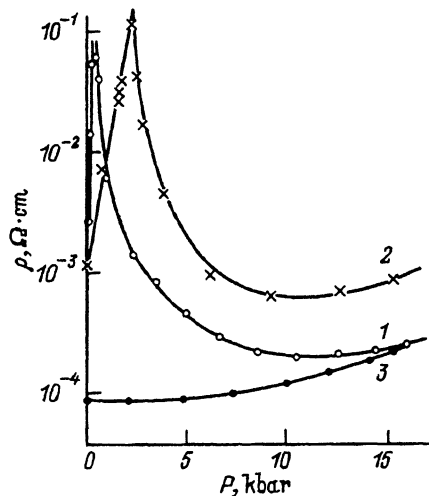


Рис. 4. Зависимости удельного сопротивления при $T = 4.2$ K от давления в образцах $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$, облученных электронами. $\Phi \cdot 10^{-17}, \text{см}^{-2}$: 1 — 0 (Ga-3), 2 — 0.6 (Ga-3), 3 — 2.0 (Ga-2).

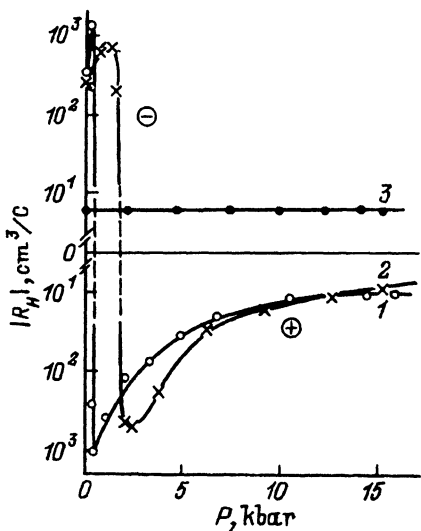


Рис. 5. Зависимости коэффициента Холла при $T = 4.2$ K от давления в образцах $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$, облученных электронами. $\Phi \cdot 10^{-17}, \text{см}^{-2}$: 1 — 0 (Ga-3), 2 — 0.6 (Ga-3), 3 — 2.0 (Ga-2).

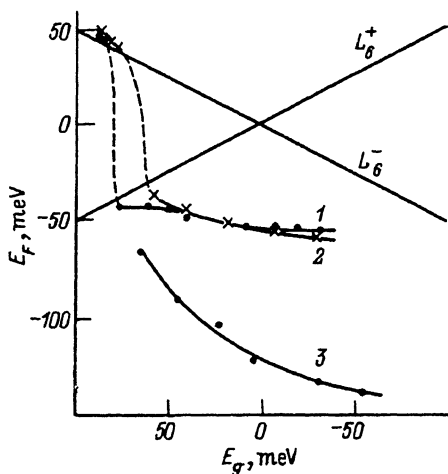


Рис. 6. Зависимости положения уровня Ферми относительно L -термов от ширины запрещенной зоны в образцах $Pb_{1-x}Sn_xTe(Ga)$, облученных электронами. 1 — Ga-3 ($\Phi = 0$), 2 — Ga-3 ($\Phi = 0.6 \cdot 10^{17} \text{см}^{-2}$), 3 — Ga-4 ($\Phi = 0$).

через максимум и происходит n - p -конверсия при $T = 4.2$ К. Дальнейшее увеличение давления приводит к уменьшению величин ρ и R_H при $T = 4.2$ К. В необлученном образце p - $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}(\text{Ga})$ изменения электрофизических параметров аналогичны изменениям в образце n -типа после n - p -конверсии.

Указанные изменения параметров исходных образцов под давлением свидетельствуют об увеличении концентрации дырок в образцах n - и p -типах, а также о n - p -конверсии (рис. 3). При максимальных давлениях скорость изменения концентрации дырок уменьшается и зависимости $p(P)$ выходят на насыщение.

Поведение электрофизических параметров облученных образцов качественно не отличается от поведения параметров исходных кристаллов (рис. 3-5). Однако с ростом потока облучения максимум на зависимостях $\rho(P)$ и точка инверсии знака R_H при $T = 4.2$ К сдвигаются в сторону высоких давлений, а в образце Ga-2, облученном максимальным потоком электронов $\Phi = 2 \cdot 10^{17}$ см⁻², под действием давления происходят лишь незначительные изменения электрофизических параметров. Удельное сопротивление при $T = 4.2$ К монотонно увеличивается примерно в 2 раза, а концентрация электронов остается постоянной с точностью $\approx 2\%$ в интервале давлений $P \leq 16$ кбар.

По результатам измерений концентрации носителей заряда в исходных и облученных образцах в рамках закона дисперсии Кейна [16] построены зависимости положения уровня Ферми в исследованных образцах от давления (рис. 6). Установлено, что в образцах n -типа под действием давления уровень Ферми практически скачкообразно переходит из зоны проводимости в валентную зону, а зависимости $E_F(P)$ в отличие от случая сплавов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}(\text{In})$ [16] отличны от линейных. Поэтому можно утверждать, что в исследованных сплавах $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}(\text{Ga})$ не проявляются локальные уровни, расположенные в запрещенной зоне, и не происходит стабилизация уровня Ферми примесным уровнем галлия. Тем самым подтверждается модель энергетического спектра сплавов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}(\text{Ga})$, предложенная в работе [8], согласно которой в исследованных сплавах квазилокальный уровень галлия должен располагаться существенно выше уровня Ферми во всех исследованных образцах.

Заключение

Таким образом, полученные в работе экспериментальные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Облучение сплавов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}(\text{Ga})$ быстрыми электронами приводит к линейному уменьшению концентрации дырок в образце p -типа и практически линейному увеличению концентрации электронов в образцах n -типа, связанных, по-видимому, с генерацией квазилокальных уровней донорного типа в зоне проводимости сплавов. У большинства исследованных образцов скорость изменения концентрации носителей заряда при облучении существенно превышает величину, характерную для нелегированных сплавов $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$. Полученные результаты удовлетворительно объясняются в рамках модели, предполагающей возникновение при облучении донорного радиационного уровня E_d , расположенного выше уровня Ферми в исследованных кристаллах, и увеличение плотности квазилокальных уровней галлия E_{Ga} , связанное с переходами атомов галлия из нейтрального в электрически активное состояние при облучении.

2. В образцах $n\text{-Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}(\text{Ga})$, облученных электронами, точка инверсии знака коэффициента Холла под действием давления сдвигается в сторону высоких давлений. Таким образом, электронное облучение приводит к исчезновению эффекта разрушения донорного действия примеси галлия под давлением и стабилизации донорного действия галлия в исследованных образцах. Можно предположить, что облучение электронами, генерируя точечные дефекты в подрешетках металла и халькогена и разбивая электрически неактивные скопления атомов галлия, увеличивает концентрацию электрически активных атомов галлия и способствует более равномерному распределению галлия в решетке $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$.

Автор благодарен О.Б.Яценко за предоставление образцов для исследований и А.М.Мусалитину за облучение исследованных образцов электронами.

Список литературы

- [1] В.И. Кайданов, Ю.И. Равич. УФН, **145**, 51 (1985).
- [2] Б.А. Акимов, В.П. Зломанов, Л.И. Рябова, Д.Р. Хохлов. Высокочистые вещества, **6**, 22 (1991).
- [3] В.А. Akimov, A.V. Dmitriev, D.R. Khokhlov, L.I. Ryabova. Phys. St. Sol. (a), **137**, 9 (1993).
- [4] Г.С. Бушмарина, Б.Ф. Грузинов, Т.Т. Дедегкаев, И.А. Драбкин, Т.Б. Жукова, Е.Я. Лев. Изв. АН СССР. Неорг. матер., **16**, 2136 (1980).
- [5] Г.С. Бушмарина, Б.Ф. Грузинов, И.А. Драбкин, Е.Я. Лев, Б.Ф. Мойжес, С.Г. Супрун. Изв. АН СССР. Неорг. матер., **23**, 222 (1987).
- [6] Ф.Ф. Сизов, С.В. Пляцко, В.М. Лакеенков. ФТП, **19**, 592 (1985).
- [7] А.Н. Брейс, В.И. Кайданов, Н.А. Костылева, Р.Б. Мельник, Ю.И. Уханов. ФТП, **7**, 928 (1973).
- [8] Z. Feit, D. Eger, A. Zemel. Phys. Rev. B, **31**, 3903 (1985).
- [9] А.А. Аверин, Г.С. Бушмарина, И.А. Драбкин, Ю.З. Санфиоров. ФТП, **15**, 197 (1981).
- [10] Б.А. Акимов, Н.Б. Брандт, А.М. Гаськов, В.П. Зломанов, Л.И. Рябова, Д.Р. Хохлов. ФТП, **17**, 87 (1983).
- [11] Б.А. Акимов, Н.Б. Брандт, Л.И. Рябова, Д.Р. Хохлов, С.М. Чудинов, О.Б. Яценко. Письма ЖЭТФ, **31**, 304 (1980).
- [12] И.А. Драбкин, Б.Я. Мойжес. ФТП, **15**, 625 (1981).
- [13] K. Weiser. Phys. Rev. B, **23**, 2741 (1981).
- [14] S. Такаока, K. Murase. J. Phys. Soc. Japan., **52**, 25 (1983).
- [15] Н.Б. Брандт, Е.П. Скипетров, А.Г. Хорош. ФТП, **26**, 888 (1992).
- [16] Б.А. Акимов. Автореф. докт. дис. (М.: МГУ, 1985).

Редактор В.В. Чалдышев

Stabilization of Gallium donor action in $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ alloys irradiated with electrons

E.P.Skipetrov

M.V.Lomonosov Moskow State University, 119899 Moskow

The influence of electron irradiation ($T \sim 300$ K, $E = 6$ MeV, $\Phi \leq 8 \cdot 10^{17}$ cm $^{-2}$) and subsequent hydrostatic pressure ($P \leq 16$ Kbar) on the galvanomagnetic properties of gallium-doped $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ ($x = 0.19, 0.23$) has been studied. It is found that electron irradiation leads to virtually linear alteration in charge carrier concentration due to radiation-induced donor type quasilocal levels within the conduction band of the alloys. Under the radiation, the effect of destruction of gallium donor action gradually disappears and stabilization of the gallium donor action under pressure takes place. The results obtained have been explained in the framework of a model that admits the appearance of a donor type irradiation-induced level E_d in the conduction band of alloys (as well as the alteration in the density of quasilocal gallium levels E_{Ga}) as a consequence of transitions of gallium atoms between the neutral and electrically active states during electron irradiation and under pressure.
