

УДК 621.315.592

XXII Международный симпозиум „Нанозфизика и наноэлектроника“,
Нижний Новгород, 12–15 марта 2018 г.

Эффект поля в пленках PbSnTe:In с низкой проводимостью в режиме инжекции из контактов и ограничения тока пространственным зарядом

© А.Н. Акимов¹, А.Э. Климов^{1,2}, В.С. Эпов¹

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук,
630090 Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный технический университет,
630073 Новосибирск, Россия

E-mail: klimov@isp.nsc.ru

(Получена 25 апреля 2018 г. Принята к печати 7 мая 2018 г.)

При $T = 4.2$ К впервые экспериментально наблюдалось сильное (до 4 раз) изменение тока, ограниченного пространственным зарядом, в образцах на основе полуизолирующих пленок PbSnTe:In, выращенных методом молекулярно-лучевой эпитаксии на подложках (111) BaF₂. Полученные результаты согласуются с экспериментами по влиянию на ток, ограниченный пространственным зарядом, обработки поверхности пленок PbSnTe:In с изменением величины тока до 10^3 и более раз. На качественном уровне рассмотрена модель, предполагающая существенный вклад локализованных поверхностных состояний в пространственный заряд, образующийся в режиме тока, ограниченного пространственным зарядом, вследствие инжекции носителей заряда из контактов.

DOI: 10.21883/FTP.2018.12.46747.26

1. Введение

В настоящее время повышенный интерес к исследованиям свойств поверхности твердого раствора Pb_{1-x}Sn_xTe обусловлен, в частности, тем, что при определенных составах он проявляет свойства топологического кристаллического изолятора (ТКИ). При $x = 0$ (PbTe) статическая диэлектрическая проницаемость $\epsilon \sim 400$, а при $x > 0$ она может достигать $\epsilon \approx 10^3 - 10^4$ и даже $\epsilon > 10^5$ вблизи температуры фазового перехода. Таким образом, значение ϵ в $10^2 - 10^3$ и более раз превышает значение ϵ диэлектриков, обычно используемых в МДП-структурах. Это принципиально ограничивает возможности исследования свойств поверхности PbSnTe емкостными методами. Кроме этого, существуют проблемы получения диэлектрика на поверхности PbSnTe с требуемыми электрической прочностью, адгезией, стойкостью к термоциклированию и с низкой плотностью состояний на границе раздела. В методе эффекта поля (ЭП) емкость диэлектрика может быть сколь угодно малой, важна лишь его электрическая прочность (напряженность поля пробоя диэлектрика E_{\max}). В этом случае в качестве диэлектрического слоя может быть использована относительно толстая изолирующая пленка, лежащая на свободной поверхности пленки PbSnTe. В принципе это позволяет наблюдать особенности ЭП, определяемые свойствами поверхности PbSnTe, связанными, например, с химическими обработками, ведущими

к изменению состава, что важно при изучении свойств ТКИ. Следует подчеркнуть, что на момент начала данных исследований информация о наблюдении ЭП в PbSnTe:In отсутствовала. Предполагалось, что наблюдение ЭП проблематично как вследствие большой ϵ в PbSnTe:In, так и вследствие „пининга“ уровня Ферми на поверхности по механизмам, аналогичным объемным, что не должно приводить к заметному изменению тока в ЭП даже в сильных внешних электрических полях.

Известно [1–3], что в области составов $x \sim 0.24 - 0.28$ или несколько больше введение в PbSnTe индия в концентрации до нескольких атомных процентов ведет к резкому снижению проводимости, которая при гелиевых температурах становится сравнимой с проводимостью обычных диэлектриков. В литературе такое состояние узкозонного PbSnTe:In иногда называют „диэлектрическим“. Крайне низкая проводимость удобна для исследования транспортных свойств пленочных структур на основе PbSnTe:In, обусловленных поверхностными дираковскими состояниями [4–6], если состав верхнего слоя соответствует области ТКИ.

В определенных условиях преобладающим механизмом проводимости диэлектриков является ток, ограниченный пространственным зарядом (ТОПЗ) [7]. При этом характер ТОПЗ в твердых телах существенно обусловлен ловушками (центрами локализации). Это относится и к пленочным структурам на основе PbSnTe:In [8,9]. При этом в тонких пленках существен-

ное влияние на ТОПЗ могут оказывать ловушки на поверхности пленки или вблизи нее [9]. Можно ожидать, что изменение зарядового состояния таких ловушек при приложении внешнего электрического поля, снижающее обычный ЭП, может по той же причине приводить к сильному изменению тока в режиме ТОПЗ.

Цель данной работы — исследование эффекта поля в эпитаксиальных пленках $\text{PbSnTe}:\text{In}$ с низкой проводимостью в режиме тока, ограниченного пространственным зарядом, и влияния состояния поверхности на особенности ТОПЗ.

2. Образцы и методика эксперимента

Исследовались образцы на основе пленок $\text{PbSnTe}:\text{In}$ на подложках BaF_2 с составом $x \sim 0.22-0.3$. Пленки микронной толщины были получены методом молекулярно-лучевой эпитаксии аналогично [10]. Усредненный по толщине состав пленок определялся методом рентгеновского микроанализа. Для изготовления экспериментальных структур выбирались пленки, имевшие при $T = 4.2\text{ К}$ и небольших напряжениях смещения сопротивление „на квадрат“ $\rho_{\square} > 10^9-10^{10}\text{ Ом}$, с подвижностью не менее $10^4\text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ в максимуме ее температурной зависимости (обычно в области $T \sim 20-40\text{ К}$). Эффект поля и сильное влияние обработки поверхности пленок на величину ТОПЗ наблюдались на различных образцах, изготовленных из пленок с указанными свойствами. Далее будут приведены результаты, полученные для двух пленок n -типа проводимости. Первая пленка имела состав $x \approx 0.22$, толщину $d \approx 0.3\text{ мкм}$, подвижность $\mu_n \approx 2 \cdot 10^4\text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ ($T = 20\text{ К}$), состав второй пленки $x \approx 0.29$, толщина $d \approx 2\text{ мкм}$, подвижность $\mu_n \approx 1.8 \cdot 10^4\text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ ($T = 30\text{ К}$).

Измерения проводились на структурах двух типов. Структуры первого типа были изготовлены с использованием фотолитографии или масок и представляли собой два пленочных индиевых контакта, нанесенных на поверхность методом вакуумного напыления, разделенных зазором 50 или 64 мкм. Длина зазора составляла около 0.2 см. Схема такой структуры описана более детально в работе [9]. Структуры второго типа были предназначены для измерения эффекта Холла, имели расстояние между токовыми контактами около 0.33 см и около 0.1 см — между поперечными потенциометрическими контактами. Концентрация и подвижность свободных носителей заряда в диапазоне температур $T \sim 20-300\text{ К}$ определялись по эффекту Холла, измеренному в магнитном поле $B = 0.2\text{ Тл}$. При $T < 20\text{ К}$ чрезвычайно высокое сопротивление образцов (более 10^8 Ом) не позволяло проводить такие измерения.

Измерения ЭП и вольт-амперных характеристик (ВАХ) проводились в жидком гелии при $T = 4.2\text{ К}$ при полной экранировке образцов от фонового излучения. Как было указано выше, в наших экспериментах по ЭП

в качестве диэлектрика была использована диэлектрическая (фторопластовая) пленка, наложенная на поверхность структуры первого типа. Толщина пленки составила 15 мкм. Напряжение с высоковольтного источника величиной $U_f = \pm(150-1500)\text{ В}$ подавалось на полевой электрод, изготовленный на основе индия, прижатый механически к фторопластовой пленке и расположенный над межэлектродным зазором структуры первого типа. Таким образом, максимальная напряженность электрического поля составила $E_{\text{max}} = \pm 10^6\text{ В/см}$. При всех измерениях ЭП при максимальном значении U_f токи утечки измерительной схемы (и, следовательно, токи в цепи полевого электрода) не превышали 10^{-9} А .

При исследовании влияния обработки поверхности $\text{PbSnTe}:\text{In}$ на ВАХ в режиме ТОПЗ использовался слабый травитель на основе изопропилового спирта, который насыщался парами HCl в течение суток ($\text{HCl}/\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$).

3. Экспериментальные результаты

На рис. 1 в двойном логарифмическом масштабе показана ВАХ структуры первого типа, изготовленной на основе первой пленки. Расстояние между электродами равно 0.0064 см. Из рисунка видно, что в области малых и больших напряжений поведение ВАХ близко к

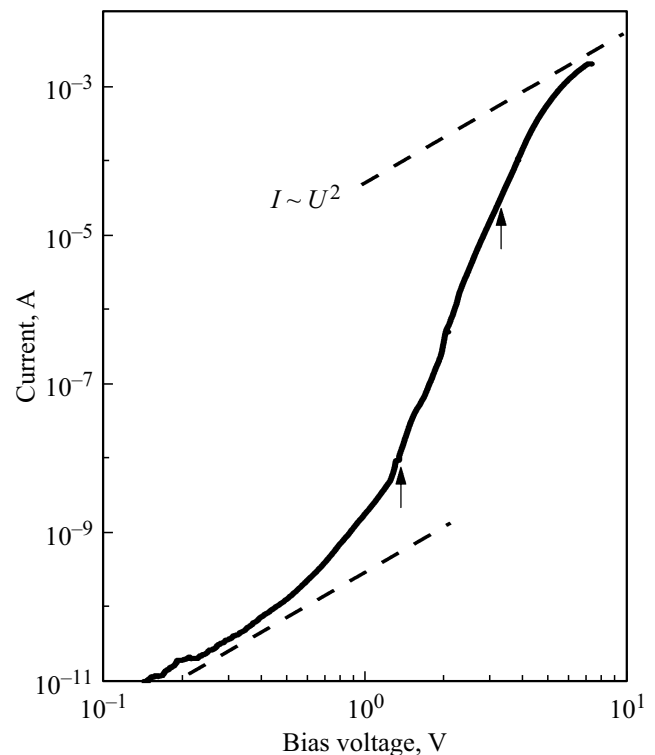


Рис. 1. ВАХ структуры первого типа, изготовленной на основе первой пленки. Расстояние между электродами 0.0064 см, $T = 4.2\text{ К}$. Пунктирными отрезками прямых показаны зависимости $I \sim U^2$. Стрелками отмечены точки на ВАХ, в которых измерялся ЭП (см. рис. 2).

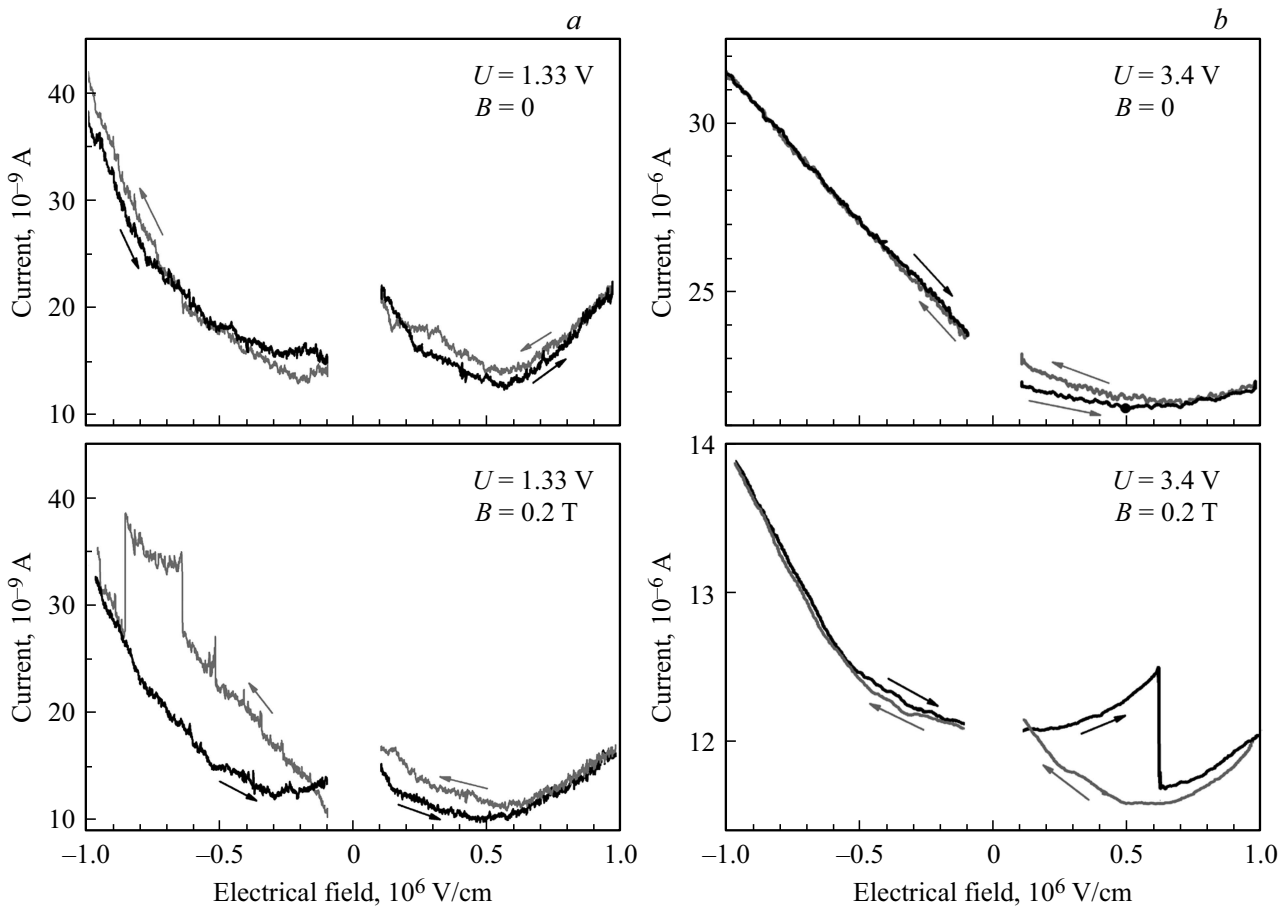


Рис. 2. Зависимости тока от напряженности электрического поля E_f , создаваемого полевым электродом, в отсутствие магнитного поля (вверху) и при $B = 0.2$ Тл (внизу). Знак E_f соответствует знаку напряжения на пленке PbSnTe:In относительно полевого электрода. Значение тянущего напряжения (см. рис. 1) $U = 1.33$ В (a) и $U = 3.4$ В (b). Стрелками вдоль кривых указано направление изменения E_f , вертикальными стрелками отмечено скачкообразное изменение тока („переключения“). Величина $dE_f/dt \approx 2.5 \cdot 10^3$ В \cdot см $^{-1} \cdot$ с $^{-1}$.

зависимости $I \sim U^2$, характерной для режима ТОПЗ при слабом и полном заполнении ловушек соответственно. В переходной области тянущего напряжения на ВАХ видны особенности, которые описываются моделью со сложным энергетическим спектром ловушек [8].

На рис. 2 показаны зависимости тока этой же структуры при фиксированных значениях тянущего напряжения от напряженности поперечного электрического поля E_f , создаваемого полевым электродом.

Основными особенностями наблюдаемых зависимостей являются следующие. При выбранных параметрах измерений изменение тока в поперечном электрическом поле достигает ~ 4 раз (рис. 2, a, внизу). Наблюдается заметный гистерезис зависимостей при смене направления изменения E_f . Имеют место эффекты переключения при определенных значениях E_f и некоторых других параметров (значение тянущего напряжения, направление изменения E_f и напряженность магнитного поля).

На рис. 3 приведена серия ВАХ структуры первого типа с межэлектродным расстоянием 0.005 см,

изготовленной из второй пленки PbSnTe:In. Разные кривые соответствуют разному состоянию поверхности пленки PbSnTe:In. Индиевые контакты были нанесены напылением в вакууме на поверхность, предварительно очищенную в HCl/CH₃CH(OH)CH₃. Первая кривая ВАХ была измерена сразу после изготовления структуры. Вторая — после экспозиции структуры в атмосфере при комнатной температуре в течение 14 суток. Наконец, третья кривая была измерена после экспозиции структуры в насыщенном водяном паре при $T = 100^\circ\text{C}$ в течение 1 часа.

Из рисунка видно, что во всем диапазоне напряжений ток заметно уменьшается от первой к третьей кривой. Вблизи $U \sim 0.2$ В и менее уменьшение тока на третьей зависимости по сравнению с первой превышает 10^3 раз.

Так как структура первого типа не позволяет контролировать не только изменение тока в режиме ТОПЗ, но и „холловских“ параметров (концентрация и подвижность свободных носителей заряда), то из этой же пленки была изготовлена структура второго типа. На ней, кроме измерения ВАХ в режиме ТОПЗ, измерялся

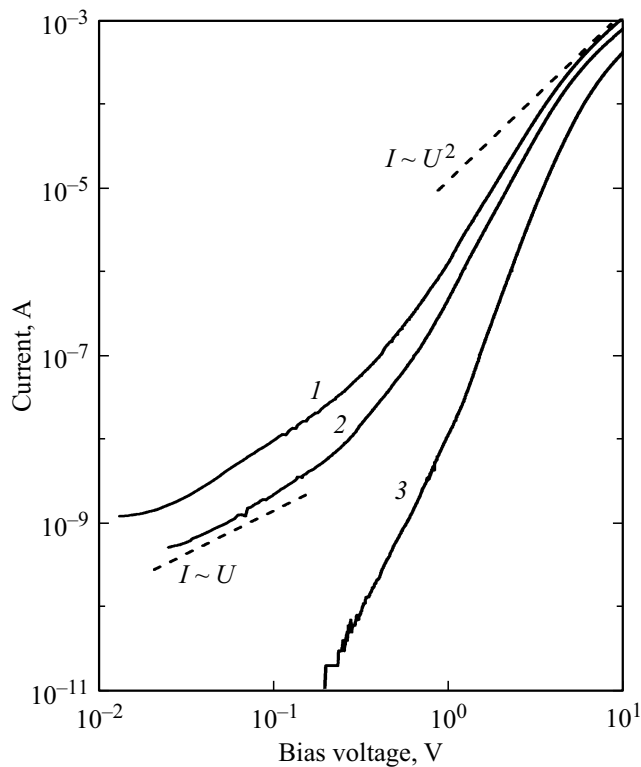


Рис. 3. ВАХ структуры первого типа при различных состояниях поверхности. Структура изготовлена из второй пленки. Межэлектродное расстояние 0.005 см. Кривая 1 измерена сразу после изготовления структуры, кривые 2 и 3 — после воздействий на поверхность (см. пояснения в тексте).

эффект Холла после различных воздействий на поверхность структуры. На рис. 4 показана серия зависимостей ВАХ такой структуры, измеренная при $T = 4.2\text{ K}$. Время развертки напряжения от нуля до максимального $U_{\text{max}} = 100\text{ В}$ составило 1480 с. Кривая 1 измерена до обработки поверхности, кривая 2 — сразу после ее обработки в $\text{HCl}/\text{CH}_3\text{CN}(\text{OH})\text{CH}_3$, кривые 3–5 — после последующей экспозиции образца в атмосфере при комнатной температуре в течение 3, 4 и 12 суток соответственно. На вставке показаны временные зависимости изменения относительного значения тока $I(t)/I_{\text{max}}$, где I_{max} — значение тока при $t = 0$, соответствующее моменту прекращения развертки напряжения при достижении $U = U_{\text{max}}$. Таким образом на данном рисунке в области $t < 0$ напряжение линейно увеличивается, а при $t > 0$ напряжение $U = U_{\text{max}} = 100\text{ В}$.

Из рис. 4 видно следующее: ток $I > 10^{-11}\text{ А}$ в области $U > 20\text{--}50\text{ В}$, в то время как на рис. 3 видно, что $I > 10^{-11}\text{ А}$ уже при $U > 0.1\text{ В}$ (кривая 3), а для кривых 1 и 2 эта величина еще меньше. Это вызвано отличием межэлектродного расстояния (0.005 и 0.33 см соответственно). В данном случае, в отличие от рис. 3, обработка поверхности в $\text{HCl}/\text{CH}_3\text{CN}(\text{OH})\text{CH}_3$ (кривая 2) привела к снижению тока по сравнению с исходной ВАХ (кривая 1) более чем в 100 раз при

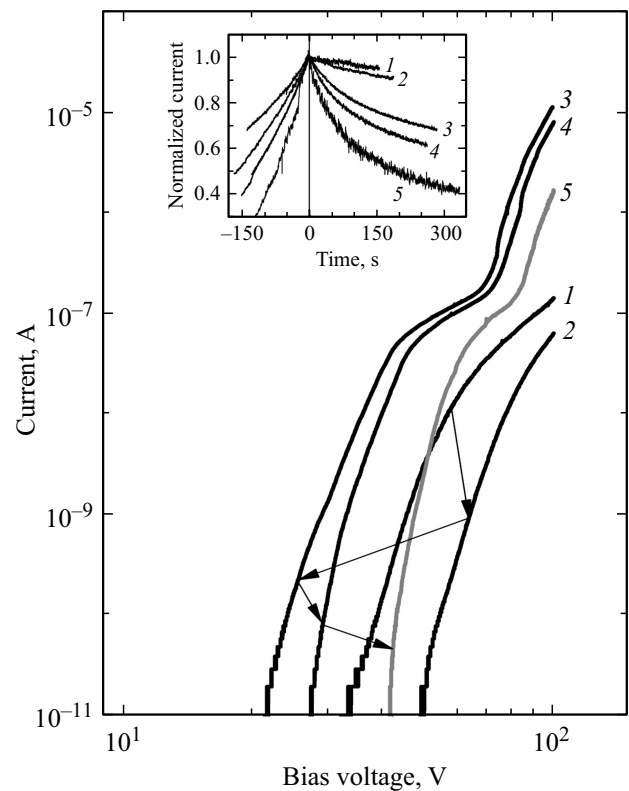


Рис. 4. ВАХ образца второго типа, изготовленного из второй пленки $\text{PbSnTe}:\text{In}$. Кривая 1 измерена до обработки поверхности, 2 — сразу после обработки поверхности в $\text{HCl}/\text{CH}_3\text{CN}(\text{OH})\text{CH}_3$, кривые 3, 4 и 5 — после экспозиции образца в атмосфере при комнатной температуре в течение 3, 4 и 12 суток после обработки соответственно. На вставке приведены временные зависимости нормированного тока $I(t)/I_{\text{max}}$ после прекращения развертки напряжения при $U_{\text{max}} = 100\text{ В}$ (см. пояснения в тексте).

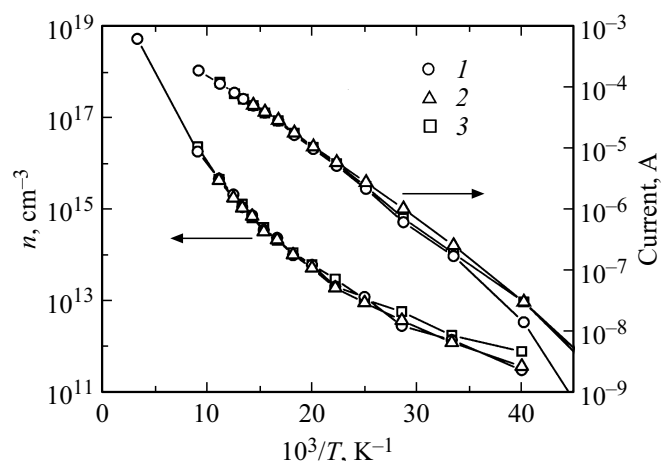


Рис. 5. Температурные зависимости тока при $U = 1.5\text{ В}$ (правая шкала) и концентрации электронов (левая шкала). Структура второго типа изготовлена из второй пленки. Нумерация зависимостей соответствует нумерации на рис. 4: 1 — исходная поверхность, 2 — после обработки поверхности в $\text{HCl}/\text{CH}_3\text{CN}(\text{OH})\text{CH}_3$, 3 — после экспозиции образца в атмосфере при комнатной температуре в течение 3 суток.

малых U . Последующая экспозиция образца в атмосфере сопровождалась немонотонным изменением характерной величины тока на ВАХ — сначала увеличением (до $\sim 10^4$ раз при $U < 50$ В), а затем снижением. Видно, что изменялась и форма ВАХ, при этом даже после 12 суток экспозиции в атмосфере (кривая 5) ВАХ не вернулась к исходной. Одновременно менялись и релаксационные зависимости тока, показанные на вставке к рис. 4.

На рис. 5 приведена серия температурных зависимостей тока (правая шкала) и измеренной по эффекту Холла концентрации электронов, определенной как $n = 1/qR_H$, где q — заряд электрона, R_H — коэффициент Холла. Номера зависимостей соответствуют номерам кривых на рис. 4. Ток измерен при напряжении на структуре $U = 1.5$ В. В данной области температур $T \approx 25\text{--}300$ К проводимость носит омический характер. Как видно из рис. 5, при омической проводимости изменение как тока, так и концентрации электронов (и соответственно подвижности) вследствие описанных воздействий на поверхность незначительно и не превышает по крайней мере 3 раз вблизи $T = 25$ К. Отметим, что характерное сопротивление структуры вблизи этой же температуры близко к 10^8 Ом.

4. Обсуждение результатов

Из рис. 2 следует, что в режиме ТОПЗ приложение сильного (до 10^6 В/см) поперечного электрического поля E_f , создаваемого полемым электродом, ведет к изменению тока до 4 раз. Поведение зависимости $I = f(E_f)$ количественно и качественно сильно зависит от условий измерений (напряжения смещения, наличия или отсутствия магнитного поля). Тем не менее наблюдается тенденция сначала к уменьшению, а затем к увеличению тока в области $E_f > 0$ и увеличению тока в области $E_f < 0$. На первый взгляд, на качественном уровне это соответствует обычному эффекту поля в образце электронного типа проводимости. А именно при увеличении поля в области $E_f > 0$ (отрицательный потенциал на полевом электроде) сначала должно происходить обеднение приповерхностной области полупроводника n -типа проводимости электронами с уменьшением полного тока через образец, а затем переход к инверсии в приповерхностной области и последующее увеличение тока.

Однако из рис. 2 видно, что при увеличении тянущего напряжения всего в 2.5 раза, от $U = 1.33$ В до $U = 3.4$ В, абсолютное изменение тока ΔI под действием E_f возрастает до 10^2 раз и более (от $\sim 10\text{--}30$ нА до $2\text{--}8$ мкА). Наличие на зависимостях рис. 2 заметного гистерезиса говорит о том, что в наблюдаемых эффектах существенную роль играют уровни захвата (ловушки). Модель, учитывающая существование в пленках PbSnTe:In ловушек с разными параметрами, рассматривалась, например, в работах [8,9]. На параметры таких ловушек

может влиять магнитное поле, что проявляется и на рис. 2, а различная степень их заполнения при разных U приводит, в том числе, к сложным временным зависимостям фототока под действием излучения терагерцового диапазона [10]. Наличие таких ловушек является также предпосылкой к эффектам переключения, наблюдаемым на рис. 2 и связанным с изменением степени заполнения ловушек под действием поперечного электрического поля затвора.

Можно предположить, что заметная доля ловушек расположена в приповерхностной области пленок PbSnTe:In или на их поверхности. Это хорошо согласуется с данными по влиянию обработок поверхности на токи в режиме ТОПЗ, приведенными на рис. 3, 4. Видно, что изменение химического состава тонкого приповерхностного слоя под действием слабого „полирующего“ травителя $\text{HCl/CH}_3\text{CN(OH)CH}_3$ и последующего взаимодействия поверхности с атмосферой может приводить к изменению тока в режиме ТОПЗ до $10^2\text{--}10^3$ раз и более как в сторону его увеличения, так и уменьшения. Это может быть связано, например, с удалением с поверхности окислов теллура или с их образованием за счет взаимодействия с атмосферой. Предположение об изменении проводимости образцов после травления вследствие нарушения стехиометрии и образования тонкого проводящего поверхностного слоя с составом, сильно отличающимся от состава пленки, противоречит данным, приведенным на рис. 5. Видно, что сильное изменение тока в режиме ТОПЗ при $T = 4.2$ К не сопровождается существенным изменением измеряемой по эффекту Холла концентрации электронов и проводимости, к которым должно вести образование проводящего поверхностного слоя. Оценку сопротивления такого слоя (при его наличии) можно сделать из рис. 4, как $R = U_{\text{max}}/I_{\text{max}}$. Для кривой 3 это дает значение $R \approx 10^7$ Ом, что в ~ 10 раз меньше характерного сопротивления для кривой 3 на рис. 5, правая шкала, вблизи $T = 4.2$ К.

Сильное влияние ловушек, расположенных на поверхности или вблизи нее, на токи в режиме ТОПЗ подтверждается также зависимостями релаксационных кривых от состояния поверхности (см. вставку на рис. 4).

На качественном уровне модель, учитывающая влияния локализованных поверхностных состояний (ловушек) на ТОПЗ при приложении поперечного электрического поля, представляется следующим образом. Формирующийся в образце вследствие инжекции из контактов пространственный заряд Q_s приводит к уменьшению (компенсации) внешнего тянущего электрического поля. До полного заполнения ловушек (режим Мотта-Герни, $I \sim U^2$ при больших напряжениях на рис. 1) Q_s состоит в основном из заряда, локализованного на ловушках. В исследованных образцах расстояние между контактами было много больше толщины пленки (в 64 раза и более). В такой геометрии локализованный на поверхности заряд Q_{ss} влияет на ТОПЗ (уменьшает внешнее электрическое поле) примерно таким же образом, как

и заряд Q_{sb} , локализованный на ловушках в объеме пленки. Упрощенно, это соответствует случаю, когда не только Q_{sb} , но и Q_{ss} распределен равномерно по толщине пленки, а полный пространственный заряд

$$Q_s = CU \approx Q_{sb} + Q_{ss}, \quad (1)$$

где C — емкость структуры.

Приложенное внешнее поперечное поле E_f экранируется, в том числе (или преимущественно), вследствие изменения поверхностного заряда ΔQ_{ss} из-за перезарядки локализованных поверхностных состояний. В области быстрого (по сравнению с зависимостью $I \sim U^2$) нарастания тока в режиме ТОПЗ сравнительно небольшая, по сравнению с Q_s (1), величина ΔQ_{ss} может вызвать сильное изменение тока в режиме ТОПЗ.

Такая модель находится в согласии с данными по влиянию на ТОПЗ обработки поверхности. Возможно, что в этом случае меняется не только концентрация, но и тип (параметры) поверхностных локализованных состояний.

5. Заключение

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о сильном влиянии состояния поверхности слабопроводящих (полуизолирующих) пленок PbSnTe:In, полученных методом молекулярно-лучевой эпитаксии, на инжекционные токи, ограниченные пространственным зарядом. Впервые наблюдавшиеся на таких образцах эффект поля и сильное влияние химической обработки поверхности на величину ТОПЗ качественно соответствуют модели, предполагающей существенный вклад поверхностных локализованных состояний в общий локализованный заряд, образующийся вследствие инжекции из контактов.

Авторы благодарны Е.Л. Молодцовой за проведение измерений температурной зависимости эффекта Холла. Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проект № 17-02-00575 (проведение измерений и анализ результатов) и РНФ, проект №17-12-01047 (изготовление образцов).

Список литературы

- [1] Б.А. Волков, Л.И. Рябова, Д.Р. Хохлов. УФН, **172** (8), 875 (2002).
- [2] В.С. Виноградов, И.Д. Воронова, Г.А. Калюжная, Т.Ш. Рагимова, А.П. Шогов. Письма ЖЭТФ, **32** (1), 22 (1980).
- [3] S. Takaoka, T. Itoga, K. Murase. Jpn. J. Appl. Phys., **23** (2), 216 (1984).
- [4] Su-Yang Xu, Chang Liu, N. Alidoust, M. Neupane, D. Qian, I. Belopolski, J.D. Denlinger, Y.J. Wang, H. Lin, L.A. Wray, G. Landolt, B. Slomski, J.H. Dil, A. Marcinkova, E. Morosan, Q. Gibson, R. Sankar, F.C. Chou, R.J. Cava, A. Bansil, M.Z. Hasan. Nature Commun., **3**, 1192 (2012).
- [5] V.V. Volobuev, P.S. Mandal, M. Galicka, O. Caha, J. S´anchez-Barriga, D.Di Sante, A. Varykhalov, A. Khlar, S. Picozzi, G. Bauer, P. Kacman, R. Buczko, O. Rader, G. Springholz. Adv. Mater., **29** (3), 1604185 (2017).
- [6] T. Liang, S. Kushwaha, J. Kim, Q. Gibson, J. Lin, N. Kioussis, R.J. Cava, N. Phuan Ong. Sci. Adv., **3** (5), e1602510 (2017).
- [7] М. Ламперт, П. Марк. *Инжекционные токи в твердых телах* (М., Мир, 1973) [M.A. Lampert, P. Mark. *Current Injection in Solids* (Academic Press, N.Y.-London, 1970)].
- [8] A.E. Klimov, V.N. Shumsky. Physica B: Condens. Matter, **404** (23–24), 5028 (2009).
- [9] A.E. Klimov, V.S. Epov. JETP Lett., **106**, 446 (2017).
- [10] A.N. Akimov, V.S. Epov, A.E. Klimov, V.V. Kubarev, N.S. Paschin. J. Phys.: Conf. Ser., **946**, 012016 (2018).

Редактор А.Н. Смирнов

The field effect in PbSnTe:In films with low conductivity in the mode of injection from contacts and current limited by space charge

A.N. Akimov¹, A.E. Klimov^{1,2}, V.S. Epov¹

¹ Rzhanov Institute of Semiconductor Physics, Russian Academy of Sciences, 630090 Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State Technical University, 630073 Novosibirsk, Russia

Abstract At $T = 4.2$ K, a strong (up to 4 times) change in the current limited by the space charge (CLSC) was observed experimentally for the first time in samples based on PbSnTe:in semi-insulating films grown by molecular beam epitaxy on BaF₂ (111) substrates. The results obtained agree with the experiments on the effect of PbSnTe:in films surface treatment on the CLSC with a change in the current up to 10^3 times and more. At a qualitative level, the model is considered, assuming a significant contribution of localized surface states to the space charge formed in the CLSC mode due to the injection of charge carriers from contacts.