

## **КИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И СТРУКТУРА ПЛЕНОК ВИСМУТА**

*Рассматривается влияние структуры тонких пленок полуметаллов на гальваномагнитные и термоэлектрические явления в этих пленках. Производится разделение влияния размерного эффекта на толщине пленки и несовершенства ее кристаллической структуры. Показано, что рассеяние на межблочных границах носит размерный характер, аналогично влиянию толщины пленки. Экспериментально установлено, что многообразие результатов, получаемых при исследовании разностных кинетических явлений, — термоЭДС, эффект Холла и т. д., — обусловлено сильной анизотропией параметров носителей заряда в висмуте. Проведены расчеты подвижности носителей заряда в пленках висмута в зависимости от их толщины и совершенства их кристаллической структуры. Показано существенное влияние на кинетические явления в пленках полуметаллов различия температурных коэффициентов расширения материала пленки и подложки.*

Тонкие металлические и полупроводниковые пленки по своей природе представляют собой объекты с весьма разнообразными физическими свойствами; причем физические характеристики вещества в виде пленки могут существенно отличаться от свойств этих же материалов в массивном состоянии. Это создает дополнительные проблемы при использовании пленок в качестве технических материалов и элементов аппаратуры, но одновременно многообразие и изменчивость свойств тонких пленок существенно расширяют возможности их практического применения. Знание основных закономерностей изменения свойств тонких пленок совершенно необходимо при создании пленочных материалов с заданными свойствами. В последнее время актуальность исследования закономерностей изменения физических свойств вещества при переходе к пленочному состоянию существенно возросла. Это связано с работами по созданию активных материалов и устройств на основе наноструктур.

Изменение физических свойств вещества в пленочном состоянии происходит под влиянием нескольких основных причин. Одной из таких причин является разнообразие структурных характеристик тонких пленок, получаемых методом конденсации молекулярных пучков в высоком вакууме. При варьировании условий конденсации структура образующихся пленок может изменяться от предельно неупорядоченного мелкодисперсного состояния (гранулярные слои) до структуры совершенного монокристаллического слоя (эпитаксиальные пленки). Другой причиной, приводящей к отличию физических свойств тонких пленок от свойств массивного вещества, является влияние малости ее толщины

по сравнению с различными параметрами, определяющими те или иные физические свойства. Это приводит к возникновению размерных эффектов. В частности, в электропроводности, в гальваномагнитных и других свойствах проявляется классический размерный эффект, связанный с ограничением длины свободного пробега электронов толщиной пленки. Вообще говоря, для кинетических электронных свойств тонких металлических и полупроводниковых пленок существенным является взаимодействие носителей заряда с границами образца. Для пленок узкозонных полупроводников и полуметаллов очень существенной оказывается механическая деформация, возникающая из-за различия температурного расширения материала пленки и подложки [2, 3].

Наша работа посвящена уточнению механизмов влияния указанных выше факторов и исследованию других причин, обусловливающих отличие свойств вещества в пленочном состоянии.

Объектом нашего исследования являются пленки висмута, полученные методом термического напыления, и пленки висмута, полученные методом зонной плавки под покрытием. Толщина пленок варьировалась от 0,05 мкм до 3 мкм. В качестве подложек использовался широкий спектр материалов. На этих пленках проведено исследование кристаллической структуры в зависимости от технологических режимов их получения, а также исследование комплекса гальваномагнитных и термоэлектрических свойств в температурном интервале от 77 К до 300 К и в магнитном поле до 0,5 Тл.

Висмут является полуметаллом. Концентрация носителей заряда в висмуте сравнительно мала, а их подвижности — высокие. В твердом состоянии висмут обладает очень большой анизотропией физических свойств. Кинетические явления в висмуте определяются несколькими группами носителей заряда, которые характеризуются существенно различной анизотропией параметров: электроны имеют максимальную подвижность в направлении оси  $C_3$ , а дырки — в перпендикулярном направлении. Эти перечисленные особенности висмута значительно усложняют анализ экспериментальных результатов, но дают дополнительные возможности при проведении исследований.

### *Структура пленок висмута*

Нами проведены металлографические и рентгеноструктурные исследования кристаллографической ориентации и совершенства структуры тонких пленок висмута. Результаты этих исследований совпадают с результатами подобных исследований, приведенных в литературе [1].

При рассмотрении влияния технологических параметров на структуру пленок следует отметить, что увеличение температуры подложки до 90 °C – 110 °C (в зависимости от подложки) приводит к увеличению размеров кристаллитов, а при дальнейшем увеличении температуры происходит незначительное уменьшение их размеров. Применение отжига при предплавильной температуре улучшает структуру пленок, полученных при любой температуре подложки. Размеры кристаллитов, из которых состоит пленка, изменяется от величины, примерно равной толщине пленки в образцах, полученных при низкой температуре, до сотен микрометров в пленках, полученных при оптимальной температуре подложки и подвергнутых отжигу. Кристаллическая структура пленок висмута отличается упо-

рядоченной текстурой: ось  $C_3$  всех кристаллитов ориентирована перпендикулярно плоскости подложки, а оси  $C_1$  и  $C_2$  ориентированы произвольно в плоскости пленки. Исключением являются пленки, полученные при температуре, ниже комнатной, при этом вероятность появления другой ориентации кристаллитов увеличивается при использовании аморфных подложек. Другим исключением являются пленки висмута, полученные на подложках  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KBr}$  при температуре подложки до  $90^\circ\text{C}$  [1]. Применение отжига приводит к переориентации кристаллитов в соответствии с указанной ориентацией.

Анализируя проведенные исследования структуры пленок висмута, следует отметить, что существует интервал толщины пленок, для которого возможно использование только рентгеноструктурного анализа, не дающего информации о размерах кристаллитов. Это пленки толщиной примерно от 1 мкм и меньше. Для таких пленок невозможно использовать травление для выявления структуры, поэтому для них используются закономерности, полученные для пленок большей толщины.

Для получения дополнительной информации о структуре пленок нами были проведены исследования с использованием сканирующего атомно-силового микроскопа (ACM). На рис. 1 приведено изображение поверхности пленки висмута, полученное с использованием ACM. Обращают на себя внимание четко выраженные фигуры роста, упорядоченно расположенные на поверхности пленки. Учитывая то, что форма фигур связана с кристаллографической ориентацией, можно отметить существенную упорядоченность пространственной ориентации не только тригональной оси, но и бинарной и биссекторной кристаллографических осей.

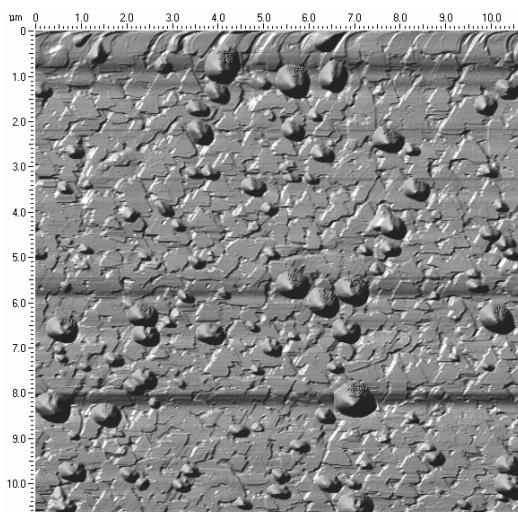
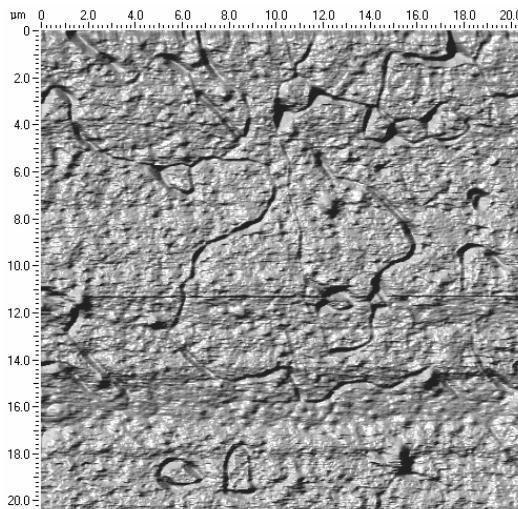


Рис. 1. Изображение поверхности пленки висмута, полученное с помощью ACM ( $10 \times 10 \text{ мкм}^2$ )

В процессе исследования выяснилось, что для достаточно совершенных пленок висмута на изображениях поверхности практически невозможно обнаружить кристаллиты, из которых состоит пленка. Для решения этой задачи нами был предложен и реализован комбинированный метод исследования блоч-

ности структуры тонких пленок. Тонкую пленку первоначально обрабатывают очень слабым травяющим раствором, а затем получают изображение поверхности на АСМ. На рис. 2 приведено изображение поверхности тонкой пленки висмута, обработанной слабым травяющим раствором. На приведенном рисунке четко просматриваются границы кристаллитов, что позволяет определить их характерный размер.



*Рис. 2. Изображение поверхности пленки висмута после слабого травления, полученное с помощью АСМ ( $20 \times 20 \text{ мкм}^2$ )*

При проведении исследований кристаллической структуры пленок с использованием АСМ нами были обнаружены дефекты роста в виде пирамидальных бугорков. Плотность таких дефектов роста увеличивается при понижении температуры подложки и значительно уменьшается при проведении отжига.

Исследование кристаллической структуры плавленых пленок висмута показали, что они имеют монокристаллическую структуру с ориентацией оси  $C_3$  перпендикулярно подложке, а оси  $C_1$  и  $C_2$  имеют случайную ориентацию относительно осей исследуемого образца.

Таким образом, в нашем распоряжении имелись пленки висмута с различным качеством структуры: от мелкоблочной, с размерами кристаллитов, примерно равными толщине пленки, до монокристаллических моноблочных пленок.

### *Кинетические явления и материал подложки*

Влияние материала подложки на кинетические явления в пленках обусловлено, во-первых, влиянием подложки на кристаллическую структуру пленки: пленка на кристаллической подложке имеет более совершенную структуру, чем на аморфной, и, во-вторых, — деформацией пленки, которая возникает из-за различия температурных коэффициентов расширения пленки и подложки. Второй механизм влияния особенно сильно выражен в пленках узкозонных полупроводников и полуметаллов, так как энергетический спектр носителей заряда в этих веществах очень чувствителен к механическим деформациям.

Влияние различия температурного расширения пленки и материала подложки на свойства пленок висмута весьма значительно. На рис. 3 и 4 приведены температурные зависимости удельного сопротивления и магнетосопротивления пленок висмута толщиной 0,8 мкм на различных подложках. Используемые подложки различаются температурным коэффициентом расширения (ТКР): минимальный ТКР — у кремния, а максимальный — у полииамида. Как видно из рис. 3, вид температурной зависимости удельного сопротивления в значительной степени определяется ТКР подложки. Различие в значениях удельного сопротивления пленок висмута на подложках с малым и большим ТКР возрастают с понижением температуры. Так при 77 К удельное сопротивление пленок на кремнии в три раза больше, чем на полииамиде. В то же время, как видно из рис. 4, для этих же пленок значительно различаются и магнетосопротивления: в пленках на кремнии оно в пять раз выше, чем на полииамиде.

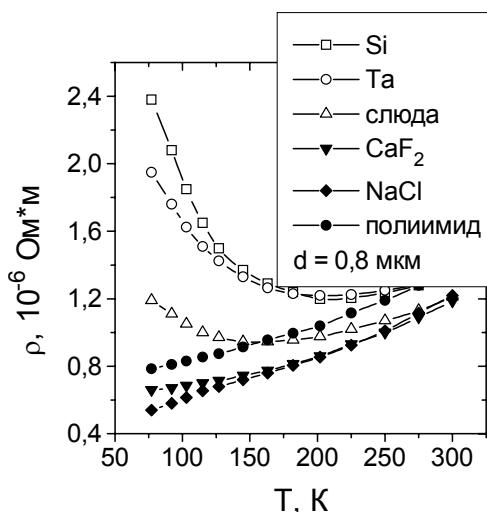


Рис. 3. Зависимость удельного сопротивления от температуры пленок Ві толщиной 0,8 мкм на различных подложках

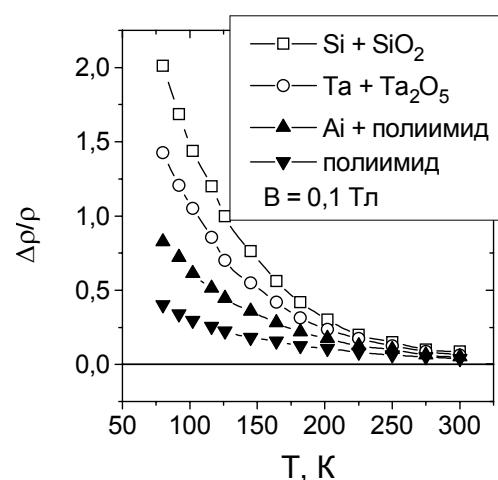


Рис. 4. Зависимость относительного магнетосопротивления от температуры пленок Ві толщиной 0,8 мкм на различных подложках

Причина такого влияния заключается в том, что при изменении температуры подложка навязывает пленке свой ТКР, и поэтому пленка при любой температуре, кроме температуры формирования, деформирована. Поскольку ориентация пленок кристаллографическая, возникающая деформация представляет собой плоскостное растяжение или сжатие в тригональной плоскости висмута. Эта деформация эквивалентна одноосной деформации вдоль оси  $C_3$  кристалла висмута. Как известно, одноосное сжатие кристалла висмута вдоль оси  $C_3$  приводит к уменьшению перекрытия зон L-электронов и Т-дырок в энергетическом спектре. Это приводит к уменьшению концентрации свободных носителей заряда и к росту их подвижности. Оценочные расчеты, проведенные по экспериментальным данным удельного сопротивления и магнетосопротивления пленок висмута с учетом ТКР подложки, хорошо согласуются с результатами исследования монокристаллов при одноосном сжатии вдоль оси  $C_3$ .

Другой указанный механизм влияния материала подложки на свойства пленок висмута — совершенство кристаллической структуры — так же хорошо заметен на рис. 3. Все пленки при комнатной температуре, когда изменение энергетического спектра носителей заряда несущественно, можно подразделить на две группы: полученные на кристаллической подложке и полученные на аморфной подложке. Для второй группы пленок это связано с большим количеством точечных дефектов и межкристаллитных границ, которые выступают как дополнительные рассеивающие центры.

### *Кинетические явления и кристаллическая структура*

Важным фактором, который оказывает значительное влияние на свойства пленок висмута, как и пленок других материалов, является классический размерный эффект. Однако не следует понимать его как ограничение длины свободного пробега носителей заряда, связанное только с толщиной пленки. Термически напыленная пленка — это текстурированный поликристалл, поэтому она содержит много межкристаллитных границ, на которых также наблюдается дополнительное рассеяние носителей заряда. Это рассеяние аналогично рассеянию на поверхностях пленки, которое имеет смысл размерного эффекта [4, 5]. Для проверки этого предположения нами были проведены специальные исследования.

На рис. 5 и 6 приведены температурные зависимости удельного сопротивления и магнетосопротивления двух пар пленок толщиной 0,2 мкм и 0,8 мкм на подложке из слюды. Пленки одинаковой толщины различаются степенью совершенства кристаллической структуры: одна из них — блочная, другая — монокристаллическая (моноблочная). На рисунках хорошо видно влияние как межблочных границ, так и толщины пленок. Среди пленок одинаковой толщины блочные пленки имеют большее удельное сопротивление и меньшее магнетосопротивление, что связано с дополнительным рассеянием носителей заряда на межблочных границах. Большее удельное сопротивление и меньшее магнетосопротивление пленок меньшей толщины при одинаковой кристаллической структуре являются следствием классического размерного эффекта на толщине пленки.

Значительно более сложное влияние оказывает толщина пленки и размеры кристаллитов на разностные эффекты в пленках висмута: дифференциальная термоЭДС и эффект Холла. Это связано с тем, что висмут обладает большой анизотропией свойств носителей заряда: наибольшая подвижность дырок — в тригональной плоскости, а электронов — вдоль оси  $C_3$ . Принимая во внимание кристаллографическую ориентацию пленок висмута, можно говорить о том, что рассеяние на границах блоков будет сильнее ограничивать подвижность дырок, а толщина пленки — подвижность электронов.

На рис. 7 и 8 представлены температурные зависимости дифференциальной термоЭДС для пленок различной кристаллической структуры и толщины. На рис. 7 приведено сравнение дифференциальных термоЭДС монокристаллических и блочных пленок. Как видно из рисунка, для монокристаллических пленок наблюдается уменьшение термоЭДС по абсолютной величине при понижении температуры и для пленки толщиной 0,2 мкм наблюдается смена знака на положительный при температуре около 90 К. Для блочных пленок той же тол-

шины величина термоЭДС при низкой температуре имеет значительно большие по абсолютной величине значения. Для пленки 0,8 мкм термоЭДС значительно превышает значение соответствующей компоненты в монокристалле висмута.

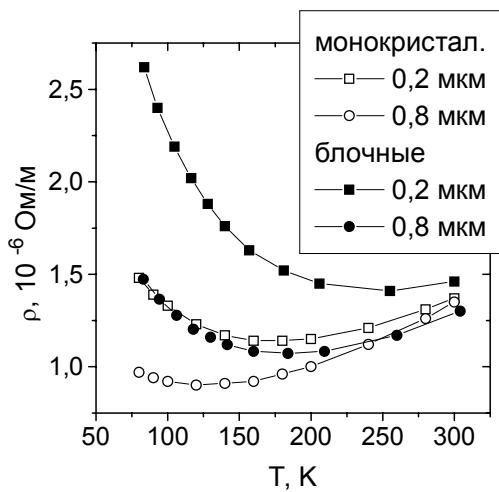


Рис. 5. Зависимость удельного сопротивления от температуры монокристаллических и блочных пленок Ви на слюде

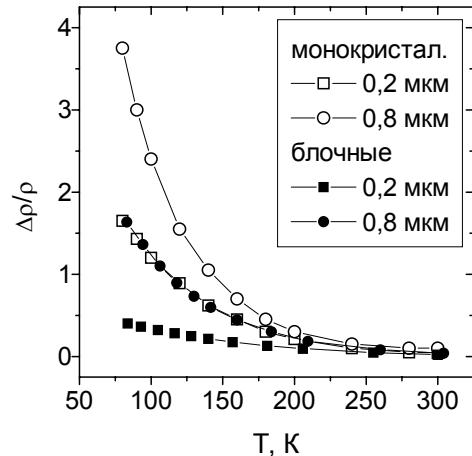


Рис. 6. Зависимость относительного магнетосопротивления от температуры монокристаллических и блочных пленок Ви на слюде

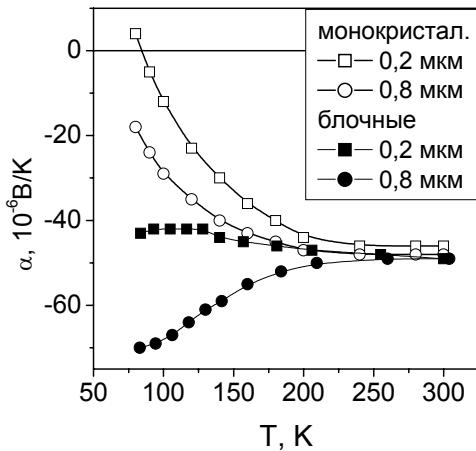


Рис. 7. Зависимость термоЭДС от температуры монокристаллических и блочных пленок Ви на слюде

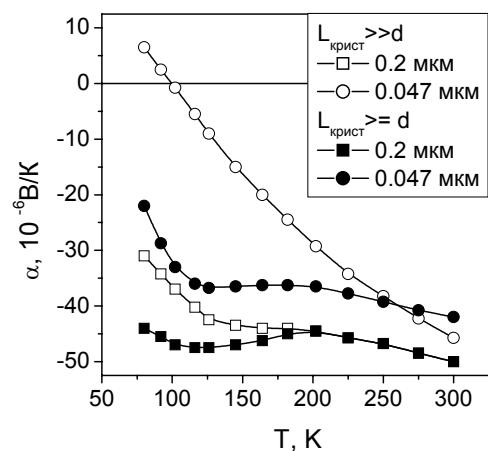


Рис. 8. Зависимость термоЭДС от температуры пленок Ви различной толщины и размеров блоков

На рис. 8 приведено сравнение термоЭДС блочных пленок при различных размерах блоков. Как видно из рисунка, для пленок при больших размерах блоков (много больше толщины пленки) также наблюдается уменьшение по абсолютному значению термоЭДС, но при значительно меньшей толщине, чем в монокристаллических. В пленках с малыми размерами кристаллитов термо-

ЭДС, даже в пленке толщиной 0,047 мкм, имеет значение, близкое к соответствующей компоненте в монокристалле.

Аналогичные закономерности просматриваются при анализе результатов исследования эффекта Холла. На рис. 9 и 10 приведены примеры температурных зависимостей коэффициента Холла для монокристаллических и блочных пленок висмута на слюде. Как видно из рисунков, в обеих группах пленок наблюдаются одинаковые зависимости от толщины: чем меньше толщина пленки, тем большее положительное значение принимает коэффициент Холла. В то же время в блочных пленках коэффициент Холла имеет меньшее положительное значение. При дальнейшем уменьшении размеров блоков (по сравнению с толщиной пленки) происходит дальнейшее уменьшение положительного значения и переход в область отрицательных значений коэффициента Холла.

Таким образом, влияние толщины пленки и размеров кристаллитов на эффект Холла аналогичен влиянию этих факторов на термоЭДС: уменьшение толщины смещает баланс электронного и дырочного вкладов в дырочную область, а уменьшение размеров блоков — в электронную. Как показывает анализ экспериментальных результатов, значения термоЭДС и коэффициента Холла хорошо согласуются между собой.

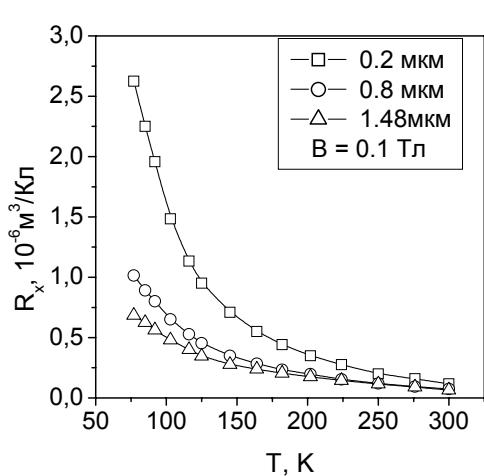


Рис. 9. Зависимость коэффициента Холла от температуры монокристаллических пленок Bi различной толщины на слюде

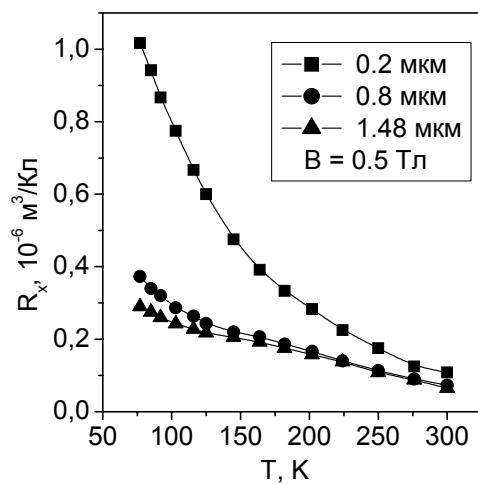


Рис. 10. Зависимость коэффициента Холла от температуры блочных пленок Bi различной толщины на слюде

На основании полученных экспериментальных результатов измерения удельного сопротивления, коэффициента Холла и дифференциальной термоЭДС были проведены расчеты подвижности носителей заряда в пленках висмута [6].

Висмут, как отмечалось ранее, обладает большой анизотропией свойств. При исследовании гальваномагнитных и термоэлектрических свойств пленок висмута измеряются  $\sigma_{11}$ ,  $R_{12,3}$ ,  $\alpha_{11}$ . Эти коэффициенты через параметры носителей заряда с учетом того, что в чистом висмуте концентрация электронов и дырок равны, могут быть записаны в виде следующих выражений:

$$\sigma_{11} = e \cdot n \left[ \left( \frac{U_1^- + U_2^-}{2} \right) + U_1^+ \right];$$

$$R_{12,3} = \frac{-e \cdot n \left( U_1^- \cdot U_2^- - (U_1^+)^2 \right)}{\sigma_{11}^2};$$

$$\alpha_{11} = \frac{\alpha^- \cdot \left( \frac{U_1^- + U_2^-}{2} \right) + \alpha^+ \cdot U_1^+}{\sigma_{11}},$$

где  $e$  — элементарный заряд,  $n$  — концентрация электронов и дырок,  $\alpha^-$  и  $\alpha^+$  — парциальные термоЭДС электронов и дырок,  $U_1^-$ ,  $U_2^-$ ,  $U_1^+$  — компоненты подвижности электронов и дырок.

При выполнении расчетов мы полагали, что концентрация носителей заряда и парциальные термоЭДС имеют такие же значения, как и в массивном висмуте.

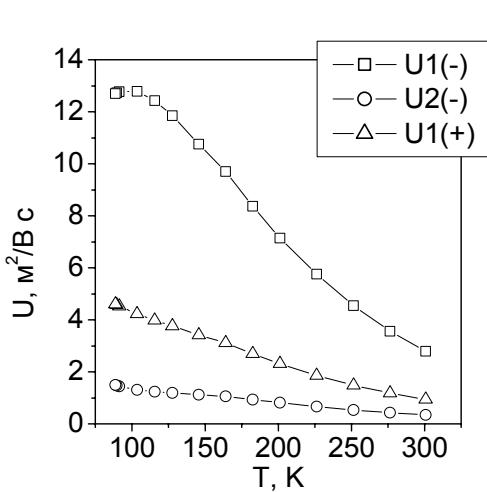


Рис. 11. Зависимость подвижности носителей заряда в пленке висмута от температуры. Толщина пленки 1,1 мкм

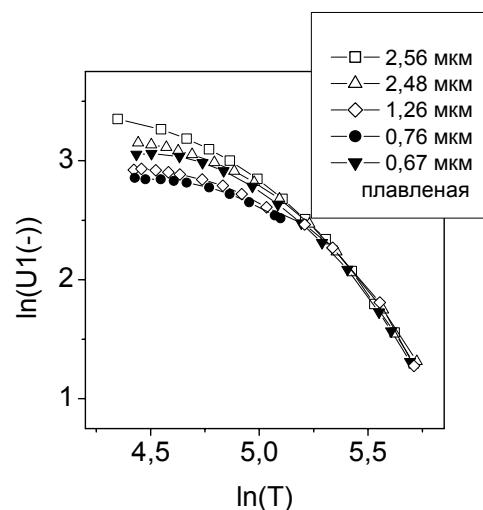


Рис. 12. Зависимость компоненты U1(-) от температуры в пленках висмута различной толщины на слюде

На рис. 11 приведены результаты расчетов для пленки висмута толщиной 1,1 мкм. Как видно из рисунка, подвижность электронов и дырок при понижении температуры ведет себя различно: подвижность дырок монотонно увеличивается, а подвижность электронов сначала увеличивается, а при температуре

ниже 120 К практически перестает изменяться. Такое различие в поведении подвижности электронов и дырок находится в полном соответствии с представлением классического размерного эффекта, если учесть, что в направлении, перпендикулярном плоскости пленки, подвижность электронов значительно

больше подвижности дырок:  $\frac{U_3^+}{U_3^-} = 0,06 \dots 0,04$ .

Наиболее информативным является представление результатов расчета подвижности в двойном логарифмическом масштабе. Температурная зависимость подвижности носителей заряда в висмуте определяется двумя факторами: температурной зависимостью концентрации носителей заряда и механизмами рассеяния. Как известно, концентрация носителей заряда в висмуте в интервале температуры 80–300 К пропорциональна  $T^{3/2}$ . В результате этого в указанном интервале температуры при рассеянии на фонах подвижности носителей заряда в висмуте пропорциональны  $T^{-5/2}$ . Изменение угла наклона зависимости указывает на наличие других механизмов рассеяния.

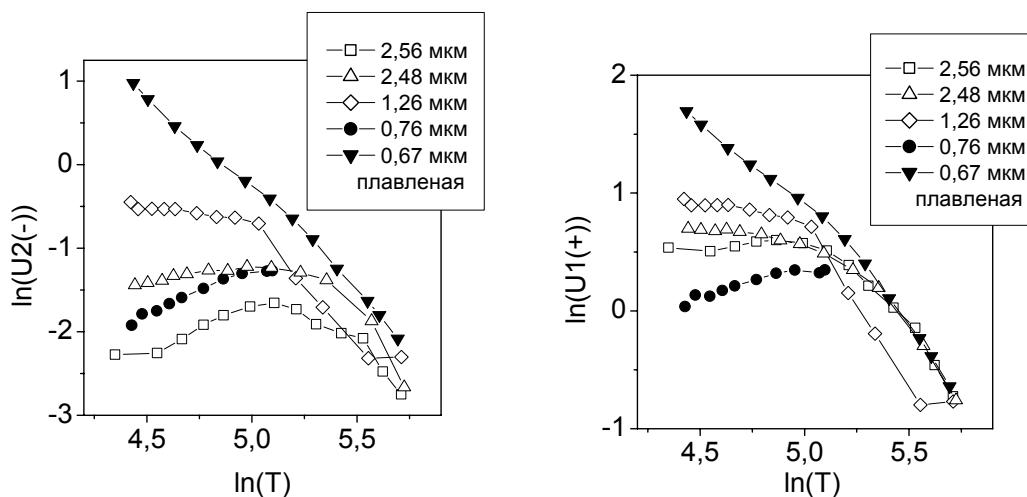


Рис. 13. Зависимость компоненты  $U2(-)$  от температуры в пленках висмута различной толщины на слюде

Рис. 14. Зависимость компоненты  $U1(+)$  от температуры в пленках висмута различной толщины на слюде

На рис. 12, 13, 14 представлены зависимости логарифмов компонент подвижности электронов и дырок в пленках висмута разной толщины от логарифма температуры. Все зависимости в области температуры, близкой к комнатной, содержат участки прямой с угловым коэффициентом  $-5/2$ , что соответствует поведению подвижности в монокристаллическом висмуте. В области низкой температуры эти зависимости существенно различаются. Как видно из рис. 14, график зависимости подвижности дырок от температуры имеет прямолинейный участок с угловым коэффициентом, меньшим по абсолютной величине, что указывает на смену механизма рассеяния дырок. Этим механизмом может быть рассеяние на дефектах кристаллической решетки, величина углового коэффициента определяется его парциальным вкладом.

Температурная зависимость подвижности электронов (рис. 12) не имеет явно выраженного прямолинейного участка, наклон зависимости уменьшается постепенно. На рис. 12 наблюдается явная взаимосвязь подвижности электронов при низкой температуре и толщины пленки. Обращает на себя внимание также корреляция углового коэффициента температурной зависимости при низкой температуре с толщиной пленки: чем меньше толщина пленки, тем меньше угловой коэффициент.

На рис. 12, 13, 14 приведены также результаты расчета подвижности для плавленой монокристаллической пленки толщиной 0,67 мкм. Плавленые монокристаллические пленки характеризуются полным отсутствием межблочных границ и значительно меньшим количеством других видов дефектов. Как и следовало ожидать, подвижность дырок в такой пленке при низкой температуре значительно выше, чем даже в самой толстой напыленной пленке, однако подвижность электронов лишь незначительно больше, чем в напыленной пленке такой же толщины. Следует отметить, что угловой коэффициент температурной зависимости подвижности электронов при низкой температуре имеет то же значение, что и для напыленной пленки той же толщины. Такое поведение подвижности в плавленой пленке указывает на то, что определяющим дополнительным механизмом рассеяния для электронов является размерный эффект на толщине пленки, а для дырок — рассеяние на дефектах кристаллической структуры.

На рис. 16 приведены результаты расчетов подвижности для двух плавленых монокристаллических пленок висмута различной толщины. Сравнение влияния толщины на подвижность электронов и дырок подтверждает высказанное выше утверждение, что толщина пленки ограничивает подвижность электронов и почти не влияет на подвижность дырок.

При большой дефектности структуры пленки (мелкоблочные пленки, полученные на некристаллической неориентирующей подложке) подвижность как дырок, так и электронов ограничивается дефектами кристаллической структуры. На это указывают результаты расчетов подвижности для пленки висмута толщиной 1,1 мкм на стекле — рис. 15. Как видно из рисунка, кривые зависимости для электронов и дырок подобны друг другу, а сами величины подвижности близки друг другу, при этом подвижность электронов остается больше подвижности дырок.

На этом же рисунке приведены зависимости подвижности электронов и дырок в пленке висмута напыленной на полиимиде. Кристаллические структуры этой пленки и пленки на стекле аналогичны, но толщина первой в 10 раз меньше, однако характер температурной зависимости подвижности электронов и дырок больше похож на зависимости для пленок на слюде, чем для пленок на стекле. Это обусловлено характером деформации пленки подложкой. Полиимид имеет температурный коэффициент расширения, примерно в 2,5 раза больший, чем висмут, поэтому при охлаждении пленка висмута испытывает плоскостное сжатие (в тригональной плоскости), что приводит к увеличению перекрытия  $L$ -и  $T$ -зон и, как следствие, — к увеличению концентрации носителей заряда. Все это приводит к уменьшению подвижности как электронов так и дырок, а следовательно, к уменьшению влияния дефектов на движение носителей заряда.

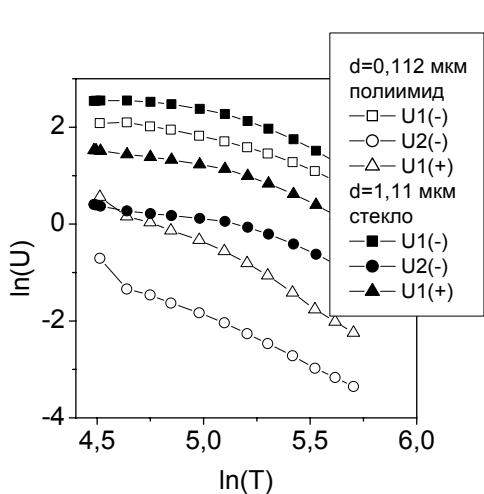


Рис. 15. Зависимость подвижности от температуры в пленках висмута различной толщины на различных подложках

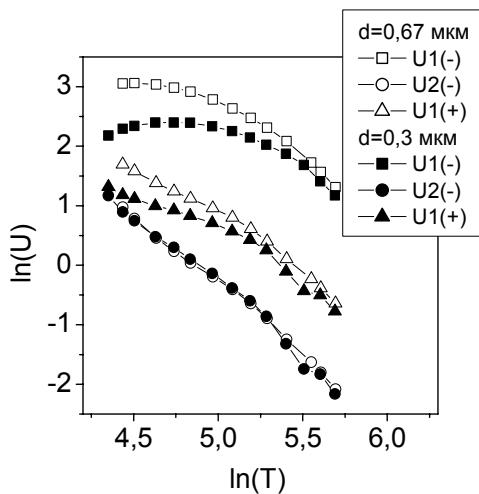


Рис. 16. Зависимость подвижности от температуры в плавленых монокристаллических пленках висмута различной толщины на слюде

Таким образом, наши исследования показали, что рассеяние носителей заряда в пленках висмута имеет вид размерного эффекта на толщине пленки и на размерах кристаллитов. Размерный эффект на границах кристаллитов в большей степени приводит к ограничению подвижности дырок, а на толщине пленки — к ограничению подвижности электронов, что является определяющим фактором в формировании разностных эффектов. Изменение энергетической структуры, вызванное деформацией пленки, может приводить как к усилению, так и к ослаблению действия размерного эффекта.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Комник Ю. Ф. Физика металлических пленок. М., 1979.
2. Грабов В. М., Иванов Г. А., Комаров В. А. Материалы для термоэлектрических преобразователей / Тезисы докладов IV Межгосударственного семинара. СПб., 1995. С. 63–65.
3. Комаров В. А. Термоэлектрики и их применение / Доклады VI Межгосударственного семинара (октябрь 1998 г.). СПб., 1999. С. 24–29.
4. Комаров В. А. Термоэлектрики и их применение / Доклады VII Межгосударственного семинара (ноябрь 2000 г.). СПб., 2000. С. 90–95.
5. Комаров В. А. Термоэлектрики и их применение / Доклады VIII Межгосударственного семинара (ноябрь 2002 г.). СПб., 2002. С. 237–242.
6. Комаров В. А., Климантов М. М. Термоэлектрики и их применение / Доклады VII Межгосударственного семинара (ноябрь 2004 г.). СПб., 2004. С. 279–284.

*V. Komarov, M. Klimantov, M. Loguntsova, S. Pylyna, Ye. Demidov*

#### KINETIC PHENOMENA AND BISMUTH FILM STRUCTURE

*The structure of semimetals thin films and its effect on galvanomagnetic and thermoelectric phenomena in them are considered. The difference between the influence of the size effect on the film thickness and imperfection of its crystalline structure*

*is shown. It is also displayed that the scattering on interblock borders has a dimensional character which is similar to the film thickness effect. It is experimentally found out that the variety of the results received after researching differential kinetic phenomena such as thermoelectromotive, Hall's effect, etc., is caused by a strong anisotropy of charge carriers parameters in bismuth. Calculations of the charge carriers' mobility in the film of bismuth were carried out depending on the film thickness and its crystalline structure perfection. A significant influence of the temperature indexes of a film and substrate material expansion on the kinetic phenomena in semimetal films is revealed.*