

Термоэлектрические свойства пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ на гибкой подложке

© Ю.В. Гранаткина¹, З.М. Дашевский²

¹ Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), 119334 Москва, Россия

² ООО „РусТек“, 109383 Москва, Россия

E-mail: granat@imet.ac.ru

Поступила в Редакцию 18 августа 2021 г.

В окончательной редакции 25 августа 2021 г.

Принята к публикации 25 августа 2021 г.

Соединения на основе Bi_2Te_3 являются отличными кандидатами для низкотемпературного термоэлектрического применения. В работе разработана технология изготовления пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ с высокой термоэлектрической эффективностью на тонкой гибкой полиимидной подложке. Изготовление пленок осуществляли методом дискретного испарения. Проведено систематическое исследование транспортных характеристик (коэффициент Холла, коэффициент Зеебека, электропроводность) в диапазоне температур 80–400 К. Измеренная температуропроводность вдоль пленки и рассчитанная теплопроводность позволили оценить термоэлектрическую эффективность для пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$, достигающую $3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Ключевые слова: $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ пленка, тонкая гибкая подложка, термоэлектрические свойства.

DOI: 10.21883/FTP.2022.01.51803.05

1. Введение

В последнее время проблема создания микроэлектронных преобразователей мощностью в несколько микроватт при относительно высоком напряжении для работы небольших электрических устройств и систем стала очень актуальной [1,2]. Пленочный термоэлектрический генератор (ПТЭГ) может быть идеальным источником питания для таких целей. Он может непосредственно производить небольшую электрическую энергию из тепловой энергии. Выходная мощность таких микроприборов находится в диапазоне от 100 нВт до 10 мВт, что является типичным диапазоном мощности, генерируемой с поверхности человеческого тела [3–6]. Для получения ПТЭГ с приемлемыми характеристиками необходимы пленочные материалы с высокими термоэлектрическими характеристиками [7].

Эффективность преобразования тепла в электричество определяется термоэлектрической эффективностью Z :

$$Z = \frac{S^2 \sigma}{\kappa}, \quad (1)$$

где S — коэффициент Зеебека, σ и κ — электропроводность и теплопроводность соответственно.

В настоящее время Bi_2Te_3 и его сплавы представляют собой наиболее эффективные материалы для области комнатных температур [8,9]. Висмут, сурьма и теллур являются одними из самых тяжелых элементов Периодической системы, и химические связи между ними не особенно жесткие. Следовательно, элементарные ячейки велики, зоны Бриллюэна и волновые векторы фононов малы. Это приводит к естественно низкой собственной теплопроводности решетки даже в иде-

альных кристаллах, где она ограничена только ангармоническими фонон-фононными взаимодействиями [10]. Твердый раствор $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$, легированный до уровня 0.5% по массе избытка теллура, имеет максимальное значение $ZT \approx 0.9$ для объемных образцов [8]. Избыток теллура используется для компенсации акцепторного эффекта сурьмы, возникающего в результате смещения стехиометрии [8].

Пленки на основе Bi_2Te_3 изготавливались методами совместного испарения, молекулярно-лучевой эпитаксии, магнетронного распыления и импульсного лазерного осаждения [11–15]. Структурные и микроструктурные свойства тонких пленок на различных типах подложек хорошо известны в литературе [16–20]. Однако высокого значения Z для пленок на основе Bi_2Te_3 , такого как для объемных кристаллов ($Z \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$) [21–24], не было достигнуто.

В этой работе мы используем метод дискретного испарения, который был разработан З.М. Дашевским для получения пленок многокомпонентных твердых растворов [25]. В качестве подложки использовалась тонкая полиимидная пленка, толщиной ~ 10 мкм. Преимущества полиимидного материала в качестве подложки заключаются в его низкой теплопроводности (~ 0.3 Вт/мК), прочности до температуры нагрева подложки $T \approx 700$ К и гибкости, что особенно важно при разработке компактных пленочных термоэлектрических микрогенераторов [25].

2. Экспериментальная часть

Синтез материалов на основе $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ проводили прямым плавлением компонентов в течение 10 ч при

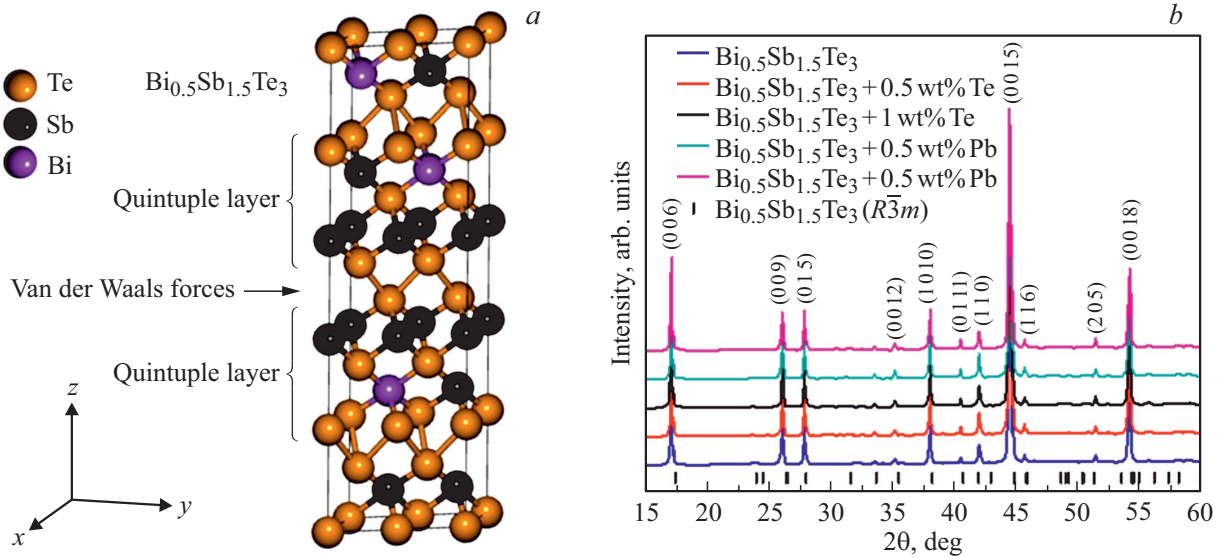


Рис. 1. Кристаллическая структура $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ (а) и рентгенограммы пленок $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ на полиимидной подложке (б).

1073 К в герметичной кварцевой ампуле, вакуумированной до остаточного давления 10^{-5} Торр. Затем ампулу вынимали из печи и охлаждали в воде. Для синтеза были использованы компоненты высокой чистоты. Полученные слитки измельчали в мелкодисперсные порошки в шаровой мельнице в атмосфере аргона. Получение пленок $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ с более высокой концентрацией дырок проводили с использованием сверхстехиометрического Pb (0.5–1.0% по массе) за счет акцепторного эффекта Pb в соединениях на основе Bi_2Te_3 [8]. Более низкая концентрация дырок в $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ была получена при введении сверх-стехиометрического Te (0.5–1% по массе), что связано с эффектом компенсации вакансий металлов [8].

Пленки $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ *p*-типа проводимости осаждались с использованием метода дискретного испарения [14,25]. Температура подложки составляла $T_s = 523$ К, скорость испарения $V_p \sim 0.1$ мкм/мин. После процесса испарения все пленки отжигали в той же испарительной камере при $T_o = 623$ К в течение 0.5 ч в атмосфере аргона при давлении $P = 0.9$ атм.

Структурный анализ пленок выполнен на рентгеновском дифрактометре STOE STADI P (фирма STOE & Cie GmbH, Германия) по модифицированной схеме геометрии Гинье с использованием режима пропускания ($\text{CuK}_{\alpha 1}$ -излучение, Ge-монохроматор (111) типа Johann; $2\theta/\omega$ -сканирование, угловой интервал $15^\circ \leq 2\theta \leq 60^\circ$). Первоначальная обработка экспериментальных результатов проводилась с использованием программных пакетов PowderCell. Вторичные эмиссионные электронные изображения были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа (HRSEM).

Для исследования транспортных параметров тонких пленок (коэффициента Зеебека S , электропроводности σ , коэффициента Холла R_H и коэффициента поперечного эффекта Нернста–Эттингсгаузена Q)

в широком диапазоне температур 80–400 К была использована уникальная измерительная установка [26]. Измерение эффекта Холла и поперечного эффекта Нернста–Эттингсгаузена проводили в постоянных магнитных полях до 2 Тл. Точность измерения температуры составляла 0.1–0.2 К, а магнитного поля — $\pm 3\%$. Погрешность измерений коэффициента Зеебека и электропроводности составила 6%. Эффект Холла был измерен с точностью 8%, а поперечный эффект Нернста–Эттингсгаузена — с точностью 10%.

Исследование температуропроводности в пленках *p*- $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ на полиимидной подложке выполнено оптическим методом, который подробно описан в [27]. Погрешность измерений температуропроводности α составила $\sim 8\%$. Общую теплопроводность рассчитывали по формуле

$$\kappa = \alpha \rho c_p, \quad (2)$$

где ρ — плотность монокристалла, а c_p оценивали по закону Дюлонга–Пти.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Структурные свойства

Bi_2Te_3 и Sb_2Te_3 образуют непрерывный ряд твердых растворов [8]. Структура $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ состоит из пяти слоев, которые перпендикулярны оси z в гексагональной решетке, как показано на рис. 1, а.

Качество исследуемых образцов после синтеза и после напыления пленки проверяли методом рентгеноструктурного анализа. На рис. 1, б показаны рентгенограммы для пленок на основе $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ на аморфной тонкой полиимидной подложке. Резкие и многочисленные дифракционные пики указывают на поликристаллическую природу исследуемых образцов. Пики (006) и

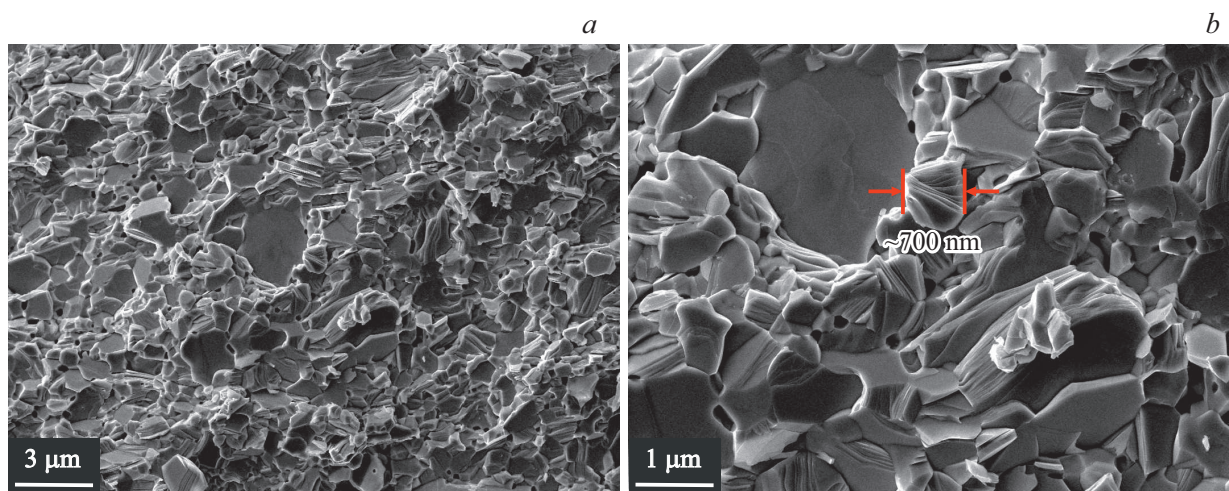


Рис. 2. Изображения во вторичных электронах поверхности пленки $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ на полиимидной подложке.

(0015) являются наиболее интенсивными, аналогичная картина наблюдалась для пленок $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$, приготовленных методом магнетронного распыления [14]. Это свидетельствует о высоком качестве текстуры образца [001], т.е. все исследуемые пленки были ориентированы вдоль плоскости подложки в направлении, перпендикулярном кристаллографической оси c решетки $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$. Дифрактограмма пленок соответствует структурному типу $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ и не содержит посторонних пиков, что указывает на однофазную природу полученных образцов из-за небольшого количества легирующих примесей, используемых в работе.

На рис. 2 показаны эмиссионные изображения во вторичных электронах поверхности пленки $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$. Как видно из рис. 2, *a*, для исследуемой пленки наблюдается отсутствие пор. Поверхность кристаллитов хорошо видна на изображении с большим увеличением на рис. 2, *b*. На изображении видно образование пластинчатых зерен, характерных для слоистых структур исследуемого твердого раствора. Средний размер зерен для пленки на аморфной подложке составляет ~ 700 нм, при этом размер самых крупных зерен достигает ~ 3 мкм.

3.2. Транспортные свойства

На рис. 3 представлены зависимости коэффициента Холла R_H (*a*), коэффициента Зеебека S (*b*), электропроводности σ (*c*) и коэффициента поперечного эффекта Нернста–Эттинггаузена Q (*d*) от температуры в диапазоне 80–400 К для пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$, легированных дополнительно теллуром (донор) или свинцом (акцептор), толщиной (3 ± 0.5) мкм, на полиимидной подложке.

Для всех пленок коэффициент Холла R_H оказался положительным во всем исследуемом диапазоне температур. Для образцов стехиометрического состава характерна практически не зависящая от температур

величина R_H . Для образцов, легированных теллуром (донор в данном случае), коэффициент Холла несколько снижается с ростом температуры.

На рис. 3, *b* представлен коэффициент Зеебека S для пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ в зависимости от температуры. Коэффициент Зеебека для всех пленок имеет положительные значения в заданном диапазоне температур, что характерно для полупроводников с дырочным типом проводимости. Абсолютное значение коэффициента Зеебека для $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ с концентрацией Pb больше стехиометрической растет в исследуемом диапазоне температур. Эффект неосновных носителей отсутствует из-за высокой концентрации носителей в этих пленках. Коэффициент Зеебека стехиометрической пленки $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ и пленки с концентрацией Te больше стехиометрической достигает максимума с ростом температуры, а затем начинает уменьшаться из-за влияния неосновных носителей.

Электропроводность пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ уменьшается с ростом температуры, как в металлических материалах (рис. 3, *c*).

На рис. 3, *d* показана температурная зависимость коэффициента поперечного эффекта Нернста–Эттинггаузена Q в диапазоне температур 80–400 К для пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$.

3.3. Термоэлектрические свойства

В таблице представлены измеренные термоэлектрические характеристики (коэффициент Зеебека S , электропроводность σ и теплопроводность κ) при $T = 300$ К для трех пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ толщиной (3 ± 0.5) мкм на полиимидной подложке. Термоэлектрические параметры объемных кристаллов $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ из [23,24] также показаны в таблице. Рассчитанная термоэлектрическая эффективность Z для образца пленки с составом $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3 + 0.5\%$ Te достигает значения

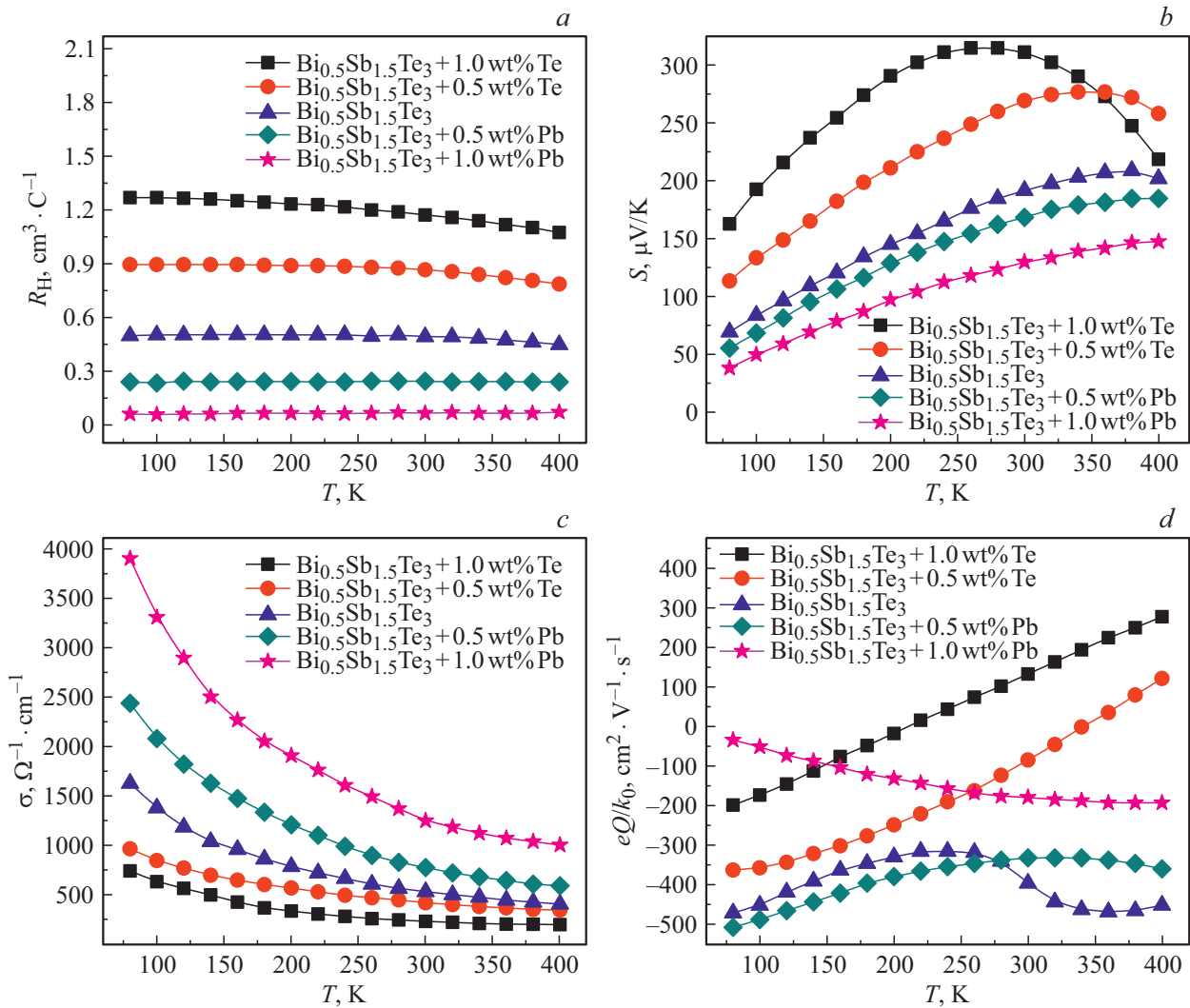


Рис. 3. Температурные зависимости коэффициента Холла R_H (a), коэффициента Зеебека S (b), электропроводности σ (c) и коэффициента поперечного эффекта Нернста–Эттинсгаузена Q (d) для пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ различного состава.

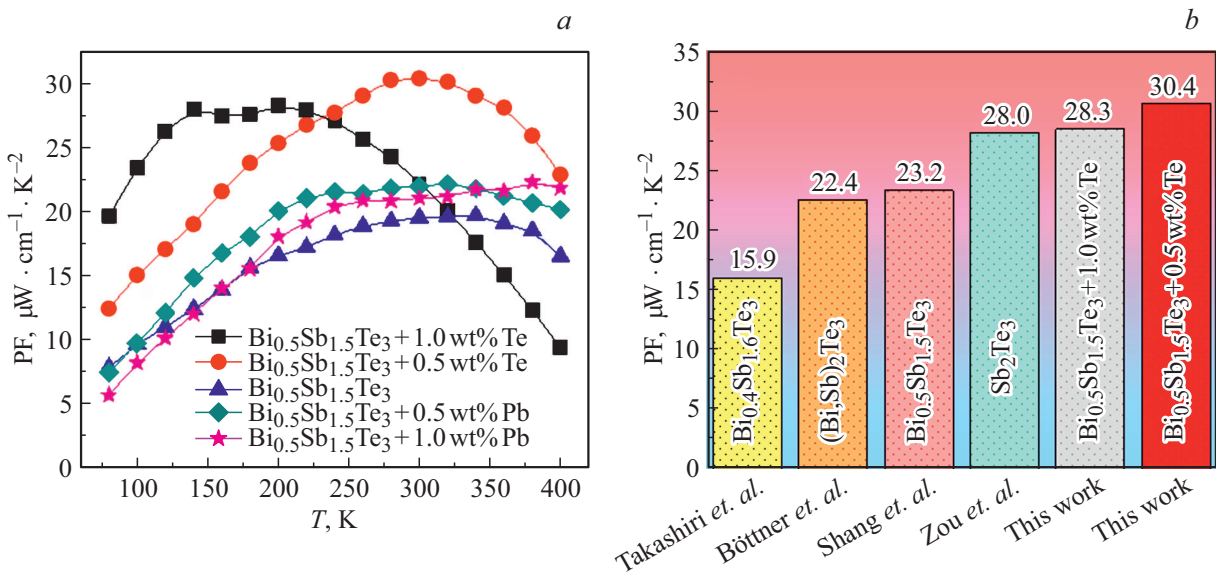


Рис. 4. Температурные зависимости фактора мощности PF ($S^2\sigma$) для пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ различного состава (a) и сравнение фактора мощности PF для пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ с данными работ [14,20,28,29] (b).

Термоэлектрические свойства пленок на полиимидной подложке и объемных кристаллов $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ при $T = 300\text{ K}$

Состав	Тип образца	S , мкВ/К	σ , $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$	κ , Вт/м·К	$Z \cdot 10^3$, К^{-1}	Ссылка
$\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te} + 1.0\% \text{ Te}$	film	310	230	9.3	2.4	
$\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te} + 0.5\% \text{ Te}$	film	270	420	10.0	3.0	
$\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te} + 0.5\% \text{ Pb}$	film	170	775	11.7	1.9	
$\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}$	bulk	200	1150	15.5	3.0	[23]
$\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}$	bulk	205	1020	14.5	2.9	[24]

$Z \approx 3.0 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ при $T = 300\text{ K}$, что практически равно значению Z для объемных образцов $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$.

На рис. 4 показан коэффициент мощности PF ($S^2\sigma$) для пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$. Образцы с концентрацией Te больше стехиометрической имеют высокие значения фактора мощности, до $30 \text{ мкВт/см} \cdot \text{K}^2$, благодаря оптимальному положению уровня Ферми (близкому к вершине валентной зоны [7]). Среднее значение фактора мощности в интервале температур $200\text{--}400\text{ K}$ для пленки $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3 + 0.5\% \text{ Te}$ составляет $\sim 25 \text{ мкВт/см} \cdot \text{K}^2$.

4. Заключение

Пленки на основе $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ p -типа проводимости с оптимальной концентрацией носителей заряда были получены методом дискретного испарения. Технологические параметры изготовления пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ на тонкой гибкой (полиимидной) подложке были оптимизированы.

Проведено систематическое исследование транспортных свойств пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ различного состава — измерены коэффициент Холла R_H , коэффициент Зеебека S , электропроводность σ , коэффициент поперечного эффекта Нернста–Эттингсгаузена Q в диапазоне температур $80\text{--}400\text{ K}$.

Коэффициент мощности PF ($S^2\sigma$) для пленки $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$, дополнительно легированной 0.5% по массе Te, имеет значения $\sim 30 \text{ мкВт/см} \cdot \text{K}^2$ при $T = 300\text{ K}$.

Измерена температуропроводность вдоль пленки $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$, что позволило оценить термоэлектрическую эффективность Z . Полученное значение $Z \approx 3.0 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ при $T = 300\text{ K}$ для пленки $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3 + 0.5\% \text{ Te}$ является одним из максимальных значений Z для пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ на аморфной подложке.

Значительное повышение термоэлектрических характеристик пленок $p\text{-Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ на тонкой гибкой подложке открывает новые возможности для разработки пленочных термоэлектрических преобразователей [30].

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] A.P. Goncalves, C. Godart. In: *New Materials for Thermoelectric Applications: Theory and Experiment*, ed. by V. Zlatic, A. Hewson (Springer, N.Y., 2013) p. 1.
- [2] D.M. Rowe. *Thermoelectric Handbook: Macro to Nano* (CRC Press, Boca Raton, 2005).
- [3] K. Tappura, K. Jaakkola. *Proceedings*, **2**, 779 (2018).
- [4] Krisina T. Settaluri, Hsinyi Lo, Rajeev J. Ram. *J. Electron. Mater.*, **41**, 984 (2012).
- [5] R. Venkatasubramanian, E. Siivola, T. Colpitts, B. O'Quinn. *Nature*, **413**, 597 (2001).
- [6] P. Fan, Z. Zheng, Z. Cai, T. Chen, R. Lin. *Appl. Phys. Lett.*, **102**, 033904 (2013).
- [7] Z. Dashevsky, S. Skipidarov. In: *Novel Thermoelectric materials and Device Design Concepts*, ed. by M. Nikitin, S. Skipidarov (Springer, N.Y., 2019) p. 3.
- [8] Б.М. Гольцман, В.А. Кудинов, И.А. Смирнов. *Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3* (М., Наука, 1972).
- [9] J. Herremans, B. Wiendlocha. In: *Aspect of Thermoelectricity*, ed. by C. Uher (CRS Press, Boca Raton, 2016) p. 39.
- [10] O. Ben-Yehuda, R. Shuker, Y. Gelbstein, Z. Dashevsky, M.P. Dariel. *J. Appl. Phys.*, **101**, 113707 (2007).
- [11] L.M. Goncalves, C. Couto, P. Alpuim, A.G. Rolo, F. Völklein, J.H. Correia. *Thin Sol. Films*, **518**, 2816 (2010).
- [12] X. Duansides, Y. Jiang. *Appl. Surf. Sci.*, **256**, 7365 (2010).
- [13] L.W. da Silva, M. Kaviani, C. Uher. *J. Appl. Phys.*, **97**, 114903 (2005).
- [14] M. Takashiri, T. Shirakawa, K. Miyazaki, H. Tsukamoto. *Sensors Actuators A Phys.*, **138**, 329 (2007).
- [15] G. Wang, L. Endicott, C. Uher. *Sci. Adv. Mater.*, **3**, 73 (2011).
- [16] E. Symeou, M. Pervolaraki, C.N. Mihailescu, G.I. Athanasopoulos, C. Papageorgiou, T. Kyratsi, J. Giapintzakis. *Appl. Surf. Sci.*, **336**, 138 (2015).
- [17] P. Fan, Z.-H. Zheng, Z.-K. Cai, T.-B. Chen, P.-J. Liu, X.-M. Cai, D.-P. Zhang, G.-X. Liang, J.-T. Luo. *Appl. Phys. Lett.*, **102**, 033904 (2013).
- [18] D. Bourgault, C.G. Garampon, N. Caillault, L. Carbone, J.A. Aymami. *Thin Sol. Films*, **516**, 8579 (2008).
- [19] H. Obara, S. Higomo, M. Ohta, A. Yamamoto, K. Ueno, T. Iida. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **48**, 085506 (2009).
- [20] H. Zou, D.M. Rowe, S.G.K. Williams. *Thin Sol. Films*, **408**, 270 (2002).
- [21] H.-J. Wu, W.-T. Yen. *Acta Mater.*, **157**, 33 (2018).
- [22] R. Deng, X. Su., S. Hao, S. Zheng, M. Zhang, H. Xie, W. Liu, Y. Yan, V. Wolverton, C. Uher, M.G. Kanatzidis, X. Tang. *Energy Environ. Sci.*, **6**, 1520 (2018).
- [23] Z.M. Dashevsky, P.P. Konstantinov, S.Ya. Skipidarov. *Semiconductors*, **53**, 861 (2019).

- [24] L.D. Ivanova, L.I. Petrova, Ju.V. Granatkina, V.B. Sokolov, S.Ja. Skipidarov, N.I. Duvankov. *Inorg. Mater.*, **44**, 687 (2008).
- [25] Б.М. Гольцман, З.М. Дашевский, В.М. Кайданов. *Пленочные термоэлементы: физика и применение* (М., Наука, 1985).
- [26] B. Dzundza, L. Nykyruy, T. Parashchuk, E. Ivakin, Y. Yavorsky, L. Chernyak, Z. Dashevsky. *Physica B*, **588**, 412178 (2020).
- [27] E.V. Ivakin, I.G. Kisialiou, L.I. Nykyruy, Y.S. Yavorsky. *Semiconductors*, **52**, 1691 (2018).
- [28] H. Shang, C. Dun, Y. Deng, T. Li, Z. Gao, L. Xiao, H. Gu, D.J. Singh, Z. Ren, F. Ding. *J. Mater. Chem. A*, **8**, 4552 (2020).
- [29] H. Bottner, J. Nunus, A. Gavrikov, G. Kühner, M. Jägler, C. Künzel, D. Eberhard, G. Plescher, A. Schubert, K.-H. Schlereth. *J. Microelectromech. Syst.*, **13** (3), 414 (2004).
- [30] M. Maksymuk, T. Parashchuk, B. Dzundza, L. Nykyruy, L. Chernyak, Z. Dashevsky. *J. Mater. Today Energy*, **21**, 100753 (2021).

Редактор Л.В. Шаронова

Thermoelectric properties of *p*-type $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ films on flexible substrate

Yu.V. Granatkina¹, Z.M. Dashevsky²

¹ Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science,
Russian Academy of Sciences,
119334 Moscow, Russia

² OOO RusTec,
109383 Moscow, Russia

Abstract Bi_2Te_3 -based compounds are excellent candidates for the low-temperature thermoelectric application. In the present work, a technology for fabrication of *p*- $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ films with high thermoelectric efficiency on a thin flexible polyimide substrate has been developed. The preparation of films was carried out by a flash evaporation method. A systematic study of the transport properties (Hall coefficient, Seebeck coefficient, electrical conductivity, transverse Nernst coefficient) over the entire temperature range of 80–400 K for *p*- $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ films has been performed. The power factor (PF) for the $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ (doped with 0.5 wt% Te) film reached the value of $\sim 30 \mu\text{W}/\text{cm}\cdot\text{K}^2$, which is among the highest values of the PF reported in the literature to date for a film on a flexible polyimide (amorphous) substrate. The measured thermal diffusivity along the film allowed us to accurately estimate the figure of merit Z for *p*- $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ films considering the anisotropic effect of Bi_2Te_3 -based materials. A significant enhancement of Z up to $\sim 3.0 \cdot 10^{-3} \text{ K}$ has been obtained for these films, which is state-of-the-art even compared to bulk materials. This research can provide insight into the fabrication of *p*-type branch of the film thermoelectric modules (FTEM), which could be a candidate for application in micro-scale thermoelectric generators.