

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А. Ф. ИОФФЕ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

---

АМОРФНЫЕ  
И МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ  
ПОЛУПРОВОДНИКИ

Сборник трудов  
Международной конференции

*19–21 ноября 2018 года*

*Санкт-Петербург*



**ПОЛИТЕХ-ПРЕСС**

Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого

Санкт-Петербург

2018

ББК 24.5

А62

**Аморфные и микрокристаллические полупроводники** : сб. тр. Международн. конф. 19–21 ноября 2018 г., Санкт-Петербург. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 304 с.

Сборник включает в себя материалы одиннадцатой Международной конференции «Аморфные и микрокристаллические полупроводники» (Санкт-Петербург, 19–21 ноября 2018 года).

Материалы сборника могут быть полезны широкому кругу научных сотрудников, преподавателей и специалистов, работающих в области физики, химии и технологии неупорядоченных материалов, а также аспирантам и студентам физических, химических и технических факультетов университетов и высших учебных заведений для ознакомления с современным состоянием исследований и разработок.

Ответственный за выпуск – главный научный сотрудник, д-р техн. наук, проф. *Е. И. Теруков*.

© Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе РАН, 2018

© Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого, 2018

ISBN 978-5-7422-6352-4

## **ОРГАНИЗАТОРЫ**

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе  
НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике  
Российский фонд фундаментальных исследований  
Российская ассоциация солнечной энергетики  
при организационной и технической поддержке ООО "Андерс"

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ**

- Гуревич Сергей Александрович, д.ф.-м.н., ФТИ им.А.Ф. Иоффе- председатель программного комитета
- Алёшин А.Н. (Физико-технический институт, Санкт-Петербург)
- Бабаев А.А. (ИФ ДНЦ РАН, Махачкала)
- Голубев В.Г. (Физико-технический институт, Санкт-Петербург)
- Казанский А.Г. (МГУ, Москва)
- Козюхин С.А. (ИОНХ РАН, Москва)
- Kolobov A.V. (Institute of Advanced Science, Japan)
- Kosarev A.I. (National Institute for Astrophysics, Optics and Electronics, Puebla, Mexico)
- Koughia K.V. (University of Saskatchewan, Canada)
- Мазинов А.С. (ФТИ КФУ им. В.И. Вернадского)
- Мошников В.А. (СПб ГЭТУ(ЛЭТИ), Санкт-Петербург)
- Орехов Д.Л. (НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике)
- Попов А.И. (МЭИ, Москва)
- Приходько О.Ю. (КазНУ им. Аль-Фараби, Казахстан)
- Sazonov A.Yu. (University of Waterloo, Canada)
- Серёгин П.П. (РГПУ им. Герцена, Санкт-Петербург)
- Sergeev O.V. (Next-Energy, Germany)
- Смирнов А.Г. (БГУИР, Минск)
- Таурбаев Т.И. (КазГУ, Алматы)
- Терехов В.А. (Воронежский госуниверситет)
- Теруков Е.И. (Физико-технический институт, НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике)
- Усачев А.М. (Ассоциация солнечной энергетики)

## **ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА**

Российский фонд фундаментальных исследований  
Проект № 18-02-20149 г

Информация о конференции и тезисы докладов размещены на сайте по адресу:  
<http://www.ioffe.ru/AMS/AMSI1>

## **ЛОКАЛЬНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

Председатель оргкомитета конференции  
Теруков Е.И., проф., д.т.н. ФТИ им. А.Ф. Иоффе,  
НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике

Секретарь оргкомитета  
Трапезникова И.Н., ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Члены оргкомитета  
Константинова Н.Н., к.ф.-м.н., ФТИ им. А.Ф. Иоффе  
Николаев Ю.А., НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике,  
ФТИ им. А.Ф. Иоффе  
Трапезникова И.В., БАН  
Середова Н.В., ФТИ им. А.Ф. Иоффе

### **АДРЕС ОРГКОМИТЕТА**

194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26,  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе

### **ТЕМАТИКА**

- Халькогенидные и стеклообразные полупроводники;
- Наноструктурированные, пористые и кластерные материалы;
- Аморфный гидрогенизированный кремний и сплавы на его основе;
- Аморфный и алмазоподобный углерод, сплавы на его основе;
- Органические полупроводники;
- Технологии и методы получения, структурные и электро-физические свойства;
- Оксиды;
- Технические приложения, в том числе для солнечной энергетики.

# COMPOSITION AND STRUCTURE OF NANO-SCALED GST FILMS, MODIFIED BY SILVER IMPURITY

K.N. Turmanova, A.S. Zhakypov, Zh.K. Tolepov, G.A. Ismailova,  
S.Ya. Maksimova, O.Yu. Prikhodko

Institute of Experimental and Theoretical Physics, KazNU. al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

мен: +7 (705) 660-6963, эл. пошта: [szhakupovalibek@gmail.com](mailto:szhakupovalibek@gmail.com)

Chalcogenide semiconductors thin films of the Ge-Sb-Te (GST) system have successful application in phase memory devices (Phase Change Memory or PCM), in particular, in optical disks of various formats, for example, DVD-RW, Blu-Ray, as well as with the creation of a new generation of PC-RAM random-access memory (Phase Change Random Access Memory).

Nanostructured GST films of Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> composition modified by silver (Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>) produced by ion-plasma high-frequency magnetron sputtering.

The composition of the films and their morphology were monitored by the energy-dispersion analysis (EDX) method on the SEM Quanta 3D 200i. The concentration of silver impurities in the films reached 12.3 at. %. It was found that the Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> films do not contain uncontrolled impurities and the maximum deviation of the components from the formula ratio does not exceed 5 at%. It was established from the EDX and SEM results that the Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub><Ag> films also are continuous, homogeneous, and they do not contain micron-size defects.

The structure of the films was studied by Raman spectroscopy. The spectra were recorded on a Solver Spectrum 600/600 spectrometer in a 180 ° reflection mode. The excitation source was an He-Ne laser with a wavelength  $\lambda = 633$  nm. The supplied laser radiation power and the irradiation time were minimal, and they reach to 17.6 mW and 30 s, respectively. The diameter of the irradiated region on the film was  $\sim 2$   $\mu$ m. The error of frequency recording was  $\pm 1$  cm<sup>-1</sup>. Analysis of the spectra was carried out using the program OriginPRO 9.1. Partial smoothing of the spectra was carried out by the Savitsky-Golay method. The spectra were decomposed into a minimum number of Gaussian components with a reliability not worse than 0.97.

It was found that the Raman spectrum of unmodified Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> films is characterized by a main peak at 152 cm<sup>-1</sup> and a small additional peak at 103 cm<sup>-1</sup>. This type of spectrum corresponds to the amorphous structure of the films and is associated mainly with the vibrational modes of GeTe<sub>4</sub>, SbTe<sub>3</sub> and with vibrations of the Sb-Sb bonds in the (Te<sub>2</sub>) Sb (Te<sub>2</sub>) complex.

The modification of Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> films with a silver impurity does not lead to a noticeable change in the position and shape of the main peak. Changes in the Raman spectra of Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub><Ag> films with increasing Ag concentration are observed in additional peaks in the range from 80 to 100 cm<sup>-1</sup>, which is apparently connected with the formation of chemical bonds between Ag and the atoms of the film matrix.

This study was supported by grant program AP05133499 of Committee of Science, Ministry of Education and Science of RK

## Literature

- [1] Kolobov A.V., Fons P., Tominaga J.A. Thermal amorphization of crystallized chalcogenide glasses and phase-change alloys // Phys. Status Solidi B. Vol. 251. P. 1297-1308 (2014).
- [2] Sangeetha B.G., Joseph C.M., Suresh K. Preparation and characterization of Ge<sub>1</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>4</sub> thin films for phase change memory applications // Microelectronic Engineering. Vol.127. P. 77–80 (2014).

**Особенности атомного строения аморфных полупроводников и металлических стекол**

К.Б. Алейникова, Е.Н. Зинченко, А.А. Змейкин ..... 98

**Composition and structure of nano-scaled gst films, modified by silver impurity**

K.N. Turmanova, A.S. Zhakupov, Zh.K. Tolepov, G.A. Ismailova, S.Ya. Maksimova, O.Yu. Prikhodko ..... 100

**Аморфные тонкие пленки  $As_2X_3$  (X=S, Se), полученные методом спин-коатинга раствора**

НгуенТхи Ханг, Козик В.В., Козюхин С.А. .... 101

**Фотолюминесцентные свойства  $BAGA_2SE_4$  легированный редкоземельными элементами (ce, eu)**

А.М. Пашаев, Б.Г. Тагиев, О.Б. Тагиев, И.З. Садыхов, И.Т. Гусейнов, Р.А. Абдулхейов ..... 102

**Формирование эшелонов и антиэшелонов на основе твердых растворов  $Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3$**

Пашаев А.М.Д., Тагиев Б.Г., Тагиев О.Б., Набиева С.А., Алескеров Ф.К. .... 104

**Фазовые изменения и формирование периодических структур на поверхности пленок  $Ge_2Sb_2Te_5$  при лазерном воздействии**

С.А. Яковлев, А.В. Анкудинов, Ю.В. Воробьев, М.М. Воронов, С.А. Козюхин, Б.Т. Мелех, А.Б. Певцов ..... 106

**Моделирование изменения удельного сопротивления и коэффициента отражения тонкой пленки  $Ge_2Sb_2Te_5$  при кристаллизации в условиях температурного отжига**

Ю.В. Воробьев, П.И. Лазаренко, С.А. Козюхин, Ю.С. Зыбина, А.О. Якубов ..... 108

**The analysis of optical constants for  $As_40Se_60$ ,  $As_40Se_30Te_30$ ,  $As_40Se_30S_30$  compositions**

R. I. Alekberov, A. I. Isayev, S.I. Mekhtiyeva ..... 110

**Структурно-химические особенности полупроводниковых стекол систем  $As_2Se_3-Sb_2Se_3$  и  $As_2Se_3-Sb$**

Е.В. Школьников ..... 112

**Температура шнура тока, возникающего при переключении в тонких слоях полупроводников системы Ge-Sb-Te**

С.А. Фефелов, Л.П. Казакова, Н.А. Богословский, К.Д. Цэндин, А.Б. Былев, С.Н.Гарибова ..... 114

**Анализ системы скоростных уравнений для изучения особенностей спектров ап-конверсионной фотолюминесценции редкоземельных ионов в халькогенидной матрице**

М.М. Воронов ..... 116

**Компенсированные действия примеси празециума на проводимости твердых растворов на основе SnSe**

А.О. Дашдемиров, Дж.И. Гусейнов, О.М. Гасанов, Д.Ж. Аскеров ..... 118