**Исследование кристаллизации тонких плёнок сплава GST под действием лазерного излучения ультракороткой длительности.**

***А.А. Бурцев***

*Национальный Исследовательский Центр "Курчатовский Институт",*

*Лаборатория нанофотоники и наноплазмоники, Шатура, Россия*

*E–mail:* [*murrkiss2009@yandex.ru*](mailto:murrkiss2009@yandex.ru)

Хранение данных является одним из основных элементов цепочки информационных технологий от генерации данных до их передачи, хранения, совместного использования и обработки. Чтобы сопровождать развитие технологий, необходимо повысить производительность хранения информации. Передача информации оптическими средствами весьма желательна из-за практически неограниченной полосы пропускания и возможности мультиплексирования [1]. Тем не менее, проблемы с остаточными перекрестными помехами и скоростью фотонов затрудняют их захват в компактном устройстве. Полностью оптические устройства памяти следующего поколения и системы на их основе могут быть реализованы с помощью халькогенидных материалов и их сплавов, которые основаны на обратимом преобразовании между неупорядоченным аморфным и упорядоченным кристаллическим состояниями материала, вызванным локальным воздействием: посредством лазерных или электрических импульсов.

Широко исследуемыми халькогенидными материалами в технологии памяти на основе фазоизменяемых материалов (ФИМ) являются сплавы семейства Ge-Sb-Te, в частности Ge2Sb2Te5 (GST). Для приборного применения огромный интерес представляет высокий контраст оптических и электрических свойств ФИМ между их аморфным и кристаллическим состояниями. Этот контраст, в первую очередь, обусловлен существенным различием в структурном порядке, количеством валентных электронов, концентраций носителей заряда и механизмов химической связи [2, 3]. Несмотря на широкое применение, оптимальные условия для протекания фазовых переходов под действием импульсного лазерного излучения надежно не установлены [4]. В литературных данных существуют разногласия в отношении оптимальных значений параметров воздействующего лазерного излучения (длительность и энергия импульса, пространственное и временное распределение), посредством которых может быть инициирован и контролируем фазовый переход, не ясен механизм протекания фазовых переходов, особенно при воздействии ультракоротких лазерных импульсов [5]. Интенсивный фемтосекундный лазерный импульс может возбуждать высокие концентрации электронов и дырок в материале, индуцируя неравновесные состояния и делает достижимыми нетепловые фазовые трансформации [6].

В работе представлены экспериментальные результаты исследования фазовых переходов в тонких пленках GST под действием лазерного излучения фемтосекундной длительности. На основании этого исследования возможно прогнозирование модуляции коэффициентов оптического пропускания и отражения [7]. Исследование изменения структуры образцов тонких пленок, осуществлялось методом рентгеновской дифракции (XRD) на рентгеновском порошковом дифрактометре (CuKα - излучение).

Результаты экспериментов показали, что динамика изменения контраста оптических коэффициентов, имеет два временных участка: резкий скачок контраста отражения/пропускания и его медленную релаксацию. Такое поведение можно описать как сложным процессом перестеклования поверхностного слоя пленки, так и резким увеличением концентрации фотоиндуцированных носителей заряда. Исследование структуры образцов пленок продемонстрировали образование простой кубической фазы помимо известной фазы каменной соли [8]. Образование кубической структуры без вакансий, наряду с опустошением и перестройкой химических связей под действием фемтосекундных импульсов, может обеспечить быстрые фазовые трансформации за счет мартенситного сдвига атомного слоя с последующей локальной релаксацией. Представленные результаты демонстрируют, что простая кубическая фаза может играть важную роль при быстрых фазовых переходах в GST.

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания НИЦ «Курчатовский институт».

**Литература**

1. M. Wuttig, H. Bhaskaran, T. Taubner. Phase-change materials for non-volatile photonic applications //Nature photonics. 2017, Vol. 11, №. 8, pp. 465-476.
2. A.V. Kolobov, J. Tominaga. Chalcogenides: Metastability and Phase Change Phenomena. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.
3. S. Raoux, M. Wutting (Eds.) Phase change materials. Science and applications. Springer Science+Business Media, 2009.
4. S.A. Kozyukhin, I.I. Nikolaev, P.I. Lazarenko, G.A. Valkovskiy, O. Konovalov, A.V. Kolobov, N.A. Grigoryeva. Direct observation of amorphous to crystalline phase transitions in Ge–Sb–Te thin films by grazing incidence X-ray diffraction method //Journal of Materials Science: Materials in Electronics. 2020, Vol. 31, №. 13, pp. 10196-10206.
5. X. Sun. Phase Transformations and Switching of Chalcogenide Phase-change Material Films Prepared by Pulsed Laser Deposition. PhD dissertation, 2017.
6. G. Fuxi, W. Yang (ed.). Data storage at the nanoscale: Advances and applications. Pan Stanford, 2015.
7. A.A. Nevzorov, V.A. Mikhalevsky, A.V. Kiselev, A.A. Burtsev, N.N. Eliseev, V.V. Ionin, A.A. Lotin. //Controlling optical properties of GST thin films by ultrashort laser pulses series impact. Optical Materials. 2023, Vol. 141, 113925.
8. W.X. Song, Z.P. Liu, L.M. Liu, Inherent simple cubic lattice being responsible for ultrafast solid-phase change of Ge2Sb2Te5. //J. Phys. Chem. Lett. 2017, Vol. 8, №. 12, pp. 2560–2564.