

гокомпонентные аморфные слои толщиной до ~50 нм, включающие атомы осажденного металла, компонентов подложки, в т.ч. кислород оксидной пленки, и примеси углеводородов. Захват значительного количества газов из остаточной атмосферы вакуумной рабочей камеры и включение их в состав формируемого слоя имеют место при осаждении на поверхность алюминия, а также и других вентильных металлов (титана, тантала) и их сплавов переходных металлов, обладающих геттерными свойствами, таких как Cr, Zr, Ce и др. [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Poplavsky V. V., Mishchenko T. S., Matys V. G. Composition and Electrocatalytic Properties of the Coatings Formed by the Ion-Beam-Assisted Deposition of Platinum from a Pulsed Arc-Discharge Plasma onto Aluminium // *Technical Physics*. – 2010. – Vol. 55, № 2. – P. 296–302.

2. Becker M. Chromate-Free Chemical Conversion Coatings for Aluminum Alloys // *Corrosion Reviews*. – 2019. – V. 37, № 4. – P. 321–342.

3. Poplavsky V. V., Bobrovich O. G., Dorozhko A. V., Matys V. G. Features of Layer Formation on the Surface of Valve Metals in the Process of the Ion-Beam-Assisted Deposition of Metals from Vacuum-Arc Discharge Plasma // *J. Surf. Invest.: X-Ray, Synchrotron Neutron Tech.* – 2024. – V. 18, № 5. – P. 1065–1071.

УДК 535.343

Ю.И. Миксюк, доц., канд. физ.-мат. наук(БГТУ, г. Минск);

И.Г. Даденков, асп. (БГУ, г. Минск);

К.А. Саечников, доц., канд. физ.-мат. наук(БГПУ, г. Минск);

А.Л. Толстик, канд. физ.-мат. наук; с.н.с., (БГУ, г. Минск)

#### **МУЛЬТИПЛЕКСНАЯ ЗАПИСЬ И ДИНАМИКА РЕЛАКСАЦИИ РЕШЕТОК В ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ КРИСТАЛЛАХ**

Фоторефрактивные кристаллы семейства силленитов обеспечивают возможность многократной динамической записи информации с использованием как непрерывного, так и импульсного лазерного излучения в видимом спектральном диапазоне, чем вызывают неизменный интерес у исследователей [1, 2]. Такие кристаллы рассматриваются перспективными для реализации систем голографического контроля и диагностики микроструктурированных объектов. Одним из важных и существенных преимуществ фоторефрактивных кристаллов семейства силленитов является тот факт, что запись и релаксация динамических голографических решеток осуществляется в реальном времени в диапа-

зоне от сотен микросекунд до секунд. Указанная динамика решеток создает возможности многократной повторной записи (перезаписи) голограмм, использования данных кристаллов в голографических системах записи и обработки информации, а также в адаптивных интерферометрах, например, для регистрации колебаний на уровне ангстрем [3, 4].

В данной работе приведены результаты сравнительного анализа кинетических параметров записанных с использованием фоторефрактивных кристаллов семейства силленитов при импульсном лазерном возбуждении решеток с разными периодами и выполнена оценка влияния перекрестной записи нескольких решеток в одной пространственной области кристалла. Для проведения экспериментальных исследований, голографического контроля и диагностики микроструктурированных объектов была разработана экспериментальная установка на базе импульсного Nd:YAG лазера 1 с  $\lambda = 532$  нм и непрерывного полупроводникового лазера 2 с  $\lambda = 660$  нм, схема которой приведена на рис. 1. Для описания работы установки ее удобно разделить на четыре части: система записи решетки с малым периодом, система задержки, система записи решетки с большим периодом и система считывания. В систему записи решетки с малым периодом входит полупрозрачное зеркало 3, которое разделяет луч между системами, полупрозрачное зеркало 4, разделяющее луч на два луча, которые зеркалами 5 и 6 сводятся на кристалл и записывают динамическую решетку. В систему задержки входят призмы 7 – 11, выбор расстояния между которыми позволяет манипулировать задержкой между импульсами, приходящими на кристалл и формирующими динамические решетки. Для достижения необходимой задержки эта система может состоять из любого количества призм, а также может реализовываться при помощи зеркал или других элементов, позволяющих создавать временную задержку. Система записи решетки с большим периодом состоит из призм 11, 12 и зеркала 13, которые нужны для правильного позиционирования луча, чтобы, пройдя через делительный кубик 14, полученные пучки зеркалами 15 и 16 свести на кристалл 17 под необходимым углом. Система считывания состоит из полупроводникового лазера 2 с длиной волны, отличающейся от записывающей динамические решетки, полупрозрачного зеркала 18 и глухого зеркала 19, установленных таким образом, чтобы выполнялось условие Брэгга для зондирующего излучения. В результате дифракции зондирующего излучения на сформированных решетках возникают новые лучи, кинетика возникновения и исчезновения которых напрямую связана с кинетикой формирования и релаксации динамических голограмм. Регистрация наблюдаемых кинетик осуществляется при помощи фотоприемных

устройств 20 и 21, подключенных к цифровому осциллографу 22.

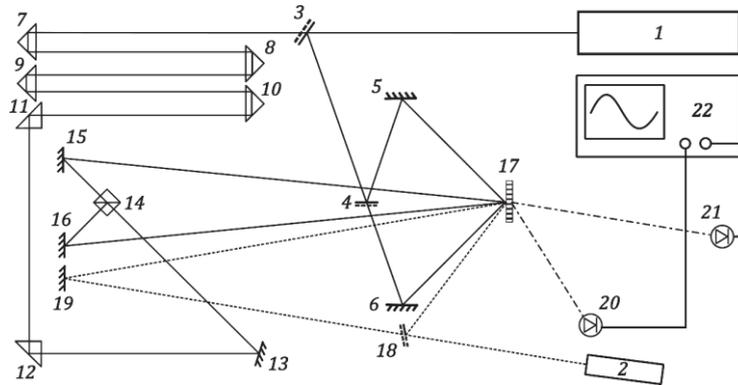
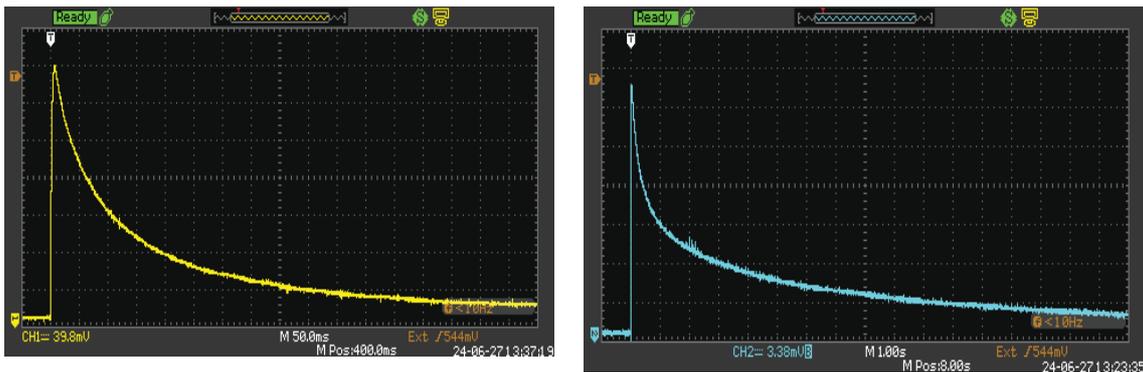


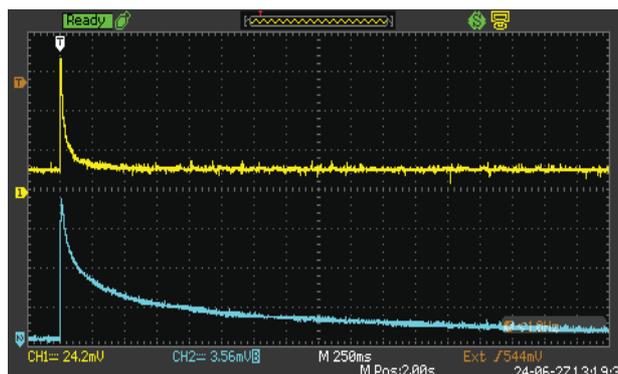
Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Для оценки влияния мультиплексирования на амплитудные и временные характеристики решеток сначала записывались решетки с разными периодами по отдельности, а затем совместно, что позволяло проследить отличия. Характерные осциллограммы приведены на рис 2.



а

б



в

Рисунок 2 – Осциллограммы дифрагированных сигналов на решетках при одиночной записи с периодом:  $\Lambda = 5$  мкм (а),  $\Lambda = 500$  нм (б), и при мультиплексной записи обеих решеток (в)

На рисунке 2 (а) масштаб составляет 50 мс на клетку, а на рисунке 2 (б) - 1с на клетку. В условиях мультиплексной записи дифрагиро-

ванные сигналы регистрировались одновременно, поэтому был выбран масштаб 250 мс на клетку.

Результаты показывают, что решетка с большим периодом релаксирует быстрее, при этом динамика релаксации не описывается простой экспоненциальной функцией. Удовлетворительное соответствие имеет место при использовании модели, включающей заселение и релаксацию электронов с двух подуровней, описываемых экспоненциальной и гиперболической функциями [5].

Проведенные исследования времени релаксации обеих решеток от интенсивности записывающего излучения показывают одинаковую динамику с ростом интенсивности записывающего излучения, независимо от того, была ли записана одна решетка или же две. Однако, для решетки с периодом 500 нм времена релаксации в случае мультиплексирования уменьшаются более значительно, чем в случае решетки с большим периодом.

Такое существенное уменьшение связано с тем, что в случае эксперимента решетка с большим периодом записывалась поверх решетки с меньшим, а общая тенденция уменьшения связана со сложной пространственной картиной перераспределения зарядов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Петров М.П. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике / М.П. Петров, С.И. Степанов, А.В. Хоменко, – СПб: Наука, – 1992. – 320 с.
2. Shandarov S.M. Dynamic Denisyuk holograms in cubic photorefractive crystals / S.M. Shandarov, N.I. Burimov, Yu.N. Kul'chin, R.V. Romashko, A.L. Tolstik, V.V. Shepelevich // Quantum Electronics. – 2008. – V. 38, – №.11. – P. 1059–1069.
3. Ромашко Р.В. Адаптивная голографическая интерферометрия: техника, прогресс и приложения / Р.В. Ромашко // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2021. – № 4. – С. 40–47.
4. Peigne A. Adaptive Interferometry for High-Sensitivity Optical Fiber Sensing / A. Peigne, U. Bortolozzo, S. Residori, S. Molin, V. Billault, P. Nouchi, D. Dolfi, J. Huignard // J. Lightwave Technol. – 2016. – V. 34. – P. 4603–4609.
5. Толстик А.Л. Динамика фотоиндуцированного поглощения в кристаллах титаната висмута / А.Л.Толстик, Х.К.Хайдер // Вестник БГУ. Сер. 1. – 2012. – № 2. – С.3–7.