

РЕЛЬЕФНАЯ ЗАПИСЬ НА ПЛЕНКЕ СЕРЕБРА ПРИ ПРЯМОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА СЛОЙ АМОРФНОГО КРЕМНИЯ

Аскар Асанбекович Кутанов

Институт физико-технических проблем и материаловедения им. академика Ж. Жеенбаева Национальной Академии наук Кыргызской Республики, 720071, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 265а, доктор технических наук, академик НАН КР, зав. лабораторией «Лазерные технологии», тел. (996)312-642-677, e-mail: askarktnv@gmail.com

Нурбек Сыдык уулу

Институт физико-технических проблем и материаловедения им. академика Ж. Жеенбаева Национальной Академии наук Кыргызской Республики, 720071, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 265а, научный сотрудник лаборатории «Лазерные технологии», тел. (996)312-642-677, e-mail: s.nurbek@mail.ru

Замиргуль Мукамбетовна Казакбаева

Кыргызско-Турецкий университет Манас, 720042, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира 56, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры компьютерной инженерии, тел. (996)312-492-788, e-mail: zamirgul@gmail.com

В данной работе представлены результаты прямой лазерной записи на двухкомпонентной среде, состоящей из нанесенных методом магнетронного напыления слоев аморфного кремния и серебра на стеклянную подложку. Лазерное воздействие проводилось сфокусированным излучением одномодового полупроводникового лазера с длиной волны $\lambda = 405$ нм на слой аморфного кремния со стороны стеклянной подложки. На электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 LMH исследовано формирование рельефа на пленке серебра при прямой записи импульсами полупроводникового лазера с $\lambda = 405$ нм на подслое a-Si.

Ключевые слова: прямая лазерная запись, аморфный кремний, пленка серебра, излучение, электронный микроскоп.

RELIEF RECORDING SILVER AT DIRECT LASER EXPOSURE ON THE LAYER OF AMORPHOUS SILICON

Askar A. Kutanov

Institute of Physics-Technical Problems Named After Academician J. Jeenbaev National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, 265a, Prospect Chui St., Bishkek, 720071, Kyrgyz Republic, D. Sc., Academician NAS KR, Head of Laboratory «Laser Technology», phone: (996)312-392-057, e-mail: askarktnv@gmail.com

Nurbek Sydyk uluu

Institute of Physics-Technical Problems Named After Academician J. Jeenbaev National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, 265a, Prospect Chui St., Bishkek, 720071, Kyrgyz Republic, Researcher, Laboratory «Laser Technology», phone: (996)312-392-057, e-mail: s.nurbek@mail.ru

Zamirgul M. Kazakbaeva

Kyrgyz Turkish Manas University, 56, Prospect Mira St., Bishkek, 720042, Kyrgyz Republic, Ph. D., Associate Professor, Department of Computer Engineering, phone: (996)312-492-788, e-mail: zamirgul@gmail.com

Results of direct laser recording on a two-component medium consisting of deposited layers of amorphous silicon and silver on a glass substrate by magnetron sputtering are presented. A single-mode semiconductor laser with $\lambda = 405$ nm for amorphous silicon film on glass substrate with a power of 120 mW is used for direct laser recording on amorphous silicon. Formation of the relief on the silver film with direct recording pulses of a semiconductor laser with $\lambda = 405$ nm at the a-Si layer is taken on the electron microscope TESCAN VEGA 3 LMH.

Key words: direct laser recording, amorphous silicon, silver film, radiation, electron microscope.

Ранее в наших работах с помощью метода магнетронного нанесения на распылительной установке были получены и изучены пленки аморфного кремния и предложены на их базе интерференционные спектральные фильтры [1, 2]. На полученных пленках аморфного кремния были проведены эксперименты по облучению сфокусированным лазерным излучением на разных длинах волн (лазерная запись) и в процессе анализа результатов этих экспериментов было установлено, что под воздействием лазерного излучения в аморфном кремнии происходит увеличение его объема за счет перестройки кристаллической структуры [3, 4]. Нагрев облучаемого участка слоя аморфного кремния a-Si теоретически рассматривается на основе закона затухания интенсивности нормально падающего излучения (закона Бугера – Ламберта). Мощность тепловыделения в аморфном кремнии определяется интегралом поглощаемой интенсивности по толщине и радиусу участка облучения слоя аморфного кремния. Когда в процессе экспозиции аморфный кремний переходит в поликристаллическое состояние, то на его поверхности образуются неровности за счет локального увеличения объема в области воздействия сфокусированного лазерного излучения. Целью настоящей работы являлось экспериментальное исследование возможностей формирования рельефа пленки серебра, нанесенной на слой аморфного кремния, при прямом лазерном воздействии на кремний.

Для экспериментального изучения возникающих неровностей на поверхности пленки серебра были подготовлены двухслойные образцы, представленные на рис. 1. На пленку аморфного кремния (a-Si) наносился слой серебра Ag с целью создания проводящего слоя для просмотра деформации поверхности аморфного кремния на электронном микроскопе. Однако изучение формирования заданного рельефа пленки серебра интересно с практической точки зрения.

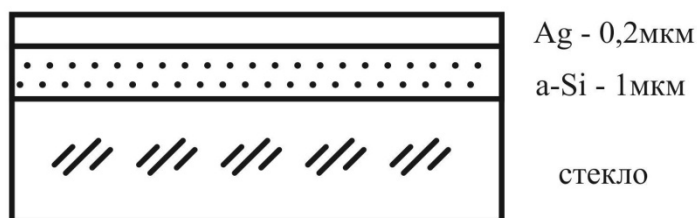


Рис. 1. Структура двухкомпонентной среды из нанесенных слоев аморфного кремния и серебра на стеклянную подложку

Импульсное воздействие излучения полупроводникового одномодового лазера Mitsubishi 120mW с длиной волны $\lambda = 405$ нм на пленку аморфного кремния (прямая лазерная запись) осуществлялось через стеклянную подложку (рис. 2). Лазерный луч коллимировался с помощью асферической линзы, а затем фокусировался микрообъективом на слой аморфного кремния. Диаметр сфокусированного пятна ограничивался длиной волны лазерного излучения и числовой апертурой объектива NA. Длительность лазерных импульсов и их частота в процессе записи контролировались. Неровности, возникающие на поверхности аморфного кремния, деформировали слой серебра и имели место на поверхности слоя серебра, как показано на рис. 2.

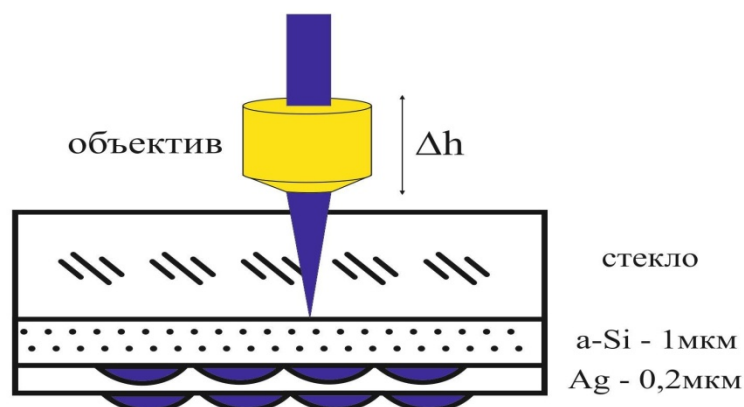


Рис. 2. Прямая лазерная запись на пленке аморфного кремния

Исследование рельефа, образованного на пленке серебра под воздействием излучения лазера на слой аморфного кремния, было проведено на электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 LMH (рис. 3), который установлен в Кыргызско-Российском славянском университете.



Рис. 3. Электронный микроскоп TESCAN VEGA 3 LMH

Фотографии рельефа поверхности двухкомпонентной среды, состоящей из нанесенных слоев аморфного кремния и серебра, снятые на электронном микроскопе представлены на рис. 4. Для выявления характера полученных неровностей рельефа пленки серебра предметный столик с установленными на нем образцами наклонялся под небольшим углом к детектору. Было обнаружено, что более светлая сторона неровностей, обращена к детектору, это свидетельствует о том, что на поверхности слоя серебра и пленки аморфного кремния образуются выпуклости. Свечение светлой стороны выпуклостей объясняется тем, что больше падает света и возникает больше электронов, чем на темной стороне.

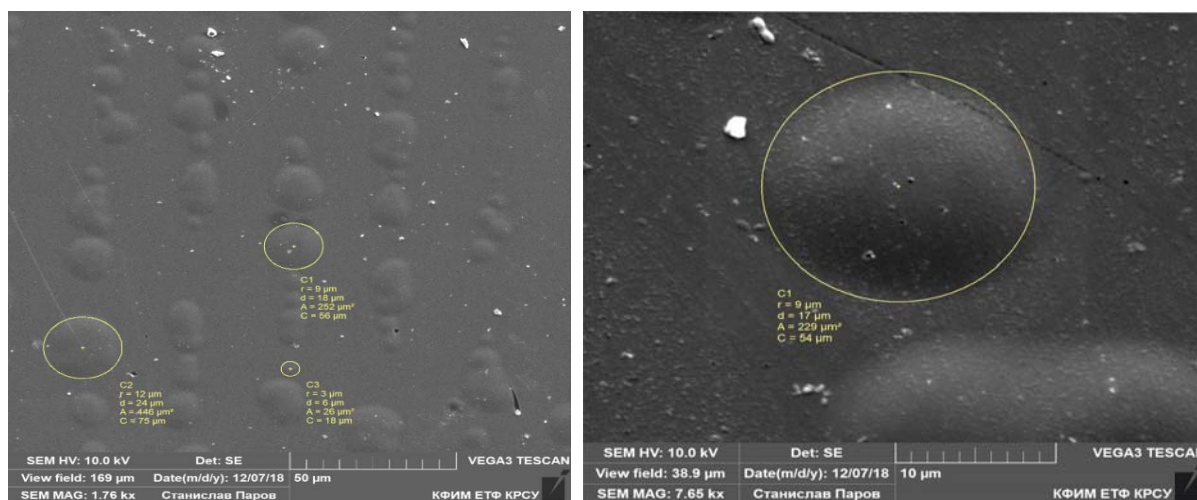


Рис. 4. Фотографии формирования рельефа на двухкомпонентной среде, при прямой записи импульсами полупроводникового лазера с $\lambda = 405$ нм, полученные на электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 LMH

На рис.5. приведены фотографии, снятые на микроскопе (MICRO 200T-01), возникающих выпуклостей на поверхности на двухслойной структуре a-Si/Ag, нанесенной на стеклянную подложку.

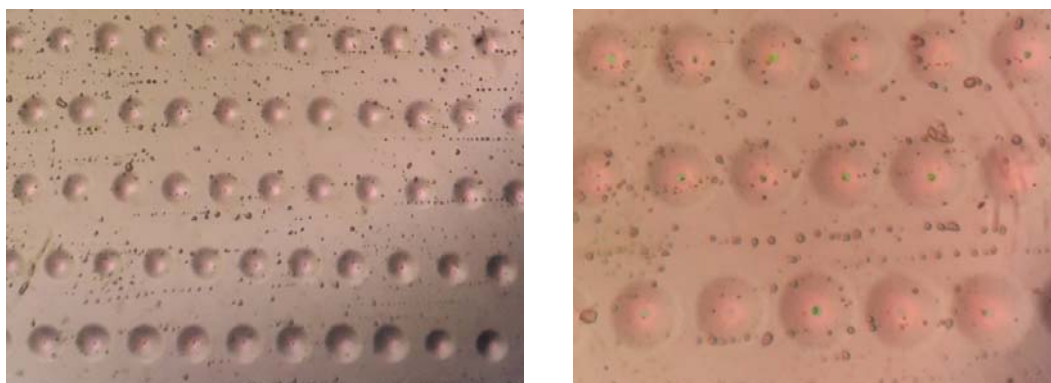


Рис. 5. Фотография микроструктуры сфокусированным лазерным излучением с $\lambda = 405$ нм на двухслойной структуре a-Si/Ag (увеличение x200 – слева, x500 – справа, с размером элементов 30 мкм)

Таким образом, предложен новый метод лазерно-индуцированной рельефной записи на пленке серебра, нанесенной на слой аморфного кремния, посредством деформирования пленки серебра за счет локального увеличения объема слоя аморфного кремния при прямом лазерном воздействии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров В. П., Великасов С. С., Макаров К. В., Календеров А. Ж., Сыдык уулу Н. Магнетронная напылительная система для получения пленок α -Si // Труды Международного семинара «Оптика и фотоника». – Иссык-Куль Кыргызстан, 2012. – С. 126–128.
2. Кутанов А. А., Сыдык уулу Н., Снимщиков И. А., Великасов С. С., Макаров В. П. Спектральные интерференционные фильтры на пленках аморфного кремния и прямая лазерная запись на них // Мир голографии. – 2016. – Т. 2. – № 1. – С. 83–87.
3. Кутанов А. А., Сыдык уулу Н., Снимщиков И. А., Макаров В. П., Великасов С. С. Особенности технологии прямой лазерной записи дифракционных и голограммных структур на пленках a-Si и GeTe // Мир голографии. – 2017. – Т. 3. – № 1. – С. 50–52.
4. Кутанов А. А., Сыдык уулу Н., Казакбаева З. М. Трехмерная лазерная запись изображений на пленках аморфного кремния // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2018» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 2. – С. 24–29.

© А. А. Кутанов, Н. Сыдык уулу, З. М. Казакбаева, 2019