

## СЕКЦИЯ 4. ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ И НАНОСТРУКТУРЫ

### Разработка стенда для формирования пленок искусственного опала

*Р.М.Жуков, В.Л. Кулешова, Е.В. Панфилова, Е.П.Прохоров*  
Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана (НИУ), ул. 2-ая Бауманская д.5  
e-mail: *Vekuleshova@yandex.ru*

*Работа посвящена актуальной теме формирования пленок искусственного опала. Наиболее рациональным способом формирования таких структур является вертикальное вытягивание подложки из коллоидного раствора частиц кремнезема, полиметилметакрилата или полистирола. Способ позволяет формировать пленки достаточно большой площади равномерной толщины с заданным рельефом поверхности. Предложены способы повышения качества формируемых пленок путем использования специально разработанного стенда.*

*Engineering of the facility to form artificial opal films. R.M. Zhukov, V.L. Kuleshova, E.V. Panfilova, E.P. Prokhorov. The work is devoted to the actual topic of the formation of artificial opal films. The most rational way of forming the structures is vertical stretching of the substrate from the colloidal layer of silica, polymethyl-methacrylate or polystyrene particles. The ability to form film of a sufficiently large area of uniform thickness with a view of the surface relief is typical for vertical stretching. Methods to improve the quality of opal films by using a specially designed laboratory facility are proposed.*

На начальных этапах развития технологии формирования искусственного опала основное внимание уделялось формированию из него фотоннокристаллических 3D образцов и инвертированных структур. Однако в последующем стало понятно, что не меньший интерес представляют собой пленочные слои, которые после последующего формирования на их поверхности различных тонкопленочных структур можно использовать в оптике, сенсорике, лазерной технике и ряде других областей. В патенте [1] предложена технология изготовления лазера с распределенной обратной связью, в ней используется опаловая матрица, на которую методом магнетронного распыления наносят последовательно подслой диоксида кремния толщиной и слой оксида цинка (рис. 1).

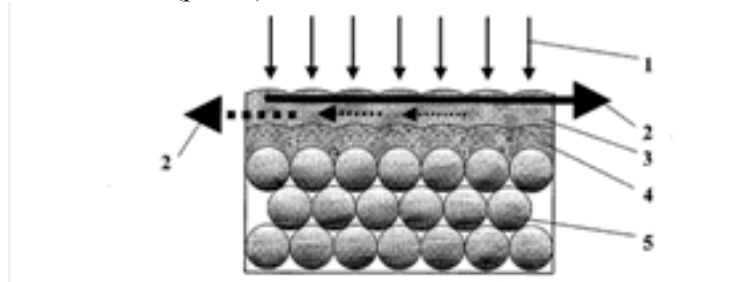


Рис. 1. Лазер с распределенной обратной связью [1]: 1 – УФ-свет, 2- сгенерированное лазерное излучение, 3 – волноводный слой оксида цинка, 4 – диоксид кремния, 5 – опал.

В патенте [2] предложена технология изготовления планарной оптической антенны для оптических интегральных схем, составным элементом которой является двумерная фотоннокристаллическая структура. Авторы работы [3] предложили использовать слой искусственного опала со сформированным на нем методами вакуумного осаждения регулярным массивом наночастиц золота для получения подложек, активных для гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) (рис. 2). В работе [4] предложено использовать опаловую матрицу в качестве подслоя для формирования на нем методом магнетронного распыления

газочувствительного слоя диоксида олова в соответствующем сенсорном устройстве (рис. 3). Авторы работы [5] разработали конструкцию солнечной батареи, одним из основных слоев солнечного элемента которой является фотоннокристаллический слой, расположенный между Si:H слоями (рис. 5).

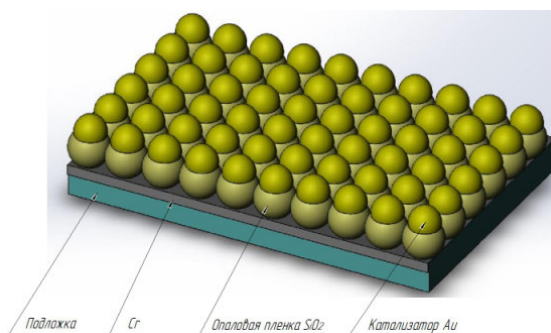


Рис. 2. ГКР-подложка [3].

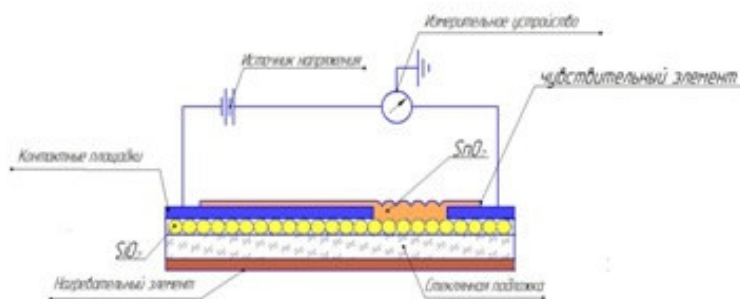


Рис. 3. Газочувствительный элемент [4].

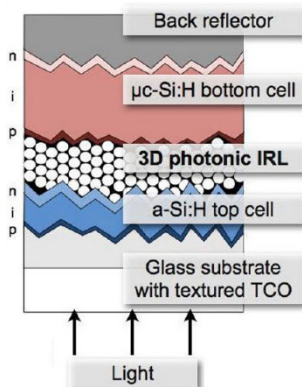


Рис. 4. Солнечный элемент [5].

Для формирования подобных устройств необходимо обеспечить воспроизводимое получение двумерного слоя искусственного опала на поверхности подложки достаточно большой площади. Поскольку для ряда перечисленных выше устройств опаловая матрица играет роль рельефообразующей подложки, желательно иметь возможность варьирования параметрами рельефа. Для решения этих задач был разработан специальный стенд, позволяющий получать опаловые пленки способом вертикального вытягивания подложки из частиц кремнезема, полиметилметакрилата или полистирола. К конструкции стенда предъявлялись следующие требования:

1. Возможность варьирования скоростью вытягивания в интервале от 0,5 мм/мин до 3 мм/мин;
2. Возможность регулировки скорости вытягивания;
3. Компактность конструкции;
4. Наличие системы виброзащиты, минимизирующей внешние воздействия на систему.

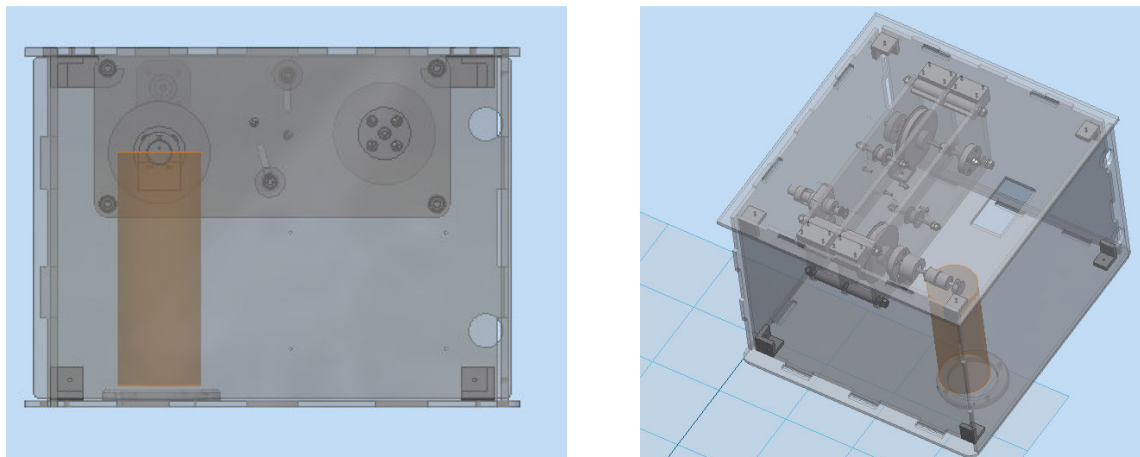


Рис. 5. Общий вид стенда.

Стенд состоит из следующих основных частей: редуктор (рис 6,7) , система регулировки скорости вытягивания (рис.8) , система виброзащиты (рис. 9).

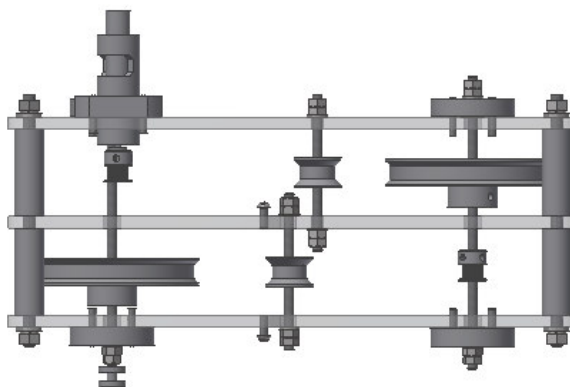


Рис. 6. Модель редуктора. Вид сверху.

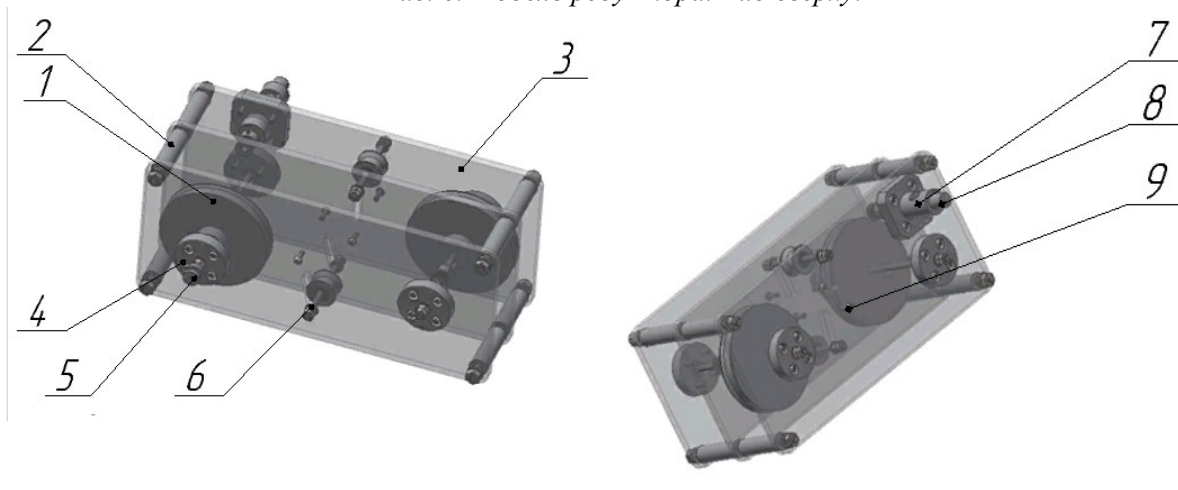


Рис. 7. 3-D модель конструкции редуктора.

Корпус редуктора представляет собой три пластины, выполненные из оргстекла, поз. 3, соединенные между собой шпильками, расположенными в трубках поз. 2. Движение задается от мотор-редуктора поз. 8, который закреплен в стакане поз. 7. На выходном валу мотор – редуктора через втулку крепится малое колесо. Через ремень вращение передается на большое колесо поз. 1. Натяжение ремня осуществляется с помощью вала подтяжки, на котором в жестком корпусе установлены подшипники, поз.6. Натяжение вала осуществляется через дополнительные винты поз. 9. Выходное колесо поз. 5 находится на одном валу с большим

колесом Все детали редуктора, за исключением переходной втулки и выходного колеса, изготовлены методом 3D печати.

Система регулировки скорости вытягивания необходима для изменения параметров формирования опаловых пленок. На выходном валу редуктора размещается энкодер, соединяемый с микроконтроллером. Значение скорости на выходном валу считывается и передается на персональный компьютер (рис.8). В случае несоответствия скорости вращения требуемому значению осуществляется изменение значения питающего напряжения, передаваемого на двигатель редуктора. Регулировка значения питающего напряжения осуществляется с помощью ШИМ – закона от микроконтроллера на двигатель через драйвер.

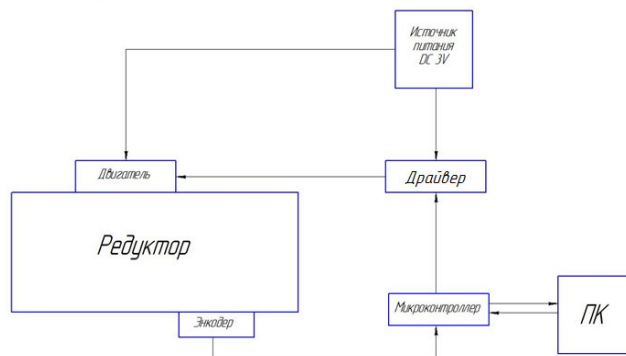


Рис.8. Схема системы регулировки.

Чтобы обеспечить защиту стенда от вибраций была разработана система виброзащиты (рис. 9) состоящая из: коробка (1), 1-ого слоя пенополиуритана (ППУ) (2), массивной пластины (3) и 2-ого слоя ППУ (4).

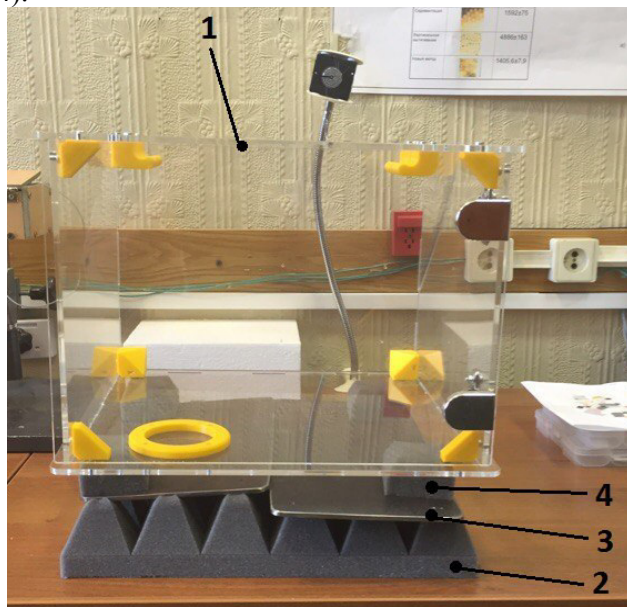


Рис.9. Общий вид виброизолирующей системы.

В качестве демпфирующего материала используется пенополиуритан (ППУ), который имеет структуру пирамидок. Он поглощает энергию вибраций за счет возникновения трения внутри материала. Массивная пластина, расположенная между слоями ППУ, является точкой отсчета корпуса. Все высоко- и средне частотные вибрации гасятся с помощью нижнего слоя ППУ. Для поглощения низкочастотных колебаний используются четыре мягкие опоры, расположенные под корпусом. Сравнение различных вариантов компоновки системы демпфирования подтвердило эффективность предложенного решения (рис. 10).

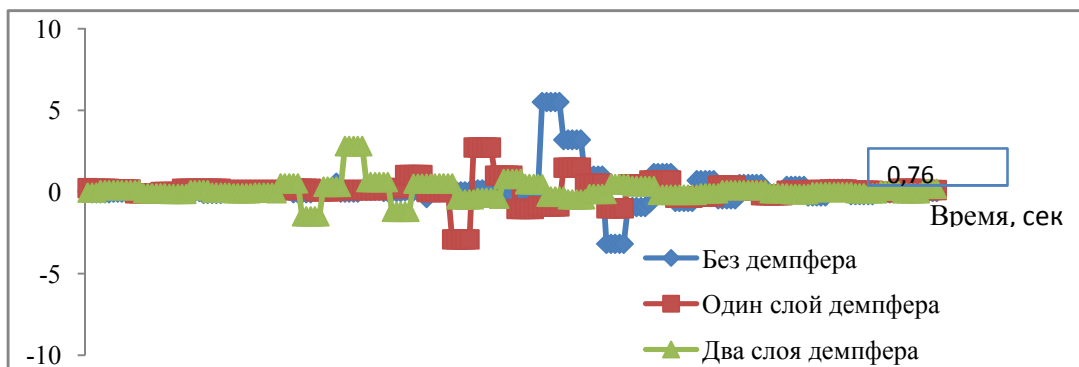


Рис. 10. Результаты экспериментального исследования системы виброзащиты.

Собранный стенд показал свою работоспособность. Так варьирование напряжением приводит к изменению интенсивности отражения - образец, полученный на меньшей скорости вытягивания, имеет большее значение величины отражения спектра. Это обусловлено тем, что при меньшей скорости вытягивания образцы получают образцы с менее развитой поверхностью, как это показано в [4], (рис. 11).

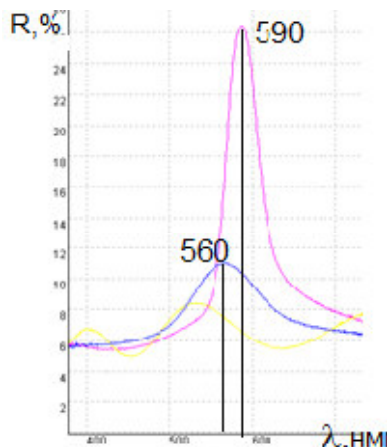


Рис. 11 Спектры отражений опаловых матриц, полученных методом вертикального вытягивания со скоростями вытягивания:  $v_1=13$  мкм/с ( $\lambda_1=560$  нм),  $v_2=25$  мкм/с ( $\lambda_2=590$  нм).

В дальнейшем стенд будет использоваться для решения научно-исследовательских задач и в учебном процессе при проведении лабораторных работ.

#### Литература

1. Баженов А.В. и др. Ультрафиолетовый лазер на основе двумерного фотонного кристалла. Патент № №2378750, от 10.01.10.
2. Вальднер В.О. и др. Устройство оптической антенны для оптических интегральных схем (варианты) и оптическая (фотонная) интегральная схема (варианты). Патент № 2379629, от 07.06.2008.
3. Доброносова А.А., Панфилова Е.В. Исследование образцов опаловых пленок со сформированным на них массивом наночастиц. Вакуумная техника, материалы и технология. Материалы XI Международной научно-технической конференции, М., 2016 – С. 152-157
4. Беседина К.Н. Разработка методов управляемого формирования и исследование тонкопленочных опаловых наноструктур. Дисс. к.т.н. М., 2014 – 153 с.
5. Ralf B. Wehrspohn, Johannes Upping, Thomas Beckers, and Reinhard Carius. 3D photonic crystals for photonmanagement in solar cells. SPIE Newsroom. 0.1117/2.1201111.003878, 2011 – 3p.