

Правительство Республики Татарстан
Российский фонд фундаментальных исследований
Академия наук Республики Татарстан



**Развитие региональных
научных исследований
в рамках взаимодействия
Российского фонда
фундаментальных исследований
и Академии наук Республики Татарстан,
посвященной 25-летию образования
Академии наук Республики Татарстан**

**Региональная научно-практическая конференция
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

УДК 001.83

ББК 72.4(2)

P17

Развитие региональных научных исследований в рамках взаимодействия Российского фонда фундаментальных исследований и Академии наук Республики Татарстан, посвященная 25-летию образования Академии наук Республики Татарстан: тезисы докладов региональной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2016. – 188 с.

ISBN 978-5-9690-0311-8

Сборник содержит информацию о проектах реализуемых в рамках регионального конкурса фундаментальных научных исследований под эгидой Академии наук Республики Татарстан и Российского фонда фундаментальных исследований.

ISBN 978-5-9690-0311-8

© Академия наук РТ, 2016

© Изд-во «Фэн» АН РТ, 2016

АЛМАЗНАЯ ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

Степанов А.Л.^{1,2}, Нуждин В.И.¹, Галяутдинов М.Ф.¹,
Курбатова Н.В.¹, Валеев В.Ф.¹, Воробьев В.В.², Осин Ю.Н.²

¹Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского
Казанского научного центра Российской академии наук,

² Казанский федеральный университет

Задачи современной интегральной оптики требуют использования новых специальных материалов, а также разработки технологий изготовления рабочих компонентов и устройств на их основе. Одно из характерных направлений заключается в развитии алмазной оптики [1]. Использование алмаза обусловлено его радиационной (лучевой) стойкостью и высокой теплопроводностью. Алмазные оптические элементы, обладая широким окном прозрачности от 0.2 до 5 мкм, могут работать при резких перепадах температуры и в агрессивных химических средах. На практике алмазы используются для изготовления различных дифракционных оптических элементов (ДОЭ): решеток, киноформов, фокусаторов, корректоров и др. Алмазные ДОЭ могут применяться для преобразования пучков высокоомощного СО₂-лазера, на котором удается получать плотности мощности освещающего пучка до 20 кВт/см² [2]; для создания фотонно-кристаллических резонаторов с целью реализации квантовых механизмов хранения информации [3]; для управления потоками излучения в рентгеновской оптике, например, при использовании алмазных Брэгговских зеркал с коэффициентом отражения ~ 100 % [4] и т.д.

Для получения периодических ДОЭ на алмазных подложках используются различные технологические способы, такие, как воздействие мощными импульсами эксимерного лазера, травление в газовом потоке транспортного газа и др. В настоящей работе представлен новый подход, который заключается в формировании на поверхности алмаза периодических дифракционных структур методом ионной имплантации через наложенную маску. Ранее данная технология была нами успешно использована для получения ДОЭ на диэлектрических и полимерных подложках [5].

Для формирования ДОЭ на полированной поверхности искусственного алмаза проводилась имплантация ионами бора с энергией $E = 40$ кэВ, дозой облучения $D = 1.3 \cdot 10^{18}$ ион/см² при

плотности тока в ионном пучке $J = 15 \text{ мкА/см}^2$ на ионном ускорителе ИЛУ-3 через поверхностную маску – никелевую сетку с размером квадратных ячеек 40 мкм. Локальная морфология и структура поверхности имплантированного алмаза была исследованы методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на СЭМ-микроскопе Merlin (Carl Zeiss), а также атомно-силовой микроскопии (АСМ) в полуконтактной моде с помощью АСМ-микроскопа FastScan (Brucker). Оптическая характеристика ДОО проводилась с помощью оптического микроскопа Полар-1 (Микромед) и при измерении спектров рамановского рассеяния. Анализ оптических дифракционных картин от ДОО осуществлялся при их зондировании гелий-неоновым лазером на длине волны 632.8 нм.

На рис. 1 приведены СЭМ-изображение решетки, сформированной на поверхности алмаза имплантацией ионами бора через поверхностную маску, наблюдаемой под углом 70° к нормали образца. Как видно, периодическая микроструктура состоит из чередующихся темных квадратных ячеек, относящихся к имплантированным участкам поверхности образца, разделенных стенками (светлые области) неимплантированного алмаза.

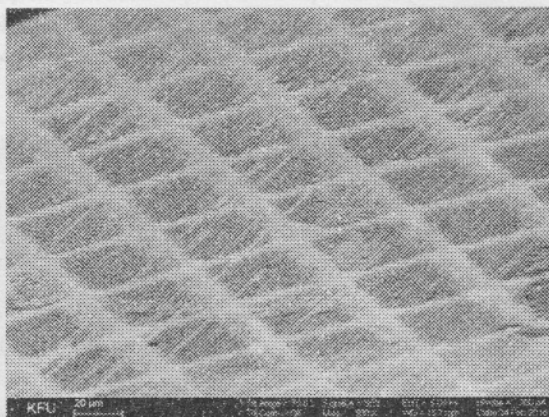


Рис. 1 СЭМ-изображение алмазной дифракционной решетки.

При структурной регистрации дифракции отраженных электронов при зондировании образца установлено, что в отличие от дифракции Кикучи в виде полос, параллельных плоскостям кристаллической решетки исходного алмаза, для областей,

облученных ионами бора, в картине дифракции наблюдаются только широкие диффузные кольца, указывающие на разрушение кристаллической решетки в приповерхностном слое имплантированного алмаза и формирование аморфных углеродных образований. Измерение рамановских спектров при возбуждении аргоновым лазером на длине волны 522 нм также подтверждает разрушение алмаза, поскольку в спектре наряду с хорошо известной для алмаза интенсивной линией 1336 см⁻¹, после имплантации появляются более слабые линии в области 1560 см⁻¹, указывающие на его графитизацию. Образование карбида бора обнаружено не было.

Имплантация алмаза ионами бора ведет как к изменению химического состава, так и к модификации его фазовой углеродной структуры, т.е. образованию периодических областей графитизированного материала. В результате имплантации алмаза через поверхностную маску формируется микроструктура с периодически изменяемым распределением оптических констант материала, т.е. между стенками решетки из алмаза с показателем преломления алмаз = 2.42 и графитизированными ячейками (пграфит = 2.1-2.23). На рис. 2 приведено дифракционное изображение, регистрируемое при зондировании алмазной решетки гелий-неоновым лазером на длине волны 632.8 нм света на отражение.

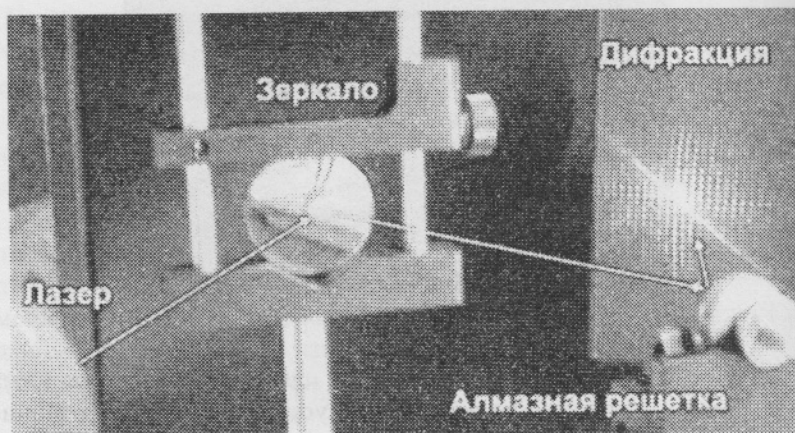


Рис. 2 Дифракционное рассеяние, полученное на отражение от алмазной решетки

Таким образом, в настоящем проекте предложена новая методика формирования оптических дифракционных элементов на алмазе при его имплантации ионами бора. Основным практическим применением полученных результатов является развитие перспективной технологии и создание новых эффективных элементов алмазной оптики.

Данная работа была поддержана грантом РФФИ № 15-48-02525_Поволжье.

[1] Раткин Л. // Фотоника. 2011. № 4. С. 18-23.

[2] Karlsson M., Nikolajeff F. // Opt. Express. 2003. V. 11. P. 502-507.

[3] Shvydko Y., Stopin S., Blank V., Terentev S. // Nat. Photon. 2011. V. 5. P. 539-542.

[4] Степанов А.Л. и др. Дифракционная решетка. Патент на изобретение № 2544873, 2015

УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ КАК СРЕДЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННЫМИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Н.М. Сулейманов^{1,2}, С.М. Хантимеров², Р.Р. Гарипов²

¹Казанский государственный энергетический университет,

²Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского
КазНЦ РАН

В настоящее время значительное внимание исследователей привлекают углеродные наноструктуры, в т.ч. углеродные нанотрубки (УНТ), которые благодаря своим уникальным структурным, электрическими и механическими свойством находят все большее применение, например, в качестве электродных материалов в суперконденсаторах, литий-ионных батареях, топливных элементах, в качестве легирующих добавок и т.д. [1-5].

В данной работе представлены результаты исследований конических углеродных нанотрубок (кУНТ) как материалов для анодов литий-ионных аккумуляторов, а также легирующих добавок для композитных материалов. Выбор данного материала был обусловлен с одной стороны тем, что конические углеродные