

Рисунок 1 – Относительные погрешности пяти функций оптимизации для тканей легких свиньи

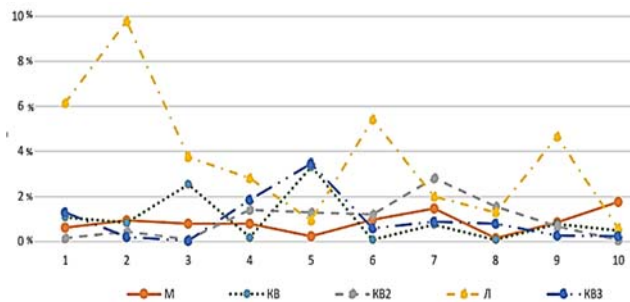


Рисунок 2 – Относительные погрешности пяти функций оптимизации для тканей печени свиньи

Из полученных графиков видно, что для обеих тканей логарифмическая функция имеет наибольшую погрешность. Лучше всего себя проявила модульная функция, которая для обоих случаев имеет наименьшую погрешность без сильных скачков для разных значений коэффициента экстинкции. Рассмотренные виды квадратичной функции минимизации исходя из графиков имеют практически одинаковую погрешность, которая немного больше чем у модульной функции. Таким образом, изменение коэффициента экстинкции не особо влияет на погрешность определения оптических свойств для рассмотренных образцов БТ при использовании метода зеркальных эллипсоидов вращения.

УДК 621.793

АЛМАЗОПОДОБНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ФОТОПРИЕМНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Навицкий А.Н.¹, Чекан Н.М.¹, Акула И.П.¹, Щербакова Е.Н.²

¹Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Введение

При изготовлении высокоточной оптической аппаратуры, такой как телескопы, спектрометры, радиометры, устройства оптического зондирования Земли и др. приборы необходимо использовать поглощающее покрытие, предназначенное для того, чтобы избавиться от шумов, которые появляются при рассеивании света на корпусных деталях оптической аппаратуры.

- ### Литература
1. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. Саратов, 1998.
 2. Оптическая биомедицинская диагностика. Т.1 / Перевод под ред. В.В. Тучина. – М. : Физматлит, 2006. – 560 с. ISBN 5-9221-0769-0.
 3. Тучин В.В. Исследование биотканей методами светорассеяния / Успехи физических наук, том 167. – 1997. – № 5. – С. 517–540.
 4. Голубцов А.А. Описание процессов переноса излучения в рассеивающих средах с использованием макроскопических оптических характеристик // Сборник материалов V МНПК – Чебоксары, 2015.

5. М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, I.V. Helich, «Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media», Appl Opt., no. 56 (30), pp. 8520–8526, 2017.

6. М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, S. Kostuk, «Influence of laser beam profile on light scattering by human skin during photometry by ellipsoidal reflectors», Devices and Methods of Measurements. 9(1):56–65, 2018.

7. Bezuglyi M., N. Bezuglaya and A. Viruchenko. «On the possibility of ellipsoidal photometry and Monte Carlo simulation to spatial analysis of biological media». Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2017 IEEE 37th International Conference on. IEEE, 2017.

8. Безуглий М.О. Особливості виготовлення еліпсоїдальних рефлекторів фотометрів / М.О. Безуглий, І.І. Сиявський, Н.В. Безугла, А.Г. Козловський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2016. – № 2 (52). – С. 76–81.

9. Безуглий М.О. Контроль форми еліпсоїдальних рефлекторів біомедичних фотометрів / М.О. Безуглий, Лінючева О.В., Безугла Н.В., Бик М.В., Костюк С.А // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2017, № 1 (53). – С. 62–69.

Одним из наиболее эффективных в этом плане материалов является аморфное алмазоподобное углеродное (АПУ) покрытие.

Алмазоподобный углерод относится к тонкопленочным материалам, получаемым вакуумными методами. По своей структуре он представляет собой аморфный материал, в котором атом углерода связан с соседними атомами четырьмя ковалентными sp^3 гибридами-зированными сигма-

связями, т. е. ближний поря-док у него такой же, как и в структуре алмаза. Однако часть атомов АПУ покрытия образует ковалентные sp^2 гибри-дизированные связи, как и в структуре графита. В зависимости от метода и условий синтеза покры-тий возможно в очень широких пределах изменять их механические и физические свойства [1].

Преимуществом данных покрытий является повышенная твердость относительно других по-крытий, которая варьирует в пределах 20 - 80 ГПа, низкий коэффициент термического расши-рения (КТР) порядка $(1,7-3,5) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ [2], а так-же их инертность к атомарному кислороду [3].

Метод получения покрытий

Для нанесения АПУ покрытий был использован комбинированный метод PVD-CVD осаждения, основанный на создании вторичной плазмы в среде газов углеводородов под воздействием ионизи-рованных частиц катодно-дугового разряда.

Сущность метода состоит в возможности осуществления плазмостимулированного оса-ждения из газовой фазы, используя ионизи-рованные частицы импульсного катодно-дугового разряда. Комбинированный метод позволяет существенно повысить скорость осаждения АПУ покрытий по сравнению с обычным не гибри-дным PVD методом, так как помимо графитового источником осаждения углерода является угле-родсодержащий газ, в качестве которого чаще всего используется ацетилен [4].

АПУ покрытия осаждались при давлении ацетилена 0,5–1 Па на корпусные детали из сплава «Инвар» (36 % Ni + Fe). Путем регули-ровки давления подаваемого газа в вакуумной камере удастся формировать покрытия с требу-емыми свойствами.

Методы исследования покрытий

Основным объектом исследования являются оптические свойства АПУ покрытий, получен-ных при различных давлениях ацетилена, кото-рые исследовались на спектро-фотометрах Hitachi U-3400 и Cary 500. Спектрофотометр Hitachi U-3400 оснащен двойной системой моно-хроматоров и выдает точность измерений длин волн для УФ и видимого диапазона 0,2 нм и 1 нм для ближнего ИК излучения. Данный оптический прибор был использован для определения коэф-фициента отражения. С помощью спектрофото-метра Cary 500 (производство фирмы Varian) со спектральным разрешением 0,5 нм были получе-ны спектры пропускания АПУ покрытий.

Не менее важной характеристикой материала является его твердость. Исследования микротвер-дости проводились на приборе ПМТ-3, в основу которого вложен принцип вдавливания алмазной пирамиды (индентор Кнупа). Алмазная пирамида имеет ромбическое основание с углом между про-тивоположными ребрами $172,5 \pm 0,8^\circ$ и $130 \pm 0,08^\circ$. Отпечатки имеют вид сильно вытянутого ромба, большая диагональ в 7 раз превышает малую, глубина отпечатка в 30 раз меньше большей диа-

гонали, что обуславливает повышенную точность при малых нагрузках. Благодаря особенностям своей формы, ромбическая пирамида не вызывает трещин и скалывания по краям отпечатка.

Результаты исследования покрытий

На представленных ниже графиках показаны результаты проведенных исследований АПУ покрытий.

На рисунке 1 можно отметить существенный рост коэффициента поглощения в диапазоне дав-ления газа 0 ... 0,35 Па, что в 2,7 раза выше, чем при отсутствии газа; при дальнейшем увеличении давления, коэффициент поглощения все также возрастает, но темп его роста значительно ниже.

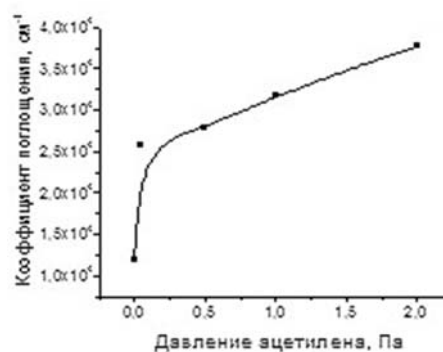


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента поглощения от давления ацетилена в вакуумной камере

Обратную зависимость от давления имеет ко-эффициент отражения (рисунок 2). Его суще-ственное изменение наблюдается в области дав-лений до 1 Па.

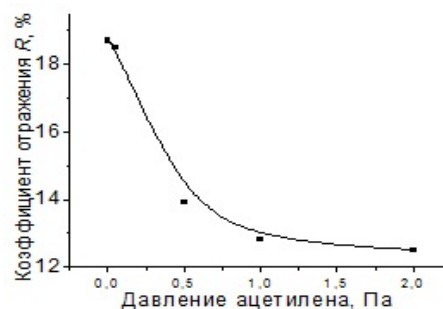


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента отражения от давления ацетилена в вакуумной камере

Усиление коэффициента поглощения обу-славливается наличием в структуре АПУ покры-тий небольших кластеров с преимущест-венной sp^2 гибридизацией [5]. Это также является при-чиной размягчения покрытий (рисунок 3).

При 0,05...0,5 Па происходит наиболее за-метное снижение твердости с 79 до 26 ГПа. При давлении C_2H_2 выше 0,5 Па характер зави-симости твердости АПУ покрытий изменяется на более пологий и стабилизируется на уровне порядка 20 ГПа.

Таким образом, оптимальным давлением для получения АПУ покрытий является диапазон 0,3...1 Па. В этом диапазоне коэф-фициент погло-

щения имеет максимальный прирост, а твердость получаемого покрытия имеет значение 25 ГПа.

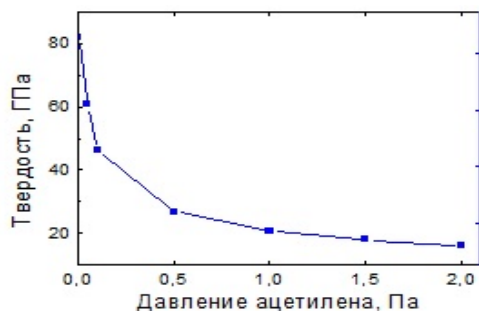


Рисунок 3 – Зависимость твердости АПУ покрытия от давления ацетилена

В силу того, что корпусные детали фотоприемника изготавливаются из инвара с низким КТР $\alpha = (1,7-2,8) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, применение АПУ покрытия является оптимальным, т.к. оно обладает схожим КТР.

Заключение

Представленные в данной работе метод осаждения и результаты исследования полученных АПУ показывают, что алмазоподобные углеродные покрытия обладают рядом свойств, которые могут быть использованы с большой эффективностью в оптических устройствах, применяемых в космической технике в качестве поглощающих

антибликовых покрытий корпусных деталей фотоприемников оптического излучения.

Литература

1. Yuto, S. Tanaka. Diamond-like carbon films: NOVA Science Publisher. New York, 2011.
2. Vetter, J. 60 years of DLC coatings: Historical highlights and technical review of cathodic arc processes to synthesize various DLC types, and their evolution for industrial applications // Surface and Coatings Technology – 2014. – V. 257. – P. 213–240.
3. Tagawa, M., Yokota, K., Matsumoto, K. Space environmental effects on MoS₂ and diamond-like carbon lubricating films: Atomic oxygen-induced erosion and its effect on tribological properties // Surface and Coatings Technology – 2007. – V. 202. – № 4. – P. 1003–1010.
4. Чекан, Н.М., Акулич, В.В., Акула, И.П. Новый комбинированный метод получения алмазоподобных пленок // Материалы II Международной научно-технической конференции «Современные методы и технологии создания и обработки материалов», Минск, Беларусь, ФТИ НАН Беларуси; редкол.: С.А. Астапчик (отв.ред.) [и др.]. Минск, 2007. – Т. 2. – С. 148–158.
5. Sukosin, Th., Frank, H. L. Koppens, F. Javier Garcia de Abajo. Total light absorption in graphene. http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1106/1106.4460v1.pdf.

УДК 666.193

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БАЗАЛЬТОВУЮ ТКАНЬ

Анисович А.Г.¹, Маркевич М.И.¹, Чапланов А.М.¹, Журавлева В.И.², Щербакова Е.Н.³

¹Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

²Военная академия Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь

³Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Введение

Лазерное воздействие на различные химические волокна широко используется в технологических процессах изготовления изделий. Использование лазерного излучения (ЛИ) предоставляет возможность решать сложные технологические и технические задачи. В основе процесса лазерного воздействия на химические волокна минерального происхождения лежат термохимические и термофизические механизмы разрушения материалов. Эффективность лазерного разрушения материалов зависит от количества поглощенной энергии при определенной плотности мощности. На процесс разрушения материалов большое влияние оказывают теплофизические свойства материала. Для большинства базальтовых тканей теплопроводность лежит в пределах 0,031–0,038 (Вт/м·К). Данные ткани являются плохими проводниками тепла и эффекты, связанные с разрушением материала, являются поверхностными.

Целью данной работы является исследование морфологии базальтовой ткани при лазерном воздействии. Исследовалась базальтовая ткань, выпускаемая открытым акционерным обществом «Полоцк-Стекловолокно».

Методы проведения исследований

Исследования морфологии образцов проводились с помощью металлографического микроскопа МИ-1. Данный микроскоп использовался в различных режимах: светлое поле в отраженном свете и поляризационного контраста в отраженном свете.

Элементный анализ проводился с помощью системы энергодисперсионного (EDS) микроанализа, установленной на сканирующем электронном микроскопе SEM 515. Этот комплекс, в состав которого входят Si(Li) детектор со сверхультратонким окном, охлаждаемый жидким азотом, компьютер и пакет программного обеспечения Genesis SEM Quant ZAF software.