

12. Ferrari A.C. Raman spectroscopy of graphene and graphite: Disorder, electron-phonon coupling, doping and nanodiabatic effects // Solid state communications. 2007. V. 143. P. 47–57.
13. Pimenta M.A., Dresselhaus G., Dresselhaus M.S., Cancado L.G., Jorio A., Saito R. Studying disorder in graphite-based systems by Raman spectroscopy // Physical chemistry chemical physics. 2007. V. 9. P. 1276–1291.

Оптические свойства углеродных и фторуглеродных покрытий, сформированных в матричном режиме низкочастотным плазмотроном атмосферного давления

А.В. Шведов, В.М. Елинсон, Ю.Г. Богданова, С.М. Гамаюнов

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
125993, Российская федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4*

E-mail: seriousash@yandex.ru

В данной работе показаны результаты исследования свойств углеродных и фторуглеродных покрытий, которые были получены при помощи низкочастотного плазмотрона атмосферного давления в матричном режиме нанесения. Исследован контактный угол смачивания полученных покрытий. Рассмотрены спектры поглощения и определена ширина запрещённой зоны углеродных и фторуглеродных покрытий по методу Тауца.

Optical properties of carbon and fluorocarbon coatings produced by low frequency plasmotron at atmospheric pressure in matrix mode of deposition. A.V.Shvedov, V.M. Elinson, Yu.G.Bogdanova, S.M. Gamayunov. This paper is devoted to investigation of optical properties of carbon and fluorocarbon coatings produced by low frequency plasmotron in matrix mode of deposition at atmospheric pressure. The contact wetting angle of the obtained coatings was investigated. The optical absorption spectra are considered and the band gap of carbon and fluorocarbon coatings is determined by the Tauc method.

Применение современной фотоэлектроники охватывает всё новые области народного хозяйства, в том числе в условиях, где наблюдается повышенная влажность и микробиологическая активность [1]. Для увеличения срока эксплуатации электронных и оптических компонентов и их корпусных деталей применяется ряд технологических решений среди которых широкое распространение получили ионно-плазменные методы формирования тонких защитных покрытий в вакууме. Углеродсодержащие покрытия позволяют формировать слои с широким диапазоном свойств в зависимости от технологических параметров нанесения, за счёт химических качеств углерода, к которым относится возможность существовать в виде множества гетерофазных систем [2]. Использование осаждения из газовой фазы при атмосферном давлении позволяет получить защитный слой на поверхности подложек при отсутствии необходимости создания и поддержания вакуума [3], а также при отсутствии дорогостоящего и громоздкого оборудования. Использование низкочастотного (НЧ) дугового газового разряда атмосферного давления позволяет проводить точечное формирование воспроизводимых тонких пленок с заданными свойствами при незначительном влиянии атмосферы на протекающие процессы [4].

Для создания покрытий с заданными характеристиками по всей площади обрабатываемого изделия или подложки при помощи НЧ-плазмотрона в работе использовался матричный режим обработки. Он представляет собой процесс, при котором для создания развитой поверхности необходимо производить локальное формирование покрытия с

последующим нанесением нового покрытий при фиксированном расстоянии между точками нанесения (рис. 1).

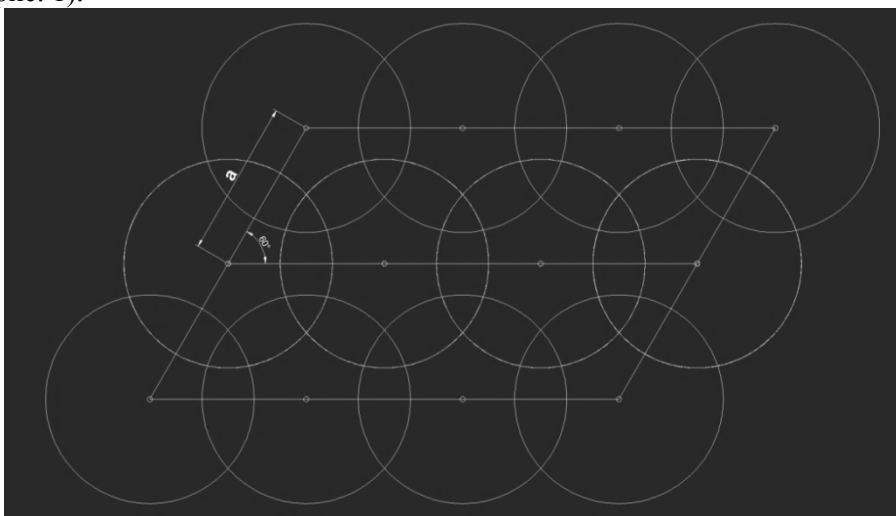


Рис. 1 – Схематическое изображение матричного режима обработки.

Для проведения осаждения из газовой фазы углеродных плёнок использовался НЧ плазмотрон атмосферного давления (рис. 2).

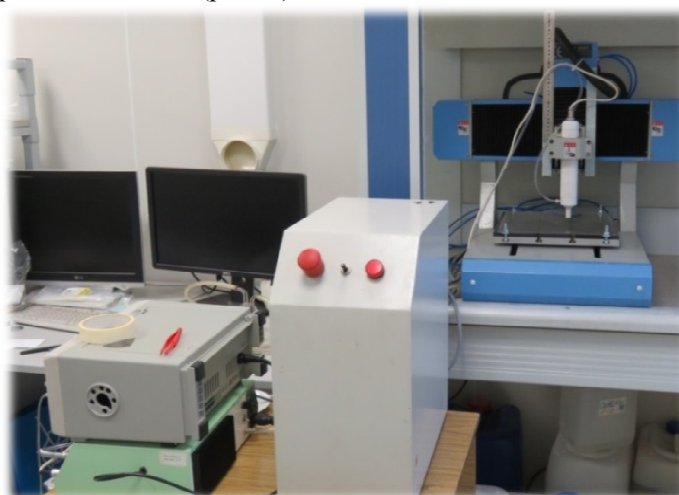


Рис. 2. Плазмотрон атмосферного давления.

Он был использован для исследования инактивации различных микроорганизмов при использовании инертных газов [4]. Осаждение из газовой фазы обеспечивается подачей смеси из нескольких потоков газов (рис. 3).



Рис. 3. Блок-схема газового блока.

Формирование покрытий производилось на подложки из монокристаллического кремния для последующего измерения толщины на микроинтерферометре МИИ-11, и на подложки из полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Исследование контактного угла смачивания производилось при помощи микроскопа с гониометрической приставкой.

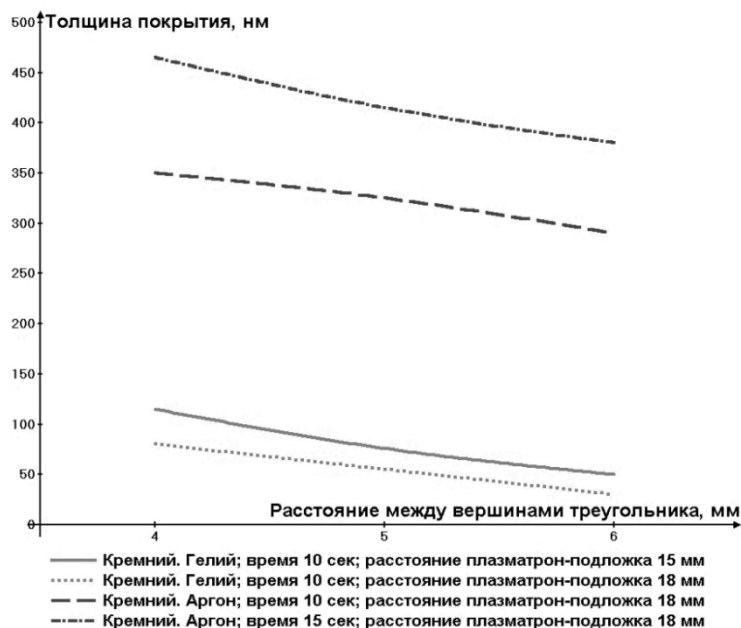


Рис. 4. Зависимость средней толщины полученных углеродных покрытий от расстояния между вершинами треугольника, от расстояния плазматрон-подложка и от используемых плазмообразующих газов.

Исследование толщины полученных покрытий проводилось на образцах на кремневой подложке в нескольких точках: в центре покрытия, в точках вершин треугольника и посередине одного из бёдер треугольника. Исследование показало, что скорость роста углеродных покрытий значительно зависит от расстояния плазматрон-подложка и времени нанесения. Это связано с увеличенным энергетическим вкладом в газовый разряд между соплом плазматрона и подложкой, на которую производилось нанесение. Кроме того это связано с увеличением диффузии частиц газа из плазменной струи в окружающую среду. Было установлено, что использование аргона в качестве плазмообразующего газа позволяет добиться 5-тикратного увеличения скорости роста, что, скорее всего, связано с более интенсивной ионизацией газовой смеси (рис. 5).

Исследования контактного угла смачивания производилось на образцах, как из монокристаллического кремния, так и ПЭТФ (рис. 5 и 6).

Полученные результаты свидетельствуют о повышении гидрофильности ПЭТФ, что связано с эффектом травления во время процесса осаждения. Показано, что кремниевые подложки демонстрируют незначительное повышение гидрофобности (рис. 4). Это связано с тем, что процесс травления кремния во время осаждения из газовой фазы, практически исключается, поскольку кремний имеет иной характер проводимости, чем ПЭТФ, который влияет на протекание НЧ дугового газового разряда.

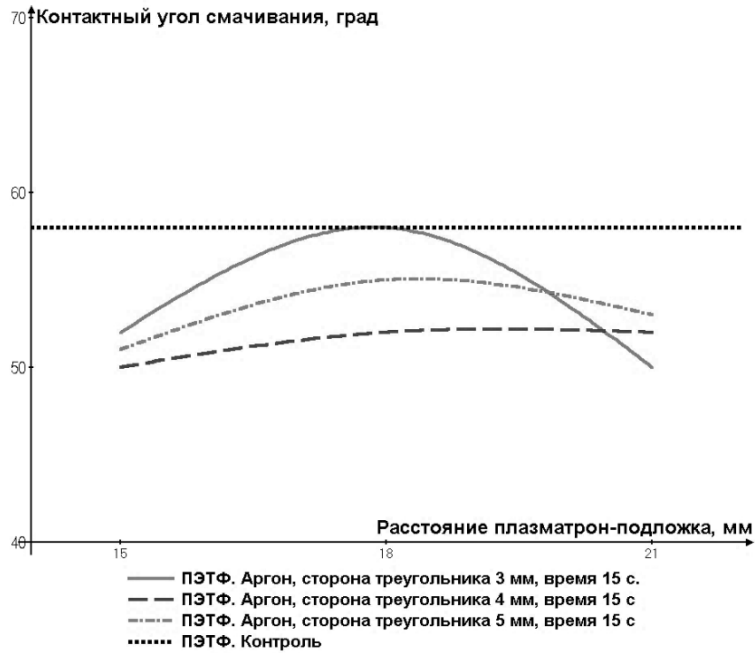


Рис. 5 Контактный угол смачивания полученных покрытий в зависимости от расстояния плазматрон-подложка, расстояния между точками треугольника и от используемого плазмообразующего газа.



Рис. 6 Контактный угол смачивания полученных покрытий в зависимости от расстояния плазматрон-подложка, расстояния между вершинами треугольника и от используемого плазмообразующего газа.

Спектры поглощения были исследованы при помощи спектрофотометра PhotoLab 6600 (WTW, Германия). На рис. 7 показаны спектры углеродных и фторуглеродных покрытий полученных при разных технологических параметрах формирования: расстояние плазматрон-подложка, концентрация C_6H_{12} и время нанесения.

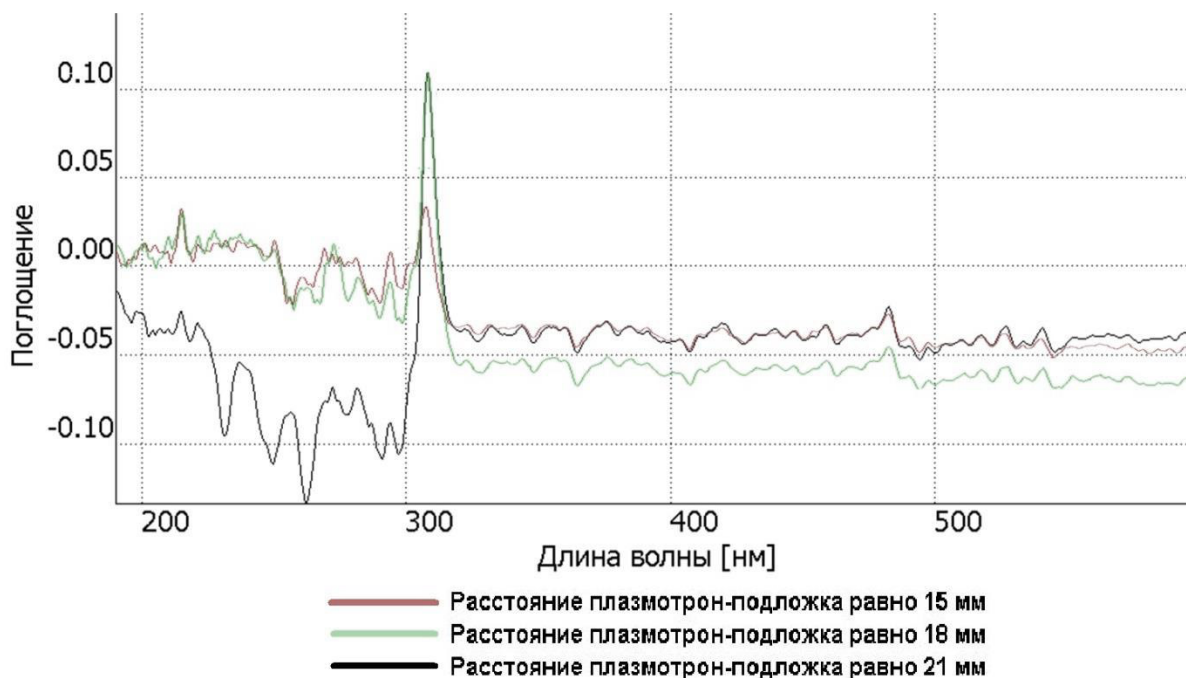


Рис.7. Спектры поглощения полученных покрытий.

Как видно из приведённых спектров, до 310 нм углеродные и фторуглеродные покрытия имеют разный набор пиков поглощения, что связано с различным химическим составом покрытий. В то же время, после 310 нм спектры полученных покрытий имеют практически схожий характер, что говорит об одинаковой интенсивности пропускания видимого диапазона света для обоих типов покрытий. Так же был произведён расчёт запрещённой зоны по методу Тауца, которая составила в среднем $4,09 \pm 0,02$ эВ – для углеродных покрытий и $4,12 \pm 0,04$ эВ – для фторуглеродных покрытий. Данная ширина запрещённой зоны соответствует диэлектрическому материалу. Влияние технологических параметров на ширину запрещённой зоны незначительно.

Таким образом, в результате данной работы были исследованы основные зависимости формирования углеродных и фторуглеродных покрытий при помощи НЧ-плазматрона атмосферного давления. Было установлено влияние технологических параметров нанесения на физические свойства покрытий, а также был подобран оптимальный режим нанесения.

Определены спектры поглощения и установлена ширина запрещённой зоны по методу Тауца, которая составила в среднем $4,12 \pm 0,02$ эВ – для углеродных покрытий и $4,18 \pm 0,04$ эВ – для фторуглеродных покрытий, что соответствует диэлектрическому материалу.

Литература

1. А. М. Филачёв, И. И. Таубкин, М. А. Трищенко, «Области применения изделий твёрдотельной фотоэлектроники» // Успехи прикладной физики, 2015, том 3, № 1, 77 – 84.
2. ..И.П. Суздалев // Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов // М.: КомКнига, 2007, 592 с.
3. . P. Vinogradov, A. Dinkelmann, A. Fateev and A. Lunk, «Deposition of fluorocarbon polymer films in a dielectric barrier discharge (DBD)» // Surface and Coatings Technology, Volumes 174–175, September–October 2003, P. 509–514. DOI: 10.1016/S0257-8972(03)00615-7.
4. В.М. Елинсон, В.А. Петров, В.И. Смирнов, Т.С. Кузнецова, В.П. Холоденков // «Использование холодной плазмы атмосферного давления для инактивации вегетативных и спорных форм микроорганизмов» // Материалы XVIII Международная научно-техническая конференция «Высокие технологии в промышленности России. Материалы и устройства функциональной электроники и микрофотоники», М. 2012, с. 351 – 355.