

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ИОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ГРАФИТА

А.С. Золкин, А.С. Ежак, А.И. Семерикова, Д.А. Романов

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. Золкин А.С.

Новосибирский национальный исследовательский государственный Университет

Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова 2, 630090

E-mail: shuraamogo@gmail.com

Введение. Покрытие на основе нанотрубок демонстрирует практически идеальное поглощение в ультрафиолетовых и оптической областях спектра и сохраняет свои свойства в очень широком интервале длин волн, в который попадают и ультрафиолет, и дальнейшее инфракрасное излучение [1]. Новое покрытие применяется при изготовлении научных приборов, которые должны работать в условиях криогенных температур, где характеристики многих традиционных поглощающих материалов ухудшаются.

Характеристики оптического покрытия определяются спектральными параметрами, адгезией к поверхности подложки, геометрическими размерами, рельефом поверхности, коэффициентами преломления, оптической прочностью, др. аспектами, а также зависят от согласованного выбора типа подложки, на которую наносится покрытие, ее показателя преломления, шероховатости поверхности подложки, др.

Зависимость коэффициентов отражения на разных частотах углеродных пленок на полимерных подложках изучена слабо, что не позволяет получать пленки высокого качества во всем видимом диапазоне. Соответственно с этим возникает необходимость дополнительных исследований по оптимизации условий напыления.

Цель работы – измерение и сравнение коэффициентов отражения, пропускания и поглощения углеродных покрытий на полимерных подложках и покрытия из нанотрубок.

Методика синтеза. В качестве углеродных пленок использовался углерод, нанесенный методом магнетрон-распылительной системы. Распыление проводилось при давлении рабочего газа Ar от 6 до $8 \cdot 10^{-2}$ Па. Ток разряда составлял 0.9 – 1.7 А при напряжении 640–740 В. Полученные пленки имели толщину 2 - 4 мкм

Методика исследования. Оптические свойства углеродных пленок на поверхности полимера исследовались методами спектрофотометрии зеркального отражения. Измерения отражательной способности поверхности пленок при нормальном падении зондирующего луча показали, что пленки являются оптически неоднородными по площади и глубине [2].

Измерение коэффициентов зеркального отражения, пропускания и поглощения углеродных пленок на полимерной подложке проводилось в диапазоне частот 90,9– 1580 ТГц (3300-190 нм) на спектрофотометре SHIMADZU UV-3600. Технические характеристики установки приведены в [4]. В качестве полимерной подложки использовался полиметилметакрилат (оргстекло) толщиной $D = 2$ мм.

Исследуемый образец, модель которого приведена на рис. 1, помещался в кювету спектрофотометра. Влияние кюветы на измеряемые данные исключалось путем корректировки базовой линии. Далее производилось сравнение двух монохроматических пучков, один из которых прошел через образец. Как видно из модели, образец имел две исследуемые области, обозначенные на рис. 1.

Изначально имелась только область №1 толщиной $l \approx 500$ нм, поверх которой напылялась область №2 толщиной 500 нм. В итоге получали область №2 толщиной $d \approx 1$ мкм. Область №1 использовалась как пробное испытание магнетронно-распылительного метода и имела меньшую плотность, серое покрытие в отличие от области №2, чёрное покрытие. Исследовалось только зеркальное отражение (далее «отражение»).

Зависимости коэффициентов пропускания и отражения от длины волны регистрировались с помощью программного обеспечения UVProbe.

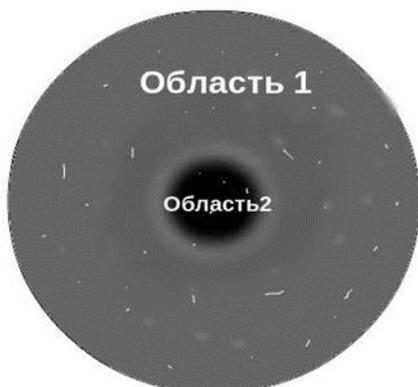


Рис. 1. Исследуемый образец. Область №1- серое покрытие. Область 2 – исследуемая область чёрного покрытия

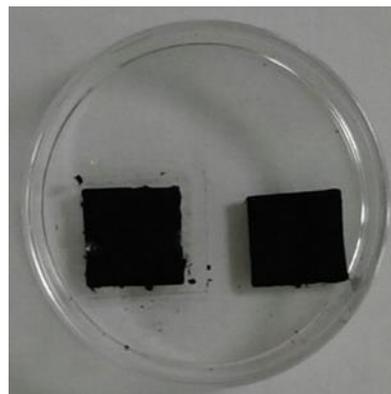


Рис 2. Углеродные нанотрубки выращенные на металлической подложке [5]

Результаты и обсуждение. Полученные зависимости коэффициентов пропускания и поглощения от длины волны позволяют оценивать качество напыления материала на подложку используя численные значения коэффициентов отражения и поглощения как оценочные критерии.

Сравнение коэффициентов отражения для углерода и углеродных нанотрубок проводилось в ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном диапазонах.

Углеродные нанотрубки на рис. 2 предоставлены Институтом неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН. В ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном диапазонах коэффициент отражения углерода меньше, чем коэффициент отражения углеродных нанотрубок. Соответственно с этим, углерод, напыленный на полимерную подложку, имеет перспективы практического использования наряду с углеродными нанотрубками.

Выводы. Проведены измерения коэффициентов отражения, поглощения и пропускания подложки с углеродным напылением в диапазоне от 190 до 2100 нм позволили выявить область селективного отражения света шириной 700 нм для области 2, в которой присутствует интерференционный максимум на длине волны 850 нм и два минимума 660 и 1150 нм.

Установлены эмпирические зависимости для коэффициентов поглощения и пропускания от длины волны для подложки с напылением.

Определены критерии для оценки качества напыления по отражательным характеристикам. Использование этих критериев позволило установить, что качество напыления углерода было лучше, чем напыление углеродных нанотрубок.

Работа выполнена по Проекту «Развитие учебно-научного практикума «Лаборатория экспериментальной физики ФФ НГУ» в рамках Программы САЕ НГУ-2017: «Нелинейная фотоника и квантовые технологии».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. James J. Butler, Georgi T Georgiev, June L. Tveekrem, John G. Hagopian Initial Studies of the Bidirectional Reflectance Distribution Function of Carbon Nanotube Structures for Stray Light Control Applications. October 2010. 14 p.
2. Колфилд Г. М., Оптическая голография в 2-х томах., Мир, 1982.
3. Кузьмичев А. И. Магнетронные распылительные системы. Кн. 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. // «Аверс», Киев, 2008. – 244 с.
4. Руководство по эксплуатации. Спектрофотометр УФ – видимый ИК области фирмы Шимадзу UV-3600 (206-2300).
5. Образцы с выращенными нанотрубками любезно предоставлены проф. А.В. Окотубом, Институт неорганической химии СО РАН.