

«УТВЕРЖДАЮ» _____

Директор АО "НИИГрафит"

Маянов Е. П.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Седловец Дарьи Михайловна «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ГАЗОФАЗНОГО СИНТЕЗА», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нано-электроника, приборы на квантовых эффектах.

Развитие современной микроэлектроники невозможно без использования новых материалов. Особенный интерес с точки зрения развития перспективных технологий гибкой и планарной электроники играют прозрачные пленки, как проводящие, так и полупроводниковые. Подобные материалы очень важны для перспективных транзисторных технологий, дисплеев, датчиков, фотовольтаики, спинтроники и др.

Диссертационная работа Седловец Д.М. посвящена исследованию двумерных проводящих прозрачных пленок нанометровой толщины. Графеноподобные пленки и полифталоцианины являются новыми перспективными материалами для различных применений в микроэлектронике, а использованный для их осаждения метод синтеза (химическое осаждение из газовой фазы) представляется наиболее перспективным с точки зрения организации непрерывных технологий получения высококачественных пленок. Кроме того, использование, например, для осаждения графеноподобных пленок этанола и

водноспиртовых смесей интересно с точки зрения снижения опасности технологии и интеграции ее в концепцию «зеленой химии».

Особый интерес вызывают новые пути синтеза, в ходе которых рост графеновых пленок осуществляется непосредственно на неметаллической, в т.ч. диэлектрической, подложке. Еще более ценной является возможность селективного синтеза углеродных пленок на заданных участках диэлектрических подложек – таким образом можно отказаться не только от процедуры переноса пленки после синтеза, но и от последующего ее микроструктурирования с помощью литографии.

По своей структуре диссертация состоит из введения, пяти глав и выводов. В первой главе содержится обзор литературных данных, посвященных способам получения и основным перспективным областям применения графена, графеноподобных пленок и полифталоцианинов.

Во второй главе описаны экспериментальные методы, использованные в работе. Для синтеза двумерных пленок предлагается современный и распространенный метод химического осаждения из газовой фазы, описанные методики реализации которого соответствуют опубликованным в литературе последних лет; методика переноса выращенных на металлической поверхности пленок на диэлектрические подложки также соответствует современным литературным данным. Для исследования характеристик полученных материалов и прототипов устройств использованы современные физико-химические методы анализа: растровая и просвечивающая электронная, а также атомно-силовая микроскопия, в т.ч. с использованием метода градиента, ИК- и КР-спектроскопия, электронная дифракция, четырехзондовый метод определения электросопротивления с напылением.

Третья глава посвящена исследованию оптических и электрофизических свойств графеноподобных пленок, полученных методом высокотемпературного пиролиза паров этанола и водноэтанольных смесей. Определено оптическое пропускание и электросопротивление пленок, полученных при различных условиях синтеза. На основании данных,

полученных с помощью КР-спектроскопии, определен средний размер кристаллитов в пленке и сделан вывод о том, что разбавление этанола водой позволяет повысить качество осаждаемых пленок. Выявлено влияние состава атмосферы реакции на электросопротивление исследуемых материалов и найдены условия получения пленок, обладающих избирательной чувствительностью к парам этанола. Применение предлагаемого метода синтеза прозрачных проводящих углеродных пленок позволило осуществлять их осаждение не только на поверхности металла-катализатора, но и на диэлектрических подложках, а также на внутренней поверхности пор по всей глубине кремниевых мембран.

Четвертая глава посвящена осаждению графеноподобных пленок на диэлектрических подложках, предварительно обработанных действием электронного пучка. На основании впервые обнаруженного влияния предварительного облучения подложки на скорость роста графеноподобных пленок предложена методика селективного роста таких материалов на неметаллических подложках. С помощью разработанной методики селективного роста была изготовлена тестовая структура в виде полоски углеродной пленки, снята её вольт-амперная характеристика. Рассмотрены некоторые вероятные механизмы воздействия предварительного экспонирования подложки пучком электронов на процесс синтеза. Обнаружено влияние дозы предварительного облучения подложки электронным пучком на степень структурного совершенства осаждаемых пленок.

В пятой главе продемонстрировано применение нового метода синтеза проводящих пленок полифталоцианина меди нанометровой толщины непосредственно на подложке из окисленного кремния. Проведены исследования свойств полученного материала и показано, что пленка обладает высокой степенью упорядоченности.

В выводах перечислены основные результаты, полученные в диссертации.

Замечания по диссертации:

1. Литературный обзор содержит некоторые избыточные сведения об областях применения материалов на основе графена, не касающиеся непосредственно графеновых пленок, полученных методом химического осаждения из газовой фазы, в т.ч. химические источники тока. Во избежание необходимости в обсуждении терминологии получаемых углеродных пленок можно было использовать статью A. Bianco, H.-M. Cheng, T. Enoki et al. Carbon 65, pp.1-6.

2. В третьей главе (п.3.3) из описания способности графеноподобной пленки к регенерации в качестве датчика содержания паров этанола (рис.22) видно, что пленка не вполне восстанавливает исходное сопротивление при регенерации, однако не указано, насколько важен данный параметр для эксплуатации реальных датчиков, а также не обсуждены пути его повышения.

3. В третьей главе (п. 3.4) при описании результатов осаждения графеноподобных пленок на пористую поверхность ГПК-var мембран в РПД-режиме не дается практической количественной оценки влияния снижения поверхностного сопротивления мембран с осажденными графеноподобными пленками на их функционирование.

4. В пятой главе, содержащей оригинальный метод синтеза нанопленок полифталоцианина меди с высокой степенью полимеризации, проведена оценка коэффициента поглощения в оптической области спектра, а также оценка электропроводности полученных пленок. Желательно было бы провести прямое сравнение пленок на полифталоцианина меди и графеноподобных пленок, полученных методом химического осаждения из газовой фазы с точки зрения перспектив их применения в устройствах электроники.

5. Встречаются отдельные отступления от общепринятой научной терминологии (например, «засвеченных» вместо «экспонированных» или «облученных», стр. 87, «органики» вместо «органических веществ», стр. 84).

Отмеченные недостатки не являются принципиальными для общей положительной оценки работы. В целом диссертация представляет собой подробное разностороннее исследование, выполненное на высоком научном уровне с использованием современных технологий и методик. Результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми. Учитывая высокую степень надежности использованных методов, высокий уровень экспериментальных исследований, достоверность результатов не вызывает сомнений.

Диссертация, безусловно, имеет практическую значимость, поскольку результаты исследований могут быть применены для создания прозрачных проводящих покрытий для фотоники и оптоэлектроники. Полученные результаты могут быть применены для создания технологии формирования тонкопленочных углеродных микроструктур без традиционного ресурсоемкого процесса с использованием литографии. Рекомендуется ознакомить с материалами диссертации для изучения полученных в работе результатов такие организации как ИФТТ РАН, НИТУ МИСиС, МФТИ, МИЭТ и др.

Все сделанные в работе выводы логичны и последовательно вытекают из результатов исследований.

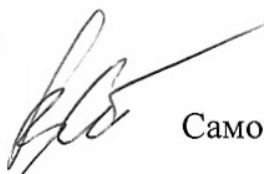
Материалы диссертации опубликованы в 7 статьях из рекомендуемого перечня ВАК, апробированы на семинарах, отечественных и международных конференциях. Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Седловец Д.М. «Исследование электрических и оптических свойств углеродсодержащих пленок, полученных методом газофазного синтеза», по объёму, научной и практической значимости полученных результатов соответствует паспорту специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах и пункту 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (Постановление Правительства

Российской Федерации от 24 сентября 2013 г № 842), а её автор Седловец Дарья Михайловна **заслуживает** присвоения искомой **степени кандидата физико-математических наук** по указанной выше специальности.

Диссертационная работа Седловец Д. М. «Исследование электрических и оптических свойств двумерных углеродсодержащих плёнок, полученных методом газофазного синтеза» заслушана и обсуждена на заседании секции НТС АО «НИИГрафит» «Конструкционные графиты и сырьевые материалы», протокол №26 от 27 октября 2016 года.

Начальник отдела
инновационного развития
и перспективных разработок
АО «НИИГрафит»
доктор технических наук



Самойлов Владимир Маркович

111524, Российская Федерация, г. Москва,
ул. Электродная, д.2, АО «НИИГрафит».
тел. (495)278 00 08 доб. 20-01
e-mail: niigrafit@niigrafit.org