

Отзыв

на автореферат диссертации Марины Борисовны Шавелкиной на тему:
«Синтез углеродных наноструктур в плазменных струях плазмотрона
постоянного тока», представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика
плазмы

Диссертация М.Б. Шавелкиной посвящена исследованию плазмотронного метода синтеза углеродных наноматериалов – эффективной технологии массового и сравнительно дешёвого синтеза этих материалов с перспективой получения катализаторов, электродов и мембран суперконденсаторов, газодиффузионных мембран топливных элементов, чернил для печати гибкой электроники и множества других приложений. Так как каждое из этих направлений бурно развивается в последнее время, **актуален и поиск технологий, их обеспечивающих.**

Научная новизна работы состоит в том, что автору удалось:

увязать свойства получаемых наноматериалов как с интегральными условиями эксперимента (давление, род буферного газа, род предшественника, варьирование геометрии плазмотрона и материала электродов), так и кривыми локальных параметров (температура, концентрация плазмы, иногда – промежуточных продуктов синтеза), частично рассчитываемых, частично измеряемых;

найти возможности варьирования внутри каждого из целевых наноматериалов, управляя параметрами дуги;

найти оптимальное приложение каждого из полученных наноматериалов с учётом их специфики и в ряде случаев продвинуться в каждом конкретном приложении;

Практическая значимость работы состоит в том, что

-автор приобрёл уникальный опыт работы в плазотронно-дуговой технологии и имеет чёткое представление, какой набор диагностических средств следует (или, напротив, не следует) использовать при мониторинге конкретного производства; сказанное относится как к экспериментальной технике, так и разработанным программным средствам;

-автор имеет достаточно глубокий физический уровень понимания того, в каком направлении следует варьировать предложенный метод синтеза для изменения полученного наноматериала в том или ином направлении при возникновении новых задач.

Арсенал использованных диагностик свидетельствует о высокой достоверности полученных результатов и возможности строить на их основе реальные практические применения.

О том же говорит и большое число публикаций в журналах с высоким рейтингом, среди которых:

1. Shavelkina M.B. Ivanov P.P., Amirov R.Kh., Bocharov A.N. Effect of the precursor aggregate state on the synthesis of CNTs in a DC plasma jet // *Diam. Relat. Mater.* 2022. V.123. 108844.
2. Antonova I.V., Shavelkina M.B., Poteryaev D.A., Nebogatikova N.A., Ivanov A.I., Soots R.A., Gutakovskii A.K., Kurkina I.I., Volodin V.A., Katarzhis V.A., Ivanov P.P., Bocharov A. N. Graphene / hexagonal boron nitride composite nanoparticles for 2D printing technologies // *Adv. Eng. Mat.* 2021. V. 24. 2100917.
3. Shavelkina M.B. Ivanov P.P., Bocharov A.N., Amirov R.Kh. Numerical and experimental study of the multichannel nature of the synthesis of carbon nanostructures in DC plasma jets // *Plasma Chem Plasma P.* 2021. V. 41. P. 171 – 189.

Содержание **автореферата** вполне соответствует содержанию диссертации. Кроме того, часть содержания диссертации изложена в автореферате несколько иначе и выделяет смысл диссертации более ярко. Это свидетельствует об отдельной самостоятельной работе над авторефератом, что также характеризует диссертацию с лучшей стороны.

Замечания к работе

1. Научные положения, выносимые на защиту, не имеют характера научных утверждений, т.е. не являются «глаголами», а представляют некие словосочетания, смысл которых без ознакомления с диссертацией совершенно не ясен. Не читая диссертацию полностью, извлечь некоторую информацию можно лишь из выводов, которые, однако, традиционно считаются вторичными по отношению к основным положениям.

2. Среди этих научных положений при всей их краткости есть явно неряшливые формулировки вроде «химический кинетический механизм» (?).

3. При анализе конверсии различных углеводородов в направлении наноструктур автор использует схему «из 753-х реакций» между 120 компонентами. Сразу возникает вопрос, какой процент констант этих 753-х реакций известен хотя бы с приблизительным правдоподобием и не лучше было бы сделать схему на порядок более простую, но способную наглядно передать физический смысл.

4. В автореферате содержится некоторое количество непонятных формулировок, например, «Считается, что наиболее выраженный легирующий эффект имеет замещающий азот, так как сохраняется высокая подвижность носителей заряда, которая необходима в электронных устройствах, так как не нарушается кристаллическая структура и не образуются вакансии, эффективно рассеивающие электроны». В почти нечитаемой фразе содержится по крайней мере три положения, каждое из которых весьма спорно и явно требует аргументации. Азотные дефекты в графенах анализировались; из квантовохимического моделирования следует, что простое замещение практически не реализуется, возникающий дефект затрагивает по крайней мере 5-6 ближайших атомов и никак не может «не нарушать кристаллической структуры» и не «рассеивать носители».

5. Материал, полученный в исследуемой технологии и содержащий, по мнению автора, углеродные нанотрубки (при использовании всех без исключения рабочих газов), выглядит на всех ТЕМ- снимках скорее как углеволокно. Во всяком случае, наличие канала надо обосновывать. То же, по сути, замечание, относится к “опions”, оболочка которых вовсе не выглядит как графито- или фуллереноподобные слои, скорее, как весьма аморфный материал.

Сделанные замечания не снижают научной ценности работы.

Вывод. Диссертационная работа Шавелкиной Марины Борисовны «СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР В ПЛАЗМЕННЫХ СТРУЯХ ПЛАЗМОТРОНА ПОСТОЯННОГО ТОКА», представленная на соискание ученой степени доктора физико- математических наук по специальности 1.3.9 – «физика плазмы», является **завершенным научным исследованием,**

в нём всесторонне разработана проблема получения углеродных наноматериалов в плазмотронно-дуговом методе, определены условия синтеза того или иного материала и оптимальные варианты использования этих материалов.

Считаю, что работа **удовлетворяет** всем требованиям, установленным п.п. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (ред. от 11.09.2021)), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.9 - физика плазмы, а ее автор Шавелкина М.Б. заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Проф. кафедры Микро- и наноэлектроники
С-Пб. Электротехнического Университета «ЛЭТИ»,
д.ф.-м.н.

Алексеев Николай Игоревич

197022 г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5
Санкт-Петербургский ГЭТУ «ЛЭТИ»
Тел. 911 943 56 24
NIalekseyev@yandex.ru



Подпись Н.И. Алексеева заверяю
31.08.2022