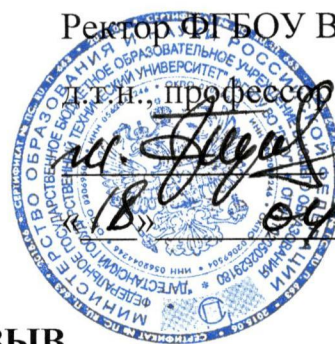


Утверждаю

Ректор ФГБОУ ВО «ДГТУ»

д.т.н., профессор



Исмаилов Т.А.,

2017г.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Хашафа Адел Хамуд Дерхем «Структура и свойства сверхпроводящих пленок $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, полученных магнетронным распылением», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Актуальность работы

Диссертация Хашафа Адел Хамуд Дерхем посвящена решению актуальной задачи по установлению особенностей формирования структуры и свойств ВТСП- пленок на основе $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, выращенных на различных подложках методом магнетронного распыления мишеней, в том числе наноструктурированных, в рамках проблемы создания функциональных материалов для компонентов электронной техники и электроэнергетики. Актуальность работы определяется еще и тем, что выбранный метод получения пленок нацелен на реализацию недорогих, низкоэнергозатратных технологий, способствующих эффективному внедрению получаемой продукции.

Решение обозначенной задачи основывается на детальном изучении предшествующего опыта российских и зарубежных исследователей по рассматриваемым в работе вопросам. Не смотря на огромное количество работ, посвященных технологии получения и результатам исследования ВТСП- пленок на основе $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, диссертанту удалось обнаружить отсутствие данных об использовании «горячих» мишеней, в том числе наноструктурированных, при получении сверхпроводящих слоев методом

магнетронного распыления. Подробное исследование этих вопросов, несомненно, указывает на оригинальность представляемой работы.

Основные научные результаты, полученные в работе

Следует особо отметить работу по подготовке мишеней, отличающихся дисперсностью частиц и прочностью связи между ними, направленную на обеспечение в них примерно равного содержания основной сверхпроводящей фазы и кислородной стехиометрии, что позволило соискателю уменьшить число неконтролируемых технологических параметров в процессе распыления пленок.

Показано, что путем распыления горячих мишеней, на аморфном слое SiO_2 кремниевой подложки, в принципе, можно получать сверхпроводящие пленки с требуемыми на практике свойствами, так же, как и на монокристаллических подложках SrTiO_3 и MgO .

Установлено, что скорость роста пленок $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ при распылении нагретых мишеней заметно выше, чем при распылении «холодных». При этом наибольшая скорость роста наблюдалась при распылении наноструктурированной мишени.

Показано, что низкая механическая прочность наноструктурированной мишени способствует ее дополнительному термическому испарению и формированию потока, в котором кроме атомов содержатся крупные частицы. Это расширяет возможности метода магнетронного распыления, в частности, в плане обеспечения высоких скоростей роста пленок.

Новизна и практическая значимость работы.

Получены сверхпроводящие пленки методом магнетронного распыления трех типов керамических неприпаянных мишеней $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, изготовленных: 1) по обычной керамической технологии из микронного порошка; 2) по обычной керамической технологии с добавкой нанопорошка; 3) из нанопорошка. Показано, что скорости роста сверхпроводящих пленок при распылении нагретых керамических мишеней заметно выше, чем при

обычно используемом методе распыления «холодных» мишеней, которые припаиваются к магнетрону. Установлено, что скорость роста пленок возрастает с увеличением «нано»- составляющей в материале мишени. Использование наноструктурированных мишеней, обладающих оптимальным содержанием кислорода при синтезе в один этап, обеспечивает получение пленок с меньшими энергозатратами по сравнению с микрокристаллической мишенью, полученной по обычной керамической технологии.

Достоверность и обоснованность результатов, приведенных в диссертации Хашафа А. Х. Д. основана на том, что все приведенные данные получены с использованием современных экспериментальных методик и высокотехнологического, аттестованного измерительного оборудования; на образцах, полученных в одних и тех же технологических условиях. Анализ и интерпретация результатов, а также приведенные в работе утверждения находятся в рамках признанных положений и теории рассматриваемых вопросов.

Диссертация и автореферат отвечают требованиям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней. Материалы публикаций и автореферат полностью передают содержание диссертации.

Работа не лишена некоторых недостатков.

В работе обращается внимание на то, что результаты (*in situ*) исследований спектра излучения магнетронной плазмы могут быть инструментом контроля над процессами, происходящими при распылении «горячих» мишеней, а также содержанием ионизированных и неионизированных элементов в плазме. Однако соответствующие сценарии процессов, происходящих при распылении «горячих» микро- и наноструктурированной мишеней при получении тонких пленок, в четвертой главе не приводятся.

В работе утверждается, что значения скорости роста пленок с нагретой мишени YBCO оказались заметно выше, в отличие от тех, которые

приводятся в литературе для припаянных мишеней. Надо заметить, что в работах, где приводятся результаты для случая, когда мишени припаявались, указывается также, что подложка находилась в зоне термолиза атомов, т.е. далеко за пределами зоны разряда. Тогда как, в рассматриваемой работе подложка находилась непосредственной близости к тороду магнетронного разряда.

Приведенные замечания, которые, в большей степени носят рекомендательный характер, не снижают общей научной и прикладной ценности диссертационной работы, не влияют на положительную оценку выполненных исследований, не ставят под сомнение основные результаты и выводы диссертации.

Заключение. Диссертационная работа Хашафа А. Х. Д. является научно-квалификационным трудом, в котором содержится решение задачи установления особенностей формирования структуры и электросопротивления сверхпроводящих пленок, полученных при распылении микро- и нанокристаллических «горячих» мишеней. Выполненные исследования стимулируют формирование новых знаний в области физики конденсированного состояния.

Результаты исследований Хашафа Адел Хамуд Дерхем представлены в 3-х публикациях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, неоднократно обсуждались на различных конференциях и получили признание у ведущих специалистов. По своему объему и значимости, полученных результатов, диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения (Постановление № 842 от 24.09.2013), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент: доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой микроэлектроники ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», Билалов Билал Аругович. Почтовый адрес: 367015, г. Махачкала, просп. Имама Шамиля, д. 70, т. 89289415388, bil-bilal@yandex.ru

