

“УТВЕРЖДАЮ”

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Институт
физики им. Х.И. Амирханова

Дагестанского научного центра РАН,
чл.-корр. РАН, профессор

/Муртазаев А. К./

«25» апреля 2017г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского научного центра РАН

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

Диссертация Хашафа Адел Хамуд Дерхем посвящена актуальной задаче по установлению особенностей формирования структуры и свойств сверхпроводящих пленок $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, осажденных на различных подложках методом магнетронного распыления нагретых мишеней, в том числе наноструктурированных. Эти исследования направлены на решение проблемы создания низкоэнергосажающих технологий получения тонкопленочных структур, способствующих эффективному внедрению получаемой продукции. Функциональные материалы на основе высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), в виде тонких пленок, широко применяются для создания компонент современных устройств электронной техники и электроэнергетики. Особую актуальность в этой связи

приобретают исследования по оптимизации известных, хорошо отработанных технологий с целью обеспечения, как функциональных качеств самих пленок, так и инновационности методов их изготовления, отвечающим требованиям практики. Вопросы о возможности получения сверхпроводящих пленок магнетронным распылением неприпаянных мишеней, а также возможность использования наноструктурированных мишеней, изготовленных при значительно меньших затратах, чем мишени, полученные по обычной керамической технологии, являются новыми.

Основной целью работы является получение, а также исследование структуры и свойств, сверхпроводящих пленок $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ магнетронным распылением нагретых мишеней, изготовленных из микрокристаллических, нанокристаллических и путем компактирования микро- нанокристаллических порошков. Для достижения этой цели соискателем решались задачи по: изготовлению керамических мишеней $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ с примерно одинаковой кислородной стехиометрией по кислороду; оптимизации режимов получения пленок со сверхпроводящими свойствами на различных подложках; исследованию структуры, морфологии и свойств мишеней и пленок, получаемых распылением соответствующих мишеней.

Как наиболее существенные, можно отметить следующие полученные в диссертации результаты. В результате оптимизации технологических режимов магнетронного распыления микрокристаллических, нанокристаллических с добавкой нанопорошка и наноструктурированных мишеней на различных подложках получены тонкие сверхпроводящие пленки $YBa_2Cu_3O_{7-8}$, наследующие электрические свойства мишеней и близкие к ним по структуре. Электросопротивление в нормальном состоянии и температура сверхпроводящего перехода пленок возрастают с уменьшением размера частиц материала мишени, так же как у керамических мишеней.

Эти результаты показывают возможность получения пленок с востребованными на практике свойствами при распылении наноструктурированных мишеней, изготовление, которых требует значительно меньших трудо- и энергозатрат.

Установлено, что значения скорости распыления нагретых мишеней $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ на порядок выше, по сравнению с приведенными в литературе данными скоростей распыления холодных мишеней. Приведена интерпретация сценариев процессов, происходящих при распылении «горячих», в том числе наноструктурированных мишеней. Показано, что при распылении наноструктурированной мишени, а так же мишени с добавлением нанопорошка, скорость роста пленок выше, чем при распылении микрокристаллической мишени. Это объясняется снижением тепловых потерь, интенсификацией процессов испарения и образованием пылевидной плазмы в области магнитной ловушки, частицы которой заряжаются отрицательно.

Дальнейшая работа по оптимизации технологии магнетронного распыления неприпаянных мишеней перспективна в плане возможности получения текстурированных пленок $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ с высокими скоростями роста.

Установлено, что методом магнетронного распыления неприпаянных мишеней на аморфном слое SiO_2 кремниевой подложки можно получать поликристаллический слой $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ со средним размером зерна ~ 200 нм. Абсолютные значения проводимости и температуры перехода в сверхпроводящее состояние таких слоев близки к востребованным эксплуатационным характеристикам. Этот результат может быть использован для получения сверхпроводящих проводов третьего поколения.

Вместе с тем, при обсуждении и прочтении диссертации Хашафа А. Х. Д. возникли **следующие вопросы и замечания.**

Известно, что на практике ценятся текстурированные тонкие пленки в направлении главной оси. Представленные в работе пленки — это слои с хаотическим расположением поликристаллов и нет сведений о том, как необходимо изменить технологические параметры, для получения текстурированных пленок распылением «горячих» мишеней. Хотя, как мы уже отметили, дальнейшая оптимизации технологии, в перспективе, позволит получать текстурированные пленки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ с высокими скоростями роста.

Известно также, что на практике ценятся сверхпроводящие пленки с высокими значениями плотности тока, однако в работе нет сведений об этом параметре.

Приводится полезная рекомендация о возможности контроля содержания ионизированных и неионизированных элементов в плазме на основе исследования (*in situ*) спектра ее излучения при распылении «горячих» мишеней, однако эта возможность широко не используется в самой работе.

Отмеченные недостатки не влияют на положительную оценку выполненной работы и не ставят под сомнение основные результаты и выводы диссертации. Они также не снижают общей научной и прикладной ценности диссертационной работы.

Автореферат и опубликованные статьи достаточно полно отражают основные положения и выводы диссертации.

Заключение.

Оценивая работу в целом, отметим, что диссертация Хашафа А. Х. Д. является квалификационной работой, в которой решена задача по установлению особенностей формирования структуры и свойств сверхпроводящих пленок $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, осажденных на различных подложках методом магнетронного распыления нагретых мишеней, в том числе наноструктурированных. Совокупность полученных в работе результатов будет востребована на практике при решении вопросов по созданию низкочастотных технологий получения тонкопленочных структур. Диссертация Хашафа А. Х. Д. является самостоятельной, законченной, квалификационной научной работой, полностью соответствует профилю диссертационного совета ДД.212.076.02 и отвечает требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, (п. 9, 19, 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842) по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния, а ее автор Хашаф предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Хашафа Адел Хамуд Дерхем за-

служивает присуждения ему искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Материалы диссертации Хашафа А. Х. Д. заслушаны, обсуждены и одобрены на расширенном семинаре лаборатории физики низких температур и магнетизма Института физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского научного центра РАН, протокол № 08 от 31 марта 2017 г.

Заведующий лабораторией физики низких температур и магнетизма, к.ф.-.м.н.




Алиев А.М.



367003, г. Махачкала, ул. М. Ярагского 94, ИФ ДНЦ РАН
E-mail: lowtemp@mail.ru
Тел.: +79882994096

Подпись Алиева А.М заверяю:

/ Ученый секретарь ФГБУН Института физики им. Х.И.Амирханова
Дагестанского научного центра РАН, к.ф.-м.н.  Раджабова Л.М.

25.04.2017