

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Ерёмина Сергея Александровича на тему: «Аддитивное формирование изделий из алмазных порошков методом СВЧ плазмохимического осаждения из газовой фазы», представленной на соискание ученой степени по специальности 05.16.06 — Порошковая металлургия и композиционные материалы и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 28 сентября 2021 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 24 мая 2021 года протокол № 28.

Диссертация выполнена на кафедре Функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Аникин Вячеслав Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол №28 от 24.05.2021) в составе:

1 Левашов Евгений Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий, директор Научно-учебного центра СВС НИТУ «МИСиС» - председатель комиссии;

2 Левина Вера Васильевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС»;

3 Штанский Дмитрий Владимирович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Научно-учебного центра СВС, заведующий Научно-исследовательской лаборатории «Неорганические наноматериалы», профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ «МИСиС»;

4 Ножкина Алла Викторовна, доктор технических наук, профессор, АО «Научно-исследовательский институт природных, синтетических алмазов и инструмента» (АО «ВНИИАЛМАЗ»), научный руководитель лаборатории «Исследование алмазов, синтеза сверхтвердых материалов и оценка соответствия изделий из них»;

5 Шляпин Сергей Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Материаловедение и технология обработки материалов», «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН) г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана новая научная идея** аддитивного формирования изделий из алмазных порошков, заключающаяся в нанесении на подложку в качестве затравки алмазных порошков и последующего чередования процессов послойного нанесения алмазного порошка и СВЧ плазмохимического осаждения алмазной пленки на их поверхности из газовой фазы, которая скрепляет кристаллы алмаза между собой с образованием прочной поликристаллической структуры, позволившая выявить качественно новые закономерности роста алмаза из газовой фазы;
- на основании расчета эффективной глубины проникновения реакции осаждения алмаза из газовой фазы в насыпку алмазного порошка, а также исследований структуры поперечных изломов экспериментальных образцов, показано, что глубина проникновения не зависит от концентрации метана, размера алмазного порошка и составляет – монослой, что обусловлено потерей энергетической мощности СВЧ плазменного разряда в случае многослойной насыпки алмазного порошка;
- **доказана перспективность** использования новой идеи – быстрого прототипирования алмазных изделий методом СВЧ плазмохимического осаждения из газовой фазы для создания объектов электронной техники, работающих в условиях высокого тепловыделения, обрабатывающей промышленности, элементов бронезащиты и радиационно-стойких вставок.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказаны положения**, вносящие вклад в расширение представлений о механизме образования гибридных структур, являющихся композицией различных аллотропных модификаций углерода (нанографита и наноалмаза), в зависимости от градиента распределяемой СВЧ энергии по высоте плазменного разряда, что приводит к формированию в плазменном разряде переходных реакционных зон, характеризующихся разной концентрацией атомарного водорода и метильных радикалов;
- применительно к проблематике диссертации результативно с получением обладающих новизной результатов **использован комплекс** инструментальных методов исследований (сканирующая электронная микроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, рентгеновская дифрактометрия, метод электронного парамагнитного резонанса);
- **изучены** причинно-следственные связи между мощностью СВЧ плазменного разряда, концентрацией атомарного водорода в нем и типом растущей аллотропной модификации углерода, что позволило установить области образования гибридных структур с различным соотношением аллотропных модификаций углерода в зависимости от положения

анализируемого участка в плазменном разряде, что позволяет получать изделия с различными функциональными свойствами.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработана и передана техническая документация в ООО «ЗТК», на процесс аддитивного формирования изделий из алмазных порошков методом СВЧ плазмохимического осаждения из газовой фазы: Технологическая инструкция «На получение аддитивно сформированных алмазных пластин», ТУ26.11.22.190-001-279560342021 «Аддитивно сформированная поликристаллическая алмазная пластина»;
- разработана поддерживающая конструкция для аддитивного формирования сложно профильных алмазных изделий из газовой фазы, материалом которой являются оксидные порошки сферической формы;
- в организации ООО «ТВИНН» исследованы вольтамперные характеристики изготовленного по разработанному способу алмазного образца в диапазоне 0-25 В, установлено, что образец имеет выраженный варисторный эффект в прямом и обратном направлении тока с напряжением открытия 20 В. На основании полученных данных алмазные изделия, изготовленные по разработанному способу, могут быть рекомендованы к практическому применению в качестве пассивного электронного компонента (варистор, конденсатор, катушка индуктивности и др.).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных исследований использованы передовое аналитическое оборудование и современные методы исследований;
- использованы современные методики сбора и обработки исходной информации и представительных массивов экспериментальных данных с применением статистических методов обработки результатов;
- идея работы базируется на обобщении мирового опыта в области аддитивных технологий и осаждении алмазных пленок из газовой фазы;
- в обсуждении результатов использованы данные, опубликованные по тематике осаждения алмаза из газовой фазы авторами: Б.В. Дерягин, Д.В. Федосеев, Д.Н. Совык, В.Г. Ральченко, А. Glaser, S. M. Rosiwal;
- установлено качественное совпадение результатов диссертационного исследования с результатами по осаждению алмаза из газовой фазы, представленными в независимых источниках авторами В.С.Седов, А.А. Хомич, R.F. Singer, X. Wang, P.W. May.

Диссертация является полностью завершенной научной работой. В ней обобщены результаты исследований, полученные лично автором, либо при его непосредственном участии. Автору работы принадлежит основная роль в

получении и обработке экспериментальных данных, их анализе и обобщении всех полученных результатов, формулировании выводов, написании статей.

Соискатель представил 14 работ, в том числе 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК и входящих в базу данных Scopus, 6 тезисов докладов, 2 патента РФ.

Пункт 2.6 Положения о присуждении ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Ерёмкина Сергея Александровича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований разработаны новые научно-обоснованные технические и технологические решения задачи получения сложнопрофильных алмазных изделий аддитивным формированием путем нанесения на подложку слоев алмазного порошка в качестве затравки и последующего чередования процессов послойного нанесения алмазного порошка и алмазной пленки на их поверхности СВЧ плазмохимическим осаждением из газовой фазы, имеющие существенное значение для расширения применения аддитивных технологий при получении алмазных изделий различного назначения.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Ерёмкину Сергею Александровичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



Е.А. Левашов

28.09.2021