

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора департамента науки
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)»,
кандидат технических наук

Д. В. Гайворонский
«14 » мая 2019 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»
на диссертационную работу Пестерева Анатолия Александровича
«Оптимальное управление подвижным источником теплового воздействия при легировании заготовок кварцевых оптических волокон»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)».

Актуальность работы

В современных условиях развития волоконно-оптических систем применение новых типов оптических волокон (ОВ) специального назначения находит широкое применение. Как известно, в производстве оптического волокна изготовление заготовки ОВ является одним из ключевых этапов, так как именно на этом этапе закладываются качественные характеристики будущего оптического волокна.

В настоящее время активно развиваются несколько технологий парофазного осаждения, применяемых для изготовления заготовок оптических волокон, среди которых широкое применение находит известная технология модифицированного химического парофазного осаждения (Modified chemical vapor deposition - MCVD). Благодаря универсальности и гибкости данной технологии в совокупности с развитием технических средств автоматизации открываются возможности повышения стабильности параметров заготовок за счет автоматизации процессов изготовления кварцевых заготовок, выполненных по технологии MCVD. Однако в рамках традиционного метода MCVD в силу физико-химической специфики парофазного осаждения трудно получить заготовки требуемой геометрической и оптической стабильности.

Актуальной задачей в области получения кварцевых заготовок по технологии MCVD является обеспечение равномерного слоя осевших реагентов, позволяющего получить требуемые оптические и геометрические характеристики оптических волокон. Разработка систем стабилизации температурного поля участка трубы, находящейся в зоне разогрева кислородно-водородной горелки позволит решить эту задачу. Таким образом,

тематика диссертационной работы Пестерева А.А., ориентированная на совершенствование технологии MCVD в производстве специальных оптических волокон, является актуальной.

Общая характеристика содержания работы

В работе представлен анализ существующих автоматизированных систем управления в производстве специального оптического волокна. Рассмотрены основные системы управления MCVD станка, оказывающие существенное влияние на качество конечного изделия. Отмечена сложность ведения технологии MCVD, заключающаяся в высокой чувствительности оптических и геометрических параметров заготовки к отклонениям технологических параметров в течение процесса. Установлено, что определяющие физико-химические процессы окисления и осаждения частиц в процессе MCVD регламентированы переменным температурным полем внутри и на поверхности трубы. В связи с этим в диссертации предложен способ оптимального управления температурным полем с учетом распределённых свойств объекта.

На основе исследования закономерностей распределения температуры по длине кварцевой трубы при ее нагреве подвижным источником теплового воздействия предложена математическая модель, которая включает в себя уравнение теплопроводности в цилиндрической системе координат и функцию подвижного источника. Представлены результаты определения параметров подвижного источника воздействия. Введено понятие эффективной температуры в процессе MCVD, предложена оригинальная методика расчета технологических параметров процесса MCVD по эффективной температуре.

Выполнена постановка и решение задачи оптимального управления температурным полем, целью которого является повышение качества изготавливаемой заготовки за счет достижения большей равномерности осаждаемого слоя по длине трубы. В рамках данной работы выполнен анализ асимптотической устойчивости линеаризованной математической модели линеаризованной математической модели системы оптимального управления.

Показаны состав и место АСУ ТП в процессе изготовления заготовок методом MCVD, представлено описание технического, математического и программного обеспечений АСУ ТП.

Достоверность и обоснованность результатов исследований

Обоснованность результатов исследования базируется на корректном использовании основных положений теории автоматического управления, теории оптимизации, теории планирования эксперимента, теории вычислительных машин и программирования, а также методов математического моделирования.

Достоверность научных положений, результатов и выводов обеспечивается данными экспериментов, а также положительными результатами внедрения предложенных моделей, алгоритмов и способа управления на действующем предприятии ПАО «Пермская научно-

производственная приборостроительная компания», что подтверждается соответствующим актом.

Результаты исследований представлены на конференциях различного уровня (международные, всероссийские, региональные). Научные публикации и текст автореферата достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Научная новизна работы

В работе получены следующие основные результаты, отличающиеся научной новизной:

- получены новые результаты по оценке влияния параметров подвижного теплового источника на распределение температуры кварцевой трубы, что позволяет снизить погрешности расчет технологических режимов процесса MCVD;
- разработана и внедрена оригинальная методика расчета температурных режимов процесса MCVD, отличающаяся учетом эффективной температуры, что позволяет рассчитывать компенсирующие сигналы и, тем самым, вносить корректировку в систему управления станка MCVD;
- предложен способ управления температурным полем объекта управления с учетом его распределенных параметров, что позволяет оптимизировать процесс стабилизации температурного поля;
- предложен алгоритм оптимального стабилизирующего управления, отличающийся наличием блока вычислений оптимального процесса, что позволяет стабилизировать температурное поле в режиме реального времени.

Значимость результатов, полученных автором, для науки

По итогам анализа MCVD-процесса изготовления заготовок кварцевых оптических волокон автор обосновал целесообразность использования принципиально нового способа управления температурным полем – оптимального управления подвижным источником теплового воздействия, рассмотрев объект управления как часть системы автоматического управления с распределенными параметрами.

Разработанные модели и алгоритмы являются основой предложенной Пестеревым А.А. системы оптимального управления подвижным источником теплового воздействия при легировании заготовок кварцевых оптических волокон.

Значимость результатов, полученных автором, для практики

Разработанные модели, методы и алгоритмы прошли апробацию и внедрены на предприятии ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (г. Пермь).

Результаты внедрения и эксплуатации подтвердили работоспособность и эффективность разработанных методов и сократили технологический отход в процессе изготовления изделий по технологии MCVD за счет оптимального управления температурным полем, что подтверждается актом внедрения результатов диссертационного исследования (Приложение А).

Научные и практические результаты работы Пестерева А.А. используются в учебном процессе кафедры «Прикладная математика» ПНИПУ.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанная автором система оптимального управления подвижным источником теплового воздействия при легировании заготовок кварцевых оптических волокон, включающая в себя математические модели, алгоритмы, оригинальную методику и соответствующее программное обеспечение, может быть рекомендована к использованию на предприятиях по производству оптического волокна в системах управления с подвижным источником теплового воздействия тепломеханических станков и станков MCVD.

Замечания по диссертации

1. В автореферате на рисунке 2, схематически изображающем процесс MCVD, присутствует параметр N_2 , однако далее по тексту ни в автореферате, ни в тексте диссертации не раскрыт его физический смысл и назначение.

2. В работе недостаточно полно дано обоснование выбора критерия оптимальности (стр. 77, формула 3.10).

3. В работе не раскрыт смысл произвольной функции $p(z, t)$, связанной с функцией оптимального управления $u_{opt}(z, t)$ (стр. 79).

4. В работе не представлено информации о том, какие аппаратные средства требуются для обеспечения заявленного времени регулирования (менее 1 с, стр. 81, рис. 3.1).

5. Автором не представлено обоснования и описания выбора критерия, который использовался для верификации модели на данных эксперимента.

Приведенные замечания не уменьшают теоретической и практической ценности полученных результатов и не снижают положительного впечатления от представленной диссертационной работы.

Заключение

В целом диссертация Пестерева Анатолия Александровича является актуальной научно-квалификационной работой, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Полученные в работе результаты вносят существенный вклад в развитие систем управления MCVD-процесса изготовления заготовок кварцевых оптических волокон.

Диссертация характеризуется внутренним содержательным и стилевым единством, логично и обоснованно приводящим к реализации целей исследования. Оформление диссертации в целом отвечает установленным требованиям.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Результаты работы достаточно полно опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях и в изданиях, приравненных к ним (4 публикации).

Автореферат по содержанию соответствует тексту диссертации, отражает ее основные положения и выводы, дает представление об актуальности темы, целях, задачах, объекте и методах исследования, научной новизне, практической ценности, реализации, апробации, объеме, кратком

содержании и результатах работы. Следует отметить, что сама диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)»: п. 1 «Автоматизация производства заготовок, изготовления деталей и сборки»; п. 8 «Формализованные методы анализа, синтеза, исследования и оптимизация модульных структур систем сбора и обработки данных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.»; п. 15 «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСТПП и др.)».

На основании вышеизложенного можно заключить, что работа Пестерева Анатолия Александровича соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)».

Доклад Пестерева Анатолия Александровича заслушан и одобрен на заседании кафедры систем автоматического управления ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)».

Отзыв по результатам всестороннего рассмотрения и обсуждения доклада Пестерева А.А. единогласно одобрен на заседании кафедры систем автоматического управления ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», протокол № 1-05/2019 от «14» мая 2019 года.

Заведующий кафедрой
систем автоматического управления,
доктор технических наук



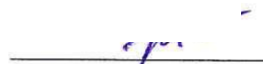
В.Н. Шелудько

Профессор кафедры
систем автоматического управления,
доктор технических наук, профессор



В.В. Путов

Ученый секретарь кафедры
систем автоматического управления, доцент
кандидат экономических наук



Т.Л. Русяева

Сведения о ведущей организации: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5. Тел.: +7 (812) 346-44-87; 234-6818; Факс: +7 (812) 346-27-58. E-mail: vvputov@mail.ru Web-сайт: <https://etu.ru/>