

## ОТЗЫВ

### на автореферат диссертации Азановой Ирины Сергеевны «Радиационная стойкость волоконно-оптических компонентов интерферометрических датчиков физических величин», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Азановой И. С. посвящена решению крупной научно-технической проблемы - установлению физических закономерностей деградации оптических свойств компонентов волоконно-оптических интерферометрических датчиков (ВОИД) под действием ионизирующих излучений (ИИ) и созданию физических основ технологии радиационно-стойких волоконных световодов. Актуальность темы не вызывает сомнений, поскольку расширение областей применения прецизионных датчиков, таких как волоконно-оптический гироскоп (ВОГ), в космической технике и атомной энергетике напрямую сдерживается недостаточной изученностью поведения материалов оптического тракта в полях непрерывного и импульсного излучения.

Судя по содержанию автореферата, автором выполнен значительный объем экспериментальных и аналитических исследований. К наиболее существенным результатам, определяющим научную новизну и практическую ценность работы, следует отнести следующие:

1. Автором обоснован и реализован подход, позволивший в сопоставимых условиях провести сравнительный анализ радиационно-наведенных потерь (РНП) для широкого класса материалов: от стандартных германосиликатных световодов до перспективных волокон с нелегированной кварцевой сердцевиной ( $\text{PSiO}_2$ ) и активных сред. Убедительно показано, что именно режимы осаждения фторсиликатной оболочки и создание контролируемой кислороднодефицитной среды в сердцевине преформы являются ключевыми факторами снижения чувствительности РНП к внешним упругим напряжениям и мощности зондирующего сигнала.

2. Важным с точки зрения физики конденсированного состояния является вывод о доминирующей роли радиационных центров окраски с полосами поглощения 0,95 эВ и 1,12 эВ в формировании потерь на рабочей длине волны 1550 нм. Полученные данные о связи концентрации этих центров с деформацией сетки стекла и содержанием немостикового кислорода позволяют осознанно управлять свойствами материала на этапе синтеза заготовок.

3. Предложенная математическая модель, основанная на сумме растянутых экспонент Кольрауша, адекватно описывает релаксацию РНП как в свободном волокне, так и в напряженных гироскопических контурах. Особого внимания заслуживает обнаруженный эффект экспоненциального роста характерного времени жизни «короткоживущих» центров окраски при увеличении относительной продольной деформации световода. Этот результат имеет прямое отношение к прогнозированию периода неработоспособности приборов в условиях импульсного гамма-нейтронного облучения.

На основе полученных закономерностей создана и внедрена в серийное производство (ПАО «ПНППК») промышленная технология изготовления анизотропного радиационно-стойкого волокна типа «Панда» с величиной двулучепреломления до  $7,3 \cdot 10^{-4}$  и низким уровнем начальных и наведенных потерь. Этот факт свидетельствует о высокой степени завершенности работы и ее значительном вкладе в технологический суверенитет отечественного оптического приборостроения.

Достоверность результатов обеспечена применением аттестованного контрольно-измерительного оборудования и уникальных стендов (ЛИУ-30М, БР-1М), позволяющих моделировать различные виды радиационного воздействия. Обоснованность выводов подтверждается значительным объемом экспериментальных данных, хорошей воспроизводимостью результатов в повторяющихся сериях опытов, а также успешным внедрением разработанных технологических решений в серийное производство оптического волокна. Материалы диссертации прошли апробацию в ведущих рецензируемых научных журналах, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science.

Тем не менее, по тексту автореферата **необходимо высказать следующие замечания и вопросы:**

1. В автореферате не раскрыты детали методики измерения сдвига частоты Бриллюэна, хотя этот параметр используется как ключевой индикатор внутренних упругих напряжений в сердцевине световода. Остается неясным, в каком состоянии находились образцы ОВ во время измерений — обеспечивалась ли свободная намотка без механических воздействий и применялось ли термостатирование для исключения влияния температуры на величину бриллюэновского сдвига. Уточнение этих условий важно для корректной интерпретации заявленной связи между деформацией сетки стекла и радиационно-наведенными потерями.

2. Название диссертации заявлено весьма широко — «интерферометрические датчики физических величин», однако основной массив экспериментальных данных и практические рекомендации сфокусированы исключительно на компонентах волоконно-оптического гироскопа. Целесообразно ли ожидать, что выявленные закономерности, в частности влияние напряженно-деформированного состояния на релаксацию РНП, будут в полной мере справедливы для других схем, например, для волоконных датчиков тока на эффекте Фарадея или интерферометрических датчиков акустического давления, где конфигурация оптического тракта и требования к состоянию поляризации могут существенно отличаться от схемы ВОГ?

Указанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общей высокой оценки работы. Судя по автореферату, диссертация является завершенной научно-квалификационной работой. В ней на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие физики радиационных процессов в стеклах и создание стойкой компонентной базы волоконной оптики.

Работа полностью соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Азанова Ирина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

кандидат технических наук, старший научный сотрудник с исполнением функций заведующего лабораторией фотоники «Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук («ИМСС УрО РАН»)  
29 апреля 2026 г.

Ю.А. Константинов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН)  
614000, г. Пермь, ул. Ленина, 13а. +7 (342) 212-60-08, psc@permisc.ru

Я, Константинов Юрий Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Личную подпись к.т.н., с.н.с.  
Константинова Ю.А. заверяю

Главный ученый секретарь  
ПФИЦ УрО РАН, к.ф.-м.н.



А.Г. Вотинова