

ОТЗЫВ

официального оппонента

д.ф.-м.н., профессора Каленкова Сергея Геннадьевича
на диссертацию Савонина Сергея Александровича

**«Методы численной коррекционной постобработки изображений
в цифровой голографической интерферометрии»,**

представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.21 – лазерная физика

Диссертационная работа Савонина С.А. относится к исследованиям в области лазерной физики и посвящена развитию теоретических и экспериментальных основ голографических интерференционных методов контроля отражающих и прозрачных объектов технического и биологического происхождения. Направленность диссертационного исследования связана с решением задач по повышению пространственного разрешения метода голографической интерферометрии и достижению новых возможностей по визуализации пространственных фазовых распределений путем применения численных коррекционных методов постобработки цифровых голограмм. Выбранная тема диссертации в высокой степени актуальна в силу интенсивного применения методов цифровой голографии при решении широкого круга задач по контролю отражающих и прозрачных объектов, в частности, в исследовании деформаций и вибрационных процессов, диффузионных процессов в многокомпонентных системах, в микроскопических исследованиях структуры технических и биологических объектов. Этим научным направлениям прецизионных лазерных голографических измерений посвящается достаточно большое число научных публикаций в международных и отечественных журналах, что свидетельствует об их активном развитии.

В диссертации выполнены исследования по разработке формального теоретического аппарата и численных моделей формирования спекл-модулированных интерферограмм деформационных смещений поверхности трехмерных диффузно-отражающих объектов. Проведены численные

эксперименты и продемонстрировано влияние формы и размера апертуры изображающей оптической системы, а также геометрических параметров оптической схемы записи голограммы, на пространственную структуру интерференционных полос голографического интерференционного изображения.

Обоснован и апробирован в натурном эксперименте метод повышения точности количественного голографического контроля деформационных микросмещений поверхности объектов, основанный на численном устранении в восстановленном образе объектного поля тех фазовых пространственных сдвигов, что определяются недеформационными микроперемещениями объекта, вносимыми в ходе проведения эксперимента при приложении к объекту тех или иных нагрузок.

Разработан и экспериментально опробован способ повышения контраста интерферограмм и пространственного разрешения цифровой голографической интерферометрии диффузно-отражающих и прозрачных объектов, основанный на применении к исходным цифровым голограммам специализированной численной апостериорной обработки на этапах расчета их пространственного спектра и пространственно-частотной фильтрации объектных спектральных компонент.

Теоретически обосновано и продемонстрировано в натурном эксперименте, что интерферограммы, формирующиеся в двухволновых интерферометрах на отражение в частично-когерентном свете, можно рассматривать и использовать как пространственно локализованные цифровые голограммы. Применение к ним голографической обработки обеспечивает возможность численного представления пространственных фазовых распределений в объектном поле, что позволяет отказаться от трудоемкого процесса интерпретации интерферограмм в полосах конечной ширины.

В диссертации предложен метод увеличения пространственного разрешения интерферограмм в цифровой голографической микроскопии, основанный на численном дополнении отфильтрованных объектных компонент пространственного спектра голограммы массивом нулевых значений и формировании на интерферограмме спеклов заданной геометрии за счет подбора соответствующих формы и размеров окна пространственно-частотной фильтрации голограмм.

Полученные в диссертации результаты исследований важны для развития теоретических и экспериментальных основ новых прецизионных высокоразрешающих методов лазерных интерференционных измерений и контроля состояния объектов различной природы.

Сформулированные в диссертации научные положения, результаты и выводы в достаточной степени обоснованы и выверены с использованием численных и натуральных экспериментов, корректно выполненных в соответствии с техникой цифровой голографии и цифровой голографической интерферометрии; а также с использованием формального теоретического анализа исследуемых волновых процессов, основанного на положениях скалярной теории дифракции.

Достоверность полученных в работе научных результатов и выводов подтверждается соответствием экспериментальных результатов теоретическим выводам и результатам математического моделирования; корректностью применяемых алгоритмов и методов численной обработки цифровых голограмм и интерферограмм; применением в разработанных алгоритмах формирования спекл-модулированных интерферограмм теоретического аппарата, адекватного исследуемым физическим процессам.

Научную новизну имеют следующие полученные в диссертационной работе результаты:

- теоретическая модель и численный алгоритм визуализации пространственного распределения интенсивности света в спекл-модулированных голографических интерферограммах деформации поверхности и микросмещений как целого диффузно-рассеивающих объектов;
- численный алгоритм коррекционной постобработки интерферограмм для устранения на них фазовых вкладов от возникающих в эксперименте недеформационных смещений поверхности объекта (микронаклонов и поступательных микросмещений объекта как целого);
- численные и натурные эксперименты по установлению влияния геометрических параметров оптической схемы записи цифровых голограмм на чувствительность метода голографической интерферометрии к поступательным микросмещениям объекта как целого;

- метод повышения контраста интерферограмм в голографической интерферометрии, основанный на применении к записанным голограммам, на этапе расчета их пространственного спектра, процедуры ступенчатой интерполяции;
- метод численной трехмерной визуализации микрорельефа поверхности микрообъектов в интерференционной микроскопии на отражение, основанный на голографической обработке интерферограмм, формирующихся в двухволновых интерферометрах в частично-когерентном свете;
- применение специализированных численных процедур повышения контраста и разрешения интерференционных полос для реализации метода лазерной высокоразрешающей голографической интерференционной микроскопии быстропротекающих микропроцессов в прозрачных средах;
- аналитические оценки максимально возможного градиента изменения величин микроперемещения поверхности отражающего объекта и показателя преломления в прозрачной среде, которые контролируются при использовании матричного фоторегистратора с заданными пространственно-временными частотными характеристиками.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в их направленности на развитие лазерных методов интерференционного контроля полей микродеформаций и пространственных фазовых распределений диффузно-отражающих объектов и прозрачных микросред. Результаты математического моделирования и численных экспериментов важны с точки зрения оценки корректности постановки натурального эксперимента и интерпретации его результатов при контроле деформаций рассеивающих объектов методом лазерной голографической интерферометрии.

Разработанные численные алгоритмы устранения недеформационных фазовых вкладов в объектном поле и повышения контраста формируемых интерферограмм расширяют метрологические возможности метода цифровой голографической интерферометрии и повышают достоверность контроля пространственного распределения фазы объектного поля при решении широкого круга практических задач по контролю поверхности рассеивающих трехмерных объектов различного технического назначения.

Возможность прямой численной визуализации трехмерного микрорельефа поверхности исследуемого микрообъекта, при использовании представленного в работе метода голографической обработки интерферограмм, расширяет технические и функциональные возможности существующих двухволновых интерферометров в частично когерентном излучении. Разработанный высокоразрешающий метод лазерной голографической интерференционной микроскопии может в успехом применяться в задачах неинвазивного контроля диффузионных процессов в многокомпонентных прозрачных средах.

Вместе с тем, по диссертации Савонина С.А. имеется следующее замечание. В работе, на наш взгляд, уделено недостаточное внимание натурному эксперименту, хотя результаты численного моделирования, выполненные автором, могли быть достаточно просто применены к реальным экспериментальным результатам.

Указанное замечание носит частный характер и не снижает общего научного уровня работы, ценности и значимости ее основных результатов и положений.

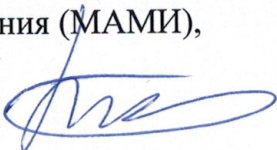
Диссертационная работа Савонина С.А. является законченным научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне; в ней представлены оригинальные теоретические и экспериментальные результаты. Работа содержит обширный иллюстративный материал, текст грамотно изложен и корректно оформлен. Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание работы, основные выводы, положения и результаты, выносимые на защиту.

По материалам диссертации автором было опубликовано 19 печатных работ, в числе которых 4 статьи в рецензируемых изданиях, установленных Министерством образования и науки РФ для публикации результатов диссертационных исследований, и 15 публикаций в сборниках научных трудов и материалах конференций. Апробация результатов диссертационной работы проводилась на всероссийских и международных научных конференциях.

Диссертационная работа С.А. Савонина «Методы численной коррекционной постобработки изображений в цифровой голографической интерферометрии»

полностью соответствует специальности 01.04.21 – лазерная физика и удовлетворяет требованиям, установленным действующим «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. Автор диссертации, Савонин Сергей Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Официальный оппонент,
директор НТЦ «Оптоэлектроника»
Университета машиностроения (МАМИ),
д.ф.-м.н., профессор



Каленков Сергей Геннадьевич

«14» апреля 2016 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный машиностроительный
университет (МАМИ)»

Адрес: 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38

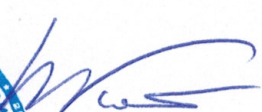
Тел.: 8-926-363-14-96 ; E-mail: kaser45@gmail.com

Подпись Каленкова С.Г. заверяю.

Главный ученый секретарь

Университета машиностроения (МАМИ)

д.т.н., профессор

И.И. Колтунов