

Сосредоточенные и распределенные (тактильные) датчики на основе явления механолюминесценции для приборов регистрации и измерения импульсных давлений»

Государственный контракт № П от 11 ноября 2009

Авторы проекта – к.т.н. доцент Татмышевский К.В., к.т.н., доцент Макарова Н.Ю., ассистент Павлов Д.Д.

Механолюминесцентные сенсоры преобразуют механические воздействия в видимое или инфракрасное излучение.

Сенсоры отличаются:

- светогенерационностью
 - высоким быстродействием
 - сопряжением с волоконно-оптическими линиями связи
 - электромагнитной и радиационной помехоустойчивостью
 - вибростойкостью и механической прочностью
- возможностью миниатюризации с использованием технологий МЭМС и МОЭМС

Обоснование актуальности планируемых исследований

Исследование направлено на изучение и создание нового типа датчиков импульсно давления, основанных на явлении механолюминесценции. Само явление является малоизученным и пока не нашло широкого применения в науке и технике. Однако, чувствительные элементы, созданные на основе данного физического принципа обладают рядом преимуществ по сравнению с ныне применяемыми сенсорами датчиков давления и силы. Механолюминесцентные датчики работают по принципу прямого преобразования механической энергии в энергию оптического излучения. Поэтому изучение данного явления и применение его для создания нового типа чувствительных элементов и приборов на их основе является актуальным в настоящее время, так как расширяет возможности датчиков давления и позволяет получать большее количество информации о прикладываемом внешнем воздействии (величина, длительность, место приложения – координаты воздействия, визуализация поля давления, определение формы тела вызвавшего воздействие в месте контакта, контроль целостности поверхности оснащенной чувствительным элементом на основе явления механолюминесценции).

Проект направлен на решение следующих задач:

- исследование физических основ явления механолюминесценции и создание математической модели механолюминесцентного преобразования;
- получение математических зависимостей для проектирования чувствительных элементов на основе данного явления;
- разработка и исследование датчиков давления с сосредоточенными и распределенными чувствительными элементами на основе явления механолюминесценции;
- проработка вариантов конструкции и вопросов применения нового типа датчиков давления для получения новых характеристик устройств, оснащенных такими датчиками.

Преимущества датчиков давления с чувствительными элементами на основе явления механолюминесценции предопределяются особенностями материалов и конструкцией, такими как: твердость чувствительного элемента датчика, отсутствие в конструкции подвижных частей, невосприимчивость к электромагнитным и прочим помехам, устойчивость к воздействию радиации, возможность использования в условиях с высокой / низкой температурой и влажностью, возможность простого сопряжения с оптоволоконными линиями передачи информации, работа в генераторном режиме (в механолюминофоре происходит прямое преобразование механической энергии в энергию светового излучения) отсутствие потребности подведения электрического напряжения к датчику, возможность встраивания (интеграции) датчиков в конструкции из композитных и керамических материалов.

Параметры механолюминесцентных датчиков

- Площадь излучающей поверхности...1 кв. мм...1 кв. м
- Толщина сенсорного элемента.....25-30 мкм
- Погрешность преобразования.....2-3 %
- Диапазон рабочих температур.....-50С - +200С
- Спектр излучения.....450 нм - 680 нм

Научная значимость проблемы исследования

Одним из направлений совершенствования и развития измерительных приборов и информационно-измерительных систем является создание принципиально новых датчиков внешних физических воздействий. При этом особое внимание уделяется разработке датчиков давления, как основных элементов, позволяющих повысить и расширить объем поступающей в систему информации о механических внешних воздействиях. Восприятие полей давления воспроизводит чувство осязания, например, в адаптивных захватных устройствах, не менее важное для управления роботами, чем зрение. К таким ситуациям можно отнести удар мобильного робота при наезде на препятствие, разрушение корпуса робота при падении тяжелых предметов, метеоритные потоки, воздействующие на космические спутники связи и навигации, срабатывание автомобильной подушки безопасности и др. Особенности условий функционирования технических приборных систем одновременно выдвигают противоречивые требования. С одной стороны, это требования повышения чувствительности к входным механическим воздействиям, обеспечения многоканальности, быстродействия и высокой пространственной разрешающей способности. С другой стороны, требование повышения помехоустойчивости в условиях воздействия интенсивных естественных и искусственных электромагнитных помех. Радикальным путем разрешения данной проблемы в информационных цепях приборных систем является переход от электрических к оптоэлектронным компонентам и устройствам для передачи, приема и обработки сигналов. В этом случае протяженные кабельные электрические линии связи могут быть заменены волоконно-оптическими, практически не подверженными воздействию электромагнитных помех.

Однако такое кардинальное решение проблемы повышения помехоустойчивости информационных цепей потребовало изыскания возможности построения датчиков, преобразующих различные входные механические воздействия в выходной оптический сигнал, пригодный для дальнейшей обработки. Наиболее целесообразным и перспективным решением этой задачи является применение датчиков импульсно давления с механолюминесцентными чувствительными элементами сосредоточенного и распределенного типа.

Научная значимость работы заключается:

- в проведении теоретического исследования процессов туннелирования электронов примесных центров свечения полупроводников класса АВ (кристаллофосфоров) в электрическом поле движущихся дислокаций внутри объема кристаллических структур с целью создания светогенерационных механолюминесцентных датчиков;
 - в создании теоретических предпосылок для проектирования светогенерационных механолюминесцентных сосредоточенных и распределенных чувствительных элементов датчиков импульсно давления;
 - в разработке математической модели внутрицентральной механолюминесценции цинксulfидных порошковых люминофоров;
 - в разработке методики расчета выходных оптических сигналов механолюминесцентных чувствительных элементов и датчиков на их основе;
 - в нахождении закономерностей формирования выходного оптического сигнала механолюминесцентных датчиков в зависимости от параметров входного импульса давления и внутренней структуры материала;
 - в классификации механолюминесцентных датчиков по типу механолюминесцентного материала, виду чувствительного элемента, виду оптического канала связи и типу входного механического воздействия;
 - в разработке методики обработки выходного оптического сигнала датчика, позволяющей определять форму входного импульса давления в пределах динамического диапазона чувствительности.
- Практическую ценность работы представляют:
- результаты расчетов выходных оптических сигналов датчиков в зависимости от различных параметров входных импульсов давления;
 - результаты экспериментального исследования, содержащие количественные оценки влияния входного импульса давления на параметры выходных оптических сигналов при различных условиях работы;
 - созданные предсерийные образцы механолюминесцентных датчиков с чувствительными элементами сосредоточенного и распределенного типа, защищенные патентами;
 - разработанные методика расчета и основы проектирования механолюминесцентных чувствительных элементов и приборов на их основе;
 - предложенная методика обработки выходного сигнала механолюминесцентного датчика, позволяющая определять форму и величину входного импульса давления;
 - магнитно-импульсная испытательная установка, позволяющая в лабораторных условиях воспроизводить динамические поля давления различной пространственной конфигурации и испытывать датчики импульсно давления в условиях ударных нагрузок, возникающих в устройствах

автомобильного транспорта, космической техники и промышленной робототехники.

Исследование сосредоточенных механолюминесцентных сенсоров

Установка позволяет проверить адекватность математической модели, описывающей преобразование механолюминесцентного сенсора, а также определить некоторые метрологические характеристики сенсора.



Исследование механолюминесцентных сенсоров:



Принцип действия комплекса

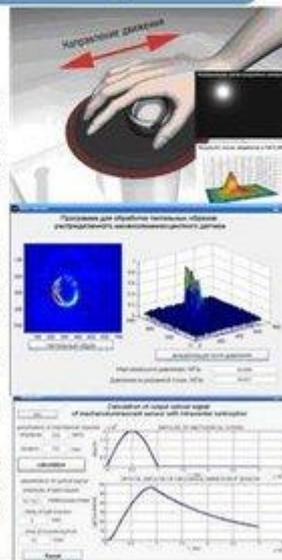
При перемещении объекта по сенсору происходит упруго-пластическая деформация, сопровождающаяся излучением. Излучение регистрируется камерой и передается в компьютер для последующей обработки.

Программа обработки реализована в среде Matlab. Она позволяет визуализировать поле давления, определять значение давления в каждой точке по разработанному алгоритму обработки сигнала механолюминесцентного сенсора.

Разработана программа для моделирования механолюминесцентного сенсора.

определять квантово-механические, электрические и кинетические характеристики механолюминофоров рассчитывать временные реализации выходных оптических сигналов при любых входных механических воздействиях для определенного сенсора

исследовать и анализировать влияние амплитудно-временных параметров механического воздействия на оптический сигнал датчика с разными механолюминофорами





Экспериментальная установка

