

СИСТЕМА МОДУЛЯЦИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Цель работы: разработка электронно-механического модулятора с использованием современных технологий, обладающего качествами, значительно превосходящими имеющийся аналог.

Для достижения указанной цели были поставлены задачи:

- построение математической модели имеющегося модулятора;
- качественный и количественный анализ предлагаемой конструкции на математической модели модулятора;
- отработка методики формирования характеристик и оценка функциональных возможностей модулятора;
- синтез новой математической модели электронно-механического модулятора с использованием данных полученных в результате анализа и сформированных характеристик и функциональных возможностей;
- подбор и (или) разработка элементов для практической реализации новой математической модели модулятора;
- подготовка документации для изготовления модулятора;
- разработка и отладка программного обеспечения.

Одной из актуальных задач физики в настоящее время является – исследование теплофизических свойств веществ и материалов. Потребителями данной информации являются многие отрасли науки и техники, разрабатывающие новые материалы и вещества с уникальными свойствами. Наиболее перспективный метод исследования теплофизических свойств в области высоких температур – метод температурных волн с использованием радиационного нагрева. Этот метод позволяет получить информацию с довольно высокой точностью о таких характеристиках веществ и материалов как: температуропроводность, теплоемкость, а также о физических процессах, протекающих в веществах – фазовых переходах, стационарных состояниях и др.

Динамика физических процессов и их характеристики в материалах при использовании метода температурных волн раскрывается за счет анализа характера изменения фазы и амплитуды тепловой волны в результате прохождения ее через образец. Для получения полной картины свойств веществ и материалов при использовании метода температурных волн необходимо произвести эксперименты, в частотной области, в которой не происходит поглощение образцом всей энергии тепловой волны.

В настоящее время имеющаяся экспериментальная установка по исследованию теплофизических свойств веществ и материалов используется для определения температуропроводности и фазовых переходов. Тепловая волна получается облучением образца инфракрасным излучением модулированного по амплитуде с длиной волны 10,6 мкм и мощностью до 60 Вт. Изучение формируется оптическим квантовым генератором (лазером). Диапазон частот модуляции теплового потока от долей Гц до 100 Гц. Экспериментальная установка позволяет измерить температуропроводность с погрешностью $\pm 2\%$ и более.

В связи с возрастающими требованиями к разрабатываемым веществам и материалам такая точность становится недостаточной, и требует совершенствования измерительного инструментария. Для повышения точности измерений в инструментарии предлагается:

1. Компенсировать возмущающие воздействия;
2. Осуществлять управляющие воздействия специальными средствами позволяющими повысить характеристики управляющих воздействий как качественно так и количественно (точность управления, скорость управления и др.);
3. Осуществлять измерение параметров с высокой степенью точности.

В результате анализа экспериментальной установки было установлено, что одним из факторов, влияющих на точность измерения температуропроводности является стабильность частоты тепловой волны воздействующей на образец. Тепловая волна формируется в результате прохождения через модулятор излучения от лазера. В настоящее время в качестве модулятора служит электронно-механический модулятор, структурная схема изображена на рис 1.

Модуляция по амплитуде излучения от лазера осуществляется (см. рис. 1) с помощью вращения механического обтюлятора (МО), представляющего собой металлический диск с двумя вырезанными секторами. В результате одного поворота диска формируется два периода теплового излучения в форме

меандра. МО получает вращающий момент от двигателя постоянного тока (ДПТ) через редуктор.

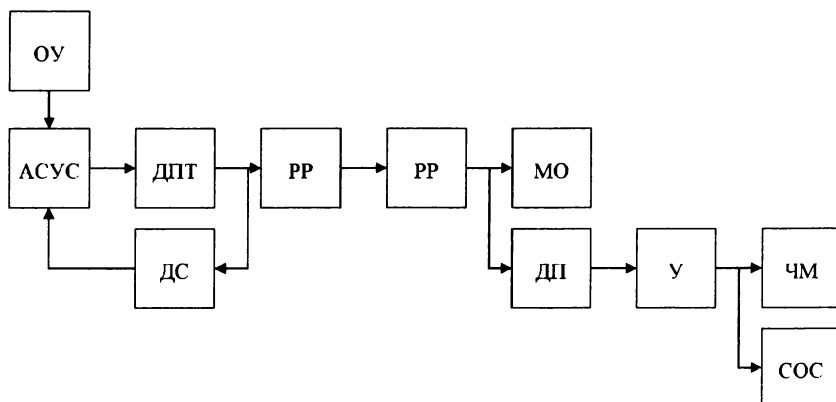


Рис. 1. Структурная схема электронно-механического модулятора:

ОУ – органы управления; АСУС – аналоговая система управления и стабилизации скорости;

ДПТ – двигатель постоянного тока; ДС – датчик скорости; РР – ременный редуктор;

МО – механический обтюратор; ДП – датчик положения обтюратора; У – электронный

усилитель; ЧМ – электронный частотомер; СОС – электронная система обработки сигнала

Редуктор содержит два звена в виде ременных передач (РР), в качестве ремня используется резиновые пассики. Он позволяет получить необходимый вращающий момент и дискретно изменять скорость вращения обтюратора. Для поддержания частоты вращения обтюратора с заданной точностью служит система автоматического управления. Она реализована с использованием фундаментального принципа управления – регулирование по отклонению. Система включает в себя: объект управления – ДПТ; устройство управления – аналоговая схема управления и стабилизации частоты (АСУС), формирующая управляющее напряжения для ДПТ в зависимости от показаний датчика обратной связи; датчик обратной связи – датчик скорости (ДС). ДС выполнен в виде оптопары, в центр которой помещен обтюратор с равномерно распределенными отверстиями по окружности. ДС имеет разрешающую способность 50 меток на оборот ротора ДПТ. С помощью органов управления (ОУ) можно менять в широком диапазоне частоту вращения ротора.

Модулятор в процессе своей работы дополнительно формирует опорный синусоидальный сигнал. Фаза опорного сигнала жестко связана с положением МО. Роль формирователя опорного сигнала выполняет датчик положения (ДП) выполненный в виде оптопары в центр которой помещены два поляроида, один из которых неподвижен, а второй жестко связан с МО. Опорный сигнал с ДП увеличивается по амплитуде усилителем (У). Усиленный опорный сигнал используется системой обработки сигнала (СОС) для выявления сдвига фазы сигнала от второй поверхности образца и визуального контроля частоты модулированного теплового излучения с помощью цифрового частотомера.

Как показывает практика, использование имеющегося модулятора не позволяет получить тепловую волну с высокими стабильными параметрами в силу его конструктивных особенностей:

1. колебательные явления в результате упругих деформаций пассивиков;
2. работа модулятора происходит с проскальзыванием пассивиков передачи в результате старения;
3. датчик скорости имеет низкую разрешающую способность;
4. изменение положения пассивиков на шкивах;
5. высокие моменты в связи с большим количеством трущихся деталей;
6. быстрый износ коллектора ДПТ;
7. затрачивание значительного времени на перерегулирование АСУС;
8. громоздкость и массивность элементов модулятора;
9. и др.

Для количественного анализа неидеальностей имеющегося модулятора в настоящий момент строится его математическая модель.

Указанные особенности существующей конструкции позволила сформулировать требования к модулятору, которые закладываются вновь разрабатываемую систему модуляции лазерного излучения.

В настоящее время успешно реализованы первые три задачи и ведутся работы по синтезу новой математической модели.

Работа модулятора будет, осуществляется в автоматическом режиме с управлением от персонального компьютера.