

УДК 621.373.8

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛУЧЕВОЙ СТОЙКОСТИ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Агеев Д.Н., 2 курс, физика, Костанайский региональный университет им. А.Байтурсынова*

*Поезжалов В.М., профессор, кандидат ф.м.н., Костанайского регионального университета им. А.Байтурсынова*

*Современные лазерные системы достигли очень больших мощностей, но их мощность ограничена применяемыми оптическими материалами. Мощность лазера может достигать порядка тераватт но оптические материалы не выдерживают таких нагрузок. Поэтому крайне важно знать величину оптической стойкости.*

Для исследования лучевой стойкости оптических диэлектрических материалов применялся твердотельный лазер ИЛТИ-407 на иттрий-алюминиевом гранате с излучением 1,06 мкм. Для проведения исследований лазер был модифицирован для получения одиночных импульсов. Схема модификации, показанная на рисунке 1, позволяла генерировать одиночные импульсы. Лазерное излучение попадало на линзу с высокой оптической стойкостью. Исследуемый материал располагался не в фокусе, линза была расфокусирована. Делалось для того чтобы можно было измерять площадь пятна и, тем самым изменять удельную мощность падающего лазерного излучения. Известная площадь пятна и известная мощность излучения позволяют рассчитать удельную мощность излучения, которое воздействует на оптический материал. Площадь пятна уменьшалась до того момента, пока не наступал оптический пробой и материал был разрушен. При высокой частоте следования импульсов лазера крайне сложно определить количество энергии, которая произвела разрушение оптического материала. Кроме расфокусировки оптической схемы для варьирования мощностью лазера применялись нейтральные светофильтры с высокой лучевой стойкостью.

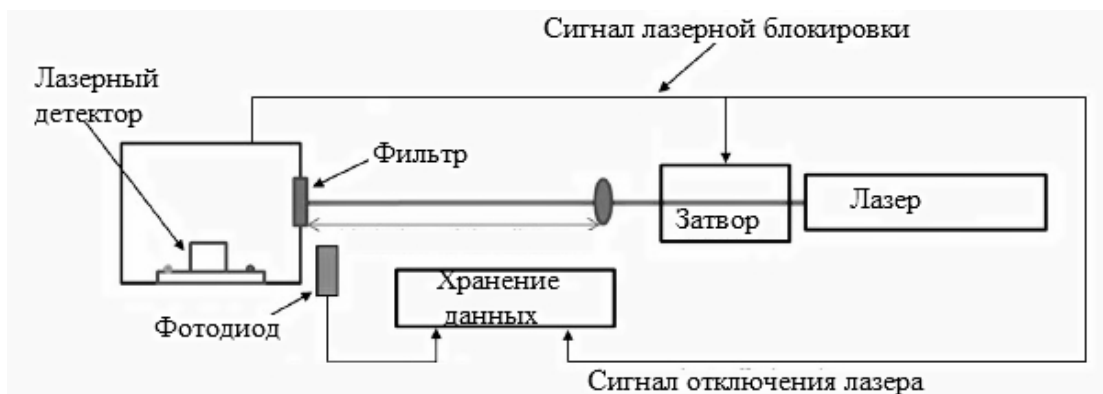


Рисунок 1 – Установка для исследования лучевой стойкости оптических материалов

Испытание на определение оптической стойкости проводится с измеренной мощностью. Начало облучения регистрируется фотодиодом, расположенным сбоку от фильтра. Этот фотодиод запускает осциллограф для синхронизации начала исследования. Воздействие лазерного излучения наблюдается детектором, который помещается за испытуемым фильтром. Когда спектральная передача через фильтр достигает нужного значения, лазерное излучение прекращается путем открытия дистанционной лазерной блокировки через детектор.

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:  
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР  
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

---

Сигнал лазерной блокировки останавливает запись осциллографом. Измеренное время между началом лазерного излучения и разрушением определяет время лазерного воздействия испытанного оптического материала [1, с. 8-12].

Для измерения мощности лазерного излучения выполняли следующее:

Процесс калибровки. При подключении выводов модуля Пельтье к мультиметру и выводов контактных площадок к источнику питания известного номинала. Схема представлена на рисунке 1.

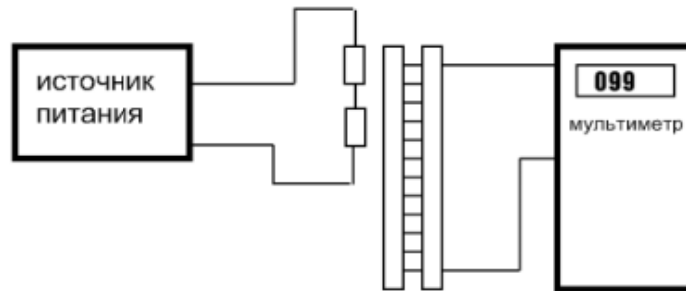


Рисунок 2 Калибровка термоэлектрического преобразователя

Процесс калибровки осуществляется для определения калибровочного коэффициента, значение которого влияет на точность измерения лазерного излучения и необходимо для его нахождения

Для этого:

1. Выполняем подключение по рисунку 1 и включаем мультиметр на предел измерения 200 mV. Ожидаем пока показания установятся. Установившееся показание – это значение “нуля”, характеризующее температуру состояния покоя в милливольтгах.

2. Включаем источник питания, при этом установив напряжение в 5 V. Ожидаем пока показания мультиметра установятся. В случае когда значения напряжения начинает падать, а не возрастать, то это говорит о неправильной полярности подключения мультиметра к элементу Пельтье. Чтобы решить эту проблему необходимо поменять местами выводы модуля Пельтье, подключенных к мультиметру и начать процесс калибровки с пункта 1. Если же такой проблемы не наблюдается, то фиксируем установившееся значение. [2, с. 4023-4037]

3. Определяем подводимую мощность  $P$ :

$$P=U^2/R \quad (1)$$

где  $U$  – напряжение блока питания;

$R$  – общее сопротивление чип-резисторов.

С помощью полученного значения мощности, находим величину калибровочного коэффициента  $k$ :

$$k=P/(U_n-U_0) \quad (2)$$

где  $U_n$ – показания мультиметра при включенном источнике питания;

$U_0$ – значения ‘нуля’.

4. Отключаем источник питания и снова ожидаем на мультиметре установление показаний. Фиксируем данное значение.

5. Включаем источник питания и подаем напряжение в 12 V. Фиксируем установившееся значение на мультиметре.

6. Определяем по формуле (1) и (2) подводимую мощность и калибровочный коэффициент.

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:  
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР  
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

---

Если найденные калибровочные коэффициенты при разных значениях подаваемого напряжения практически идентичны, то установка готова к измерению мощности лазерного потока. Если коэффициенты отличаются, то это может свидетельствовать о воздействии внешних факторов, в частности необходимо обеспечить постоянство температуры окружающей среды. В таких случаях процесс калибровки можно повторить, при этом обеспечить благоприятную среду.

После завершения калибровки отключаем источник питания, мультиметр при этом остается работающим так как требуется зафиксировать значение 'нуля'. [3, с. 223-225]

2. Направляем лазерный поток на зачерненную поверхность модуля Пельтье.

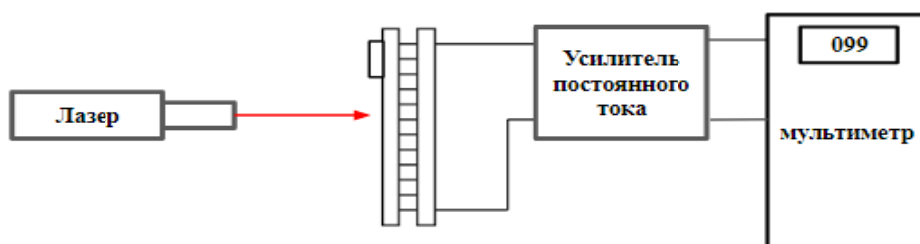


Рисунок 3 Процесс измерения мощности лазерного излучения

В усилителе постоянного тока, используемом при малом значении сигнала, происходит процесс усиления, при этом калибровка самого усилителя также осуществляется по схеме на рисунке 2. Показания мультиметра фиксируются в зависимости от вида использованного лазера: при лазере получающего питание от батареи записывается максимальная величина, при лазере с сетевым питанием – установившееся значение.

3. Определяем мощность лазерного излучения  $P_l$ :

$$P_l = k * (U_n - U_0) \quad (3)$$

где  $k$  – калибровочный коэффициент;

$U_n$  – показания мультиметра при включенном источнике питания;

$U_0$  – значения 'нуля'. [4, с. 23]

Стало возможным высчитать мощность которая падала на оптический материал.

Проведенное исследование имеет прикладное значение, поскольку позволяют сертифицировать оптические материалы по лазерной стойкости для применения их в технологических схемах.

#### Список использованных источников

1. И.Л. Покотило «Развитие теории лазерного разрушения прозрачных оптических материалов: Зависимость порога разрушения от длительности импульса и закономерности разрушения покрытий», 1998

2. Р. Хоппер, Д.Р. Ульманн «Механизм повреждения включениями в лазерном стекле», Журнал прикладной физики, 1970

3. Дж. Риди «Эффекты мощного лазерного излучения, Эльзевир, Нью-Йорк, США» 2012

4. С. Папернов, А.В. Шмид «Лазерное повреждение поверхности оптических материалов: источники поглощения, инициирование, рост и смягчение», 2008