

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Исаевич А.В., Круплевич Е.А.
Институт физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Калибровка средств измерений (СИ) средней мощности лазерного излучения (ЛИ) проводится путем последовательного облучения приемных устройств испытуемого СИ и калиброванного измерителя мощности ЛИ с известной неопределенностью (эталонного СИ) и передачи результата измерения эталонным СИ испытуемому измерителю. Высокая точность измерений и широкий динамический диапазон современных измерителей мощности ЛИ предъявляют повышенные требования к установкам для их калибровки, которые должны обеспечить передачу размера единицы средней мощности ЛИ калибруемым СИ в определенном динамическом и спектральном диапазоне с минимальной неопределенностью. Для выполнения этих требований калибровочные установки должны обладать высокостабильными источниками ЛИ с достаточно большим набором определенных длин волн.

Суммарная стандартная неопределенность калибровки СИ мощности ЛИ определяется тремя основными составляющими: стандартной неопределенностью эталонного СИ и стандартными неопределенностями, обусловленными калибровочной установкой и самим калибруемым СИ. Каждая из этих составляющих в свою очередь складывается из ряда неопределенностей, вызванных различными причинами. В данной работе исследованы стабильность мощности и спектральные характеристики лазеров, используемых в создаваемой в Институте физики НАН Беларуси установке для калибровки СИ мощности ЛИ (УКСИМ). Эти характеристики ЛИ оказывают существенное влияние на суммарную стандартную неопределенность калибровки СИ мощности ЛИ.

Согласно требованиям стандарта [1] стабильность мощности ЛИ характеризуется относительной статистической флуктуацией мощности ЛИ ΔP за интервал времени измерения выбранного типа стабильности, которую вычисляют по формуле:

$$\Delta P = 2s/\bar{P},$$

где $\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$ – среднее значение мощности ЛИ,

$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n-1}}$ – стандартное отклонение,

n – количество измерений.

При калибровке СИ мощности ЛИ наибольшее влияние на суммарную стандартную неопределенность калибровки имеет долговременная стабильность мощности ЛИ. Измерения долговременной стабильности мощности ЛИ (3600 измерений мощности ЛИ в течение 1 часа) проводились в соответствии с требованиями стандарта [1] для используемых в УКСИМ 12 лазеров, позволяющих получать ЛИ в широком динамическом диапазоне в спектральной области от 0,4 до 10,6 мкм. Установлено, что используемые в установке лазеры обладают высокой стабильностью мощности излучения, которая изменялась в зависимости от типа и выходной мощности лазера от 0,02 % до 1,0 %.

Чувствительность современных измерителей энергетических характеристик ЛИ достаточно сильно зависит от длины волны и спектрального состава излучения. Особенно сильно такая зависимость наблюдается для фотодиодных измерителей мощности ЛИ, основанных на преобразовании энергии фотонов оптического излучения в электрический сигнал. Поэтому калибровка таких измерителей должна осуществляться с использованием источников ЛИ, длины волн излучения которых незначительно отличаются от рабочих длин волн излучения, на которых осуществляется эксплуатация СИ мощности ЛИ.

Подтверждением этому являются результаты измерений средней мощности ЛИ лазерных модулей МЛ800-0405-100 с длиной волны 400 нм, МЛ800-0447-700 с длиной волны 450 нм и МЛ800-0750-1000 с длиной волны 748 нм. Измерения проводились с помощью эталонного измерителя установки УМНЛИ, а также измерителя «Laser Star» фирмы «Ophir Optronics» с измерительными фотодиодными детекторами PD300-SH, PD300-3W-V1, PD300-UV-SH и термоэлектрическими детекторами 10A-P-V2-SH и 30A-SH-V1. При измерениях мощности ЛИ с длиной волны 748 нм показания эталонного СИ и измерителя «Laser Star» с различными измерительными детекторами отличались не более чем на 2 %. Для ЛИ с длинами волн 400 и 450 нм эти различия для фотодиодных детекторов PD300-SH, PD300-3W-V1 превышали 10 %.

Измерения спектральных характеристик лазеров, используемых в установке УКСИМ, проводились в соответствии с требованиями

стандарта [2] с использованием комплекса установок для измерения спектральных характеристик ЛИ [3]. На рис. 1 представлено спектральное распределение плотности мощности излучения лазерного модуля МЛ800-0750-1000 с длиной волны 748 нм при разных уровнях выходной мощности ЛИ. Видно, что с увеличением мощности генерации происходит изменение структуры спектра излучения, а также сдвиг спектра в длинноволновую область, обусловленный температурным изменением ширины запрещенной зоны активной среды лазера и дисперсионно-температурной зависимостью эффективного показателя преломления оптического микрорезонатора.

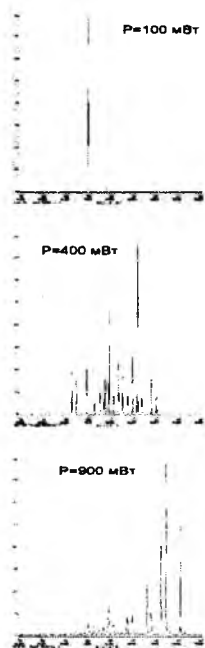


Рисунок 1 – Спектры излучения лазерного модуля МЛ800-0750-1000 при различных мощностях излучения

Сдвиг спектра при изменении мощности ЛИ составляет несколько нанометров и для ряда лазеров длина волны излучения практически линейно возрастает с увеличением мощности ЛИ (рис. 2). Такое изменение длины волны излуче-

ния необходимо учитывать при измерениях мощности ЛИ.

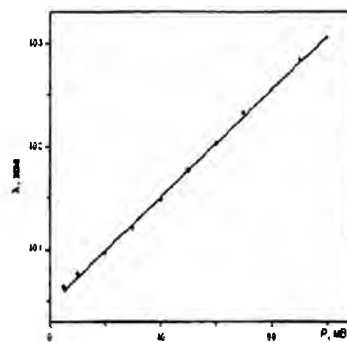


Рисунок 2 – Зависимость центральной длины волны излучения лазерного модуля МЛ800-0405-100 от мощности ЛИ

В работе приведены результаты исследований стабильности мощности и спектральных характеристик излучения лазеров, используемых в создаваемой в Институте физики НАН Беларуси установке для калибровки СИ средней мощности непрерывного ЛИ. Показано влияние указанных характеристик ЛИ на суммарную стандартную неопределенность калибровки средств измерений мощности ЛИ.

1. ГОСТ ИСО 11554–2007: Оптика и фотоника. Лазеры и относящееся к лазерам оборудование. Методы испытаний для определения мощности, энергии и временных характеристик лазерного излучения. – Введ. 01.06.08. – Минск: Госстандарт, 2008. – 19 с.
2. СТБ ИСО 13695-2005. Оптика и фотоника. Лазеры и относящееся к лазерам оборудование. Методы испытаний при определении спектральных характеристик лазеров. – Мн.: Госстандарт, 2006. – 22 с.
3. Исаевич, А.В. Комплекс установок для измерения спектральных характеристик лазерного излучения / А.В. Исаевич, В.С. Черников, А.В. Холенков // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. физ.-мат. науки. – 2008, № 6. – С. 137 – 145.

УДК 621.937

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕГО ПОКРЫТИЯ ПОЛУЧЕННОГО НА ПОВЕРХНОСТИ ДОВОДОЧНОГО ДИСКА

Киселев М.Г., Дроздов А.В., Габец В.Л., Ланкевич А.И., Криничев В.С.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Для подтверждения эффективности применения ультразвука в процессе шаржирования доводочных дисков накатным роликом с ультра-

звуком были проведены испытания по определению абразивной способности и износостойкости алмазосодержащих покрытий, полученных с