

УДК 535.231.11

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СЛИЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ ЕДИНИЦЫ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Длугунович В.А., Исаевич А.В., Круплевич Е.А.

*ГНУ «Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В рамках КООМЕТ в области «Фотометрия и радиометрия» проходят дополнительные сличения чувствительности мощности лазерного излучения на длинах волн 0,532; 1,064 и 10,6 мкм. В международных сличениях принимают участие национальные эталоны единицы мощности лазерного излучения Российской Федерации, Республики Беларусь и Швейцарии.

Ключевые слова: дополнительные сличения, мощность лазерного излучения, Национальный эталон.

INTERNATIONAL COMPARISONS OF NATIONAL STANDARDS OF THE UNIT OF LASER POWER

Dlugunovich V., Isaevich A., Kruplevich E.

*B.I. Stepanov Institute of Physics of the NAS of Belarus
Minsk, Belarus*

Abstract. Within the framework of COOMET in the field of the «Photometry and Radiometry» the supplementary comparisons of the laser power responsivity at wavelengths of 0.532, 1.064 and 10.6 μm are underway. National standards of the unit of laser power of the Russian Federation, the Republic of Belarus and Switzerland take part in international comparisons.

Key words: supplementary comparison, laser power, National Standard.

*Адрес для переписки: Круплевич Е.А., пр. Независимости, 68-2, г. Минск 220072, Республика Беларусь
e-mail: e.kruplevich@dragon.bas-net.by*

В 2019 г. Институтом физики НАН Беларуси был создан и введен в эксплуатацию Национальный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения. Эталон предназначен для воспроизведения и хранения в спектральном диапазоне от 0,3 до 10,6 мкм единицы средней мощности лазерного излучения (ЛИ) в диапазоне от 10^{-9} до 2 Вт и единицы энергии ЛИ в диапазоне от 10^{-7} до 1 Дж, а также передачи единицы средней мощности ЛИ на длинах волн 0,532; 0,808; 1,064 и 10,6 мкм и единицы энергии ЛИ на длинах волн 0,532; 0,808 и 1,064 мкм эталонам низшего звена, калибровочным (поверочным) установкам и рабочим средствам измерений (СИ) энергетических характеристик ЛИ [1–3]. Постановлением Госстандарта эталон внесен в Государственный реестр национальных и исходных эталонов Республики Беларусь за № НЭ РБ 56-19.

В соответствии с планом работ технического комитета «PR-Фотометрия и радиометрия» Организации сотрудничества государственных метрологических учреждений стран Центральной и Восточной Европы (КООМЕТ) в рамках реализации «Договоренности о взаимном признании национальных эталонов, сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами» осуществляется проект 785/RU/19 «Дополнительные сличения чувствительности мощности ЛИ на длинах волн 0,532; 1,064 и 10,6 мкм». Целью данного проекта является установление соотношения между результатами измерений при воспроизведении и передаче единицы мощности ЛИ национальными

эталонами Республики Беларусь, Российской Федерации и Швейцарии.

От Республики Беларусь в сличениях участвуют Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ) как Национальный метрологический институт и Институт физики НАН Беларуси как организация, эксплуатирующая эталон НЭ РБ 56-19, от Российской Федерации – Всероссийский научно-исследовательский институт оптических и физических измерений (ВНИИОФИ), от Швейцарии – Федеральный институт метрологии (METAS). Лабораторией-пилотом выступает ВНИИОФИ. Сличения планируются закончить в 2022 г.

В качестве эталона сравнения (артефакта) используется детекторная головка для измерений мощности ЛИ Ophir 10A, которая оснащена кабелем с 15-контактным разъемом sub-D. Детекторная головка и соединительный кабель поставляются ВНИИОФИ.

Сличения проводятся в форме одностороннего сравнения. ВНИИОФИ калибрует артефакт и отправляет его в Институт физики НАН Беларуси, который также производит калибровку этого артефакта и возвращает его во ВНИИОФИ, где осуществляется повторная калибровка артефакта. Затем артефакт отправляется в METAS и указанная процедура повторяется. После завершения всех измерений участники сличений обмениваются результатами измерений чувствительности мощности ЛИ.

Основные метрологические характеристики эталона НЭ РБ 56-19 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные метрологические характеристики НЭ РБ 56-19

Метрологическая характеристика	Значение
1 Диапазон воспроизведения единицы средней мощности ЛИ в спектральном диапазоне от 0,3 до 10,6 мкм, Вт	от 10^{-9} до 2
2 Рабочие длины волн при воспроизведении единицы средней мощности ЛИ, нм	532; 808; 1064; 10600
3 Расширенная неопределенность воспроизведения единицы средней мощности ЛИ ($k = 2, P = 95 \%$), не более, %	0,04 в диапазоне от $5 \cdot 10^{-3}$ до 2 Вт; 0,15 в диапазоне от 10^{-9} до $5 \cdot 10^{-3}$ Вт
4 Расширенная неопределенность передачи единицы средней мощности ЛИ на фиксированных длинах волн ($k = 2, P = 95 \%$), %	532 нм: не более 0,07; 808 нм: не более 0,09; 1064 нм: не более 0,10; 10600 нм: не более 0,24

Эталон работает по методу замещения. Необходимая точность измерений мощности оптического излучения достигается путем замещения последней мощностью электрического тока, которая при калибровке эталонного измерительного преобразователя (ЭИП) измеряется с высокой точностью.

При электрической калибровке ЭИП происходит последовательное преобразование сначала выделяемой в его электрическом нагревателе мощности электрического тока в тепловой поток, а затем в его термобатарее в аналоговый выходной электрический сигнал, пропорциональный средней мощности образованного теплового потока. Отключив источник электрического тока, подадут в ЭИП оптическое излучение. В приемном элементе преобразователя излучение поглощается и преобразуется в тепловой поток, средняя мощность которого пропорциональна средней мощности излучения. В результате этого, как и при воздействии электрического тока, термобатарей ЭИП реагирует на тепловое воздействие и обеспечивает появление электрического сигнала, пропорционального мощности воздействия, а, следовательно, и средней мощности оптического излучения.

Сличения проводились в Институте физики НАН Беларуси. В помещении поддерживалась температура $(21,5 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Напряжение на артефакте измеряли высокоточным цифровым нановольтметром Keysight 34420A, к которому арте-

факт был подключен с помощью кабеля с 15-контактным разъемом sub-D.

Измерения проводили на длинах волн ЛИ 0,532; 1,064 и 10,6 мкм на уровне мощности 0,5 Вт, так чтобы на входе артефакта мощность ЛИ была $0,5 \text{ Вт} \pm 0,05 \text{ Вт}$, проводили по 10 измерений на каждой длине волны ЛИ. Каждое независимое измерение осуществлялось переподключением детекторной головки измерителя мощности ЛИ.

Измерения проводили в следующей последовательности: 1) устанавливали артефакт в НЭ РБ 56-19 на место калибруемого СИ; 2) с помощью измерительной системы НЭ РБ 56-19 измеряли мощность ЛИ $P_{ЭТ}$, которое подается на ЭИП, при этом приемник-свидетель регистрировал сигнал $V_{СВ1}$; 3) измеряли темновое напряжение на артефакте U_{10A0} (показания нановольтметра без подачи излучения); 4) подавали ЛИ мощностью $P_{ЭТ}$ на артефакт; 5) снимали показания нановольтметра U_{10A} , при этом приемником-свидетелем регистрировали сигнал $V_{СВ2}$.

Чувствительность мощности ЛИ определяли по следующей формуле:

$$R = \frac{(U_{10A} - U_{10A0})}{P_{ЭТ}} \cdot \frac{V_{СВ1}}{V_{СВ2}}, \quad (1)$$

где R – чувствительность артефакта; U_{10A} – показания нановольтметра при подаче ЛИ на артефакт; U_{10A0} – показания нановольтметра без подачи излучения на артефакт (темновое напряжение); $P_{ЭТ}$ – средняя мощность ЛИ, измеренная НЭ РБ 56-19; $V_{СВ1}$ – сигнал приемника-свидетеля при измерении средней мощности ЛИ эталоном $P_{ЭТ}$; $V_{СВ2}$ – сигнал приемника-свидетеля, в то время, когда снимались показания U_{10A} с нановольтметра.

Литература

1. Создание национального эталона единиц средней мощности и энергии лазерного излучения Республики Беларусь / В. А. Длугунович [и др.] // Украинский метрологический журнал. – 2018. – № 4. – С. 25–34.
2. Национальный эталон единиц средней мощности и энергии лазерного излучения / В. А. Длугунович [и др.] // Метрология–2019 : тезисы докладов междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–28 марта 2019 г. – Мн.: БелГИМ, 2019. – С. 40–44.
3. Эталонная база Системы обеспечения единства измерений лазерной и светодиодной техники Республики Беларусь / В. А. Длугунович [и др.] // Полупроводниковые лазеры и системы на их основе: сборник статей 12-го Белорусско-Российского семинара, 27–31 мая 2019 г. – Мн.: Ковчег, 2019. – С. 43–46.