

Программы для моделирования полей сенсора были написаны с использованием системы компьютерной математики MAPLE.

В имитационных расчетах диэлектрическая проницаемость ϵ_r варьировались от 2 до 5, что соответствует стандартным типичным маслам. Результаты моделирования сенсора изображены в виде 3D-рисунков (рис. 2).

На рис. 2, а представлено отклонения относительной диэлектрической проницаемости ϵ_r с уменьшением относительного размера секции r/b . Из рисунка видно, что отклонение D линейно уменьшается с уменьшением относительного размера секции r/b и остается практически равными нулю при $r/b=10$ в диапазоне изменений диэлектрической проницаемости ϵ_r от 2 до 5. Это крайне важно для минимизации размеров сенсора. В это время чувствительность сенсора S линейно возрастает с уменьшением размера секции r/b (рис. 2, б). Емкость сенсора C линейно уменьшается с уменьшением диэлектрической проницаемости ϵ_r и практически остается постоянной во всем диапазоне изменений относительного размера секции r/b (рис. 2, в).

Сенсоры IDS обладают рядом достоинств [2, 3]. Во-первых, позволяют определять ϵ_r согласно классическому выражению для плоского конденсатора Maxwell, во вторых, за счет охранных электродов и щита Фарадея снизить соотношение сигнал-шум, убрать паразитные емкости, в третьих, минимизировать размеры индикаторов качества масел и осуществлять их удаленный мониторинг.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ, ООО «Дом АВТО», № ГР 20211061 подпрограммы «Техническая диагностика».

Литература

1. Математическая модель сенсора с открытой областью пространства / А. А. Джебора [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2020. – № 11. – С. 22–32.
2. A 3D Faraday shield for interdigitated dielectrometry sensors and its effect on capacitance: a review / A. Risos [et al.] // Sensors. – 2017. – Vol. 17, iss. 1. – P. 77.
3. Risos, A. Interdigitated Sensors: The Next Generation “Sensing Permittivity and Conductivity of Oils-Unaffected by Temperature”: a review / A. Risos // IEEE Sensors Journal. – 2018. – Vol. 18, iss. 9. – P. 3661–3669.

УДК 681.785

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СЛИЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ ЕДИНИЦ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ МОДОВОЙ ДИСПЕРСИИ В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ

Длугунович В.А., Жумарь А.Ю., Механиков А.В.

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

Аннотация. В рамках КОOMET в области «Фотометрия и радиометрия» проходят дополнительные сличения эталонов единицы поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне. В международных сличениях принимают участие национальные эталоны поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне Российской Федерации и Республики Беларусь.

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

INTERNATIONAL COMPARISONS OF NATIONAL STANDARDS OF THE UNIT OF POLARIZATION MODE DISPERSION IN OPTICAL FIBER

Dlugunovich V., Zhumar A., Mekhanikov A.

*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 standards of the unit of polarization mode dispersion in optical fiber are underway. National standards of polarization mode dispersion in optical fiber of the Russian Federation and the Republic of Belarus take part in international comparisons.

Key words: supplementary comparison, polarization mode dispersion in optical fiber, National Standard.

*Адрес для переписки: Механиков А.В., пр. Независимости, 68-2, г. Минск 220072, Республика Беларусь
e-mail: a.mekhanikov@ifanbel.bas-net.by*

В 2019 г. Институтом физики НАН Беларуси был создан и введен в эксплуатацию Национальный эталон единиц поляризационной модовой дисперсии (ПМД) в оптическом волокне (ОВ).

Диапазоны воспроизведения и передачи единицы ПМД эталонам низшего звена, калибровочным (поверочным) установкам и рабочим средствам измерений (СИ) ПМД в ОВ размера

единицы на фиксированных длинах волн оптического излучения 1310 и 1550 нм поляриметрическим и интерферометрическим методами составляют от 0,05 до 0,5 пс и от 0,5 до 120,0 пс, соответственно [1–3].

Постановлением Госстандарта эталон внесен в Государственный реестр национальных и исходных эталонов Республики Беларусь за № НЭ РБ 54-19.

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 801/ВУ/20 «Дополнительные сличения эталонов единицы поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне». Целью данного проекта является установление соотношения между результатами измерений при воспроизведении и передаче единицы ПМД в ОВ национальными эталонами Республики Беларусь и Российской Федерации.

От Республики Беларусь в сличениях участвуют Белорусский государственный институт метрологии как Национальный метрологический институт и Институт физики НАН Беларуси как организация, эксплуатирующая эталон НЭ РБ 54-19, от Российской Федерации – Всероссийский научно-исследовательский институт оптических и физических измерений (ВНИИОФИ). Лабораторией-пилотом выступает БелГИМ. Сличения планируется закончить в 2022 г.

В качестве эталона сравнения (артефакта) используются меры ПМД в ОВ (мера CS-DGD-0314 на основе кристаллического кварца, производства фирмы General Photonics, США и компаратор-имитатор) из состава НЭ РБ 54-19. Компаратор-имитатор представляет собой набор мер ПМД в ОВ на основе образцов оптического волокна с характеристиками, соответствующими эталонным мерам ПМД в ОВ согласно межгосударственной поверочной схеме ГОСТ 8.607-2012 [4]. Для изготовления данных мер использовалось специально отобранное одномодовое ОВ с сохранением состояния поляризации типа PANDA (PM-волокно).

Сличения проводятся в форме одностороннего сравнения. институт физики НАН Беларуси калибрует артефакт и отправляет его во ВНИИОФИ, который также производит калибровку этого артефакта и возвращает его в Институт физики НАН Беларуси, где осуществляется повторная калибровка артефакта.

Основные метрологические характеристики эталона НЭ РБ 54-19 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные метрологические характеристики НЭ РБ 56-19

Метрологическая характеристика	Значение
1. Диапазон воспроизведения и передачи размера единицы ПМД	поляриметрическим методом, от 0,05 до 0,5 пс; интерферометрическим методом от 0,5 до 120,0 пс
2. Фиксированные длины волн излучения при воспроизведении и передаче размера единицы ПМД в ОВ	поляриметрическим методом – 1550 нм; интерферометрическим методом – 1310 и 1550 нм
3. Расширенная стандартная неопределенность воспроизведения единицы ПМД в ОВ на фиксированных длинах волн ($k = 2$, $P = 95 \%$), пс	поляриметрическим методом не превышает 0,008 пс для значения ПМД в ОВ 0,5 пс; интерферометрическим методом не превышает 0,006 пс для значения ПМД в ОВ 0,5 пс и 0,8 для значения ПМД в ОВ 120,0 пс

Сличения проводились в Институте физики НАН Беларуси. В помещении поддерживалась температура $(23 \pm 0,2)^\circ\text{C}$. Каждое независимое измерение ПМД в ОВ осуществлялось переподключением и перезапуском цикла измерений.

Измерения проводили в следующей последовательности: 1) устанавливали артефакт в НЭ РБ 54-19 на место калибруемого СИ; 2) в зависимости от номинального значения единицы ПМД в ОВ подключали поляриметрический или интерферометрический блок НЭ РБ 54-19; 3) проводились циклы измерений для выбранного номинального значения ПМД в ОВ.

В каждом случае определяли измеренное значение ПМД в ОВ по следующей формуле:

$$\overline{\Delta\tau_{\Sigma}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta\tau_{\Sigma,i}}{n}, \quad (1)$$

где $\overline{\Delta\tau_{\Sigma}}$ – значение измеренное на НЭ РБ 54-19; n – количество циклов измерений ($n \geq 10$). $\Delta\tau_{\Sigma,i}$ – показания НЭ РБ 54-19 для i -го цикла измерений.

Литература

1. Руководство по эксплуатации. Национальный эталон единицы поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне : УАКМ 252.00.000 РЭ.
2. Длугунович В. А. Национальный эталон единицы поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне / В. А. Длугунович, А. Ю. Жумарь, А. В. Механиков // Метрология-2019 : тезисы докладов МНТК, Минск, 27–28 марта 2019 г. – Мн. : БелГИМ, 2019. – С. 191–195.
3. Методика калибровки средств измерений поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне : 02.МК.026-2020.
4. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне : ГОСТ 8.607-2012. – Введ. 01.07.2015. – Минск: Госстандарт, 2015. – 8 с.

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 КОOMET 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 (КОOMET) 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.