

УДК 535.31; 681.7; 53.082.5

© Е. Н. Котликов, Ю. А. Кузнецов, Н. П. Лавровская,
В. К. Прилипко, В. Н. ПрокашевРАЗРАБОТКА МЕТОДИК ДОЗИМЕТРИРОВАНИЯ ДИАПАЗОНОВ
А, В И С УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА

Разработаны датчики, регистрирующие ультрафиолетовое излучение (УФИ) в диапазонах: А (315–400) нм, В (270–315) нм и С (200–270) нм отдельно или вместе. Работа датчиков базируется на предложенном авторами методе регистрации УФ-излучения, которое преобразуется в видимое излучение и затем регистрируется обычными кремниевыми фотодиодами. После преобразования УФ-излучения в видимый свет производится дополнительная фильтрация излучения, в результате которой отсекается все излучение с длинами волн, большими 600 нм.

ВВЕДЕНИЕ

Основные исследования в области измерения ультрафиолетового излучения (УФИ) Солнца направлены на разработку методик измерения в области (200–390) нм (диапазоны А+В+С) [1–3]. В настоящее время существует потребность в дозиметрических измерениях интенсивности излучения в областях А, В, и С УФИ Солнца отдельно [1]. В данной работе описываются методики измерения и разработанные на основе этих методик датчики, с помощью которых можно регистрировать ультрафиолетовое излучение в диапазонах А (315–400) нм, В (270–315) нм и С (200–270) нм отдельно или вместе.

БАЗОВЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЙ

Ранее нами [4, 5] был разработан способ регистрации УФИ, на основе которого изготовлены приемники и дозиметр УФИ для диапазона спектра А+В+С (240–380) нм. Способ заключается в детектировании УФИ, которое преобразуется в видимое излучение и затем регистрируется обычными кремниевыми фотодиодами. Т. к. все известные абсорбционные фильтры УФИ также пропускают излучение в ближней инфракрасной области спектра [6], то после преобразования УФИ в видимый свет производится дополнительная фильтрация излучения, в результате которой отсекается все излучение с длинами волн, большими 600 нм.

На рис. 1 изображены рассчитанные по данным работы [6] спектры пропускания T одного или группы фильтров. Излучение источника в диапазоне (240–400) нм и более 650 нм пропускается светофильтром УФС-1 — кривая 1 на рис. 1.

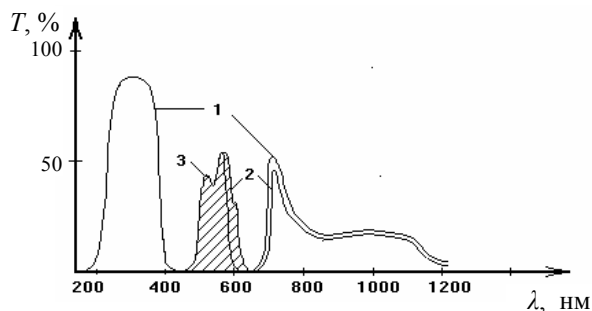


Рис. 1. Спектры пропускания светофильтров. Пояснения в тексте

Прошедшее через фильтр УФС-1 излучение попадает на фильтр ЖС-19 — кривая 2. При этом УФИ с длинами волн, меньшими 370 нм, поглощается в указанном фильтре и возбуждает в нем люминесценцию с длинами волн в диапазоне (500–600) нм. Таким образом, происходит преобразование ультрафиолетового излучения в видимое. Эффективность этого преобразования определяется пропусканием T_1 фильтра УФС-1 и квантовым выходом люминесценции светофильтра ЖС-19, пропорциональным его поглощению $A = 1 - T_2$. Таким образом, в диапазоне длин волн до 370 нм чувствительность к УФИ определяется произведением $T_1 \times (1 - T_2) \times$ (пропускание остальных светофильтров) — T_2 для ЖС-19, T_3 для СЗС-22 в диапазоне спектра (500–600) нм. Преобразование спектра УФ-излучения в видимый диапазон спектра осуществляется для длин волн короче (360–380) нм. Излучение с длинами волн выше указанных также проходит через фильтр ЖС-19 и может попадать на фотоприемник. Спектр излу-

чения после ЖС-19 представлен на рис. 1 (кривая 2). Прошедшее излучение поступает на фильтры, выделяющие диапазон спектра (450–600) нм. Для этого используется абсорбционный фильтр СЗС-22, пропускающий длины волн в диапазоне (360–560) нм. Спектр прошедшего и попадающего на фотоприемник излучения представлен на рис. 1 кривой 3. Чувствительность всего датчика для диапазона длин волн, больших 370 нм, в этом случае будет определяться прошедшим светом, т.е. пропорциональна произведению $T_1 \times T_2 \times T_3$. Для фотоприемников УФФИ проводилось исследование спектров абсолютной и относительной чувствительности в ГГО им. А.И. Воейкова.

Как уже говорилось выше, в настоящее время существует потребность в дозиметрии диапазонов А, В и С Солнца отдельно. Основной недостаток, определяющий трудность изготовления приемников УФ-излучения, работающих в диапазонах А и В отдельно по описанному выше методу, заключается в отсутствии абсорбционных фильтров, которые бы выделяли только УФФИ в диапазоне В (270–315) нм. Нижнюю границу абсорбционных фильтров можно варьировать в диапазоне (240–320) нм, но при этом всегда длинноволновая граница лежит в области длин волн от 370 до 420 нм.

НОВАЯ МЕТОДИКА

Для устранения этого недостатка нами предложены методики измерения, на основании которых реализованы другие варианты датчиков — преобразователей УФФИ: Ф2, Ф3, Ф4 и Ф5. Они могут быть использованы для измерения интенсивности ультрафиолетового диапазона спектра излучения естественных и искусственных источников в диапазонах А (315–380) нм и В (270–315) нм отдельно или вместе.

Конструктивно датчики для диапазонов А+В+С (Ф2), А+В (Ф3) или А (Ф4) выполнены одинаково. Их отличие состоит в том, что в датчике Ф4 используется светофильтр из стекла УФС-6 толщиной 4 мм, в датчике Ф3 для диапазона А+В — УФС-2 толщиной 2 мм, в датчике Ф2 для диапазона А+В+С — УФС-1 или УФС-5 толщиной 3 мм. Толщина светофильтра выбиралась таким образом, чтобы обеспечить требуемые коротковолновые и длинноволновые границы пропускания УФФИ. В качестве преобразователей УФФИ в видимый диапазон спектра использовались люминофоры типа ФЛ-447 или Э-515-115. Спектр поглощения этих люминофоров лежит в области (200–400) нм, а максимум в спектре люминесценции — (450–550) нм. В таблице и на рис. 2 приведены рассчитанные спектры

Нормированные спектры чувствительности датчиков УФФИ

Длина волны нм	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5
240	0.11	0.09	0	0	0
260	0.62	0.56	0.05	0	0.05
280	0.87	0.96	0.64	0	0.59
300	0.98	1.00	0.92	0.014	1.00
320	1.00	0.96	0.92	0.4	0.42
340	0.70	0.99	1.00	0.95	0.11
360	0.19	0.90	0.90	1.00	0.06
380	0.10	0.81	0.34	0.51	0
400	0.02	0.18	0	0	0
420	0.004	0.005	0	0	0
440	0	0	0	0	0
500	0	0	0	0	0
1500	0	0	0	0	0

Примечание. Ф1 — датчик для диапазона (240–380) нм, Ф2 — (240–400) нм, Ф3 — (270–380) нм, Ф4 — (320–380) нм, Ф5 — (270–320) нм.

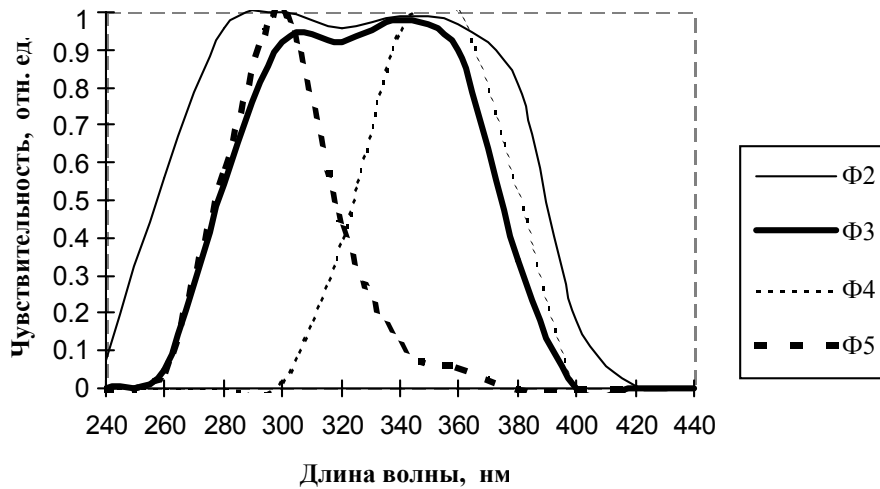


Рис. 2. Спектры чувствительности датчиков УФИ

чувствительности этих датчиков, а также обсуждавшегося ранее датчика Ф1.

Рассмотрим более подробно предложенный нами датчик Ф5 для диапазона В (270–320) нм УФИ. Он состоит из кремниевого фотоприемника в виде пластины (9×18) мм, на которой расположены два светофильтра из УФС-2 и СЗС-23 размером (8×15) мм разной толщины. Излучение источника в диапазоне (240–380) нм и более 650 нм выделяется светофильтром УФС-2 толщиной 2 мм. С обратной стороны на светофильтр наносится слой люминофора типа ФЛ-530 или ФЛ-543-1. Эти люминофоры поглощают и преобразуют излучение в диапазоне до 320 нм. Спектр люминесценции содержит линии в области (500–600) нм. Люминесцирующее излучение проходит через фильтр из СЗС-23 и дополнительное интерференционное покрытие и поступает на фотоприемник. Дополнительное интерференционное покрытие отсекает излучение в диапазоне до 450 нм. Это необходимо, т. к. УФИ в диапазоне (320–400) нм проходит напрямую через все фильтры и регистрировалось бы кремниевым фотоприемником. Дополнительно интерференционное покрытие блокирует излучение в этом диапазоне и пропускает практически полностью люминесцентное излучение. Спектр чувствительности датчика приведен в таблице и на рис. 2.

Все описанные выше датчики изготавливались и проходили тестирование. На основе разработанных датчиков были созданы опытные образцы радиометра УФИ типа "ФИОЛЕНТ", в котором использовался датчик Ф1 [7].

Работа проводилась в рамках гранта по фунда-

ментальным исследованиям в области технических наук (приборостроение).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белинский В.А. и др.* Ультрафиолетовая радиация солнца и неба. М.: Изд-во МГУ, 1968. 320 с.
2. *Канагава Агата.* Чувствительный элемент для датчика ультрафиолетового излучения. Пат. Японии. 5-35976. 1993.
3. Geret zur Messung von naturlicher und kunstlicher UV-Strahlung. Пат. Германии. DE 4217968 A1. 1993.
4. *Котликов Е.Н., Кузнецов Ю.А., Шестун А.Н.* Способ измерения интенсивности ультрафиолетового излучения. Патент РФ № 2094757, приоритет от 05.02.93.
5. *Котликов Е.Н., Кузнецов Ю.А., Шестун А.Н.* Способ измерения интенсивности ультрафиолетового излучения // Сб. Тез. МК Brussels Eureka 96. Brussel. 1996.
6. Каталог цветного стекла. Л.: Машиностроение. 1967. 64 с.
7. *Котликов Е.Н., Кузнецов Ю.А., Шестун А.Н.* Радиометр УФ излучения ФИОЛЕНТ // Сб. Тез. МК EW1-97. Sofia, Bulgaria, 1997.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Материал поступил в редакцию 25.04.2005.

DEVELOPMENT OF DOSIMETERY METHODS FOR RANGES A, B AND C OF UV SOLAR RADIATION

E. N. Kotlikov, Yu. A. Kuznetsov, N. P. Lavrovskaya, V. K. Prilipko, V. N. Prokashev

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The paper presents devices for the dosimetry of ultraviolet radiation (UVR) in the ranges: A (0.315÷0.4) μm , B (0.27÷0.315) μm and C (0.2÷0.27) μm separately and simultaneously. Their principle is based on the author's method of UVR detection: UVR is transformed to the visible light and then it is detected by usual silicon photo-diodes. As all known UVR absorption filters transmit the radiation also in the near infrared range, of additional filtration, the radiation is performed to eliminate radiation with wavelengths above 0.6 μm .