

Д. т. н. А. А. АЩЕУЛОВ, В. К. БУТЕНКО, И. В. ДОКТОРОВИЧ,  
А. Х. ДУНАЕНКО, к. ф.-м. н. В. Д. ФОТИЙ

Дата поступления в редакцию  
26.03 2004 г.

Украина, г. Черновцы, КТБ "Фотон-Кварц", ЦКБ "Ритм"  
E-mail: photon@argocom.cv.ua

Оппонент к. т. н. Ю. Г. ДОБРОВОЛЬСКИЙ  
(ЧНУ, г. Черновцы)

## УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ РАДИОМЕТР ДИАПАЗОНА 300...400 нм

*Приведены конструкция и характеристики разработанного УФ-радиометра для спектрального диапазона 300...400 нм с неравномерностью спектральной чувствительности не выше 5%.*

Отличительной характеристикой измерений потока УФ-излучения является большой динамический диапазон — девять и более порядков. Измерение энергии малых и больших уровней сопряжено с возрастанием погрешности измерения до 15—20%. На величину энергетической погрешности существенно влияет также погрешность, обусловленная неравномерностью спектральной чувствительности фотоприемника.

Известные радиометры, состоящие из радиометрической головки и электронного блока измерения, «Кварц-01» диапазона 250—1050 нм [1], «Dual-Channel Optical Power Meter 2930-C» (190—1800 нм) [2] характеризуются малым значением крутизны коротковолнового края поглощения. Кроме того, измерение потока излучения в узком диапазоне ( $\Delta=50\text{...}100$  нм) требует предварительной калибровки указанных выше радиометров на требуемый диапазон, что также приводит к увеличению погрешности измерения.

Описываемый в настоящей статье УФ-радиометр (рис. 1) предназначен для измерения потока излучения в диапазоне 300—400 нм. Он состоит из радиометрической головки и электронного блока, корпус которого выполнен из пластмассы и имеет размеры 210×150×75 мм.

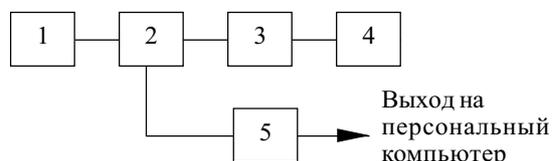


Рис. 1. Функциональная схема УФ-радиометра:  
1 — головка радиометрическая; 2 — преобразователь "ток — напряжение" (ПТН); 3 — аналого-цифровой преобразователь (АЦП-1); 4 — жидкокристаллический индикатор (ЖКИ); 5 — аналого-цифровой преобразователь (АЦП-2)

Поток УФ-излучения направляется через тубус на фоточувствительную площадку фотодиода, встроенного в радиометрическую головку 1. Генерируемый фототок преобразуется ПТН 2 в пропорциональное

напряжение постоянного тока. Аналоговое значение напряжения преобразуется блоком АЦП-1 3 в цифровой код, который выводится на индикатор ЖКИ 4.

Аналого-цифровой преобразователь АЦП-2 5 преобразует напряжение постоянного тока в 12-разрядный код, который подается на персональный компьютер. Расчет значения измеряемого напряжения в десятичном коде производится персональным компьютером при считывании измеряемого значения сигнала.

Конструкция радиометрической головки представлена на рис. 2. В металлическом корпусе 9 последовательно размещены оптический фильтр, состоящий из стеклянных дисков 2—6, фотоприемник 8 и электрические выводы, соединенные с корпусным контактом 10 и разъемом 11. Фиксация фотоприемника и набора стеклянных дисков производится с помощью гайки 1 и втулки 7.

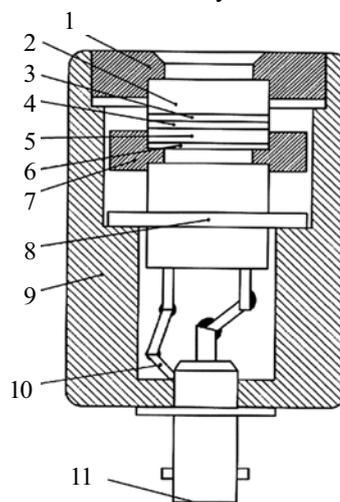


Рис. 2. Схематическая конструкция радиометрической головки:  
1 — крепежная гайка; 2—6 — стеклянные диски; 7 — втулка; 8 — фотоприемник; 9 — корпус; 10 — соединительные провода; 11 — разъем

В разработанном УФ-радиометре применен фотоприемник, диодная структура которого выполнена на основе монокристалла фотид-галлия [3, с. 18]. Для формирования рабочего спектрального диапазона 300—400 нм проведена корректировка спектральной чувствительности фотодиода путем применения в конструкции головки пяти дисков соответствующей толщины из оптического стекла различных марок. Применение такого корректирующего фильтра позволило получить неравномерность чувствительности не более 5%.

Относительная спектральная характеристика чувствительности разработанной радиометрической го-

ловки приведена на **рис. 3**. Значения ее уровней соответствуют:

$$\lambda'_{0,1}=(290\pm 5) \text{ нм}; \quad \lambda'_{0,5}=(300\pm 5) \text{ нм}; \quad \lambda'_{0,9}=(310\pm 5) \text{ нм};$$

$$\lambda''_{0,9}=(380\pm 10) \text{ нм}; \quad \lambda''_{0,5}=(400\pm 5) \text{ нм}; \quad \lambda''_{0,1}=(420\pm 10) \text{ нм}.$$

Для регистрации малых по величине фототоков необходимо иметь минимальные токи утечки в радиометрической головке, а также во входных цепях предварительного каскада электронного усилителя, т. е.

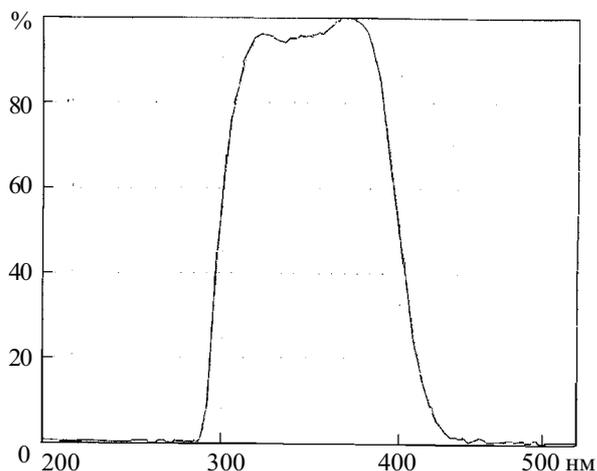


Рис. 3. Относительная спектральная характеристика чувствительности радиометрической головки УФ-радиометра

все эти узлы должны иметь высокое удельное сопротивление  $\rho$ . Необходимые свойства были получены за счет применения навесного монтажа и печатных плат на основе керамики. Преобразователь ПТН построен на основе операционного МДП-усилителя, который позволяет измерять токи на уровне  $10^{-12}$  А.

Для обеспечения измерений потока излучения в широком динамическом диапазоне в УФ-радиометре имеется переключатель на пять положений, который устанавливает необходимый коэффициент преобразования ПТН. Постоянное выходное напряжение ПТН масштабируется таким образом, чтобы на выходе АЦП-1 и АЦП-2 обеспечивалось соответствие показаний, а на цифровом табло производился прямой отсчет величины потока в  $\text{Вт}/\text{см}^2$ .

На **рис. 4** показан разработанный радиометр УФР-1Л. Его технические характеристики:

Спектральный диапазон, нм	300...400
Диапазон измерений энергетической освещенности, $\text{Вт}/\text{см}^2$	$1 \cdot 10^{-10} \dots 2 \cdot 10^{-4}$
Нелинейность энергетической характеристики чувствительности, %	$\leq 2$
Основная погрешность измерения, %	$\leq 10$
Дополнительная температурная погрешность, $\%/^{\circ}\text{C}$	$\leq 0,3$



Рис. 4. Радиометр УФР-1Л

Измерения относительной спектральной чувствительности проводились на универсальном спектральном комплексе КСВУ-23 методом сравнения спектральных характеристик радиометрической головки УФ-радиометра с характеристикой образцовой измерительной головки. В качестве образцового фотодиода использовался фотодиод типа ФД-288, аттестованный во ВНИИОФИ (г. Москва, Россия).

УФ-радиометр может применяться в различных отраслях народного хозяйства для измерения энергетической освещенности, создаваемой естественными источниками в спектральном диапазоне от 300 до 400 нм, в следующих климатических условиях:

- температура окружающей среды от 15 до 35 $^{\circ}\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха до 80% при 25 $^{\circ}\text{C}$ ;
- атмосферное давление от 730 до 800 мм рт. ст.

Исследование и аттестация изготовленных УФ-радиометров показывают, что полученные результаты полностью соответствуют техническим требованиям. УФ-радиометр прост в эксплуатации, потребляет мощность не более 6 В·А при массе 1,2 кг.

Применение соответствующих нейтральных ослабителей позволяет расширить диапазон измерения энергетической освещенности до 2  $\text{Вт}/\text{см}^2$ .

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Измеритель мощности оптического излучения «Кварц-01» // Каталог «Фотоприемники и фотоприемные устройства». — Черновцы: ОАО «Кварц», 2003.
2. 2930-C Dual-Channel Optical Power Meter // Europhotronics. — 2002. — October/november. — P. 114.
3. Криксунов А. З. Справочник по приборам инфракрасной техники. — Киев: Техника, 1980.