

# "АКТИВНЫЕ" И "ПАССИВНЫЕ"

## ОПТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

**Ф**отоника охватывает оптические, электрооптические и оптоэлектронные процессы и технологии, где использование света и других излучений основано на генерации квантовых единиц – фотонов. В статье обоснована тесная связь фотоники и оптической радиометрии. Автор долгие годы был Ученым хранителем Государственного эталона единицы мощности лазерного излучения.

Прежде чем приступить к "выяснению отношений" фотоники и измерений (включая, разумеется, и метрологию как науку об измерениях), необходимо разобраться, как ни странно, в терминологии, причем использованы будут несколько авторитетных и вполне современных изданий [1–5]. Поскольку понятие "измерение" широко известно и определено Межгосударственными рекомендациями [6], его мы касаться пока не будем, а займемся фотоникой.

Начнем с оптоэлектроники, поскольку в ряде публикаций она отождествлялась с фотоникой. Поэтому прежде всего обратимся к известному специалисту в оптоэлектронике Ю.Р.Носову, который в своей статье [1, с.348] пишет: "В оптоэлектронике условно выделяют фотонику (исследование методов создания устройств, предназначенных для хранения, передачи, обработки и отображения информации, представленной в виде только оптических сигналов), радиооптику (приложение принципов и методов радиоп физики к оптике) и оптронику (исследование методов создания электронных устройств с внутренними оптическими связями, т.н. оптронных схем)". Итак, Ю.Р.Носов считал фотонику частью оптоэлектроники.

Обратимся к мнению другого крупного специалиста в области оптоэлектроники С.В.Свечникова, работа которого "Элементы оптоэлектроники" появилась еще в 1971 г. В своей статье в [2, с.501] автор даже не упоминает о фотонике, различая лишь когерентную оптоэлектронику и оптронику.

В Большом энциклопедическом словаре, изданном в 2006 г. [3], о фотонике не упоминается, а оптоэлектроникой

именуется раздел электроники (!), связанный с эффектами взаимодействия электромагнитных волн оптического диапазона ( $3 \cdot 10^{11}$ – $3 \cdot 10^{17}$  Гц) с электронами в веществах (главным образом, в твердых телах) и использованием этих эффектов для генерации, передачи, хранения, обработки и отображения информации.

Лишь в словаре [5] удалось найти развернутое определение фотоники, дословный перевод которого автором данной статьи приведен в [4, с.44]: "Фотоника – научное направление, охватывающее генерацию, передачу, развертку, преобразование, усиление и детектирование оптического излучения, включая оптические компоненты и приборы, лазеры, другие типы излучателей, волоконную оптику, электронно-оптическую аппаратуру и программное обеспечение обработки информации".

С таким определением трудно не согласиться, добавив к слову "детектирование" (в оригинале detection, что часто заменяет в англоязычной литературе понятие measurement) еще и измерение физических величин, характеризующих оптическое излучение, поскольку измерение просто оптического излучения – термин, не имеющий смысла.

Следовательно, все процессы, которые охватывает фотоника, требуют измерения оптических величин и параметров, т.е. совокупности операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение

значения этой величины [6]. Иными словами, результатом измерений является количественная оценка с требуемой точностью физической величины или параметра, причем применительно к фотонике можно конкретизировать: оптической величины или оптического параметра (коэффициента, показателя).

При этом следует заметить, как это ни парадоксально звучит, чисто оптические измерения, т.е. перенос и преобразование изображения объекта из поля объектов в поле изображений с помощью оптической системы, являются по существу в лучшем случае фрагментом измерительного процесса, свойственного фотонике. На самом деле неотъемлемой частью фотоники являются оптико-электронные измерения, доступному описанию которых посвящено учебное пособие [7], написанное специалистами ФГУП "ВНИИОФИ" (Всероссийский НИИ оптико-физических измерений) и сотрудником Ростест В.Ф.Чупраковым.

Оптико-электронные измерения сами по себе не являются новшеством: с тех пор, когда в конце 40-х годов сначала А.М.Туричин, а затем Р.Р.Харченко и Ф.Е.Темников опубликовали учебные пособия по электрическим измерениям неэлектрических величин, появилось и направление электрических измерений оптических величин, ставшее "родоначальником" оптико-электронных измерений [8]. Суть последних заключена в измерительном преобразовании входной оптической величины в функционально связанную с ней (желательно линейно!) выходную электрическую величину, именуемую обычно электрическим сигналом измерительной информации. В эту "цепочку" иногда "вклинивается" промежуточный преобразователь входной оптической величины в оптическую же величину с целью ее согласования с параметрами оптико-электрического измерительного преобразователя (ОЭИП), играющего основную роль в этом измерительном преобразовании в целом. Таким ОЭИП служит должным образом подобранный или разработанный и тщательно метрологически исследованный и испытанный приемник оптического излучения (чаще всего тепловой или фотонный). ОЭИП является основным компонентом средства оптико-электронных измерений. Все последующие в этой измерительной цепи компоненты, предназначенные для усиления, обработки, регистрации и отображения сигналов измерительной информации с выхода ОЭИП, в том числе и устройства автоматизации процесса функционирования измерительного прибора (установки, системы), komponуются, как правило, из серийных элементов интегральной электроники и вычислительной техники. Методики измерений либо стандартизованы и широко описаны, либо разрабатываются экспериментатором. То же относится к программно-алгоритмическому обеспечению.

При определении фотоники речь шла об оптическом излучении, представляющем собой испускание или распространение электромагнитных волн (фотонов) в диапазоне длин волн от  $\approx 1$  нм до  $\approx 1$  мм. Как известно, видимым считается излучение, которое может непосредственно вызывать зрительное ощущение. Границы его спектральной области: нижняя – между 380 и 400 нм, верхняя – между 760–780 нм. Более коротковолновый диапазон занимает ультрафиолетовое (УФ), а длинноволновый – инфракрасное (ИК) излучение.

Следовательно, измерению в фотонике подлежит совокупность различных физических величин и параметров, выражаемых в установленных единицах измерений. Это означает, что средство измерений должно быть калибровано в этих единицах, для чего необходима мера этой величины, реализуемая обычно в виде эталона или эталонной установки. (Таковы вкратце элементарные устои метрологии.)

С какими же оптическими величинами имеет дело фотоника в плане измерений? Прежде всего, разделим их чисто условно на "активные" и "пассивные". К числу "активных" отнесем все величины, непосредственно характеризующие оптическое излучение, причем в видимом диапазоне спектра их именуют световыми (или фотометрическими) величинами.

универсальна. Она включает в свой состав: источник оптического излучения (возбуждающего измеряемый объект или являющегося объектом измерения), измерительные преобразователи – оптический (при необходимости) и оптико-электрический (обязательно!), устройство (систему) вторичной обработки, регистрации и отображения измерительной информации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников В.Г. Электроника: Энциклопедический словарь. – М.: Сов.энциклопедия, 1991.
2. Физика. Большой энциклопедический словарь/ Под ред. Прохорова А.М. 4-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999.
3. Новый энциклопедический словарь. – М.: Большая Российская энциклопедия, РИПОЛ классик, 2006.
4. Основы практической радиометрии/ Под ред. Котюка А.Ф. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
5. The photonics dictionary. – A Laurin Publication, 1998. В.4.
6. Государственная система обеспечения единства измерений, Метрология. Основные термины и определения. РМГ 29–99.
7. Иванов В., Золотаревский Ю., Котюк А. и др. Основы оптико-электронных измерений в фотонике.: Учебн. пособие/ Под ред. Котюка А.Ф. – М.: Логос, 2004.
8. Левшина Е., Новицкий П. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. – Л.: Энергоатомиздат, 1983.

нами, а в УФ- и ИК-диапазонах – энергетическими. Основной энергетической величиной служит поток излучения (лучистый поток), измеряемый в ваттах (разумеется, допустимы кратные и дольные единицы), а производными от потока, часто именуемого мощностью, являются его функциональные зависимости от времени (энергия, форма импульса), спектральные распределения, пространственные распределения плотности (облученности) и пр.

Мер как таковых, то есть их естественного воплощения, "активные" величины (включая поляризацию и когерентность излучения) не имеют, поэтому их приходится создавать косвенным, искусственным путем посредством эталонных установок, с помощью которых обеспечивается единство измерений этих величин в Российской Федерации.

"Пассивные" оптические величины характеризуют процессы взаимодействия оптического излучения с веществами и средами. В первую очередь к ним относятся коэффициенты отражения, поглощения, пропускания излучения, а также показатель преломления. Здесь меры реализуемы в виде рефлекторов, призм, стандартных образцов веществ и материалов. Однако следует помнить, что при измерениях "пассивных" величин, в конечном счете, все также сводится к количественному определению потока оптического излучения или производных от него величин, т.е. к оптико-электронным измерениям. В отечественной и мировой научно-технической литературе эта обширная область измерений обрела название оптической радиометрии.

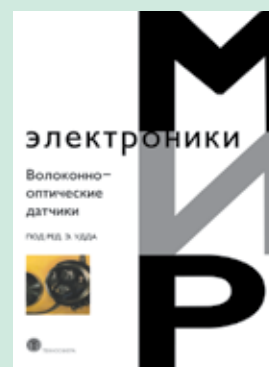
Многообразие измеряемых физических величин и параметров привело к развитию охватываемых оптической радиометрией видов и подвидов измерений (фотометрия, спектрофотометрия, рефлектометрия, поляриметрия, колориметрия, измерение величин, характеризующих лазерное излучение, и измерения в волоконно-оптических линиях связи и передачи информации и др.)

Каждый из видов и подвидов оптической радиометрии тесно связан с различными направлениями фотоники и представляет самостоятельный интерес. Отметим при этом, что, хотя решаемые измерительные задачи разные, но структурная схема средства оптико-электронных измерений одина и

## НОВЫЕ КНИГИ

### Волоконно-оптические датчики Под ред. Э.Удда

Книга, написанная всемирно признанными специалистами, представляет собой вводный курс в быстро развивающуюся и охватывающую новые сферы приложений область волоконно-оптических датчиков. В каждом из трех разделов – Основные компоненты, Технологии и Приложения – приводятся отдельные примеры основных достижений в этой области.



Вместе они предоставляют инженерам, научным работникам, студентам старших курсов и аспирантам возможность составить цельное впечатление о волоконно-оптических датчиках.

Книга может использоваться в качестве пособия при чтении учебных курсов, а также на промышленных семинарах по волоконно-оптическим датчикам.

Москва: Техносфера, 2008. – 520 с., ISBN 978-5-94836-191-8  
Цена: 583 р.

О приобретении книги можно узнать:  
по телефону (495) 234-01-10,  
по e-mail: [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru), [pochta@technosphera.ru](mailto:pochta@technosphera.ru)  
или на сайте [www.technosphera.ru](http://www.technosphera.ru).