



Одиннадцатая Международная научно-техническая конференция  
«Оптические методы исследования потоков»  
Москва, 27 — 30 июня 2011 г.

УДК 621.375

В.В. Близнюк, И.В. Крайнов

Московский энергетический институт (технический университет), Россия,  
111250, Москва, Красноказарменная ул., 14, E-mail: omfi@tpri.ac.ru

## **ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЛАЗЕРНЫХ ДОПЛЕРОВСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

*Предлагается для определения пространственно-энергетических параметров коллимированного излучения полупроводниковых лазеров, используемых в лазерных доплеровских анемометрах и лидарах, применять планарный координатно-чувствительный измерительный преобразователь лазерного излучения.*

ДИАГНОСТИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА,  
КВАНТОВОРАЗМЕРНАЯ ГЕТЕРОСТРУКТУРА, ПАРАМЕТР  $M^2$ .

### **ВВЕДЕНИЕ**

В лазерных доплеровских анемометрах и лидарах нового поколения часто используются полупроводниковые лазеры на основе квантоворазмерных гетероструктур (ЛКРГС). Наиболее высокими параметрами характеризуются ЛКРГС, генерирующие в ИК-диапазоне. Для получения излучения в видимой части спектрального диапазона используется удвоение частоты генерации ЛКРГС. Практический интерес представляет использование коллимированного излучения ЛКРГС.

К числу основных параметров лазерного излучения, которые необходимо знать при проектировании лазерных систем, наряду с энергетическими относятся и пространственно-энергетические – ширина, угол расходимости и коэффициент распространения лазерного пучка  $M^2$ . Коэффициент распространения лазерного пучка характеризует качество пучка в процессе его распространения. Он служит мерой близости параметров измеряемого пучка к идеальному гауссову пучку, и поэтому является важнейшим параметром, контролируемым при настройке и сертификации лазеров и лазерных систем. В данной работе рассмотрена возможность диагностики излучения ЛКРГС, используемых в лазерных доплеровских анемометрах и лидарах, с помощью планарного координатно-чувствительного измерительного преобразователя (КЧИП).

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методики измерений пространственно-энергетических параметров лазерного излучения базируются на определении с помощью матричного приемника излучения распределений плотности мощности (энергии) в нескольких поперечных сечениях пучка как прямого, так и трансформированного оптическим компонентом излучения [1]. Ширина пучка – это единственный параметр, который определяется путем прямого измерения распределения плотности мощности (энергии). Расходимость и коэффициент распространения лазерного пучка определяются путем косвенных измерений, при проведении которых используются результаты прямых измерений ширины пучка. К числу основных параметров лазерного излучения наряду со средней мощностью в непрерывном режиме генерации и энергией импульса относятся и пространственно-энергетические – распределение плотности мощности (или энергии) в поперечном сечении лазерного пучка, ширина, угол расходимости и коэффициент распространения лазерного пучка  $M^2$ . Параметр  $M^2$ , характеризующий качество пучка, тесно связан с распространением пучка в среде. Коэффициент распространения лазерного пучка характеризует качество пучка в процессе его распространения. Он служит мерой близости параметров измеряемого пучка к идеальному гауссову пучку, и поэтому является важнейшим параметром, контролируемым при настройке и сертификации лазеров. Постоянное совершенствование законодательной базы в отношении рабочих средств измерений (РСИ) пространственно-энергетических параметров лазерного излучения обусловлено непрерывным ужесточением требований, предъявляемых к их метрологическим характеристикам. В настоящее время разработкам новых моделей РСИ пространственно-энергетических параметров лазерного излучения уделяется самое пристальное внимание как за рубежом, так и в России. Выпуск первых РСИ пространственно-энергетических параметров лазерного излучения с высокими метрологическими характеристиками пришелся на самое начало 90-х годов прошлого столетия. На базе серийных камер с ПЗС-матрицами было создано новое поколение РСИ, позволяющих в реальном масштабе времени наглядно отображать достаточно точные результаты измерений некоторых параметров лазерного излучения.

Однако в некоторых случаях точность результатов измерений ширины пучка, выполняемых с применением матричных приемников излучения, может оказаться все же недостаточной, либо такие приемники по ряду причин недоступны. При этом допускается использование альтернативных методик измерений ширины пучка – варьированной диафрагмы, движущегося резкого края (ножа Фуко) и перемещаемой щели [1]. Особо подчеркивается, что перечисленные методики позволяют с помощью достаточно простой аппаратуры, в состав которой входят стандартные лазерные ваттметры, обеспечить точность измерений ширины пучка непрерывного лазерного излучения, приемлемую для применений лазеров в доплеровских анемометрах.

Впрочем, требования, предъявляемые к лазерным ваттметрам, вряд ли можно охарактеризовать как требования, предъявляемые к «простой аппаратуре». Так, в случае использования методики варьированной диафрагмы приемная поверхность коллектора энергии должна обеспечивать восприятие более 99% суммарной мощности пучка лазерного излучения. Для выполнения этого требования при измерениях ширины пучков следует использовать лазерный ваттметр с первичным измерительным преобразователем, обладающим координатной чувствительностью. Наличие координатной чувствительности необходимо как для упрощения юстировки измерительной схемы, так и для значительного повышения ее точности. При высокой точности юстировки создаются наилучшие условия согласования лазерного пучка с входной апертурой КЧИП. При этом не только повышается эффективность использования приемной поверхности коллектора энергии, но и минимизируется влияние фона на точность измерений, так как появляется возможность подобрать КЧИП с оптимальным (не завышенным) размером входного окна. Можно показать, что использование координатно-чувствительного лазерного ваттметра в средствах измерения

пространственно-энергетических параметров лазерного излучения позволяет обеспечить высокую точность измерений ширины лазерного пучка и в случаях применения двух других альтернативных методик – движущегося резкого края (ножа Фуко) и перемещаемой щели. Установлено, что оптимальное согласование со входной апертурой КЧИП диагностируемого коллимированного излучения ЛКРГС мощностью до 3 Вт обеспечивается, когда диаметр входного окна равен 12 мм. В этом случае неравномерность зонной характеристики КЧИП не превышает 0,5%, что соответствует требованиям международных стандартов, предъявляемых к РСИ средней мощности лазерного излучения.

Выбор того или иного типа лазерного ваттметра в значительной степени определяется уровнем мощности диагностируемого лазерного излучения. Достаточно часто в метрологической практике приходится измерять энергетические и пространственно-энергетические параметры лазерного излучения среднего уровня мощности.

При работе с таким излучением широко используются лазерные ваттметры с тепловым первичным измерительным преобразователем (ПИП), обеспечивающим необходимое быстродействие и приемлемый коэффициент преобразования

Опробованы все три альтернативные методики измерений ширины лазерного пучка. В результате измерений ширины пучка коллимированного излучения ЛКРГС установлено, что с погрешностью, не превышающей 4%, коэффициент распространения пучка  $M^2$  равен 1,3.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Использование для определения коэффициента распространения пучка  $M^2$  планарного КЧИП, имеющего в отличие от фотоприемников большое значение верхней границы диапазона измерений и малую неравномерность зонной характеристики, позволяет обеспечить погрешность измерений параметра  $M^2$  на уровне рабочих средств измерений лазерного излучения [2].

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. **ГОСТ Р ИСО 11146-2008.** Лазеры и лазерные установки (системы). Методы измерений ширин, углов расходимости и коэффициентов распространения лазерных пучков.
2. **ГОСТ 8.275-2007.** Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений средней мощности лазерного излучения и энергии импульсного лазерного излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 12,0 мкм. М.: Издательство стандартов, 2007.– 8 с.

V.V. Bliznyuk, I.V. Kraynov

*Moscow Power Engineering Institute (Technical university), Russia*

## **ENTRANCE QUALITY ASSURANCE OF THE LASER BUNCHES USED IN DOPLER LASER MEASURING SYSTEMS**

*It is offered for definition of spatially-power parameters of the collimated radiation of the semi-conductor lasers used in dopler laser anemometers and lidars, to apply the planar coordinate-sensitive measuring converter of laser radiation*

DIAGNOSTICS OF RADIATION OF SEMICONDUCTOR LASER, QANTUM-WELL  
HETHEROSTRUCTURE, PARAMETR  $M^2$