ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТОВОГО ПОЛЯ ШИРОКОФОРМАТНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ

А.Ф. Аушев, А.Г. Бедрин, А.П. Гурьев, С.П. Дашук
НИИКИ ОЭП, г. Сосновый Бор, Ленинградская область, contact@niiki.ru

Для определения пространственного распределения энергетической освещенности объекта, облучаемого мощными световыми импульсами излучателя на основе многоламповой панели, изготовлен сканирующий анализатор светового поля. Приведены данные о пространственной структуре светового поля излучателя.

Работа является продолжением цикла разработок стендового излучателя [1-2] для проведения светотехнических испытаний и исследований воздействия мощного светового излучения на оптико-электронные приборы и оптические материалы. В первоначальном варианте конструкции ламповая панель излучателя [3] содержала 14 импульсных трубчатых ламп длиной 830 мм, расположенных горизонтально друг над другом в вертикальной плоскости. Эксперименты показали, что при работе в режиме секундной длительности световых импульсов вследствие значительной величины токов происходит разогрев кварцевой оболочки, и лампы испытывают прогиб в средней части колб. Кроме того, электродинамическое взаимодействие однонаправленных токов являлось причиной отклонения канала разряда к стенкам колб в приэлектродных областях ламп за счет действия пондеромоторных сил. В условиях высокой подводимой к излучателю мощности они приобретали значительную величину, достаточную для прилипания разрядного канала к стенкам колб внутри соседних ламп, близких к краям многолампового излучателя. Все это приводило к ограничению длительности цикла свечения ввиду возможности сквозного проплавления кварца и разгерметизации ламп, к снижению мощности светового потока оседавшими на стенки колб примесями, и к ограничению срока службы ламп.

В этой связи была поставлена задача – разработать излучатель, свободный от указанных недостатков и позволяющий сформировать достаточно однородную пространственную структуру светового поля в плоскости объекта испытаний. Для этого разработана конструкция широкоформатной ламповой панели, при которой импульсные ксеноновые лампы ИНП-16/580 расположены вертикально в одной плоскости параллельно друг другу с постоянным шагом установки (рисунок 1).

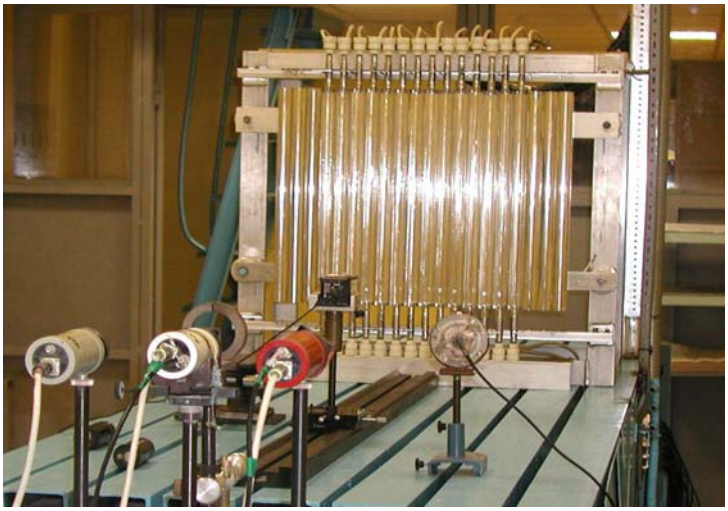

Рис. 1 Излучатель – 14-ламповая панель с датчиками диагностики излучения

Расстояние между осями ламп при естественном воздушном охлаждении составляет 38 мм. Величина шага между лампами задана из соображений снижения взаимного термического влияния ламп друг на друга, т.к. в этом случае улучшаются условия конвективного охлаждения. Отражателями светового излучения каждой лампы служат специально изготовленные полуцилиндрические экраны из полированного алюминия. С целью снижения механического воздействия друг на друга при световом разогреве отражателей между ними выполнены зазоры величиной в 1 мм. Для уменьшения световых потерь за отражателями установлен дополнительный полированный экран.

Ламповая панель позволяет сформировать в плоскости объекта испытаний световое поле (рабочее пятно излучателя) площадью от 0,25 до 1 м^2. Для контроля пространственного распределения энергетической освещенности объекта требуется измерительная система такого же размера. В идеальном случае это должна быть матрица точечных фотоприемников. Однако такая матрица должна иметь значительное количество элементов для получения необходимого пространственного разрешения хотя бы по одной координате. При этом ее элементы должны долговременно сохранять идентичность фотометрических свойств, что достаточно трудно реализовать в условиях мощного светового воздействия.

Учитывая перечисленные обстоятельства, для разработки анализатора светового поля было принято наиболее простое техническое решение – одномерное механическое сканирование поля. Данное решение оправдано тем, что длительность светового импульса составляет несколько секунд, что вполне достаточно для одного прохода измерительной головки. Кроме того, очевидно, что детальная картина распределения облученности требуется лишь по одной координате - перпендикулярно вертикальной оси ламп, поскольку вдоль ламп, т. е. вдоль столба разряда облученность меняется слабо и монотонно. Следовательно, подвижная головка анализатора может иметь всего 3-5 датчиков освещенности.

На рисунке 2 изображена схематическая конструкция устройства сканирования светового поля. Перед ламповой панелью 1 на заданном расстоянии от нее в горизонтальной направляющей 2 перемещается каретка 3 с закрепленными на разных высотах датчиками освещенности 4. Сигналы датчиков по кабелям 5 передаются в регистрирующее устройство компьютера. Каретка приводится в движение перпендикулярно оси ламп шаговым электродвигателем с помощью реечного механизма. Питание для схемы управления двигателем подается по кабелю 6.

При включении ламповой панели под действием общего рассеянного света срабатывает фотореле, которое запускает генератор управляющих импульсов с плавно нарастающей частотой, чем обеспечивается разгон каретки. Оптимальные динамические характеристики разгона каретки, ее движения с постоянной скоростью и торможения устанавливаются подбором элементов схемы привода шагового двигателя и питающего напряжения. Зону испытуемого объекта на различных расстояниях от ламповой панели каретка проходит с постоянной скоростью порядка 0,5 м/с.

Датчик освещенности представляет собой кремниевый фотодиод с двухкаскадным усилителем. Первый каскад выполняет функции преобразователя тока в напряжение, второй является буферным инвертирующим повторителем. Сигнал датчика снимается с выхода усилителя через резистор, который вносит затухание и предотвращает возбуждение схемы при работе на длинный кабель. Поскольку ламповая панель излучателя находится в специальном защитном бункере, длина кабеля от датчика анализатора до измерительного компьютера составляет более 30 м.

На рисунке 3 представлена конструкция фотодатчика в разрезе, вид сверху. На монтажной стойке 1, являющейся одновременно защитным экраном, закрепляется

корпус 2 фотодатчика. Чтобы удовлетворить условию максимальной входной аппертуры датчика перед фотоприемником 5 установлена тонкая светорассеивающая пластина 3. С целью обеспечения наибольшей эффективности светорассеяния в качестве материала для пластины выбрана электротехническая керамика, которая обладает свойствами поверхности Ламберта, одинаково воспринимая свет со всех направлений. Пластина рассеивает и поглощает падающее излучение, выполняя также роль ослабителя сигнала. Толщина пластины подобрана экспериментально из условий достаточного ослабления сигнала и составляет около 1 мм. Дополнительное ослабление дает промежуточная вставка 4 в виде втулки с малым отверстием в центральной части. Диаметр керамической пластины определяет пространственное разрешение фотодатчика. Усилитель фототока размещен на плате 6. Вся конструкция датчика обеспечивает максимальный теплоотвод от рассеивающей приемной пластины и не допускает опасного перегрева фотодиода.

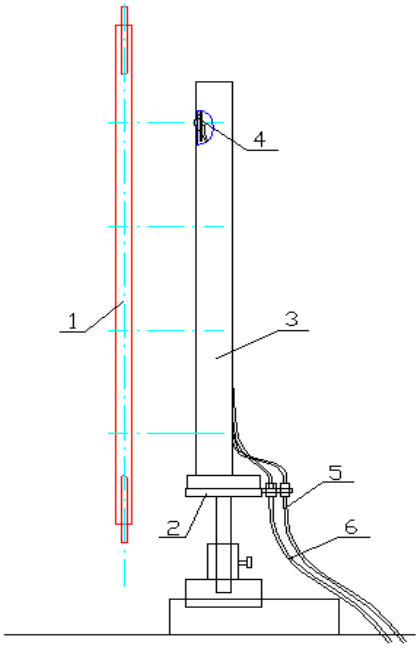

Рис. 2 Устройство сканирования светового поля

Анализатор содержит также датчик пространственного положения каретки. В точках направляющей, соответствующих краям и центру поля, закрепляются небольшие постоянные магниты. На каретке установлен биполярный датчик Холла с открытым коллектором, который срабатывает, пересекая магнитное поле каждого магнита. При этом замыкается на ноль сигнал фотоприемника по одному из каналов, формируя на экране измерительного компьютера репер - соответствующую метку. Метки достаточно узкие и не мешают восприятию картины, они могут быть также отключены или выведены отдельным каналом.

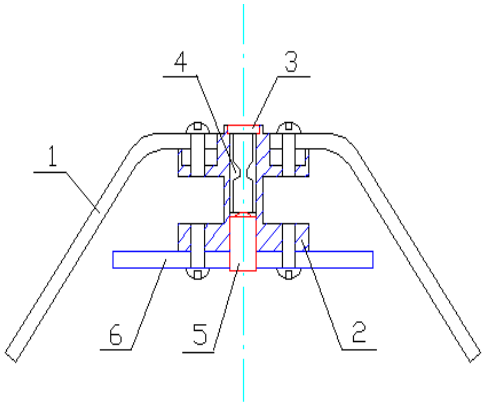

Рис. 3 Конструкция фотодатчика (в разрезе, вид сверху)

Таким образом, вся информация об относительной величине освещенности в данной точке и о её пространственном положении поступает в компьютер автоматизированной системы управления и диагностики стенда по одному кабелю.

С помощью сканирующего анализатора получены данные о пространственной структуре светового поля излучателя на основе 14-ламповой панели. На рисунке 4 приведены зависимости горизонтального распределения плотности энергии излучения на различных расстояниях от ламповой панели. Вертикальными реперами отмечены средняя и крайние лампы панели.

Энергетическое воздействие протяженного источника света на элементарную площадку поверхности объекта определяется суммой составляющих излучения от всей

поверхности источника. С целью проверки равномерности распределения поля была отключена одна из средних ламп панели.

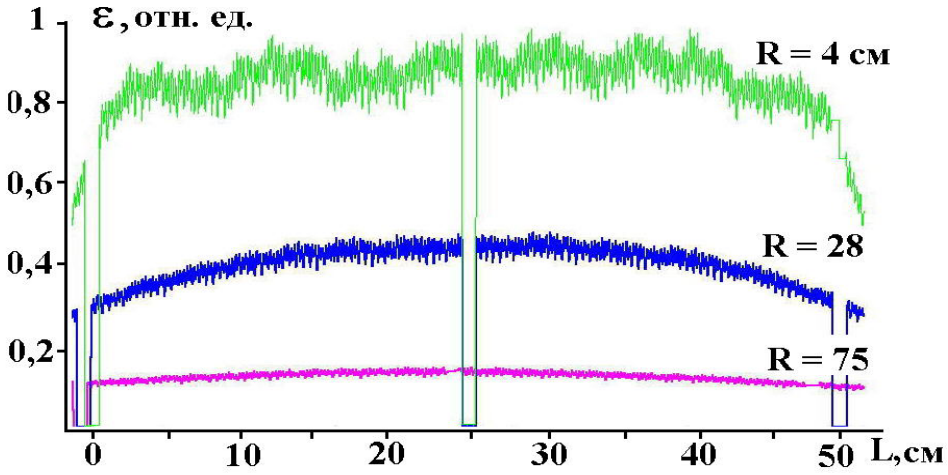

Рис. 4 Распределение плотности энергии по горизонтальной оси пятна облучения на различных расстояниях R от ламповой панели

Из рисунка 5 видно, что это обусловило резкий спад освещенности в исследуемой плоскости на расстоянии R = 4 см от ламп. Для выравнивания пространственной структуры светового поля были проведены расчеты параметров взаимного расположения ламп и отражателей, а также поиск оптимального радиуса кривизны отражателя каждой лампы.

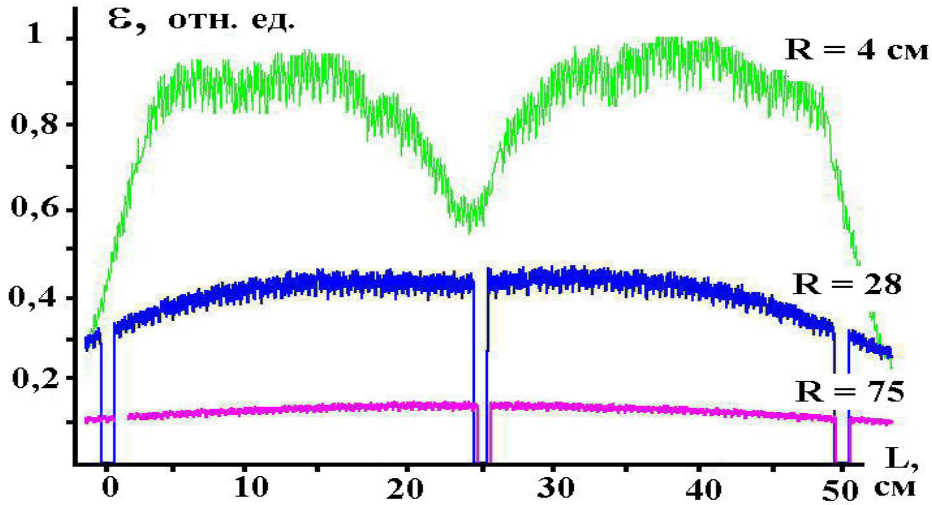

Рис. 5 Распределение плотности энергии по горизонтальной оси пятна облучения при отключенной средней лампе

Оптимизация радиуса кривизны поверхности отдельного отражателя уменьшает область, экранируемую колбой лампы, и распределение освещенности становится более компактным и равномерным. На основании расчетов был сделан вывод, что с наибольшей эффективностью увеличения однородности светового поля можно достичь при радиусе кривизны отдельного отражателя $\mathfrak{R}$ = 26 мм и величине зазора между поверхностью колбы лампы и отражателем 0,8 мм. Внесение соответствующих изменений в конструкцию ламповой панели привело к тому, что в дальней зоне, начиная с расстояния R ≥ 25 см, неравномерность плотности энергии в центре пятна облучения и на его границах не превышает 20 %, т.е. световое поле обладает

достаточной однородностью. Из рисунка 5 видно, что при отключенной средней лампе распределение плотности энергии при R = 28 - 150 см практически не отличается от структуры светового поля, показанной на рисунке 4. При этом зависимость облученности от расстояния до ламп имеет следующий вид (рисунок 6).

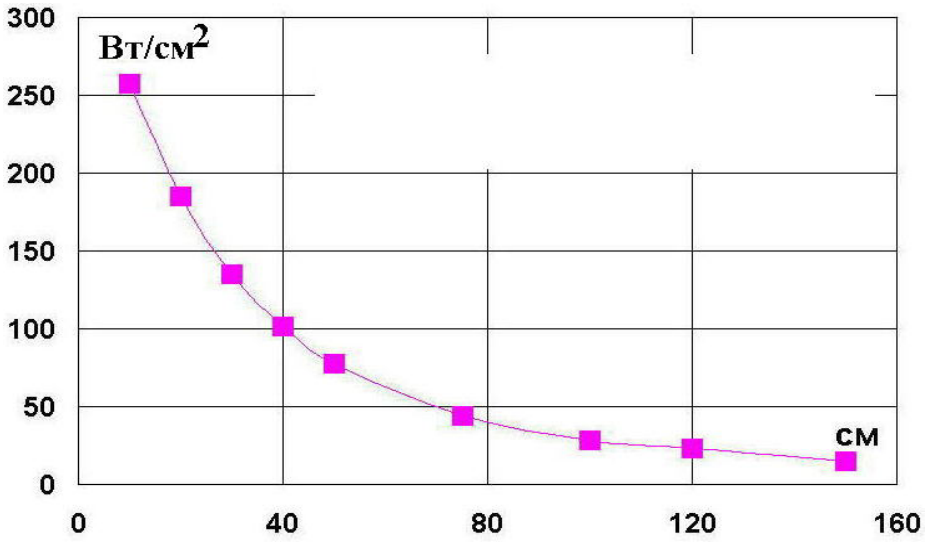

Рис. 6 Зависимость облученности от расстояния до ламповой панели

Таким образом, разработанный сканирующий анализатор работоспособен в условиях интенсивных (до 300 Вт/см^2) световых полей и обеспечивает регистрацию относительного распределения освещенности при облучении импульсами секундной длительности объектов размером до 1 м с пространственным разрешением до 5 мм.

Литература

1. Бедрин А.Г., Гурьев А.П., Роговцев П.Н. Световой испытательный стенд для моделирования воздействия импульсов секундной длительности. // В сборнике трудов Международной конференции «Прикладная оптика - 2000» – СПб.: ГОИ, С. 133 - 135.
2. Бедрин А.Г., Венглюк В.И., Гурьев А.П., Соколова Г.А. Разработка и создание средств автоматизированного управления испытательного стенда. // В сборнике трудов Международной конференции «Прикладная оптика - 2000». - СПб.: ГОИ. С. 128 - 130.
3. Аушев А.Ф., Бедрин А.Г., Гурьев А.П., Дашук С.П. Применение трубчатых ламп для генерации световых импульсов секундной длительности. // В сборнике трудов VI Международной конференции «Прикладная оптика». - СПб.: ГОИ. 2004, т.1, с. 159-163.

SPACE DISTRIBUTION OF LARGE IRRADIATOR'S LIGHT FIELD

A.F.Aushev, A.G.Bedrin, Ph.D, A.P.Guriev, Ph.D, S.P.Dashuk, Ph.D.

Research Institute for Complex Testing of Optoelectronic Devices and Systems
The town of Sosnovy Bor Leningrad region

A light field scanning analyzer has been developed with the intent of determining the irradiance space distribution of the subject, illuminated by high-power light pulses of the multitube panel-based irradiator. The data on the structure of the irradiator's light field are given.