

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТЕНДА ИМИТАЦИИ ФОНОЦЕЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ

В. А. ВАЛЕТОВ, И. Ю. ШМИГЕЛЬСКИЙ

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: shmigelsky90spb@gmail.com

Рассмотрены проблемы изготовления проекционного экрана стенда имитации фоноцелевой обстановки. Выбрана растровая отражающая поверхность с направленно-диффузным светоотражением. Проанализированы зависимости яркостных характеристик выбранной отражающей поверхности проекционного экрана от угла отражения светового потока к нормали поверхности. Исходя из технологии изготовления раstra определен метод охлаждения отражающей поверхности экрана, функционирующего в видимой и инфракрасной областях спектра. Разработана технология раскроя сферы для аппроксимации ее формы.

Ключевые слова: проекционный экран, растровая отражающая поверхность, спектральный коэффициент яркости, имитационный стенд фоноцелевой обстановки.

В настоящее время отечественная промышленность разрабатывает оптоэлектронные системы обнаружения объектов-целей на фоне окружающего пространства — оптические локационные станции (ОЛС). В целях отработки программного обеспечения и решения задачи применения оптических локационных станций требуется создание имитационных стендов фоноцелевой обстановки (ФЦО). При испытаниях ОЛС на имитационном стенде возможно в непрерывном режиме имитировать редкие и специальные атмосферные явления, что обеспечивает экономию значительных средств и времени по сравнению с натурными испытаниями [1]. На сегодняшний день системы имитации ФЦО выпускают лишь несколько зарубежных компаний, такие как e.sigma и barco. Перед отечественными производителями стоит задача разработки стенда имитации ФЦО.

Типовой стенд включает в себя проекторы, экран проецирования, цифровой вычислительный центр обработки информации, программное обеспечение. Создание каждой из приборных частей такого стенда представляет собой серьезную технологическую задачу, решение которой в значительной мере зависит от научно-технологического задела. Остановимся на особенностях разработки одного, очень важного и сложного элемента конструкции — его экране.

При проектировании и изготовлении экрана необходимо решать сложные конструкторско-технологические задачи, основными из которых являются:

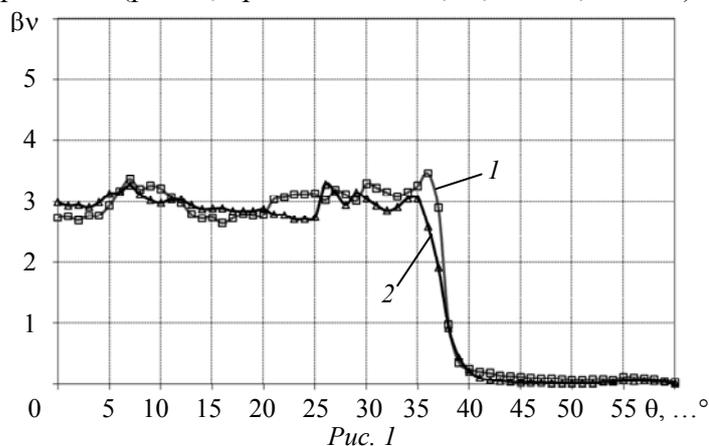
- поиск способа увеличения яркостной характеристики отражающей поверхности при минимальном искажении отраженного изображения и реализация этого способа;
- реализация формы и размера в соответствии с оптической схемой стенда;
- обеспечение отражения в необходимом спектральном диапазоне (видимый, ИК, УФ).

При решении первой задачи необходимо учесть, что окружающее ОЛС пространство характеризуется ламбертовским законом распределения яркости в угле 4π [2]. Аналогичным распределением в отраженном свете обладает поверхность, обработанная травлением или по пескоструйной технологии. Такая шероховатая поверхность имеет почти одинаковую характеристику яркости во всем диапазоне углов рассеяния от 0 до 2π , но всегда меньше единицы [3]. Существуют специальные структурированные поверхности с более узкой, чем 2π , индикатрисой рассеяния. Такие поверхности характеризуются коэффициентом яркости β_v и могут быть

или зеркально отражающими, или направленно рассеивающими. Теоретически направленно рассеивающая поверхность с равномерным распределением коэффициента яркости во всем телесном угле рассеяния — это поверхность с нанесенным на нее микрорельефом в виде зеркальных лунок сферической формы [4]. При плотном регулярном расположении этих лунок получаются сферические шестигранники. В зависимости от соотношения диаметра и глубины лунок можно реализовать заданный диапазон углов рассеяния. Чем уже индикатриса рассеяния такой поверхности, тем больше коэффициент яркости, тем ниже требования к энергетике проекторов. В нашем случае размер элемента раstra зависит от разрешающей способности ОЛС. Для отработки технологии изготовления растровой поверхности выполнен расчет параметров раstra для угла рассеяния около 35° , размер элемента раstra — 0,4 мм. По этим расчетам изготовлена матрица — рабочая поверхность инструмента.

При изготовлении образцов отражающей поверхности использовалось прессовое сканирование на станке с ЧПУ. Для обработки поверхности была опробована высокопроизводительная технология нанесения рельефа. Подобранный комплекс технологий позволяет получить оптическую поверхность, удовлетворяющую заданным параметрам, разработать один из возможных методов получения оригинала элемента экрана с требуемой оптической поверхностью и способ ее тиражирования.

На базе ГОИ им. С.И. Вавилова опытно-экспериментальным путем выбрана микрогеометрия отражающей поверхности с равномерным (разброс по коэффициенту яркости $\beta_v \sim 10\%$) коэффициентом яркости в диапазоне углов $\theta \pm 30^\circ$, превышающем в три раза значение коэффициента яркости молочного стекла МС-20 в спектральных областях $\lambda = 0,63$ и $3,39$ мкм, а также разработана технология изготовления отражающей поверхности. Получены оптические характеристики поверхности (рис. 1, кривая 1 — $\lambda = 0,63$, 2 — $3,39$ мкм).



Из рис. 1 видно, что отраженный световой поток фокусируется в рабочем диапазоне углов $\theta < 35^\circ$ от нормали поверхности, за счет чего увеличивается яркость изображения. Однородность отражающих свойств в рабочем диапазоне уменьшает погрешность имитации окружающего пространства.

Реализован раскрой материала, обеспечивающий сферическую форму экрана (рис. 2). Форма экрана представляет собой аппроксимацию сферы из 951 плоской пластины. Отступление от сферической формы не превышает $\pm 2,5$ мм. Пластины с отражающей поверхностью выполнены из алюминия, для каждого из 16 рядов подобрана своя геометрия. Центральная пластина круглая, пластины со 2-го по 16-й ряд имеют трапециевидную форму с эллипсами в основаниях. Раскрой сферы в компьютерной модели выполнен в декартовой системе координат. Зазоры в модели не превышают 5 мкм.

При воздействии излучением поверхность экрана нагревается [5]. Экран не должен содержать тепловых следов при проецировании на него динамических сценариев (движение цели на фоне). Для решения задач такого рода используются водяное и азотное охлаждение,

элементы Пельтье, пневмоохлаждение, естественный теплообмен с воздухом. В нашем случае, благодаря особенностям технологии, оптический рельеф наносится непосредственно на алюминиевые пластины, их толщина выбрана относительно большой — 8 мм, что позволяет, при наличии термостатированного помещения, устранить следы на поверхности экрана для ИК-диапазона.

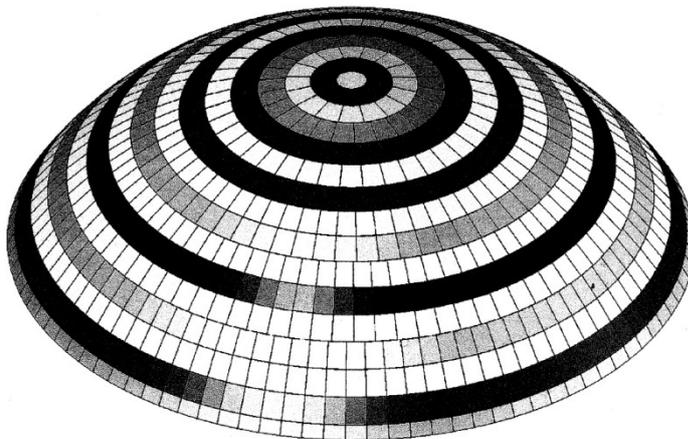


Рис. 2

По результатам проведенного исследования изготовлен экран проецирования; накопленный опыт позволит обеспечить развитие технологии изготовления таких экранов. С возникновением новых ОЛС, работающих в УФ-диапазоне спектра, следует определить требования к экрану проецирования и стенду в целом, характерные для данного диапазона. В настоящей работе использован растр с диаметром лунки 0,4 мм для видимого и ИК-диапазонов спектра. Для перспективных ОЛС с увеличенной разрешающей способностью размер растра следует уменьшать, чтобы избежать негативного влияния структуры растра на отображаемый сценарий. Также следует определить влияние шероховатости отражающей поверхности с растром. Необходимо нивелировать технологические проблемы, связанные с влиянием зазоров в многоэлементном экране на качество отражения проецируемых сценариев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линьков В., Морозов А., Сидоров В. Локационные системы оптического диапазона комплексов ПВО надводных кораблей ВМС иностранных государств // Зарубежное военное обозрение. 2000. № 6. С. 47.
2. Гершун А. А. Избранные труды по фотометрии и светотехнике. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958. С. 476—490.
3. Топорец А. С. Оптика шероховатой поверхности. Л.: Машиностроение, 1988. С. 75—85.
4. Русинов М. М., Грамматин А. П., Иванов П. Д. и др. Вычислительная оптика: Справочник. М.: УРСС, 2009. С. 136—140.
5. Арутюнов В. А. и др. Состояние и перспективы разработок охлаждаемых матричных ИК-приемников изображения двойного назначения в ОАО "ЦНИИ «Электрон»" // Прикладная физика. 2002. Вып. 6. С. 42—51.

Сведения об авторах

- Вячеслав Алексеевич Валетов** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения; E-mail: valetov.v@mail.ru
- Илья Юрьевич Шмигельский** — аспирант; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения; ГОИ им. Вавилова; младший научный сотрудник; E-mail: shmigelsky90spb@gmail.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
22.10.14 г.

Ссылка для цитирования: Валетов В. А., Шмигельский И. Ю. Конструктивно-технологические особенности стенда имитации фоноцелевой обстановки // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 4. С. 304—307.

**DESIGN AND TECHNOLOGICAL SPECIFICATIONS
OF TARGET ENVIRONMENT IMITATION STAND**

V. A. Valetov, I. Yu. Shmigelsky

*ITMO University, 197101, Saint Petersburg, Russia
E-mail: shmigelsky90spb@gmail.com*

The problems of manufacturing of projection screen for target environment simulating stand are considered. Raster reflecting surface with directional-diffuse light reflection is chosen for the projection screen. Dependence of the reflective surface brightness characteristics on the angle of light flux reflection is analyzed. Method of cooling of the screen surface operating in the visible and infrared spectral regions is defined in accordance with selected technology of the raster manufacturing. A technology for sphere cutting to approximate its shape is developed.

Keywords: projection screen, raster reflecting surface, spectral brightness, target environment imitation stand.

Data on authors

- Vyacheslav A. Valetov** — Dr. Sci., Professor; ITMO University; Department of Instrumentation Technology; E-mail: valetov.v@mail.ru
- Ilya Yu. Shmigelsky** — Post-Graduate Student; ITMO University; Department of Instrumentation Technology; State Optical Institute for the S. I. Vavilov; Junior Researcher; E-mail: shmigelsky90spb@gmail.com

Reference for citation: *Valetov V. A., Shmigelsky I. Yu.* Design and technological specifications of the stand imitation target environment // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroenie*. 2015. Vol. 58, N 4. P. 304—307 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-4-304-307