

АНАЛИЗ ИНДИКАТРИС СПЕКТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЯРКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ С РАЗЛИЧНОЙ МИКРОГЕОМЕТРИЕЙ

И. Ю. ШМИГЕЛЬСКИЙ

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

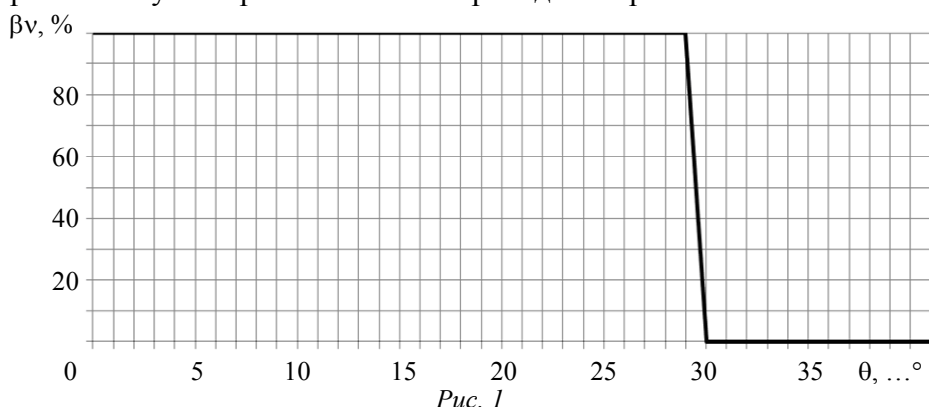
Сравниваются индикатрисы спектральных коэффициентов яркости поверхностей, характеризующихся различной микрогеометрией. Проанализирована возможность применения таких поверхностей в проекционных экранах для инфракрасного диапазона. Представлены особенности направленного светоотражения поверхности с регулярным микрорельефом в виде шестигранных сферических ячеек.

Ключевые слова: проекционный растровый экран, спектральный коэффициент яркости.

Для комплектации стендов полунатурных испытаний бортовой оптической аппаратуры на базе сферических проекционных экранов предлагается использовать экран с отражающей поверхностью, обладающей увеличенным коэффициентом яркости. Яркость отраженного от поверхности сигнала характеризуется индикатрисой относительного коэффициента яркости β_v этого сигнала в исследуемом диапазоне углов отражения. При имитации фоноцелевой обстановки необходимо реализовать на экране ламбертовское рассеяние, чтобы экран не вносил погрешности в отображаемый сценарий.

Задача получения изображения в ряде случаев может быть решена за счет использования оптических систем, представляющих собой совокупность отдельных элементов, каждый из которых создает изображение одной точки — элемента изображения. Подобного рода оптические системы называются растровыми [1].

Растровая поверхность позволяет сузить угол рассеяния светового потока, благодаря чему достигается увеличение коэффициента яркости поверхности по сравнению с поверхностью с нормальным рассеянием. Относительный коэффициент яркости β_v идеальной отражающей поверхности с углом рассеяния $\pm 30^\circ$ приведен на рис. 1.



В настоящей работе исследовалась отражающая поверхность с углом рассеяния $\pm 30^\circ$. Задачей эксперимента являлся поиск зависимости индикатрисы спектральных коэффициентов яркости от микрогеометрии поверхности.

По результатам анализа известных в мировой практике методов обработки отражающих поверхностей экранов предложено использовать пескоструйную обработку, нанесение краски ВИАМ на поверхность, обработку поверхности алмазным бором (фрезерование алмазным

бором и нанесение микроштрихов), нанесение на поверхность с различной степенью незамошенности конических ячеек различной глубины и диаметра, нанесение сферических ячеек на поверхность, равномерное нанесение сферических ячеек на поверхность.

Для каждого вида обработки поверхностей построены индикатрисы относительного коэффициента яркости, проанализированы особенности геометрической структуры и проанализирован характер рассеивания отраженного излучения для $\lambda = 3,39$ мкм.

На рис. 2, а представлена поверхность с неравномерно распределенными микроштрихами различной длины, ширины ($\approx 0,3$ — 2 мм) и направления. В некоторых зарубежных проекционных экранах используется похожая структура микрогеометрии на основе микроштрихов [2].

На рис. 2, б представлена поверхность со сферическими шестигранными ячейками диаметром $\approx 0,4$ мм, глубиной $\approx 0,04$ мм, обеспечивающими плотное замощение.

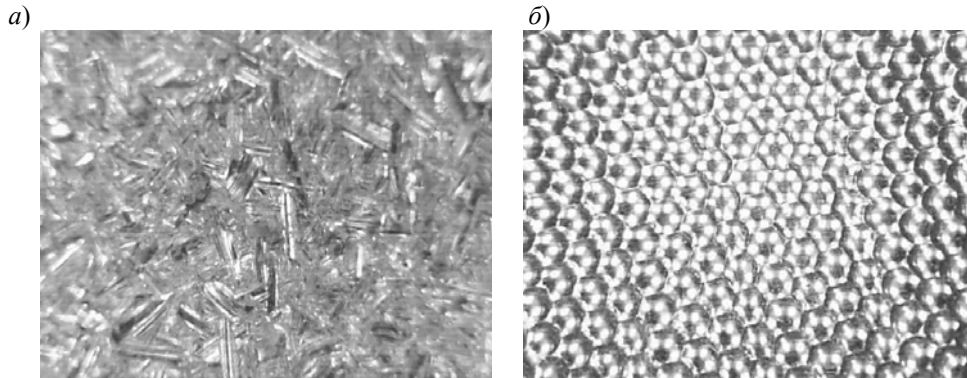


Рис. 2

На рис. 3 приведены индикатрисы относительного коэффициента яркости всех исследованных образцов поверхностей для длины волны $\lambda = 3,39$ мкм. Измерения проводились на гониоспектрофотометрической установке [3]. Дискретность измерений 1° , погрешность 3 %.

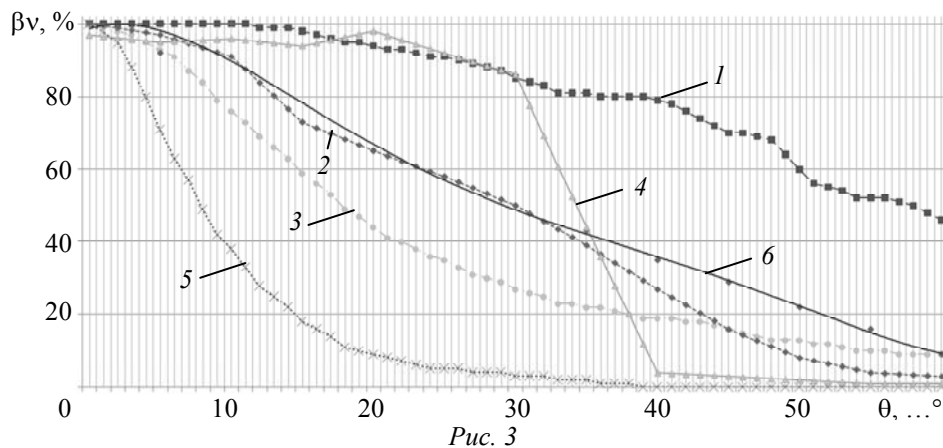


Рис. 3

Из кривой 1 видно, что образец поверхности после пескоструйной обработки в диапазоне углов $\theta = 0$ — 30° составляет $\beta_v \approx 90$ %. Абсолютное значение яркости в рабочем диапазоне будет ниже, чем у образца со сферическими ячейками (кривая 2), поскольку в нерабочем диапазоне углов $\theta > 30^\circ$ коэффициент яркости также имеет высокие значения.

Поверхность после фрезерования инструментом по типу алмазного бора (кривая 3) имеет $\beta_v \approx 60$ % в середине рабочего диапазона при $\theta \approx 15^\circ$ и $\beta_v \approx 25$ % — при $\theta \approx 30^\circ$. Во избежание потерь при имитации сценариев (движения цели на фоне) нижний порог распознавания цели необходимо опустить до минимального значения яркости экрана в рабочем диапазоне углов. Данное условие уменьшает эффективность всего экрана при наличии низких значений коэффициента яркости β_v в диапазоне углов 0 — 30° .

Наиболее близка к теоретической кривая индикатрисы поверхности после равномерного нанесения сферических ячеек (кривая 4). Минимальное значение относительного коэффициента

в рабочем диапазоне составляет около 90 % при $\theta \approx 30^\circ$. При больших углах значение коэффициента яркости стремятся к нулю. Таким образом, основная часть светового потока концентрируется в рабочем диапазоне углов. На рис. 3 также приведены графики для обработки нанесением краски ВИАМ (кривая 5) и нанесением на поверхность конических ячеек (кривая 6).

Эффективность экрана с равномерно нанесенными сферическими ячейками на его поверхность в три раза выше традиционно используемого матового экрана. Сокращение рабочего диапазона в два раза позволит увеличить коэффициент яркости вдвое при реализации соответствующей индикатрисы.

Использование проекционного экрана с равномерно нанесенными сферическими ячейками для комплектации стендов полунатурных испытаний бортовой аппаратуры позволяет увеличить яркость изображения и тем самым снизить требования к проекторам, что особенно критично для работы в ИК-диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русинов М. М., Грамматин А. П., Иванов П. Д. и др. Вычислительная оптика: Справочник. М.: УРСС, 2009. С. 136—140.
2. MOCOM Solstice [Электронный ресурс]: <<http://mocomscreens.com/technology/concave-screen-tech/>>.
3. Топорец А. С. Оптика шероховатой поверхности. Л.: Машиностроение, 1988. С. 37—45.

Сведения об авторах

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: Шмигельский И. Ю. Анализ индикатрис спектральных коэффициентов яркости поверхностей с различной микрогеометрией // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 4. С. 312—314.

ANALYSIS OF INDICATRICES OF THE SPECTRAL BRIGHTNESS COEFFICIENT FOR SURFACES WITH DIFFERENT MICROGEOMETRY

I. Yu. Shmigelsky

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

Indicatrices of the spectral luminance coefficient for surfaces with different microgeometry are compared. Applicability of these surfaces as projection screens for infrared spectral range is analyzed. Peculiarities of directional light reflection from a surface with a regular microrelief in the form of hexagonal spherical cells are demonstrated.

Keywords: raster projection screen, spectral brightness coefficient.

Data on author

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: Shmigelsky I. Yu. Analysis of indicatrices of the spectral brightness coefficient for surfaces with different microgeometry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroyeniye. 2015. Vol. 58, N 4. P. 312—314 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-4-312-314