

УДК 535.24

УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЯРКОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ «МЕТАЛЛ-СЕТКА»

ДЖАМАЛЬ СААД ОМЕР*, И.М. ЦИКМАН, Ю.В. БЕЛЯЕВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко
Курчатова, 7, Минск, 220108, Беларусь

Поступила в редакцию 2 ноября 2012

Описаны результаты исследований спектральных параметров отраженного от поверхности комбинированных образцов «металл-сетка» излучения. Приведены результаты определения коэффициента спектральной яркости (КСЯ) отраженными образцами излучения для четырех характерных фазовых углов.

Ключевые слова: спектр отражения, коэффициент спектральной яркости, фазовые углы, дальность обнаружения.

Введение

Применение различных маскировочных сеток позволяет значительно снизить контраст по отношению к фонам в оптической области спектра в видимом, среднем инфракрасном и тепловом диапазонах. Однако контраст может быть усилен при использовании спектрально-анализирующей съемки [1]. При этом регистрируются изображения объектов в узких полосах интерференционных фильтров, где различие в уровне отраженного излучения объект/фон максимальны. Для минимизации подобных эффектов усиления контраста необходимо исследовать ход коэффициентов спектральной яркости излучения объектов, фонов и различных маскировочных сеток в видимом и ИК-диапазонах спектра и выбирать оптимальные варианты использования различных сеток. В условиях меняющейся освещенности (различные высоты и ориентация Солнца) при наружном наблюдении большое значение имеют угловые зависимости коэффициента спектральной яркости (КСЯ).

Методика эксперимента

КСЯ определяется отношением спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) отраженного от поверхности образца излучения к СПЭЯ диффузно-рассеивающей ламбертовской поверхности, освещенной также как и исследуемый образец. В качестве ламбертовской поверхности использовалась пластина молочного стекла МС-20.

Исследования спектральных и угловых зависимостей КСЯ образцов с использованием маскировочных сеток проводились на геометрической установке при угле падения коллимированного излучения галогенной лампы на поверхность образцов 45° . Регистрация и обработка данных измерений с получением КСЯ проводились по методике, описанной в [2]. Регистрация сигнала спектрометром осуществлялась в отсчетах АЦП и записывалась в файл. Специальное программное обеспечение позволяло производить пересчет этих данных в значения КСЯ.

Относительная суммарная неопределенность измерений КСЯ составляла в области 0,38-0,9 мкм менее 5%, а в области 0,9-2,4 мкм – порядка 10%. Исследуемые образцы:

- свежесрезанный лист липы (в качестве образца фона);
- пластина металла, окрашенного в зеленый цвет;
- комбинированные образцы на основе металлической пластины с сетками.

Исследовались сетки четырех видов: на тканевой основе (размер ячеек 1,5-2 мм) с окраской двух типов; пластиковой и металлической сетками (размер ячеек 3-4 мм), окрашенными в зеленый цвет.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведены кривые КСЯ исследуемых образцов при различных фазовых углах - 45°, 75°, 90°, 100°. Фазовые углы 45° и 75° соответствуют углам наблюдения в натуральных условиях вертикальной поверхности объекта при различных угловых положениях Солнца, расположенном за наблюдателем. Углы 90° и 100° соответствуют горизонтальной плоскости объектов при положении Солнца перед наблюдателем.

Из рис. 1, *а, б* видно, что КСЯ растительности плавно растет с увеличением угла наблюдения во всем рассматриваемом спектральном диапазоне. Наибольший рост значений КСЯ у растительности в видимой области спектра. В ИК-области 750-2400 нм значения КСЯ увеличиваются с увеличением фазового угла в меньшей степени. Максимальные значения КСЯ листа растительности наблюдается при фазовом угле 100°, а не при зеркальном – 90°, характерном для остальных образцов.

Особенностью металлической окрашенной пластины является резкое увеличение значений КСЯ при зеркальном угле. При таком угле объект будет резко выделяться на естественных фонах.

Для комбинированных материалов «металл-сетка» (рис. 1, *в-е*) характерно значительное снижение значений КСЯ при зеркальном угле наблюдения.

Из рисунка видно, что минимальное отличие в интегральных значениях КСЯ диапазона 0,38-2,38 мкм от листа растительности при зеркальном угле наблюдения среди образцов с сеткой наблюдается у образца – «металл+сетка» т.е. с металлической сеткой. Этот результат можно объяснить неровностью поверхности металлической сетки и переотражением и поглощением излучения между сеткой и окрашенной поверхностью металла.

Для остальных комбинированных образцов «металл-сетка» характерным является значительное увеличение значений КСЯ при зеркальном угле по сравнению со значениями при других фазовых углах, но это отличие значительно меньше, чем у металлической пластины. Для углов 45°, 75° и 100° наименьшее отличие распределения КСЯ по длинам волн от растительности наблюдается у образцов металлической пластины, покрытой маскировочными сетками на тканевой основе (рис. 1, *в-г*). Однако за счет ровной и значительной по площади поверхности плотной тканевой основы между порами сетки, при зеркальном угле данный образец значительно выделяется. Интенсивность отраженного излучения при этом возрастает в среднем в 1,5-2 раза.

Заключение

Все используемые сетки при зеркальном угле наблюдения значительно снижают величину КСЯ окрашенной поверхности металла и приближают эти значения к отражательным характеристикам растительности при регистрации в интегральном спектральном диапазоне наблюдения. Данная особенность характерна для монохромных съемочных систем при наблюдении с больших расстояний, например из космоса. Таким образом, все сетки следует использовать для уменьшения заметности гладких, с зеркальным характером отражения поверхностей объектов, что уменьшает утечку информации по оптическим каналам приборов видеонаблюдения. При проведении спектральной съемки в нескольких узких спектральных диапазонах важна не только интегральная величина яркости, но и характерный для природных фонов ход спектральной кривой КСЯ. Но и в этом случае использование данных сетчатых материалов, особенно сеток на тканевой основе с камуфляжной окраской, значительно уменьшают заметность объектов на природных фонах для рассматриваемых фазовых углов и, соответственно позволяет во многих случаях значительно сократить дальность обнаружения скрываемых объектов.

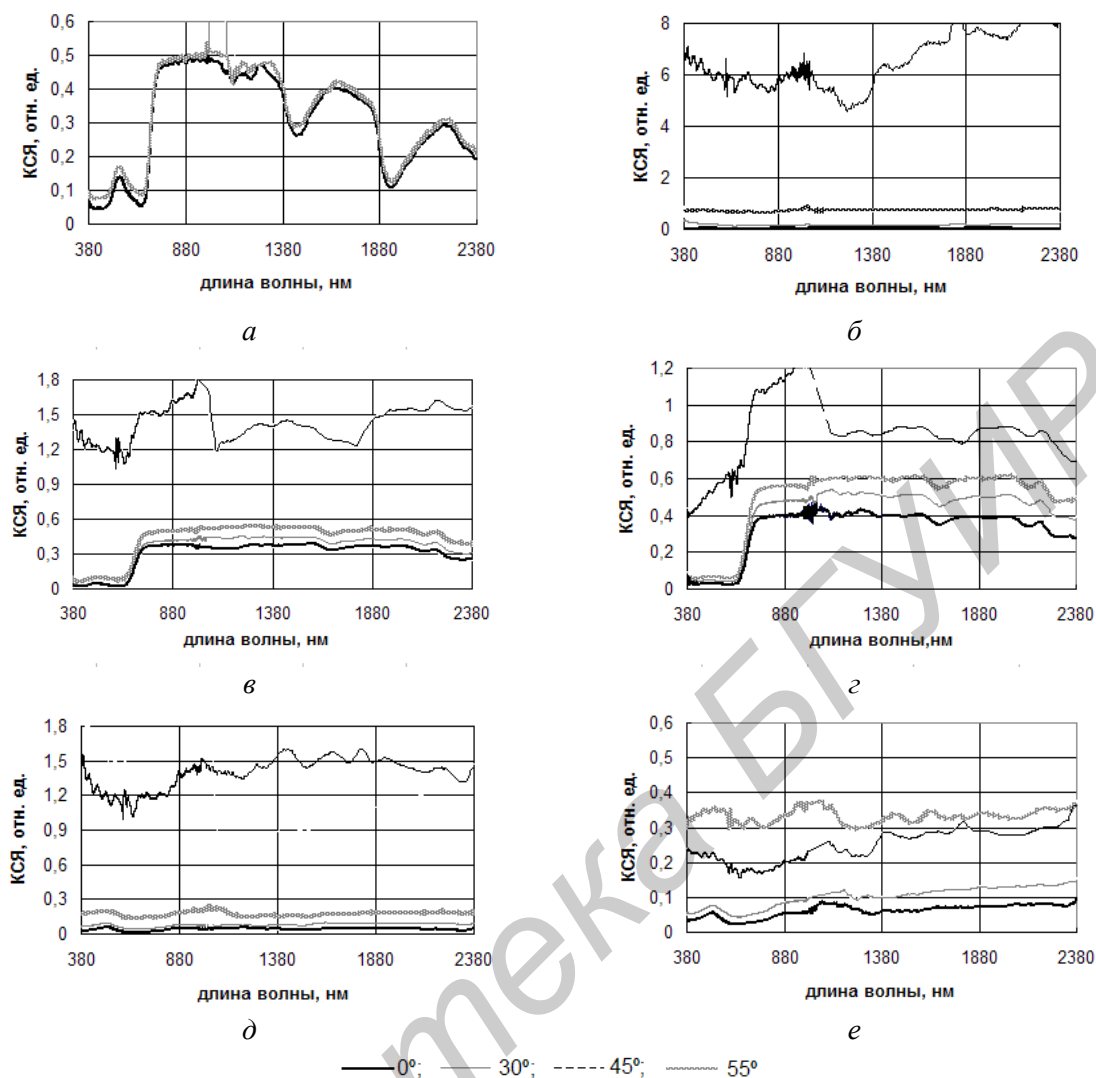


Рис. 1. Распределение КСЯ при углах наблюдения 0° , 30° , 45° , 55° :
a – лист растительности; *b* – окрашенный металл;
в – металл + тканевая сетка 1; *г* – металл + тканевая сетка 2;
д – металл + пластиковая сетка; *е* – металл + металлическая сетка

ANGULAR DISTRIBUTIONS OF THE SPECTRAL BRIGHTNESS OF COMBINED SAMPLE METAL-NET

JAMAL SAAD OMER, I.M. TSYKMAN, Y.V. BELYAEV

Abstract

The studies results of the spectral parameters of the reflected radiation from the composite «metal-net» samples surface are shown. The results of the determination of the spectral brightness coefficient radiation reflected by the sample on four characteristic phase angles are shown.

Литература

1. Беляев Ю.В., Катковский Л.В., Курикина Т.М. и др. // Журн. прикл. спектр. 2001. Т. 68, №2. С. 258-263.
2. Беляев Ю.В., Омер Дж. Саад, Цикман И.М. // Докл. БГУИР. 2011. №1. С.75-79.