

Работа выполнена при поддержке грантов Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых – докторов наук МД-5205.2016.9 и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00494 А, №16-47-630459).

Список использованных источников

1. Барыбин А., Томилин В., Шаповалов В. Физико-технологические основы макро-, микро–и нанoeлектроники. М.: ЛитРес, 2015, С.713.
2. Soifer V.A. // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. Т. 84. №. 1. С. 9. DOI: 10.1134/S1019331614010067
3. Байдуллаева А., Борщ В.В., Велешук В.П., Власенко А.И., Даулетмуратов Б.К., Левицкий С.Н., Мозоль П.Е. //Технология и конструирование в электронной аппаратуре. Политехпериодика, Одесса, Украина, 2007. С.40-434. Грицюк, Б. Н., Ляхов, А. А., Мельничук, С. В., Стребежев, В. Н. // Журн. техн. физики. 2001. Т. 71. № 9. С. 54.
4. Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств: Справочник. М.: Радио и связь, 1991. С. 266–271, 274–276.
5. Головяшкин А.Н., Лежнев Д.В. //Технология и конструирование в электронной аппаратуре. Политехпериодика, Одесса, Украина, 2001. С. 42-44.
6. Пичугин В.Ф. Пичугин ВФ Материаловедение поверхности и тонких пленок. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. 8. Богдан Г.И., Некрасов М.М. Пленочная электроника и полупроводниковые интегральные схемы. Киев: Вища школа, 1979. С. 48–49.
7. Окатов М.А. Справочник технолога-оптика. СПб.: Политехника, 2004.
8. Данилин Б.С. Вакуумная техника в производстве интегральных микросхем. М.: Энергия, 1972.
9. Bicht, Craig. U.S. Patent Application No. 11/359,056.
10. Волков А. В., Казанский Н. Л., Моисеев О. Ю. // Компьютерная оптика. 2002. № 24. С. 74-77.
11. Кострицкий А.И., Карпов В.Ф., Кабанченко М.П. Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме. М.: АН СССР, 1991.
12. Казанский Н. Л., Колпаков В. А. Формирование оптического микрорельефа во внеэлектродной плазме высоковольтного газового разряда. М.: Радио и связь, 2009.

УДК 53.083

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ИМИТАТОРА ТЕПЛООВОГО ОБЪЕКТА

А.С. Перцович, Д.М. Живоносная, А.В. Раев
Самарский университет, г. Самара

Создание бортовых комплексов обороны (БКО) летательных аппаратов требует разработки оборудования для обеспечения испытаний оптико-электронных систем (ОЭС) БКО летательных аппаратов.[1]

Каждый тепловой объект обладает своей сигнатурой(*средневековое лат. signatura - знак, от лат. signo - указываю, обозначаю*). Под

сигнатурой подразумевается специальный набор параметров излучения, таких как сила и спектральный состав излучения объекта, его размеры и координаты местоположения, энергетическая яркость и контрастность на фоне контролируемого пространства, распределение яркостно - энергетических характеристик по площади наблюдения и их статистическая оценка.

Полная и правильная оценка ОЭС обеспечивается при условии, когда характеристики сигнала создаваемые имитатором и проецируемые на ИК или УФ оптическую систему были бы максимально приближены к реальным в окружении внешних источников и фона. Для этого в первую очередь необходимо синтезировать имитатор путем разработки математической модели источника излучения, состоящего из набора «N» излучателей (светодиодов), генерирующих в заданном направлении электромагнитный сигнал требуемого спектрального состава, модулированный сигналом заданной формы.

В качестве имитатора теплового объекта используется имитатор [2], рассмотренный также в статье [3]. Данный имитатор является источником электромагнитного сигнала, обладающего заданной диаграммой направленности, излучающего электромагнитный импульс определённой формы и ограниченной длительности, содержащий требуемый набор частот оптического диапазона. Исходными данными для синтеза сигнатуры теплового объекта является форма и спектральный состав электромагнитного сигнала. Нормированная (отнесённая к максимальному значению) яркость синтезируемого сигнала в направлении, определённом диаграммой направленности может быть описана функцией:

$$E(t, \omega, \theta) = A(t)S(\omega)B(\theta), \quad (1)$$

где, $A(t)$ – определяет форму синтезируемого импульса во времени - безразмерная функция, изменяющаяся в интервале $0 < A(t) < 1$.

$S(\omega)$ - определяет спектральный состав излучаемого сигнала, который описывает изменение нормированной яркости источника от частоты $0 < S(\omega) < 1$.

Функции $A(t)$, $S(\omega)$ определены в диапазонах:

$0 < t < t_{max}$ – время существования объекта имитации, например время полёта ракеты с момента пуска или обнаружения;

$\omega_{min} < \omega < \omega_{max}$ – частоты оптического диапазона волн, излучаемые тепловым объектом за время существования.

θ – пространственный угол, определяющий отклонение выбранного направления от направления максимального излучения имитатора, $-\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2$.

$F(\theta)$ – нормированная диаграмма направленности имитатора - безразмерная функция, $0 < F(\theta) < 1$. При $\theta = 0$ имеем направление максимального излучения, $F(0)=1$.

В абсолютных величинах функция (1) имеет размерность плотности энергии, $[Вт/м^2]$, однако для математического моделирования целесообразно использовать нормированные значения указанных величин. Для нормированных значений $0 \leq E(t, \omega, \theta) \leq 1$. В общем случае имитатор реализуется в виде набора «N» излучателей (светодиодов), размещённых на некоторой поверхности (плоскости) на известном расстоянии друг от друга (рисунок 1).

В дальнейших исследованиях примем следующие допущения.

1. Расстояние между произвольной парой излучателей d_{kN} много меньше расстояния до приёмника имитируемого сигнала.

2. Диаграмма направленности каждого k -го излучателя симметрична относительно направления максимального излучения B_{0k} .

3. При описании физических процессов ограничимся применением законов геометрической оптики.

Допущения вполне очевидны, так расстояния между излучателем и приёмником сигналов составляет от сотен метров до полутора километров, что много больше размеров имитатора и тем более длины волны излучения.

При указанных допущениях формула (1) запишется в виде:

$$E(t, \omega, \theta) = A(t) \sum_{k=0}^N S_k(\omega) \sum_{k=0}^N B_k(\theta) = G(t, \omega) B(\theta), \quad (2)$$

где $G(t, \omega) = A(t) \sum_{k=0}^N S_k(\omega)$ - сигнатура имитируемого объекта, (3)

$B(\theta) = \sum_{k=0}^N B_k(\theta)$ - суммарная диаграмма направленности имитатора. (4)

Таким образом, разработка имитатора тепловых объектов заключается в том, что необходимо подобрать и разместить комплектующие излучатели таким образом, чтобы имитатор имел следующие характеристики: - обеспечивал заданную суммарную диаграмму направленности $B(\theta)$; - в каждом из направлений диаграммы направленности θ_j в произвольный момент времени t_j имел необходимый спектральный состав излучения; - в каждом из направлений диаграммы направленности θ_i , для каждой спектральной составляющей ω_i излучаемого сигнала имел заданный закон изменения во времени $A(t)$.

Выражение (3) определяет сигнатуру сигнала, которую можно изобразить в виде трёхмерной функции, показанной на рисунке 2.

Математическое обоснование процедуры реализации трёхмерной функции (2) является главной теоретической задачей.

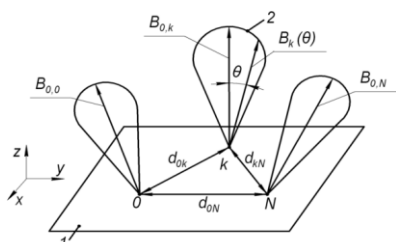


Рисунок 1 - Иллюстрация к постановке задачи

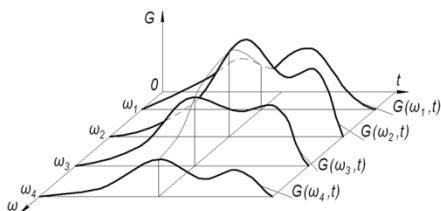


Рисунок 2 – Графическое изображение сигнатуры имитируемого сигнала

Список используемых источников

1. Карасик В.Е., Орлов В.М. Лазерные системы видения. М.: МГТУ. 2001. - 352 с.
2. Перцович А.С., Бутузов В.В., Скворцов Б.В., Носиков В.А., Ершова Т.А. Имитатор тепловых объектов, патент №150881.
3. Перцович А.С., Скворцов Б.В. Имитатор тепловых источников излучения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук", Т.16 № 6, 2014 г., С.76-78.

УДК 53.082.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ МЕТОДАМИ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Н.А. Ивлиев^{1,2}, В.А. Колпаков²

¹ Институт систем обработки изображений РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, г. Самара

² Самарский университет, г. Самара

Контроль степени чистоты поверхности твердых тел широко используется в микро-, наноэлектронике, дифракционной оптике и нанофотонике, т.к. адсорбция загрязнений приводит к изменению электрофизических параметров поверхности, снижению адгезии наносимых технологических слоев, увеличению толщины поверхностного оксида при термоокислении и, как следствие, ухудшению рабочих характеристик или выходу из строя производимых элементов [1].

В настоящее время допустимая величина концентрации атомов углерода при производстве полупроводниковых приборов равна 10^{12} ат/см² (10^{-11} г/см²) [2]. Современные способы оценки концентрации органических загрязнений, основанные на методах спектрометрии, обладают требуемой чувствительностью. Однако, данные методы дороги, трудоемки и не позволяют определять характеристики распределения молекул по поверхности, такие как средняя площадь и объем пятен загрязнений,