

## РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ

И.Б.Боженко, В.Н.Гой, П.А.Кондратов  
Государственный университет  
"Львовская политехника" МО Украины  
г.Львов, ул.Ст.Бандеры, 12

### ВВЕДЕНИЕ

Применение инфракрасной (ИК) техники в морском деле связано с решением, в частности, следующих задач.

В системах наблюдения в области навигации и при аварийно-спасательных работах:

- обнаружение и распознавание объектов на предельных расстояниях независимо от метеоусловий;
- навигация и осмотр береговой линии;
- предупреждение столкновения кораблей;
- поиск людей и кораблей;
- тепловой контроль пожароопасных объектов;
- контроль ледового покрытия.

В области экологического мониторинга:

- составление карт распределения температуры окружающей среды;
  - выявление теплых течений, в частности, сброса отходов и их источников;
  - климатическое термографирование экосистем;
  - исследование уровня, направления и динамики миграции рыб;
  - общая оценка экологического состояния и влияния деятельности человека на него.
- В кораблестроении:
- изучение перепадов температур в силовых агрегатах и относительно окружающей среды;
  - тепловой контроль качества и структуры лопастей винтов и турбин;
  - контроль внутренней структуры ряда материалов, в частности, композитных.

При распознавании используются известные диаграммы направленности ИК излучения в вертикальной и горизонтальной плоскостях для разных объектов. Для кораблей, например, источниками ИК излучения являются дымовые трубы, факел дымовых газов, места расположения силовых агрегатов.

Распознаванию объектов содействует анализ их сигнатуры и цифровая обработка полученных данных. Повышение информативности и расширение функциональных возможностей ИК устройств

достигается путем их применения в интегрированных многоспектральных системах, в частности, объединением с оптическими приборами - в комплексе с угло- и дальномерами.

Практика показала, что при выполнении перечисленных задач, ИК методы могут оказаться более дешевыми и эффективными, чем прочие методы неразрушающего контроля.

### ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЕ

Для массового применения тепловизионной техники она должна отвечать следующим требованиям:

- простота в эксплуатации;
- небольшие массогабариты и потребление;
- отсутствие необходимости применения систем принудительного охлаждения;
- возможность работы в широком спектральном ИК диапазоне или в составе многодиапазонной системы;
- возможность сканирования и фиксации изображений как неподвижных, так и подвижных относительно камеры объектов;
- возможность работы в автономном режиме с последующей передачей полученных данных в компьютер для последующей обработки;
- сравнительно низкая стоимость, позволяющая реализовать проведение массовых исследований.

### ПРЕДЛАГАЕМАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА

Одним из наиболее перспективных в смысле удовлетворения рассмотренным требованиям детекторов ИК излучения (и при этом сравнительно недорогим) является видикон с пироэлектрической мишенью из триглицидсульфата - пировидикон (см. табл. 1).

Принцип действия пироэлектрика основан на свойстве пироэлектрических кристаллов изменять свою поляризацию при нагреве. Это сопровождается наращиванием разницы потенциалов на поверхности этих кристаллов. Распределение потенциала считывается сканирующим электронным лучем. Ток луча зависит от потенциала мишени. Разность токов при сканировании создает видеосигнал.

Заряд на поверхности кристалла возникает только во время изменения его температуры, т.е. для его функционирования необходимо модулировать ИК излучение. Это достигается:

- перемещением камеры в пространстве относительно изучаемого объекта (панорамирование); его осуществляют

Таблица 1. Основные характеристики пировидиконов

Тип	Страна-производитель	Диаметр мишени, мм	Чувствительность, мкА/Вт	Разрешающ. способн., ТВЛ/кадр
ЛИ476	Россия	17	3	180
ЛИ492	"	"	5	300
ЛИ505	"	"	3	350
P8092	Англия	18	4	300
TH9840	Франция	18	3,5	150
GM-1DRT	Япония	18	2,5	200
S58XQ	США	18	5	250

покачиванием камеры, либо при съемке подвижных объектов, либо съемкой с подвижного транспортного средства (например, вертолета);

- размещением перед объективом камеры вращающейся призмы (орбитация);
- периодическим прерыванием ИК излучения, падающего на мишень пировидикона (обтюрация); этот метод считается оптимальным в случае термографии неподвижных объектов с последующей компьютерной обработкой полученного изображения.

Пирозлектрические мишени спектрально неселективны, поэтому диапазон их спектральной чувствительности целиком определяется материалом входного окна. Это делает возможным разработку и построение двухдиапазонной камеры, дающей более полную информацию об объекте.

Структурная схема тепловизионной камеры содержит узлы, подобные узлам телевизионной камеры. Это: фокусирующе-отклоняющий комплекс; генераторы строчной и кадровых разверток; видеоусилитель; формирователи сигналов управления для пировидикона и узлы автоматической подготовки мишени и формирования пьедестала; узел термостабилизации мишени.

Стандартная камера на пировидиконе, работающая в режиме панорамирования, весит не более трех килограмм, имеет габариты 150x255x300 мм, потребляет не более 15 Вт и стоит приблизительно 4-5 тыс. дол. США, что на порядок меньше тепловизионных камер с одно- или многоэлементными детекторами.

### РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КАМЕРЫ

Использование тепловизионной камеры для морского мониторинга требует расширения ее функциональных возможностей. В конкретном случае тепловизор на базе пировидикона, работающий в режиме панорамирования, должен быть дооборудован узлами:

- обтюратора с синхронным приводом;
- электронного видоискателя;
- цифрового процессора покадровой обработки.

#### Узел обтюрации

Использован дисковый обтюратор со спиралевидным отсекателем, обеспечивающий минимальный и постоянный зазор относительно мишени, что позволяет реализовать разрешающую способность 250-300 ТЛ, заложенную в новейших образцах пировидикона ЛИ505.

Спиралевидная форма отсекателя уменьшает до 5% неравномерность чувствительности по полю мишени за счет выравнивания времени экспозиции ее частей. Непосредственное крепление такого обтюратора на валу двигателя и опто-электронная обратная связь обеспечивают жесткую привязку к процессу считывания мишени пировидикона электронным лучем, что особенно важно при накоплении определенного количества кадров, позволяющего значительно снизить влияние несинхронной помехи на качество получаемых термограмм.

#### Узел видоискателя

Назначение видоискателя в тепловизионной камере - визирование и контроль фокусировки кадра. При его наличии необязательно применение внешнего видеоконтрольного устройства. Это делает камеру действительно портативной и автономной, облегчая ее применение для съемки морских объектов.

С целью уменьшения габаритов и потребления видоискателя, для формирования изображения применяется малогабаритный кинескоп с размером рабочей части экрана 26x20 мм, оборудованный специально разработанной высокоэффективной системой электромагнитного отклонения.

#### Узел процессора

Процессор камеры должен состоять из узлов

преобразования, вычисления, памяти и управления. Узлы вычисления и памяти обеспечивают определение интегрированной разницы "позитивного" и "негативного" кадров, полученных в режиме обтюрации и передачу ее в компьютер.

Для автономного сохранения и отображения сформированных изображений процессор снабжен энергонезависимой архивной флэш-памятью, позволяющей запоминать от 32 до 256 тепловых картин.

Микроконтроллерное управление построено на основе МК AT89C52, который определяет количество накопленных кадров и, при необходимости, передает данные в базовый компьютер через канал интерфейса RS-232.

### РАСШИРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА КАМЕРЫ

В оптическом тракте камер, работающих в видимом диапазоне, применяется, в основном, кремниевое стекло, прозрачное лишь в диапазоне до 2,7 мкм. Поэтому в тепловизорах в качестве материалов линз применяются:

- кристаллические полупроводники Ge, GaAs, CdTe;
- силикатное стекло типа IG, Amtir, ИКС;
- оптические пластмассы, в частности, полиэтилен.

Френелевские потери линз уменьшают нанесением на них интерференционных просветляющих покрытий. Это также повышает их механическую и химическую стойкость.

Наиболее широко применяются многолинзовые объективы из просветленного германия типа Irtal с предельной разрешающей способностью до 500-800 телевизионных линий на кадр.

Большинство производимых пировидиконов (см. табл. 1) предназначены для работы в

диапазоне 8-14 мкм. Для расширения спектрального диапазона в ближнюю ИК область 3-5 мкм необходимо при построении камеры использовать пировидиконы, входное окно которых способно пропускать излучение в этой области спектра. Соответствующий материал должен применяться и при изготовлении объектива.

В случае затруднений с комплектующими, которые могли бы обеспечить охват всего ИК диапазона, возможно изготовление комплекса из двух пировидиконных камер, одна из которых работала бы в ближнем, а другая - в дальнем ИК диапазоне.

Многоспектральный комплекс мог бы также включать в себя камеру, работающую в видимом диапазоне. В этом случае становится доступным синтез комплексных (или композитных) изображений, позволяющих производить более точную привязку элементов тепловой картины.

### ВЫВОДЫ

Для успешной термографии морских объектов предлагается применить автономный компьютерный тепловизионный комплекс на базе пировидикона, не требующий принудительного охлаждения и оборудованный узлами, значительно расширяющими его функциональные возможности, обеспечивая, в частности:

- энергонезависимую фиксацию от 32 до (в перспективе) 256 кадров;
- помехоподавляющий режим накопления с последующим усреднением до 128-ми кадров;
- ввод данных в компьютер для последующего сервисного представления информации в соответствии со специально разработанным программным обеспечением.