

СЪВРЕМЕННО СЪСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ НА ТЕРМОВИЗИОННИ СИСТЕМИ

Младен Младенов

*Военна академия "Г. С. Раковски", Институт за перспективни изследвания за отбраната
e-mail: mlm@bitex.bg*

Ключови думи: *термовизия, инфрачервен, фотоприемници, диапазон*

Резюме: *Показано е съвременното състояние на един основен клас прибори и системи за наблюдение и мерене – термовизионните системи. Разяснени са особеностите на този клас прибори и възможностите им. Представени са и основни характеристики на термовизионните системи, приложението им, както и някои възможни пътища за развитие.*

CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF THERMOVISION SYSTEMS

Mladen Mladenov

*Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute
e-mail: mlm@bitex.bg*

Keywords: *thermo vision, infrared, photo receivers, ranges.*

Abstract: *The paper describes the state of one basic class of devices and systems for observation and recognition – thermovision systems. The main characteristics of thermovision systems are described, as well as their implementation and possibilities for development.*

Понастоящем термовизионните прибори се използват широко в практиката – разузнаване, наблюдение, премерване, охранни и предупредителни системи, управление на транспортни средства, търсене и откриване на мини, търсене на ранени и пострадали на бойното поле и при стихийни бедствия и произшествия и т.н. В последните години се наблюдава стремително развитие на този клас прибори и появата на нови системи с подобрени параметри, осигуряващи повишени възможности на въоръжението и техниката, където се използват. Те има редица предимства в сравнение с другите прибори и системи за наблюдение и разузнаване – големи дистанции на наблюдение независимо от нивото на осветеност (това позволява работата им през цялото време на денонощието и през всички годишни сезони), независимост от естествени и преднамерени светлинни смущения, значително по-слабо влияние на атмосферния канал върху разпространението на топлинното лъчение от мъглата, прахта, задимяване, дъжд, сняг и т.н. Забележително свойство на този клас прибори е възможността им да приемат топлинното лъчение през прегради и среди, непрозрачни за лъчение от видимия или близкия инфрачервен диапазон - маскировъчни мрежи, листа и клони, прегради от различни материали и т.н. Това осигурява възможност за наблюдение маскирани и скрити зад прегради цели и обекти.

Принципът на действие на термовизионните прибори се основава на преобразуването на естественото топлинно излъчване от целите и обектите във видимо изображение. Задължително условие за формиране на изображението е да има разлика в температурите между целта и обкръжаващия фон, а в границите на един обект – между отделните му елементи. Колкото е по-малка разликата в температурния контраст между целта и фона, която се регистрира от прибора, толкова е по-висока неговата чувствителност (обикновено съвременните прибори могат да възприемат разлика в температурния контраст до 0,05 – 0,1 K). Основно тези прибори работят в средната (3-5 μm) и дълговълновата (8-14 μm) част на инфрачервения (ИЧ) диапазон на светлинното лъчение.

Създаването и развитието на съвременните термовизионни системи започва в началото на 60-те години на миналия век. Реализацията на приемните им системи им се базира на два основни класа приемници – фотонни и термични (топлинни). Фотонните приемници преобразуват попадналия върху

тях поток фотони в електрически сигнал вследствие непосредственото взаимодействие на фотоните с фотоприемника. Топлинните приемници поглъщат попадналия върху тях поток фотони, като този поток променя някои от основните характеристики на приемника – температура, електропроводимост, поляризация, капацитет и т.н. Понастоящем този клас приемници са основни при реализацията на широк клас термовизионни прибори и системи и те са предмет на настоящата работа. Развитието им е по две основни направления – чувствителен елемент на системата дискретен приемник на топлинно лъчение, работещ с механична система за сканиране на изображението и такива без механична система за развивка. На тази база в различните литературни източници се посочват четири типа поколения термовизионни системи [1,2]:

I-во поколение – термовизори, използващи единични приемници на лъчение и двумерна развивка на изображението с помощта на сканираща оптико-механична система;

II-ро поколение – използват се едномерни фотоприемни линии и едномерна оптико-механична развивка на изображението;

III-то поколение – базират се на фотоприемни матрици, реализирани като 2 – 6 линии със системи за закъснение и натрупване на сигнала и едномерна оптико-механична развивка на изображението;

IV-то поколение – това поколение използва т.нар. “фокално-плоски двумерни многоелементни матрици” на фотоприемника (FPA – Focal Plane Array) без използване на оптико-механични системи за развивка на изображението.

Тази класификация в голяма степен е условна и в някои отношения противоречива. Тя се базира на широко използваното в практиката деление на поколения, прието за приборите за нощно виждане, използващи електронно оптични преобразователи (ЕОП) като приемно устройство. Това в определена степен е логично, тъй като, както и при приборите за нощно виждане, характеристиките на приемника при термовизионната система определят в значителна степен характеристиките и особеностите на системата като цяло. В същото време базирането само на геометрията на приемника не е много коректно и понякога води до неправилни изводи. Така например, ако се базираме само на така посочения подход за класификация, без отчитане на различни допълнителни особености, ще се получи следния парадокс – високочувствителен и качествен термовизор, използващ приемник на базата на охлаждаема матрица 2x288 елемента, се разглежда като термовизор от трето поколение, докато евтин и с по-слаби параметри термовизор, използващ приемник на базата на микроболометър от VOx или аморфен силиций, се отнася като такъв от IV поколение. Причината за това противоречие се корени във факта, че се изключват от разглеждане други, не по-малко важни характеристики на приемника - минимална температурна разделителна способност, ограничена от шумовете температурна чувствителност, времева постоянна и т.н. Следователно, необходимо е по-точно и по-коректно да се подхожда при класификацията на термовизионните системи от гледна точка на технически обективна и обоснована база за сравнение, за да се избегне двусмислието и едностранчивостта при класифицирането им. Вариант на такъв подход би могъл да бъде употребата на критерий за техническа ефективност на термовизионния приемник, базиращ се на основната задача, решавана от термовизионната система – визуализация на термичното поле при даден пространствен период при зададен телесен ъгъл за определено време на формиране на кадъра. Необходимо е още да се зададе необходимата температурна разделителна способност при мигновено ползване по хоризонтала и вертикала. По този начин ще се определи в значително по-голяма степен точността на т.нар. “коэффициент на ефективност” на приемника, включващ всички основни физически характеристики на този приемник, определящи обобщените чувствителност и ефективност на термовизионния прибор като цяло. Този подход позволява лесно и бързо да се определят параметрите на проектирания или анализиран термовизор, базирайки се на характеристиките на приемника. Възможен е и обратният подход – да се подбере правилно и точно приемното устройство, неговият тип, броят и характеристиките на елементите в него и т.н, изхождайки от изискването за обезпечаване на необходимите характеристики на термовизионния прибор (система). На тази основа може, следвайки подхода, предложен в [3], да се построи т.нар. “скала на еквивалентността” на приемните устройства. Чрез нея може да се определи типа на приемника, осигуряващ необходимите параметри на термовизионния прибор. Еквивалентността на приемниците се установява, сравнявайки техните коефициенти на ефективност и оттук по скалата на ефективността може да се направи извод за икономическата ефективност на този или онзи приемник и съответно на целия термовизор. Използването на класификацията на термовизорите, изхождайки от термина “поколение на приемното устройство” придобива вече друго значение - по-скоро като времево за поява на приемника, но не като критерий за неговата ефективност и качество на работа. Стилистично по-точна класификация на термовизионните прибори и системи би било въвеждането на класифициране на приемните устройства и приборите на тяхна база чрез въвеждането на термина “ниво на коефициента на ефективност”. С оглед на неговата стойност е значително по-коректно класифицирането на термовизионните системи от гледна точка на тяхното приложение в практиката.

От всички приведени по-горе разсъждения може да се направи следният обобщен извод – перспективни и подходящи приемници за съвременните термовизионни прибори са тези, базирани на Focal Plane Array технологията.

Основните предимства на тези прибори са: отсъствие на оптико-механична развивка на изображението и съответно малка маса, габарити и енергопотребление, безшумна работа, много добро отношение сигнал/шум и качество изображението, голям динамичен диапазон, възможност за лесно свързване с компютърна и видео- и ТВ-апаратура, цифрова обработка на изображението в реално време и т.н. Съвременните Focal Plane Array ИЧ приемници могат да се реализират на основата на различни материали – халкогениди на оловото (PbS, PbSe), твърдия разтвор “кадмий-живак-телур” – HgCdTe (КЖТ), индиев антимонид (InSb), платиниев силицид (PtSi), примеси на силиция (Si:x) и германия (Ge:x), многослойни структури с квантови ями на базата GaAs/AlGaAs – т.нар. QWIP детектори (QWIP – Quantum Well Infrared Photodetector), микроболометри и пироелектрици [2].

Интерес представлява развитието на приемните устройства, реализирани на микроболометри, което технологично направление придобива все по-голямо значение напоследък.

Принципът на работа на микроболометъра се базира на изменение на съпротивлението на материала при поглъщане на попадналото върху приемника ИЧ-лъчение. Приборите, реализирани на тяхна основа, привличат все повече вниманието върху себе си, благодарение на сравнително пониската, в сравнение с другите типове термовизори, цена. При голямото предлагане на пазара все още има голяма степен на неинформираност на потребителите относно технологиите, използвани при производството на термовизионната апаратура. Това може да предизвика нееднозначни изводи за приборите по критерия “цена-ефективност”. Следователно за правилния избор е необходимо да се анализират тенденциите в развитието на съвременните технологии за изработката на неохлаждаемите приемници, каквито са микроболометрите. Понастоящем най-голямо разпространение имат микроболометрите, реализирани по 2 основни технологии – тази на ванадиев оксид и на технологията, използваща т.нар. “алфа силиций” или още известен като “аморфен силиций”. В таблицата по-долу е представено сравнението между характеристиките на приемниците от двата вида .

Сравнение на микроболометри на ванадиев оксид (VOx) и аморфен силиций

Параметър	VOx	alpha-Si
Номинален импеданс	100КОм	1МОм
Най -малък размер на пиксела	25	30
ТКС (температурен коефициент на съпротивление), %	-2,5	-2,5...-5,0
Температурен диапазон, °С	-40...+55 или -20...+70	0...+60
Нестабилност на изображението	Лека	Силна
Чувствителност, мК	30	100

Болшинството прибори на базата на неохлаждаеми микроболометри се използват за целите на разузнаването, наблюдението, за различни мерни прибори, при охранителна и патрулна дейност, при противопожарни и специални служби, ремонт на техника и др. Термовизионните прибори на базата на микроболометрични приемници се характеризират с голям брой възможни приложения. Това предполага тяхната перспективност и широкото им приложение в по-близък и далечен план.

Литература

1. К о в а л е в А. В., В. Г. Ф е д ч и ш и н, М. И. Щ е р б а к о в. Тепловидение сегодня.//Специальная техника, 1999, № 3,с.13 – 18, 1999,№ 4, с.19 – 23.
2. Miller J. L., H. Duvoisin, G. Wilts e y. Applications and performance of an uncooled infrared helmetcam. SPIE, Vol. 3436, 1998, pp.566-571.
3. В о л к о в В. Г., А. В. К о в а л е в, В. Г. Ф е д ч и ш и н. Тепловизионные приборы нового поколения, Специальная техника, 2001, № 5, № 6