

вей ТЕМ с односторонней фиксацией в 2,5—3 раза меньше аналогичных напряжений ветвей ТЕМ с двухсторонней фиксацией рабочих граней. Межкаскадное взаимодействие при этом отсутствует.

Литература

1. Вайнер Л. А. Каскадные термоэлектрические источники холода: — М.: Сов. радио. 1976. — 137 с.
2. Ащеулов А. А., Романюк И. С., Добровольский Ю. Г. и др. Охладители Пельтье повышенной надежности для фотоприемников // Прикладная физика. 2003. № 2. С. 114—117.
3. Ashcheulov A. A., Romanyuk I. S., Shaiko-Shaikovsky A. G. Procedure for assessment as strength parameters of multi-stage thermoelectric coolers// J. of Thermoelectricity. 1999. № 4. P. 57—62.

4. Ащеулов А. А., Шайко-Шайковский А. Г., Романюк И. С. Расчет механических напряжений и собственных колебаний двухкаскадной термоэлектрической батареи, используемой в термопунктуре// Термоэлектричество. 2000. № 4. С. 58—62.

5. Шайко-Шайковский А. Г., Ащеулов А. А. Конструктивно-технологические пути повышения надежности термоэлектрических батарей// ТКЭА. 2000. № 5—6. С. 8—12.

6. Анатычук Л. И., Лусте О. Я., Михальченко В. П. Об анизотропии упругих свойств термоэлектрических материалов// Термоэлектричество. 2003. № 3. С. 32—35.

7. Пат. 36796 А України, МПК Н 01 С 30 В 13/30, С 30 В 13/34. Спосіб отримання монокристалів твердих розчинів на основі телуриду вісмуту методом вертикальної зонної перекристалізації/ Ащеулов А. А., Добровольський Ю. Г., Романюк І. С. (Україна); ВП "Гермес-Кварц". № 2000020710; Заявл. 09.02.2000; Надр. 16.04.2001; Бюл. № 3. — 4 с.

Статья поступила в редакцию 10 октября 2004 г.

Mechanical strength of unilaterally fixed thermoelectric Peltier module

A. A. Ashcheulov, Yu. G. Dobrovolsky

Institute of Thermoelectricity, National Academy of Sciences and Ministry of Education of Ukraine, Chernivtsi, Ukraine

I. S. Romanyuk

"Photon-Quartz" Design and Technological Bureau, Chernivtsi, Ukraine

Normal components of mechanical stresses in the legs of thermoelectric Peltier modules (TEM) for the case of unilaterally fixed operating (hot) surface have been analyzed. Their value has been shown to be smaller by a factor of 1.5—3 than similar stresses in TEM legs with a bilateral fixing.

УДК 621.384.32

Упрощенный показатель эффективности воздушной тепловизионной аппаратуры

В. А. Овсянников, В. Л. Филиппов

ФГУП «НПО "Государственный институт прикладной оптики"», г. Казань, Россия

Для сравнения эффективности образцов воздушной тепловизионной аппаратуры предлагается использовать максимальную эффективную производительность — максимизированную по высоте носителя площадь местности, просматриваемую в единицу времени, в которой обеспечивается разрешение на местности не хуже требуемого значения. Дана методика расчета этого показателя.

Постановка задачи

К числу наиболее общих показателей эффективности воздушной тепловизионной аппаратуры (ВТА) относится среднее время вскрытия (обнаружения или распознавания) объекта, которое для случайного и регулярного поиска его в некоторой зоне площадью S_{Σ} определяется соответствующими формулами*

$$T_{ac} = \frac{S_{\Sigma}}{S_0 \bar{P}}; \quad T_{reg} = \frac{S_{\Sigma}}{S_0} \left(\frac{1}{\bar{P}} - \frac{1}{2} \right);$$

$$S_0 = VL_0; \quad L_0 = 2Htg\beta_0,$$

где V и H — скорость и высота носителя;
 $2\beta_0$ — угол обзора ВТА;
 \bar{P} — средняя по углу визирования β вероятность вскрытия объекта;
 S_0 — площадь местности, просматриваемая в единицу времени.

* Алеев Р. М., Иванов В. П., Овсянников В. А. Основы теории анализа и синтеза воздушной тепловизионной аппаратуры. — Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2000.

В свою очередь значение \bar{P} равно

$$\bar{P} = \int_{-\beta_0}^{\beta_0} P(\beta)w(\beta)d\beta,$$

где $P(\beta)$ — вероятность вскрытия объекта для угла визирования P (отсчитывается от надира);

$w(\beta)$ — плотность вероятности распределения объектов по углу P , которая в случае равномерного закона распределения их на местности определяется формулой

$$w(\beta) = (2\text{tg}\beta_0 \cos^2 \beta)^{-1}.$$

В связи со сложностью оценки показателей T_{ac} и T_{reg} на практике целесообразно пользоваться более простым показателем эффективности ВТА. Для его определения введем понятие эффективной производительности $S = VL$ — площади местности, просматриваемой в единицу времени и соответствующей эффективной полосе захвата шириной $L = 2H\text{tg}\beta$, в которой обеспечивается вероятность вскрытия объекта не ниже требуемой: $P(\beta) \geq P_{dem}(\beta)$ или же, учитывая однозначную взаимосвязь между $P(\beta)$ и разрешением на местности $A(\beta)$, последнее не хуже (не больше) требуемого значения $A(\beta) < A_{dem}(\beta)$.

Математическое определение задачи и рекомендации

Пусть данная ВТА с некоторой нормированной высоты H_{st} дает в надире разрешение на местности A_{st} . При этом значение высоты H , с ко-

торой при угле визирования β обеспечивается разрешение на местности, равное $A_{dem}(\beta)$, составляет $H = A_{dem}(\beta) H_{st} \cos \beta / A_{st}$. Учитывая, что для объемного (видимая площадь от угла β не зависит) или плоского (видимая площадь пропорциональна $\cos \beta$) объекта необходимо выполнение соотношений $A_{dem}(\beta) = A_{dem}$ или $A_{dem}(\beta) = A_{dem} \cos^{1/2} \beta$, соответственно (A_{dem} — требуемое разрешение на местности для $\beta = 0$), получаем

$$H = \begin{cases} H_{dem} \cos \beta & \text{— объемный объект;} \\ H_{dem} \cos^{3/2} \beta & \text{— плоский объект;} \end{cases}$$

$$H_{dem} = \gamma H_{st} A_{dem} / A_{st}, \quad (1)$$

где γ — коэффициент, учитывающий различие коэффициентов пропускания атмосферы для высоты H_{st} и H_{dem} .

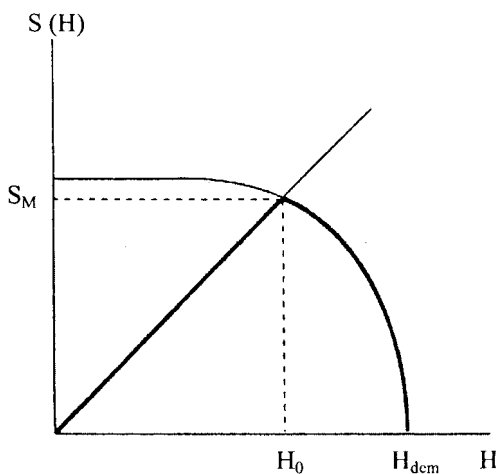
Тогда значение S составляет

$$S = S(H) = \begin{cases} 2VH \text{tg} \left(\arccos \frac{H}{H_{dem}} \right) & \text{— объемный объект;} \\ 2VH \text{tg} \left(\arccos^{2/3} \frac{H}{H_{dem}} \right) & \text{— плоский объект.} \end{cases}$$

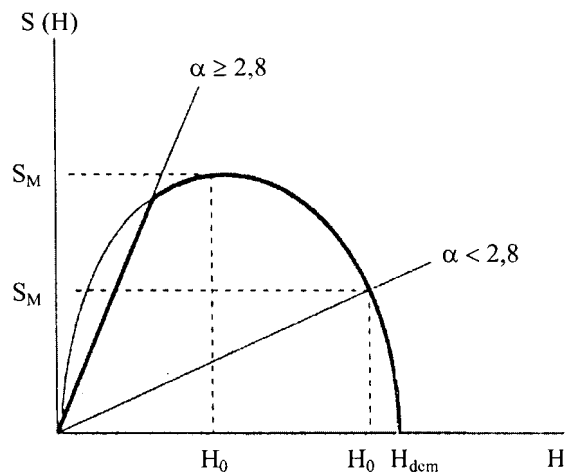
В качестве показателя эффективности ВТА целесообразно принять значение $S_M = \max_{(H)} S(H)$,

рассчитанное с учетом того, что поскольку угол визирования $\beta \in (-\beta_0, \beta_0)$, то величина S для любой данной высоты H не может превысить значения $S_0 = \alpha V H$ ($\alpha = L_0 / H$).

Зависимости $S(H)$ изображены на рисунке.



а



б

Зависимости эффективной производительности ВТА от высоты H для объемных (а) и плоских (б) объектов

Как показывает анализ, для объемных объектов оптимальное значение высоты составляет $H_0 = H_{dem} / \sqrt{1 + (\alpha/2)^2}$, а соответствующая эффективная производительность $S_M = \alpha V H_0 = \alpha V \gamma H_{st} A_{dem} / A_{st} \sqrt{1 + (\alpha/2)^2}$.

Для плоских объектов при $\alpha \leq 2,8$ оптимальная высота, равная $H_0 = H_{st} / [1 + (\alpha/2)^2]^{3/4}$, дает соответствующее значение $S_M = \alpha V \gamma H_{st} A_{dem} / A_{st} \times [1 + (\alpha/2)^2]^{3/4}$, однако при $\alpha \geq 2,8$ искомая высота от α уже не зависит и равна $H_0 = 0,44 H_{dem}$, а соответствующая величина эффективной производительности составляет $S_M = 1,24 \gamma V H_{st} A_{dem} / A_{st}$.

Найденные значения S_M полностью определяют соответствующее время просмотра зоны: $T_M = S_\Sigma / S_M$, которое также может использоваться в качестве упрощенного показателя эффективности ВТА.

Необходимое для расчета H_0 и S_M или T_M значение разрешения на местности A_{st} (полупериод разрешаемой с вероятностью 0,5 эквивалентной миры) для высоты H_{st} определяется по температурно-частотной характеристике (ТЧХ) $\Delta T_{per} = f(\nu)$ — зависимости разрешаемой разности температур ΔT_{per} от угловой частоты миры ν^*

$$A_{st} = \frac{H_{st}}{2f^{-1}(\Delta T_R \tau \mu)}, \quad (2)$$

где $f^{-1}(\cdot)$ — функция, обратная $f(\cdot)$;

ΔT_R — разность радиационных температур объекта и фона;

τ — коэффициент пропускания атмосферы на вертикальной трассе длиной H_{st} ;

μ — коэффициент пересчета ТЧХ, определенной для температуры фона 295 К, к данной температуре фона T

$$\mu = \begin{cases} (T/295)^{10} & (\Delta\lambda = 3 - 5 \text{ мкм}) \\ (T/295)^3 & (\Delta\lambda = 8 - 14 \text{ мкм}). \end{cases}$$

Считаем, что зависимость коэффициента пропускания τ вертикальной трассы атмосферы от высоты H описывается приближенной формулой

$$\tau = \exp(-\sigma\sqrt{H}). \quad (3)$$

Например, для стандартной атмосферы при $H \leq 10$ км для $\Delta\lambda = 8 - 14$ мкм можно принять $\sigma = 0,2 \text{ км}^{-1/2}$; тогда, используя для температурно-частотной характеристики ВТА экспоненциальную аппроксимацию*

$$\Delta T_{per} = 0,25 \Delta T_0 \exp(6\nu\delta), \quad (4)$$

где ΔT_0 — разность температур, эквивалентная шуму;

δ — эффективное элементарное поле зрения (обычно близкое к номинальному), и учитывая, что в (4) правомерна замена

$$\Delta T_{per} = \Delta T_R \tau \mu; \quad \nu = H/2A,$$

где ΔT_R — разность радиационных температур объекта и фона,

вместо (2) с учетом (3) получаем следующую оценку:

$$A_{st} = \frac{3H_{st}\delta}{\ln(4\Delta T_R \sigma \sqrt{H\mu} / \Delta T_0)}.$$

Для определения коэффициента γ в (1) аналогично сформируем следующее уравнение относительно высоты H :

$$\Delta T_R \mu \exp(-\sigma\sqrt{H}) = 0,25 \Delta T_0 \exp(3H\delta/A). \quad (5)$$

Подставляя в (5) вместо A последовательно A_{dem} и A_{st} и решая полученное уравнение относительно H_{dem} и H_{st} , находим после упрощений соответствующее приближенное выражение для этого коэффициента

$$\gamma = \frac{H_{dem} A_{st}}{H_{st} A_{dem}} = 1 + \frac{0,6(\sqrt{A_{st}} - \sqrt{A_{dem}})\sigma}{\sqrt{\delta \ln(4\Delta T_R \mu / \Delta T_0)}}.$$

Можно полагать, что полученные результаты будут полезны для оперативного сравнения различных образцов ВТА с целью выбора наилучшего.

Статья поступила в редакцию 10 октября 2004 г.

* См. ссылку на с. 109.

The simplified figure of merit rate of the aerial thermal imaging equipment

V. A. Ovsyannikov, V. L. Philippov
FSUE NPO "State Institute of Applied Optics", Kazan, Russia

For the comparison of the efficiency of the samples of the aerial thermal imaging equipment it is advisable to use the maximum effective productivity – maximized (by carrier altitude) area, which is scanned per unit of time with the ground resolution no worse than the set value. The design procedure of this figure of merit.

УДК 621

Динамика автогенераторов на диоде Ганна с магнитной перестройкой

И. Н. Антонов, А. В. Пивоваров
Саратовский государственный технический университет, г. Саратов, Россия

Г. А. Овчинникова
Московский авиационный институт (Технический университет), Москва, Россия

Представлены результаты исследования функциональных возможностей СВЧ-автогенераторов на микрополосковых линиях передачи.

Для определения функциональных возможностей СВЧ-автогенераторов на микрополосковых линиях передачи исследовались лабораторные макеты, реализующие известные физические принципы воздействия на распространение электромагнитной волны (ЭМВ) в линии с помощью локальных магнитных полей, влияющих на ЖИГ-среду.

Генератор на диоде Ганна типа 3А726Д выполнен в микрополосковом варианте на несимметричной микрополосковой линии с ферритовым заполнением в качестве диэлектрика. На рис. 1 представлена топология автогенератора, диод Ганна 2 расположен в центре микрополоскового резонатора 1 на подложке из феррита марки ЗОСЧ 5. Конструкция позволяет отбирать максимальную мощность от активного элемента в режиме генерации монохроматического сигнала. Внесение локальной неоднородности приводит к динамической неустойчивости всей системы.

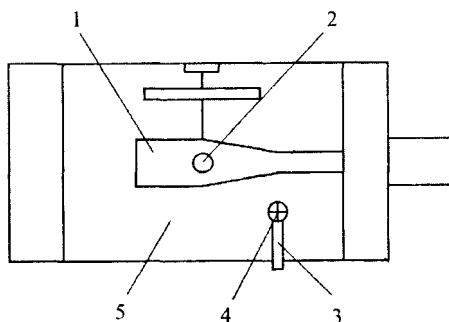


Рис. 1. Топология автогенератора

Наличие неоднородности в тракте микрополоскового автогенератора создает условия для возникновения дополнительного резонатора. Соотношение частот основного и созданного дополнительного резонаторов, характер и величина связи резонаторов собственно определяют режимы работы автогенераторов (монохроматический, многочастотный, дискретный, шумовой). Локальная неоднородность в тракте автогенератора создается цилиндрическим магнитом 3 с конусным наконечником 4 из магнитомягкого материала. Магнит может свободно перемещаться в плоскости ферритовой подложки 5. Величина магнитного поля между подложкой и конусным наконечником регулируется в пределах 0—0,06 Тл за счет изменения расстояния от магнита до подложки, что приводит к изменению величины локальной неоднородности по магнитному полю. На рис. 2 приведены результаты исследования перестройки по частоте шумового автогенератора внешним магнитным полем. Из рис. 3 следует, что с ростом внешнего магнитного поля от 0,01 до 0,15 Тл f_0 увеличивается от 12,0 до 13,5 ГГц.

Система критична к размещению магнита, и поэтому положение его для установления того или иного режима подбиралось экспериментально. Теоретический анализ таких динамических систем приведен ниже.