

УДК. 578.087.86

ИНФРАКРАСНЫЙ МИКРОСКОП ДЛЯ КОНТРОЛЯ
ЛОКАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ПЛЕНОЧНЫХ МИКРОСХЕМ

В.А. Араджони, Ю.А. Невский, В.И. Кокоулин

1. В в е д е н и е

Одним из основных требований технологии получения вычислительной среды является контроль элементов среды на различных этапах изготовления. В связи с тем, что размеры элементов среды чрезвычайно малы, основными требованиями к методам контроля является высокая разрешающая способность и возможность неразрушающего, бесконтактного контроля. Одной из основных характеристик, подлежащих контролю, является надежность, которая в сильной степени зависит от температурного режима работающих элементов, в данном случае микросхем. Чрезвычайно важно также контролировать температуру поверхности для обеспечения оптимального технологического режима. Поэтому контроль локальных температур микросхем, в частности, пленочных микросхем, является одной из актуальных задач измерительной техники [1].

Разработанный в лаборатории инфракрасный микроскоп предназначен для контроля локальной температуры поверхности. Прибор измеряет энергетическую температуру и по принципу своего действия является пирометром частичного излучения [2]. Диаметр контролируемой поверхности составляет 250 микрон, диапазон измеряемых температур, определенный по абсолютно черному телу, $350-1500^{\circ}\text{C}$ и может быть расширен в сторону более высоких температур. В статье приведен расчет оптической схемы и описана конструкция прибора.

II. Принцип действия и устройство инфракрасного микроскопа

Блок-схема инфракрасного микроскопа приведена на (рис.1).

Она состоит из следующих основных узлов:

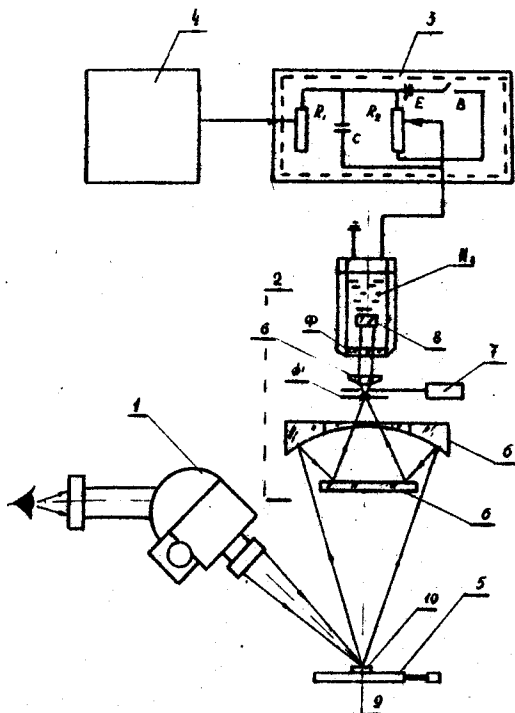


Рис. 1. Блок-схема прибора.

- 1) оптического узла визи-
рования объекта (1);
- 2) оптического узла ре-
гистстрации ИК (инфрак-
расного излучения) (2);
- 3) блока питания приемни-
ка ИК излучения (3);
- 4) блока регистстрации элект-
рического сигнала (4);
- 5) предметного столика
для перемещения объекта
(5).

Оптический узел визирования объекта (1) и оптический узел регистрации ИК излучения (2) сопряжены между собой так, что точка визирования у них общая. Оптический узел визирования объекта представляет собой микроскоп типа МБС-2 и служит для выбора контролируемой

точки на поверхности микросхемы (10), оптический узел (2) регистрации ИК излучения от исследуемой точки (9) состоит из оптической схемы (6), модулятора (7), приемника излучения (8).

Приемником излучения служит охлаждаемое жидким азотом фотосопротивление из германия, легированного золотом. Это фотосопротивление имеет следующие характеристики:

- а) размеры приемной площадки $2 \times 2 \text{ мм}^2$;
- б) область спектральной чувствительности $8,5 \text{ мкм}$;
- в) интегральная вольтовая чувствительность 2870 в/вт ;
- г) темновое сопротивление $0,14 \text{ мом}$.

В качестве модулятора используется микроэлектромотор типа ДИД-0,5 с насаженной на ось трубкой с поперечным сквозным отверстием. Частота модуляции 90 гц.

Оптическая схема узла регистрации ИК излучения показана на рис.2.

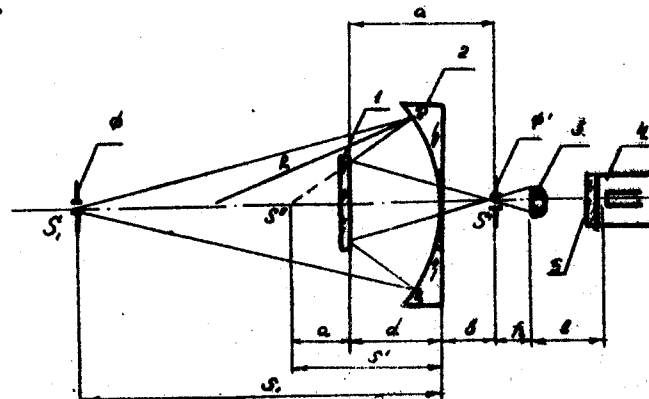


Рис. 2. Оптическая схема узла регистрации ИК излучения (1-зеркало плоское; 2-зеркало вогнутое; 3-германиевая линза; 4-приемник излучения; 5-ИК-фильтр).

Здесь

- R - радиус вогнутого зеркала;
- S_1 - точка исследования;
- S_1' - изображение точки S_1 , даваемое вогнутым зеркалом 2;
- ϕ' - диаметр материальной диафрагмы поля зрения;
- ϕ - изображение диафрагмы ϕ' ;
- S'' - изображение точки S_1' в плоскости зеркала;
- S_1 - расстояние от исследуемой точки S_1 до вершины вогнутого зеркала 2;
- S' - расстояние от вершины вогнутого зеркала 2 до точки изображения S'' , а равно и точки S_1' ;
- d - расстояние между зеркалами 1 и 2;
- f_2' - фокусное расстояние германиевой линзы;
- l - расстояние от линзы 3 до приемника 4;

Соотношения:

(1) $\frac{\Phi'}{\Phi} = \frac{S'}{S_i} = [\beta]^*$ - увеличение зеркальной системы;

(2) $\frac{1}{S'} - \frac{1}{S_i} = \frac{2}{R}$ - формула отрезков;

(3) $S' = a + d$,
 $b = a - d$. - из рис. 2.

Конструктивно задано: $R = 164,44$ мм; $d = 54$ мм; $S_i = -240$ мм.

Из (2) $S' = \frac{R \cdot S_i}{R + 2S_i} = 125,2$. Из (3) $a = S' - d = 71,2$,
 $b = a - d = 17,2$.

Из (1) $[\beta]^* = \frac{S'}{S_i} = 0,522^*$.

Увеличение системы составляет $[\beta]^* = 0,522^*$. При величине диаметра материальной диафрагмы $\Phi' = 126$ мм, диаметр локализованной точки вычисляется по соотношению (1);

$\Phi = \frac{\Phi'}{0,522} = 1,92 \Phi'$, откуда $\Phi = 241,92$ мкм.

Среднее значение Φ , измеренное экспериментально, составило 250 мкм, что хорошо согласуется с расчетным.

Блок питания приемника ИК излучения (3) обеспечивает необходимый режим питания фотосопротивления, а также включает в себя сопротивление нагрузки R , с которого снимается переменный электрический сигнал, подаваемый на блок регистрации. Номинальные значения элементов блока питания: $R_1 = 140$ к, $R_2 = 33$ к, $C = 30$ мкФ, $E = 30$ в.

Блок регистрации электрического сигнала (4) представляет собой селективный микровольтметр типа В6-2.

Предметный столик для перемещения объекта (5) позволяет перемещать микросхему в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях и тем самым контролировать необходимую точку объекта.

III. Градуировка прибора

Градуировка прибора осуществляется по абсолютно черному телу, схематический чертёж которого приведен на рис.3. Контроль температуры абсолютно черного тела осуществляется хромель-константовой термопарой, э.д.с. которой измеряется милливольтметром М10В.

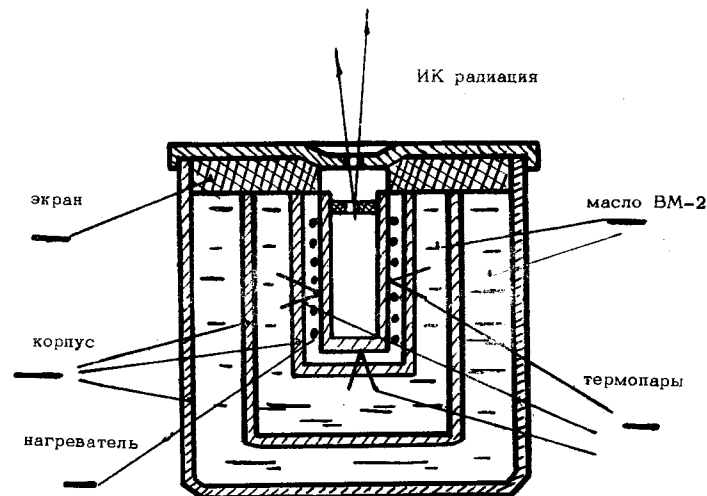


Рис.3. Абсолютно черное тело для градуировки ИК микроскопа.

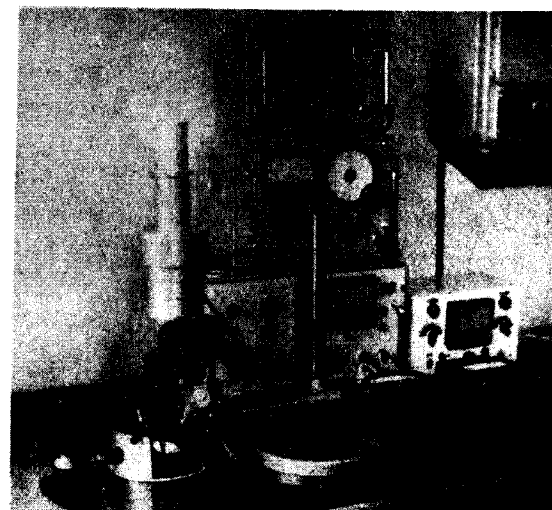


Фото. Общий вид прибора.

IV. Выводы

Экспериментальное исследование прибора (общий вид его показан на фото) показало его достаточно высокую стабильность в работе. Уверенно регистрируется температура в диапазоне 35°C - 150°C с погрешностью не более 5% от измеряемой величины при градуировке по абсолютно черному телу. Диаметр контролируемой поверхности 250 мм. При контроле температуры поверхности различных объектов необходимо учитывать их излучательную способность.

Л и т е р а т у р а

1. Повышение надежности электронной аппаратуры при помощи ИК-техники. Материалы 9 симпозиума по надежности и контролю качества. Январь 1963, НИИТЭИР, март 1964, стр. 35.
2. М.А.БРАМСОН. Инфракрасное излучение нагретых тел, Москва, 1964 г.

Поступила в редакцию
5.VI 1968 г.