ДИЗЫВЬЦЬ ИИЗ ЧЕЗИЕЙЗОЕБЬЕРЕ ЦЫЦЧЫГЕЦЗЕ ЗЫЦЫЦЧЕР ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեհոնիկական դիւ ութ, սեսիա

XXVI, № 5, 1973

Серия технических наук

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

В І АРУСТАМЯН

К РАСЧЕТУ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НИТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Подложки интегральных схем, как монолитных; так и гибридных, представляют собой ограниченные иластины с односторонними плоскими источниками тепла, роль которых выполняют различные тепловыделяюшие участки пластины: гранзисторы, дибды, резисторы и т. Д.

Расчету температурного поля ограниченной пластины посвящен ряд работ [1, 2, 3], результаты которых, однако, ввяду громоздкости и сложности, мало пригодны для наиболее часто встречающихся практических случаев интегральных схем. Многообразне форм источников тепла и пластины (подложки) чрезвычайно усложияет краевые условия, а, следовательно, и решение уравнения теплопроводности

В настоящей статье предлагается приближенный метод расчета температурного поля подложки, приемлемость которого полтверждается экспериментами. В статье, как и в работах [2, 3] предполагается, что перенос тепла внутри микросхем производится только теплопроводностью, так как микросхема обычно либо вакуумирована, либо заполнена различными веществами (смолы, инертные газы) с плохими теплопередающими свойствами, а температурный напор не высок. Поэтому конвективным и лучистым теплообменом между источниками гепла и корпусом микросхемы в нервом приближении можно препебречь.



Pac. 1.

Для пластниы с источником тепла, представленной на рис 1, изотермические поверхности вблизи источника приблизительно можно считать призматическими [4]. Тогда распределение гемпературы по голицие пластины может быть представлено и виде

$$t_z = t_0 + \frac{P}{\lambda} \left[\int_0^d \frac{dz}{S(z)} - \int_0^z \frac{dz}{S(z)} \right] = t_0 + \frac{P}{\lambda} \int_z^d \frac{dz}{S(z)^*}$$
(1)

гле t_и температура обратной стороны и краев пластины (постоянная): *Р*-мощность, выделяющаяся в источнике тепла; *м*-теплопроводность пластины, *d* толщина пластины; *S*(*z*) площаль изотермической поверхности на расстоянии *z* от источника тепла.

Следует отметить, что выражение (1) справедливо для ограниченной наотропной пластины любой формы, одняко функцию S(z)улается записать лишь в ограниченных случаях. Для прямоугольной иластипы (рис. 1) путем простых геометрических построений легко показать, что

$$S(z) = az - bz + wt, \qquad (2)$$

$$a = \frac{(L_1 - w)(l_1 - l_1)}{d^2} + 2 \frac{L_1 - w}{d} + 2 \frac{L_2 - l}{d} + 4;$$

$$b = \frac{L_1 - w}{d} l + \frac{L_2 - l}{d} w + 2w + 2l;$$
 (3)

н L_а-размеры иластины: *l* и æ размеры источника тепла. В случае отсутствия теплового контакта краев иластины

$$a = \frac{(L_1 - w)(L_1 - l)}{d^2};$$

$$b = \frac{L_1 - w}{d} l + \frac{L_2 - l}{d}w.$$
(4)

Поскольку существует однозначная связь между z н x, z н y, то можно заменить z в выражении (1) на x и y и, соответственно, написать выражения распредсления температуры по направлениям x и y.

Однако такую замену можно произвести после интегрирования. Подставляя (2) в (1) и произвеля интегрирование с учетом гого, что в >4awl, получаем для случаев (3) и (4) соответственно

$$I_{2} = I_{1} = \frac{Pd}{\iota[(L_{1} + 2d)l - (L_{2} - 2d)]w} \ln \frac{L_{1} + 2d}{L_{2} + 2d} + \frac{(L_{2} + 2d - l)z + ld}{(l_{1} + 2d - w)z - wd}, \quad (3)$$

$$= t_{1} + \frac{Pd}{\iota(L_{1}l - L_{2}w)} \ln \frac{L_{1}}{L} + \frac{(L_{2} - l)z + ld}{(L_{1} - w)z + wd}$$
(6)

Заменяя 2 н выражениях (5) и (6) соответствующими значениями х и у:

для положительных $x = \frac{2x - w}{2x_0 - w} d$,

ля отрицательных
$$x$$
 $z = \frac{2x - w}{2L_1 - 2x_0 - w} d;$

В. Е. Арустамян

где

.1

 $z = \frac{2y-1}{2y-1} d:$

для положительных у

для отрицательных у

$$z = \frac{2y - l}{2l_2 - 2y_0 - l} d,$$

получаем выражения распределения температуры по направлениям х и у, которые при L_1 , $L_2 \gg d$, ϖ будут справедливы лишь вблизи источника тепла (x, $y \leq 3 \div 5d$).

Следует отметить, что, несмотря на кажущуюся громоздкости выражений (5) и (6), в конкретных случаях, когда размеры пластини и источника известны, они достаточно упрощаются, и задача без труда решается до конца. А в ряде практически частных случаев выряжения (5) и (6) упрощаются также при буквенном обозначении размеров. Так, например, когда тепловой контакт с корпусом амеет только обратная сторона пластины, то для некоторых простых случаев распределение температуры вблизи источника приблизительно выразится следующим образом.

1. Центр источника тепла совпадает с центром иластины, г. е.

$$\begin{aligned} x_0 &= \frac{L_1}{2}, \qquad y_0 = \frac{L_1}{2}, \\ t_x &= t_0 + \frac{Pd}{\iota(L_1 l - L_2 w)} \ln \frac{L_1}{L_2} + \frac{2(L_1 - l)x + (l_1 l - L_2 w)}{2(L_1 - w)x}; \quad (7) \\ t_y &= t_0 + \frac{Pd}{\iota(L_1 l - L_2 w)} \ln \frac{L_1}{L_2} + \frac{2(L_2 - l)y}{2(L_1 - w)y - (L_2 l - L_2 w)}. \end{aligned}$$

2. Источник тенла занимает среднюю полосу иластины, г. е.

$$x_{v} = \frac{L_{1}}{2}; \qquad l = L_{2};$$

$$t_{x} = t_{0} + \frac{Pd}{M(L_{1} - w)} \ln \frac{L_{1}}{2x}.$$
 (8)

3. Крадратный источник находится в центре квадратной пластины. т. е. $L_1 = L_2 = L; \quad w = l = c; \quad x_0 = \frac{L_1}{2}; \qquad y_0 = \frac{L_2}{2}$

$$t_{x} = t_{y} = t_{0} + \frac{Pd}{\lambda(L-c)} \left(\frac{1}{2x} - \frac{1}{L}\right); \qquad x = y.$$
(9)

Пользуясь аналогичными рассуждениями, можно показать, что в случае круглого плоского источника тепла в центре круглой пластины распределение гемпературы вблизи источника генла выразится так:

$$t_{x} = t_{0} + \frac{P d}{\pi r (R - r_{0})} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right).$$
(10)

где r₀-раднус источника гепла; R-раднус пластины.

Анализ выражений (7) (10) показывает, что когда L_1 , L_2 и Rнамного превосходят толщину подложки и размеры источников тепла, то температура источника равна температуре окружающей среды, что противоречит действительности. Поэтому, во избежание ошнбок, при L_1 , L_2 *d* и R *d* в расчетных формулах следует L_1 и L_2 и R зачешть соответственно w + 5d, l = 5d и $r_0 = 5d$.

С целью экспериментальной проверки полученных расчетных формул были изготовлены подложки из ситалла Ст-50-1 с источниками челла из резистивного сплава МЛТ-3М, нанесенного вакуумным напылением. Наиболее удобными для экспериментальной проверки оказались формулы (8) и (9). Поэтому измерения проводились для этих случаев (рис. 2 и 3). Измерения осуществлялись двумя способами: при помощи микродатчиков-транзисторов и радиационным методом.



На рисунках 2 и 3 приведены результаты расчетов (сплошные лини) и измерений (пунктир) для случаев (8) и (9) соответственно Условия эксперимента и расчета приведены на рисунках. Как видно из рисунков, на расстояниях до 5—6-кратных размеров источника тепла или же до 3—4-кратной толщины подложки ошибка расчета не превышает 10%, что является удовлетнорительным для тепловых расчетов интегральных схем.

EpHIIIMM

Hoerynnao 23.11.1975

d, 5. UNHERSUPSUM

ԽՏԵԳՐԱԼԱՏԻՆ ՄԽԽՄԱՆՆԲԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԳԱՇՏԻ ՀԱՇՎԱՐԳՄԱՆ ՎԵՐԱՑԻՑԱԼ

Ամիիուիում

Առ ջար վում է ինաեցադային շինոնդների չարի դես է չերնաստիանաստին ունենին դորնեն ունենը ունենը ունենում և մես հետուն վուշար միջանան փոխանակման պրոցեսի սխեմատիկ պատկերացման վրա, որը Տնարավորու-Ոյուն է տալիս պարգեցնել Յաշվարկային բանաձևերը։ Փորձով ցույց է տրված, որ ջերմային ազբյուրի մոտակայքում՝ Տաշվարկման սխալը լի՝ դերազանցում 10%։

ЛИТЕРАТУРА

- Дульнев Г. Н., Семяшкия Э. М. Теплообмен в радиоэлектропных аппаратах. Ная «Энергия». Ленниградское отделение, 1968
- 2 Карапетян Л. М. Боскис И. 1. Вопросы радноэлектроники, серия ТРТО, пып. І. 1969.
- Закс Д. И. Тепловой режим точечного контакта твердой схемы. «Нзвестия вузов: Приборостроение», том VIII, № 1, 1965.
- 4 Дульнев Г. Н. Пиженерно-физический журнал, том XIV, № 1, 1968.