

## МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДА ТЕСТИРОВАНИЯ МОЩНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЫ ИЛИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ПРИБОРА В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР

Ефименко С.А., Кособуцкая Н.В.

ОАО «ИНТЕГРАЛ» - управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Тестирование - это измерение электрических параметров микросхем и полупроводниковых приборов и проведение функционального контроля микросхем. Поскольку мощные микросхемы и полупроводниковые приборы являются тепловыделяющими, их тестирование должно проводиться с учетом перегрева кристалла. В работе рассмотрены возможные способы их тестирования, в том числе учитывающие перегрев кристалла.

**Ключевые слова.** Измерение, тестирование, тепловыделяющие микросхемы и полупроводниковые приборы.

### FEATURES OF TESTING A POWERFUL INTEGRATED CIRCUIT OR SEMICONDUCTOR DEVICE IN THE TEMPERATURE RANGE

Efimenko S.A., Kosobutskaya N.V.

"INTEGRAL" JOINT STOCK COMPANY, 121 A, Kazintsa Str., Minsk, 220108, Republic of Belarus

**Annotation.** Testing is the measurement of electrical parameters of microcircuits and semiconductor devices and carrying out functional control of microcircuits. Since high-power chips and semiconductor devices are heat-generating, their testing should be carried out taking into account the overheating of the crystal. The paper considers possible ways of testing them, including taking into account the overheating of the crystal.

**Keywords.** Measurement, testing, heat-generating chips and semiconductor devices.

Адрес для переписки: Ефименко С.А., ул. Казинца И.П., 121А, г. Минск, 220108, Республика Беларусь  
e-mail: [SEfimenko@integral.by](mailto:SEfimenko@integral.by)

Интегральная микросхема или полупроводниковый прибор должны быть работоспособными в диапазоне температур среды: -10...70 °С при использовании в бытовой аппаратуре, -45...85 °С - в промышленной аппаратуре, -45...125 °С - в автомобильной аппаратуре, -60...125 °С - в аппаратуре специального и двойного назначения.

Электрические параметры микросхемы или полупроводникового прибора измеряют с использованием автоматизированных измерительных систем (АИС). Возможно проводить тестирование тремя способами:

- только в нормальных условиях при комнатной температуре  $25 \pm 10^\circ\text{C}$  [1],
- при повышенной температуре после разогрева кристалла выделяемым теплом при прохождении через его элементы электрического тока [2],
- в диапазоне температур путем помещения приборов в камеру задания температуры [3].

Качество теплоотвода обычно выражается величиной теплового сопротивления. Тепловое сопротивление  $R_T$  определяется по формуле [4]:

$$R_T = (T_{кр} - T_{ср})/P \quad (1)$$

где  $T_{кр}$  – температура кристалла;  
 $T_{ср}$  – температура среды;  
 $P$  - рассеиваемая мощность.

Тепловой баланс в системе прибор – окружающая среда устанавливается через некоторое время после подачи напряжения.

Для различных участков прибора время установления постоянной температуры различно и зависит от конструктивных особенностей участков и теплоемкости материала. Так, тепловая постоянная переходного процесса  $\tau_T$  составляет для кристалла 15...20 мс, для прибора 4 ... 8 с, для прибора с радиатором 100...200 с. Время тестирования всех параметров обычно составляет 0,5 - 5с. Это означает то, что во время тестирования кристалл может перегреться и его температура выйти за допустимые пределы. При проведении тестирования на повышенной температуре, температуру кристалла определяют в соответствии с формулой (1).

Тестирование тепловыделяющих микросхем и полупроводниковых приборов указанными выше методами имеет ряд недостатков.

Тестирование только при комнатной температуре не может полностью гарантировать работоспособность мощной интегральной микросхемы или полупроводникового прибора в диапазоне температур.

Тестирование на повышенной температуре после разогрева кристалла выделяемым теплом при прохождении через его элементы электрического тока не учитывает разброс значений теплового сопротивления  $R_T$ , которое может значительно отличаться от прибора к прибору. Так для микросхемы стабилизатора напряжения в корпусе ТО-220  $R_{Tкр-ср}$  может принимать значения от 50 до  $75^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . Следовательно, разброс значений  $T_{кр}$  при

$T_{cp}=25^{\circ}\text{C}$  из-за разброса значений  $R_{T_{кр-ср}}$  при  $P=1,6\text{Вт}$  может составлять от  $105$  до  $145^{\circ}\text{C}$ , что выходит за требуемые пределы  $125\pm 5^{\circ}\text{C}$  для автомобильной аппаратуры и аппаратуры специального и двойного назначения.

Поскольку требуется время для специального нагревания кристалла проходящим через элементы схемы током, время тестирования одного прибора увеличивается.

Тестирование микросхем или полупроводниковых приборов проводится на трёх температурах – пониженной, комнатной и повышенной в устройстве задания температуры. В качестве такого устройства могут использоваться проходные камеры типа ПКВ-1, ПКВ-2, ПКВ-5, устройство термостатирующие УИК.ИМ или ThermoJet, Хендлеры.

Поскольку при тестировании кристалл нагревается, его электрические параметры изменяются. На пониженной температуре для приборов аппаратуры специального и двойного назначения температура кристалла поднимется выше диапазона  $-60\pm 3^{\circ}\text{C}$ , а при на повышенной температуре выше диапазона  $125\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Бракованный прибор может не забраковаться при тестировании и быть признан годным. Снижается процент выхода и ухудшается качество интегральных микросхем и полупроводниковых приборов из-за засорённости приборами, не соответствующими конструкторской документации.

Кроме того, поскольку температура кристалла не контролируется, в выпускаемых партиях приборов будут присутствовать приборы с завышенными значениями теплового сопротивления  $R_{T_{кр-кор}}$ . Это будет приводить к повышенному разогреву кристалла микросхемы или полупроводникового прибора при эксплуатации и к снижению надёжности.

Для исключения этих недостатков предложен модифицированный алгоритм проведения тестирования, приведенный на рисунке 1. Микросхему или полупроводниковый прибор помещают в камеру задания температуры при тестировании на повышенной и пониженной температурах среды, задают требуемую температуру. Затем проводят тестирование: измерение электрических параметров в т. ч. параметров, приводящих к повышенному разогреву кристалла интегральной микросхемы или полупроводникового прибора и функциональный контроль. Измерение термочувствительного параметра  $U_{д0}$  проводят первый раз перед началом тестирования, второй раз - после проведения тестирования. По разнице показаний термочувствительного параметра определяют относительный перегрев и температуру кристалла. В качестве термочувствительного параметра может выступать



Рисунок 1 – Алгоритм проведения тестирования

прямое напряжение диода  $U_{д0}$ . Диод является одним из элементов микросхемы или полупроводникового прибора.  $U_{д0}$  уменьшается на величину  $\alpha=1,5-2,2\text{мВ}/^{\circ}\text{C}$  при повышении температуры на  $1^{\circ}\text{C}$ . В зависимости от значения относительного перегрева и температуры кристалла производят одно из следующие действий:

- признают интегральную микросхему или полупроводниковый прибор годными,
- проводят оптимизацию времени измерения,
- уточняют методики измерения параметров,
- понижают температуру среды (в камере),
- проводят забракование прибора из-за завышенного значения теплового сопротивления  $R_t$ .

Поскольку разница между температурой среды и температурой кристалла уменьшена, значение последней устанавливается более точно. Поскольку температура кристалла не выходит за допустимые рамки, исключается пропуск брака и забракование годного прибора на пониженной и повышенной температурах среды.

## Литература

1. Козырь И.Я. Качество и надёжность интегральных микросхем.- М.: «Высшая школа», 1987 с 57 – 58.
2. Патент Японии JP2003279617, МПК G01R31/26; (IPC1-7): G01R31/26, 02.10.2003.
3. Козырь И.Я. Качество и надёжность интегральных микросхем.- М.: «Высшая школа», 1987, с 31, 57 – 58.
4. Белоус А.И, Ефименко С.А., Солодуха В.А., Филипенко В.А. «Основы силовой электроники».- Москва: «Техносфера», 2019.- 424с