

Датчик влажности

поверхностно-конденсационного типа

Митрофан ГОРЛОВ,
д. т. н.
Дмитрий АНУФРИЕВ
Павел КОВАЛЕНКО,
к. т. н.
Наталья ШИШКИНА
fpbhbc@mail.ru

В работе предложена конструкция микроэлектронного датчика влажности поверхностно-конденсационного типа и методика измерения паров воды внутри корпусов интегральных схем.

Пары воды, адсорбированные на поверхности полупроводникового кристалла, либо непосредственно участвуют в деградационных процессах, либо косвенно способствуют развитию разного рода механизмов отказа интегральных схем (ИС). Отказы, связанные с влиянием влаги, для ИС в металлокерамических и металлокерамических корпусах составляют от общего числа отказов до 60–80% [1, 2].

В отечественной и зарубежной документации норма по содержанию влаги в корпусе при 25 °С установлена равной 500 и 600 ppm (что эквивалентно 0,05 и 0,06 объемного процента) соответственно для монолитных и гибридных ИС.

К настоящему времени в мировой практике разработаны соответствующие средства и методы контроля, и с их помощью проведены исследования влажности в корпусах ИС, позволившие установить нормы влажности и ввести методы испытаний в национальные стандарты. В отечественном отраслевом стандарте контроль содержания паров воды внутри корпуса ИС рекомендуется проводить одним из следующих методов [3]: с помощью масс-спектрометра; с помощью детектора влаги в газе-носителе или путем измерения электрической проводимости откалиброванного элемента, смонтированного в корпус.

Главным недостатком первых двух методов, кроме того, что они разрушающие, считается их дороговизна, поэтому сейчас большое внимание уделяется альтернативным методам контроля, одним из которых являются специальные элементы, встроенные в корпус ИС.

В качестве такого элемента рекомендуются датчики поверхностно-конденсационного типа (датчики точки росы), а также сорбционные, называемые микроэлектронными датчиками влажности (МЭДВ).

МЭДВ встраивается в корпус ИС вместо кристалла схемы или одновременно с ним (если корпус большой). Такие датчики, как правило, должны по размерам соответствовать кристаллам ИС, допускать монтаж в корпус обыч-

ными для технологии сборки ИС способами, сохранять работоспособность после различных воздействий в процессе герметизации корпусов и последующих испытаний, включая электротермотренировку в течение 168 или 240 ч, термоциклирование в диапазоне температур –60...+150 °С, длительное хранение (500 или 1000 ч) при температуре +150 °С.

Датчики поверхностно-конденсационного типа или датчики точки росы в полном объеме удовлетворяют совокупности вышеуказанных требований.

Среди многочисленных конструкций таких устройств авторами был выбран датчик емкостного типа — из-за простоты конструкции и универсальности: этот тип датчика совместим практически с любым технологическим процессом производства ИС и при этом позволяет определять содержание влаги в замкнутом объеме до 10 000 ppm [1].

Разработанный авторами датчик этого типа изготовлен минским заводом «Транзис-

тор». Он представляет собой кристалл кремния размером 1×1 мм с размещенным на нем конденсатором, состоящим из двух гребенок металлизации с зазором в 10 мкм [4], резистивным и диодным термодатчиками, которые позволяют контролировать температуру в процессе измерений (разрез структуры резистивно-диодного датчика температуры представлен на рис. 1). Момент наступления точки росы соответствует излому на графике зависимости емкости датчика от температуры, который связан с изменением диэлектрической проницаемости воздушного промежутка вследствие конденсации влаги.

Использование сдвоенного термодатчика диодно-резистивного типа позволяет повысить точность измерения температуры.

Конструкция датчика позволяет размещать его в любом типе корпуса ИС. На рис. 2 показана посадка кристалла датчика размером 3×2 мм (6 кристаллов размером 1×1 мм) в корпус типа 401.14-1. При посадке блока

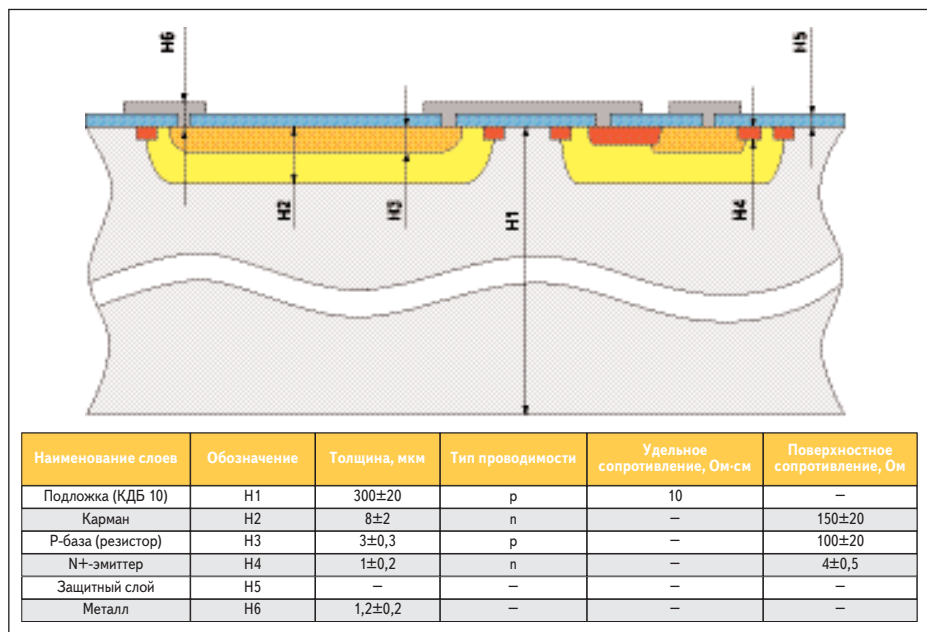


Рис. 1. Разрез структуры резистивно-диодного датчика температуры тестовой матрицы

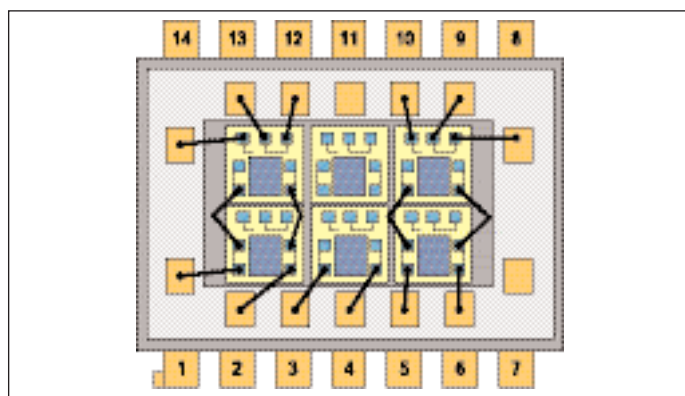


Рис. 2. Схема посадки датчика точки росы в корпус типа 401.14-1

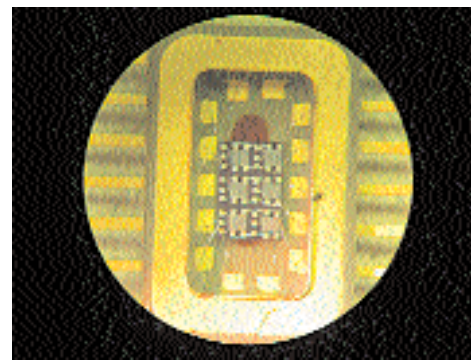


Рис. 3. Фотография датчиков влажности в корпусе 401.14-1

кристаллов на корпус используется клей ВК-26М или ВК-32-200. Разварка проводится алюминиевой проволокой диаметром 35 мкм. Выводы корпуса 7, 11 не задействованы. Для этого типа корпуса вырезается кристалл, содержащий шесть отдельных датчиков. На пластине кремния диаметром 150 мм помещается более 6000 датчиков 1×1 мм. Параллельное соединение конденсаторов на кристалле вертикально расположенных датчиков позволяет повысить точность измерений влаги в подкорпусном объеме. Исходя из размеров корпуса, запараллелены три пары конденсаторов, что также позволяет повысить точность измерений. Дублирование термодатчиков в одном корпусе позволяет поднять выход годных практически до 100%.

Последовательность технологических операций для измерения содержания паров воды внутри корпусов интегральных схем может быть следующей:

1. Определяется размер кристалла ИС и размер датчика влажности, равный размеру кристалла схемы. Например, размер кристалла ИС 1,76×2,4 мм², тогда размер датчика может быть 2×2 мм² или 2×3 мм², чтобы он умещался на основании корпуса. Так как размер одного датчика равен 1×1 мм², то нужно вырезать из пластины датчиков кристалл, на котором будут расположены 4 кристалла датчика влаги (2×2) или 6 кристаллов датчика (2×3).
2. Напаивается или наклеивается кристалл с датчиками на основание корпуса по технологии, используемой в выбранной для контроля ИС. Рекомендуется взять 5 корпусов ИС.
3. Так как каждый кристаллик датчика размером 1×1 мм² имеет диод, резистор и гребенку из алюминия, то нужно расписать, какая контактная площадка датчика будет разварена на определенную траверсу вывода корпуса. Практически для измерения содержания паров воды достаточно подключить один диод, один резистор из всех кристаллов. Но чтобы исключить возможность попадания бракованного диода или резистора, необходимо хотя бы продублировать их (рис. 2, 3).

Алюминиевые гребенки, фактически являющиеся контроллерами паров воды, соединяются по вертикали. Это делается для того, чтобы повысить чувствительность по влаге. Выводы с алюминиевых гребенок также нужно задублировать, а лучше «затроировать», чтобы избежать вероятность появления дефектной структуры (рис. 3).

4. По существующей технологии выполняется разварка внутренних выводов, герметизируется корпус, проводится имитация всех последующих технологических и отбраковочных испытаний (термоциклирование, электротермотренировка, проверка на герметичность и др.).

5. Проводятся следующие электрические измерения датчиков в каждом корпусе:

- снимается прямое падение напряжения на диоде $U_{пр}$ от температуры при различной величине прямого тока (например, $I_{пр} = 50 \text{ мкА}, 100 \text{ мкА}$ и 200 мкА);
- выбирается наиболее критичное значение $I_{пр}$, при котором в диапазоне температур от нормальной до $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ выявляется наибольшее изменение значения $U_{пр}$;
- снимается зависимость диффузионного сопротивления от температуры путем снижения температуры от $20 \text{ }^\circ\text{C}$ до $-60 \text{ }^\circ\text{C}$;
- строятся графики зависимости сопротивления от температуры;
- измеряется емкость гребенчатого конденсатора (или ток утечки) и прямое напряжение $U_{пр}$ диода при определенном выше значении $I_{пр}$ (или сопротивления резистора) при температурах от комнатной, медленно охлаждая датчик до температуры, при которой происходит скачок величины емкости (или тока утечки), фиксируя значение температуры (то есть температуру точки росы в объеме корпуса ИС) по значению $U_{пр}$ диода или по сопротивлению резистора.

При использовании методики контроля влажности возникает необходимость пересчета полученного значения температуры точки росы в единицы объемной влажности в корпусе. С этой целью используется таблица [5].

По данным таблицы видно, что при точке росы в подкорпусном объеме ниже $-28 \text{ }^\circ\text{C}$

Таблица. Пересчет полученного значения температуры точки росы в единицы объемной влажности в корпусе

Точка росы, $^\circ\text{C}$	Объемная концентрация паров воды, ppm	Относительная влажность, %
-72	1,880	0,00765
-68	3,43	0,0140
-64	6,10	0,0248
-60	10,60	0,0433
-56	18,20	0,0738
-52	30,20	0,1260
-48	49,70	0,2020
-44	80,10	0,3250
-40	127,00	0,5160
-36	197,00	0,8040
-32	305,00	12,400
-28	462,00	18,800
-24	692,00	28,100
-20	1021,00	41,400
-16	1489,00	60,600
-12	2147,00	87,500
-8	3061,00	128,000
-4	4316,00	175,000
0	6025,00	241,000
4	7895,00	325,000

удовлетворяется требование к ИС по содержанию объемного процента воды не более 500 ppm.

Литература

1. Чернышев А. А. Контроль влажности в корпусах интегральных схем / А. А. Чернышев, С. А. Крутоверцев, А. И. Бутурлин. Зарубежная электронная техника. 1987. Вып. 2.
2. Уоллер Л. Контроль уровня влажности внутри корпуса БИС // Электроника. 1980. № 4.
3. ОСТ 11 20.9903-86. Микросхемы интегральные. Системы и методы операционного контроля в процессе производства. Технические требования к технологическому процессу при аттестации производства.
4. Патент РФ № 2224246. Микроэлектронный датчик влажности поверхностно-конденсационного типа / М. И. Горлов, А. В. Андреев, Л. П. Ануфриев, Е. В. Николаева. Заявл. 10.07.02. Опубл. 20.02.2004. Бюл. № 5.
5. Горлов М. И., Ануфриев Л. П., Николаева Е. В. Контроль содержания паров воды внутри корпусов интегральных схем. Минск: Бестпринт, 2002.