

## ОБОРУДОВАНИЕ

УДК. 621. 382. 088 (088)

### ЗОНДОВЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МИКРО-, НАНО- И СВЧ-СТРУКТУР НА ПЛАСТИНЕ

В.А. МИНЧЕНКО, Г.Ф. КОВАЛЬЧУК, С.Б. ШКОЛЫК, В.А ЗАЙЦЕВ

*Государственное научно-производственное объединение «Планар»  
Партизанский проспект, 2, г. Минск, 220763, Республика Беларусь  
shkolyk@kbtem.by*

Рассмотрены проблемы и указаны пути их решения при зондовом контроле БИС (до 0,3 нс) и СВЧ-полупроводниковых структур на пластине. Предложены принципы построения и структурные схемы СВЧ-зондовых автоматических систем контроля (СВЧ-ЗСК) и СВЧ-контактирующих устройств (СВЧ-КУ) и определены их переходные характеристики (ПХ) с помощью рефлектометрической установки с пикосекундным разрешением. Рассмотрены особенности СВЧ-зондовой установки ЭМ-6390 для контроля СВЧ-структур на поверхностных акустических волнах и электромеханических систем на пластине с использованием векторного анализатора СВЧ-диапазона.

*Ключевые слова:* зондовый СВЧ-контроль, полупроводниковая пластина.

Современная микро- и нанoeлектроника расширила диапазон рабочих частот до сверхвысоких частот: в структурах на поверхностных акустических волнах (ПАВ), в частности фильтрах и электромеханических микроструктурах (МЭМС) – от сотен МГц до нескольких ГГц. СВЧ-микросхемы используются: в системах связи, микропроцессорах, в системах радиолокации и специальных системах и др.

Особенностями контроля ПАВ, МЭМС и СВЧ-структур и микросхем является достижение воспроизводимости параметров структур в рабочем диапазоне частот (до 6 ГГц) на пластинах диаметром до 200 мм до монтажа их в корпус [1]. Необходимость СВЧ-зондирования структур: многие ИМС СВЧ не могут быть проверены по постоянному току или на низких частотах ввиду своего специального назначения (генераторы, узкополосные усилители СВЧ и др.) Проверка по статическим параметрам не всегда гарантирует их параметры. СВЧ – диапазон требует новых решений СВЧ-ЗСК и СВЧ-КУ, рассмотренных концептуально ниже.

В микроэлектронике достигнуты размеры элементов (за рубежом – 22 нм, в РФ и СНГ – 90нм) и быстродействие БИС до 0,3 нс, что значительно усложняет их автоматический контроль [2-4]. Более сложной проблемой является контроль ПАВ, МЭМС и СВЧ – структур на пластине в гигагерцовом диапазоне. С помощью одного вида ЗСК невозможно контролировать на пластине все типы изделий. ЗСК служат для совмещенного статико-динамического или раздельного контроля быстродействующих ИС (БИС); ЗСК для температурного контроля; СВЧ-системы и др.

Сейчас зондовый контроль осуществляется с помощью специальных систем [2, 3], в частности для контроля параметров ИС (БИС) в нано- и пикосекундном диапазоне используются многоканальные системы с коаксиально-полосковыми зондовыми каналами, обеспечивающими широкополосную коммутацию и подачу (испытательных и измерительных) сигналов без искажений на контактную площадку контролируемых изделий. Контроль параметров СВЧ-структур на данном этапе осуществляется с по-

мощью специализированной зондовой установки контроля ПАВ, МЭМС СВЧ-структур ЭМ-6390, использующая полосково-копланарные измерительные каналы и векторные анализаторы (измерение шумовых и S-параметров структур и изделий).

Концепции построения СВЧ-зондовых контактирующих устройств включают следующие подходы. Концепция 1: коаксиально – копланарная (без встроенного позиционера по координатам X, Y, Z); недостатки – большие размеры и невозможность установки значительного количества СВЧ-зондов, необходимость применения индивидуального позиционера на каждый СВЧ-зонд; концепция 2: полосково-копланарная со встроенным позиционером по координатам X, Y, Z и встроенным СВЧ-трактом (преимущества – малые размеры и ширина СВЧ-КУ, встроенный позиционер). Обе концепции обеспечивают полосу частот 6 – 7 ГГц, используя двух- или многоконтактные: сигнальные и экранные зонды GS, SG, GSG, GSGSG и др.

Перспективно направление конструирования с преобразованием частоты СВЧ-диапазона в промежуточную частоту, которую значительно проще передавать по линии передачи без искажений, однако такая конструкция имеет большие размеры. Проведенные исследования принципов построения и некоторых реальных конструкций показали возможность конструирования СВЧ-КУ в заданном диапазоне частот.

Экспериментальные исследования ПХ ВЧ и СВЧ-трактов зондовой установки ЭМ-6390 проводились с помощью рефлектометрической установки с пикосекундным разрешением: время нарастания ПХ составило для СВЧ-КУ от 50 до 350 пс, для ВЧ-КУ от 0,3 до 1,5 нс [4].

Основными узлами установки являются: позиционер по координатам X, Y, Z,  $\varphi$  (погрешность позиционирования не выходит за пределы  $\pm 4$  мкм); индивидуальные позиционеры СВЧ-зондов; СВЧ-зонды; зондовая платформа; СВЧ-трансформаторы; аттенуаторы; измерители: векторный анализатор или измеритель СВЧ-шума; метрологические меры калибровки зондового тракта и др. Особенностью зондовой СВЧ-установки является то, что СВЧ-КУ устанавливаются на позиционерах, обладающих повышенной жесткостью, что обеспечивает точную установку СВЧ-зондов на контактные площадки и надежное контактирование с ними. Использование обычных позиционеров невозможно из-за значительных крутящих моментов, создаваемых коаксиальными кабелями и самими СВЧ-зондами.

Установка ЭМ-6390, производимая в Республике Беларусь (по сравнению с аналогом) может контролировать также цифровые БИС.

#### Список литературы

1. Бугаец Е.С., Колесова А.В., Орлов О. Е. и др. // СВЧ – зондирование интегральных схем на пластине. Зарубежная радиоэлектроника. № 5. 1990. с.56 – 62.
2. Минченко В.А., Ковальчук Г. Ф., А., Школык С. Б. // Принципы построения и структурные схемы зондовых автоматических систем контроля параметров изделий микро – и наноэлектроники на кристалле. Приборы и методы измерений. № 2. 2012, с. 67 – 75.
3. Минченко В. А., Ковальчук Г.Ф., Школык С.Б. и др. // Анализ и расчет быстродействия измерительных каналов зондового оборудования для контроля изделий микроэлектроники на пластине. Материалы третьей международной научно – практической конференции « Прецизионное оборудование и технологии производства изделий микро – и радиоэлектроники ». Минск . 2012. с. 63 – 67.
4. Ковальчук Г. Ф., Минченко В. А., Школык С. Б. // Методы и результаты определения параметров измерительных каналов передачи широкополосных сигналов зондовых систем для контроля изделий микро – и наноэлектроники на кристалле. Метрология и приборостроение. № 4. 2012. с. 28 – 32.