

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА В РЕЖИМЕ НАВЕДЕННОГО ТОКА

Д. т. н. В. А. Пилипенко, к. т. н. В. А. Солодуха, С. В. Шведов,
к. ф.-м. н. А. Н. Петлицкий, к. т. н. Т. В. Петлицкая, к. т. н. Г. Г. Чигирь,
Д. С. Устименко, Д. В. Жигулин, В. А. Филипеня

ОАО "ИНТЕГРАЛ"- управляющая компания холдинга "ИНТЕГРАЛ"
Беларусь, г. Минск
office@bms.by

Представлены результаты анализа скрытых дефектов интегральной микросхемы с использованием растрового электронного микроскопа в режиме наведенного тока. Зафиксировать точное месторасположения пробоя конденсаторного диэлектрика удалось без послойного травливания топологических слоев.

Ключевые слова: дефект микросхемы, растровый электронный микроскоп, режим наведенного тока.

Дальнейшее совершенствование технологии производства интегральных микросхем связано с повышением эффективности лабораторного и промышленного контроля их качества. От этого зависят и размеры технологических потерь на различных этапах производства, и материальные затраты на производственный контроль их качества.

Разработка и внедрение в производство новых технологических процессов изготовления полупроводниковых структур стимулирует развитие новых методов измерения. Особенно необходимы оперативные неразрушающие методы контроля.

В последнее время все большее значение приобретают методы исследования, основанные на использовании электронных, ионных, фотонных пучков, в частности, использование растрового электронного микроскопа в режиме наведенного тока (РЭМНТ).

Типичные применения для РЭМНТ включают измерение диффузионной длины и времени жизни неосновных носителей заряда, локализацию $p-n$ -переходов и рекомбинационноактивных дефектов (дислокации, преципитаты, границы зерен). Электронный луч позволяет проводить бесконтактное сканирование достаточно малых областей микросхем или полупроводниковых приборов и выявлять скрытые дефекты структуры.

РЭМНТ также может быть использован для обнаружения дефектов в диэлектрических материалах. При сканировании электронным пучком диэлектрика в нем также генерируются электронно-дырочные пары, но из-за высокого удельного сопротивления заряд практически не стекает. При наличии дефектов в диэлектрике происходит локальное уменьшение сопротивления и ток через такую область, естественно, будет отличаться от тока через остальную площадь образца. Для фиксации тока через образец диэлектрик должен располагаться между двумя проводящими электродами. Такой типичной структурой в микроэлектронике являются МОП-конденсаторы.

В работе представлены исследования по поиску места пробоя конденсаторного диэлектрика с использованием РЭМНТ.

Для исследования использовались стандартные тестовые модули с наборов тестовых элементов, предназначенных для измерения вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик элементов микросхем. Тестовые конденсаторы в модуле предназначались, в основном, для контроля величины заряда пробоя подзатворного диэлектрика (контроля надежности МОП-структур). Особый интерес представляет место пробоя диэлектрика, выяснение причин низкого заряда пробоя и своевременное устранение причин его возникновения.

Работа была проведена на растровом электронном микроскопе S-4800 ф. HITACHI (Япония). Микроскоп имеет разрешение до 1 нм, увеличение 20—800000, максимальный размер образца 200×200×2 мм.

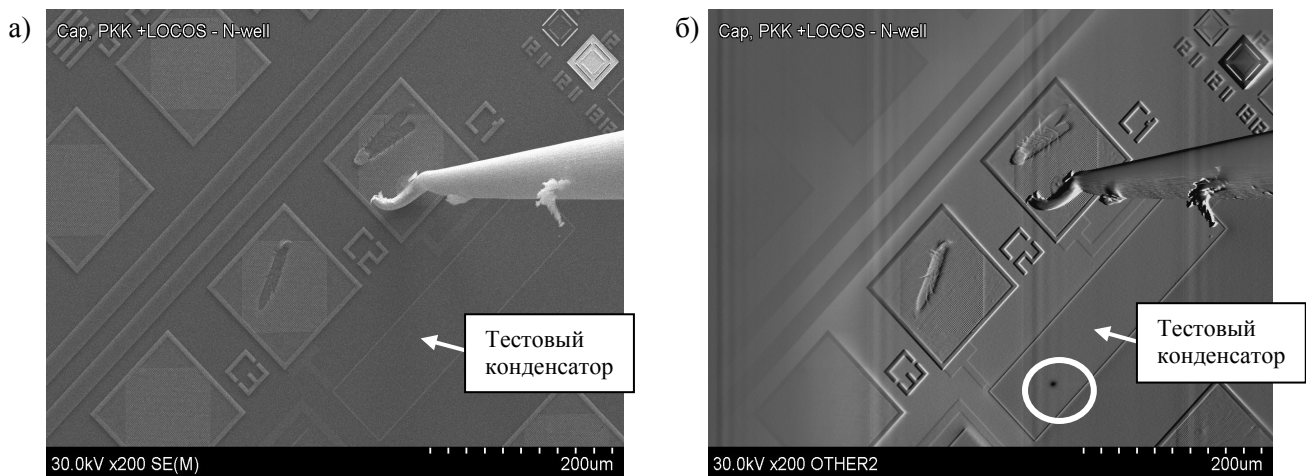


Рис. 1. РЭМ-фото конденсатора при работе электронного микроскопа во вторичных электронах (а) и в режиме наведенного тока (б)

Тестовые конденсаторы специально электрически пробивались для дальнейших исследований области пробоя без послойного анализа и селективного травления образца. При исследовании поверхности конденсатора на растровом электронном микроскопе в режиме вторичных электронов дефектов (неоднородностей) не выявлено (см. рис. 1, а). При работе микроскопа в режиме наведенного тока визуализация образца возможна в двух режимах: негативном и позитивном. Место пробоя конденсаторного диэлектрика было локализовано как в позитивном, так и негативном режимах (обведено на рис. 1, б).

Таким образом, удалось зафиксировать точное месторасположения пробоя конденсаторного диэлектрика без послойного травливания топологических слоев, что указывает на возможность использования растрового электронного микроскопа в режиме наведенного тока для проведения оперативного неразрушающего контроля качества при производстве интегральных микросхем.

V. A. Pilipenko, V. A. Solodukha, S. V. Shvedov, A. N. Petlitsky, T. V. Petlitskaya, G. G. Chigir, D. S. Ustimenko, D. V. Zhigulin, V. A. Filipenya

Analysis of the defects of integrated circuits using the scanning electron microscope with electron beam induced current

The paper presents the results of the analysis of the buried defects of the integrated circuit using the Scanning Electron Microscope in the mode of electron beam induced current. With no layer-by-layer etching of the layout layers, it was possible to register the precise location of the breakdown of the capacitive dielectric.

Keywords: defect of integrated circuit, scanning electron microscope, electron beam induced current, EBIC.