

УДК 539.216.2

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Д. т. н. А. Н. Белов, д. т. н. В. И. Шевяков

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Россия, г. Москва

shev@dtd.miee.ru

*При исследовании микро- и нанообъектов с помощью сканирующей электропроводящей микроскопии на ряде примеров продемонстрированы ее функциональные возможности. Показана возможность использования ее для выявления дефектов в многоуровневой металлизации ИС с нанометровыми топологическими нормами.*

*Ключевые слова: сканирующая электропроводящая микроскопия, микроэлектроника, наноэлектроника*

Сканирующая зондовая микроскопия обеспечивает исследование морфологии и модификацию свойств поверхности твердых тел с нанометровым разрешением. Одним из ее методов, использующих проводящие микрозонды (кантилеверы), позволяющим исследовать электрические свойства нанообъектов, является сканирующая электропроводящая микроскопия (СЭПМ) [1]. СЭПМ использует режим атомной силовой микроскопии (АСМ) в контактной моде и реализует проведение совмещенных измерений топографии и исследования токов растекания на одном и том же участке проводящей поверхности исследуемого образца.

Однако как у нас в стране, так и за рубежом, СЭПМ до настоящего времени не получила должного применения. Поэтому в настоящей работе приведен ряд примеров исследования микро- и нанообъектов, демонстрирующих высокую эффективность метода.

Суть СЭПМ заключается в следующих операциях. Исследуемый образец устанавливают на пьезокерамический сканер сканирующего зондового микроскопа и осуществляют прижим электрическим контактом. Затем подводят образец к проводящему кантилеверу и осуществляют сканирование участка поверхности в полуконтактной моде АСМ. Далее выбирают интересующую область для сканирования в контактной моде с одновременной подачей положительного напряжения до 10 В на образец. В процессе сканирования проводят измерения результирующего тока, протекающего в системе «проводящий кантилевер — исследуемая проводящая поверхность», и получают данные о рельефе поверхности.

Таким образом одновременно получают АСМ-изображение поверхности и изображение картины растекания тока на исследуемом участке поверхности.

Проведенный анализ используемых при измерениях в СЭПМ принципиальных электрических схем показал, что в СЭПМ в основном используются две схемы измерения тока (см. рис. 1).

Исследование проводящих образцов проводили с помощью сканирующего зондового микроскопа Solver P47 (Россия, ЗАО «НТ-МДТ») с применением проводящих кантилеверов с покрытием на основе  $W_2C$ . Измерения проводили в соответствии со схемой на рис. 1, б.

Продемонстрированы возможности СЭПМ в определении уровня электропроводности микро- и наноразмерных элементов, исследовании наноструктуры материала проводящих покрытий, в количественном определении проводимости объектов.

В частности, показано, что СЭПМ может быть с успехом использована для выявления дефектов в многоуровневой металлизации ИС с нанометровыми топологическими нормами. Приведен пример исследования дефектов в проводниковых межсоединениях в интегральных схемах с минимальным размером 0,09 мкм. Для этого в единичных ячейках ИС при помощи сфокусированного ионного пучка формировали два вида дефектов.

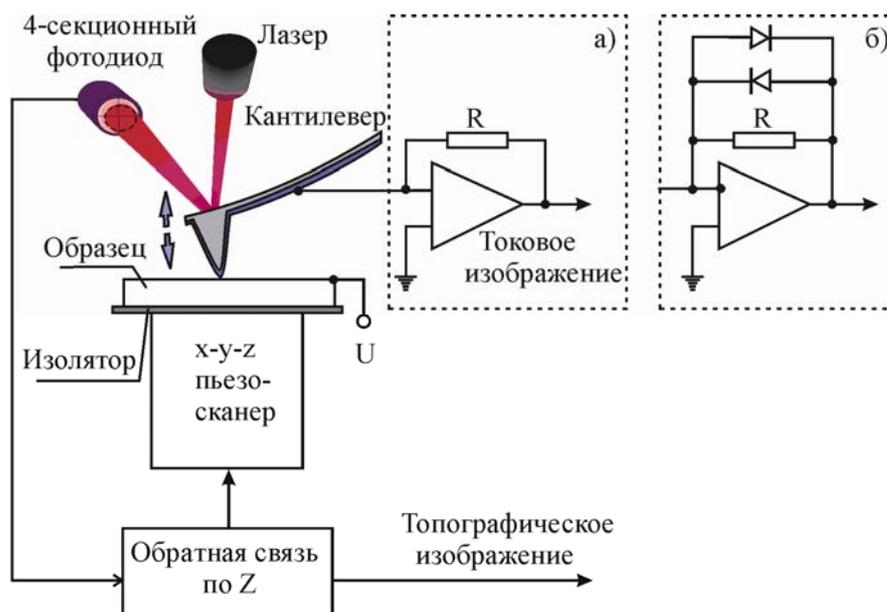


Рис. 1. Принципиальная схема совмещенных измерений топографии и тока растекания:  
а) линейная схема измерений тока, б) логарифмическая схема измерений тока

Первый — это участки с обрывом металлизации 5-го уровня, сформированные путем перерезания металлических дорожек их локальным ионным травлением. Второй — это участки металлизации с повышенным сопротивлением, сформированные путем частичного перерезания металлических дорожек их локальным ионным травлением. Ширина металлических дорожек составляла 200 нм, а высота — 20 нм. Электрическое напряжение подавали на боковую поверхность чипа через макроконтакт, а для получения омического контакта в месте макроконтакта наносили каплю серебряного клея. Разность потенциалов между образцом и иглой кантилевера составляла 5 В.

Поскольку метод СЭПМ имеет разрешение несколько десятков нанометров, его можно использовать для диагностики дефектов в металлизации ИС с нанометровыми размерами, включая 45 и 32 нм.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике.— Москва: Техносфера, 2005.
2. Нанотехнологии в электронике / Под. ред. Ю. А. Чаплыгина.— Москва: Техносфера, 2005.
3. Shevyakov V., Lemeshko S., Roschin V. Conductive SPM probes of base Ti or W refractory compounds // Nanotechnology.— 1998.— N 9.— P. 352—355.
4. Белов А. Н., Гаврилов С. А., Сагунова И. В. и др. Тестовая структура для определения радиуса кривизны микромеханических зондов сканирующей силовой микроскопии // Российские нанотехнологии.— 2010.— № 5–6.— С. 95—98.
5. Villarubia J. S. Algorithms for scanned probe microscope image simulation, surface reconstruction, and tip estimation // J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.— 1997.— V. 102.— P. 425—448.

V. I. Shevyakov

#### Scanning functionality conductive microscopy for investigation of the micro and nanoelectronics elements.

Using a number of examples of micro and nanoobjects investigation based on conductive scanning microscopy, its functionality is demonstrated. The possibility of using it to identify defects in the multilevel metalization ICs with nanometer topological rules is shown.

Keywords: *scanning electrical conductivity microscopy, microelectronics, nanoelectronics.*