

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРИБОРНЫХ СТРУКТУР МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ МЕТОДОМ НАВЕДЕННОГО ТОКА

© 2016 г. А.Н. АНТОНОВИЧ, А.А. ПЕТРУШИН, Е.В. ДОРОНИН, А.Н. БУРЦЕВ

Московский технологический университет (МИРЭА)  
e-mail: box2015.f@yandex.ru, babaganusshh@gmail.com,  
eugene801@mail.ru, alex.n1992@yandex.ru

Постоянное повышение степени интеграции элементов микро- и наноэлектроники требуют разработки технологических решений по диагностике контроля параметров полупроводниковых структур с высокой степенью локальности. Особый интерес при разработке таких решений представляют электронно-зондовые методы исследований.

Различные методы сканирующей электронной микроскопии находят применение при анализе отказов полупроводниковых изделий. При взаимодействии электронного пучка с поверхностью твердого тела возникают вторичные и отраженные электроны, оже-электроны, а так происходит образование электронно-дырочных пар, вызывающих генерацию тока в полупроводниках. На основе анализа распределения сигнала наведенного тока можно дать оценку различным свойствам полупроводника.

В методе EBIC электронный пучок сканирует полупроводниковый образец, содержащий структуру какого-либо типа (р-п переход, барьер Шоттки). Энергия электронов в пучке составляет от 1 до 30 кэВ, в то время как минимальная энергия, необходимая для образования электрон-дырочной пары в полупроводнике и определяемая шириной запрещенной зоны, составляет порядка 1-3 эВ. В результате воздействия электрона пучка в полупроводнике образуется большое число электрон-дырочных пар (порядка  $10^3$ - $10^4$ ). Электронно-дырочные пары генерируются в материале внутри ограниченного объема (объема генерации). Важными здесь являются неосновные носители заряда – электроны для полупроводника р-типа, и дырки для полупроводника n-типа. При столкновении высокоэнергичного электрона пучка с кристаллической решеткой валентный электрон может быть выбит в зону проводимости, а в валентной зоне появится дырка. Возбужденные пучком электроны и дырки двигаются случайно, генерируются и рекомбинируют друг с другом.

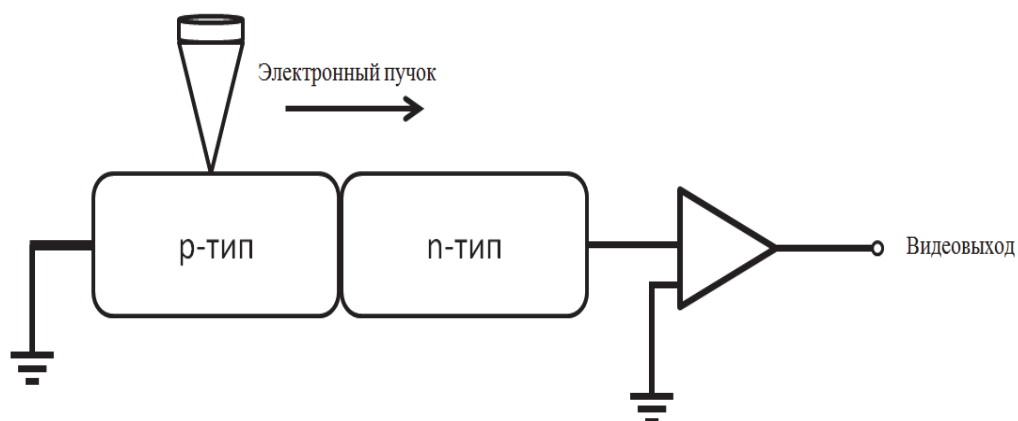


Рис. 1. Схема измерений методом EBIC.

Модуль EBIC используется для настройки параметров усиления тока наведенного электронным пучком с целью получения карты тока собранного в каждой точке сканирования. Наведенный электронным пучком ток попадает на зонд манипулятора в выбранных областях контакта (рис. 1). При сканировании электронным пучком высокоэнергетические электроны инжектируются в образец, проникают через оксидные и металлические слои полупроводника до р-п перехода[1]. Попадая в проводящую область электроны, вызывают ток детектируемый зондом и обрабатываемый затем усилителем. Электронно-дырочные пары, образованные при этом процессе разделены диффузионным напряжением. Ток, вызванный при этом, преобразовывается в напряжение и возвращается на генератор изображения микроскопа.

При классическом подходе к построению распределения сигнала наведенного тока можно оценить только линейные размеры областей, в которых были сгенерированы электронно-дырочные пары (рис. 2). Анализ полученных изображений дает возможность проводить проверку правильности проведения операций легирования.

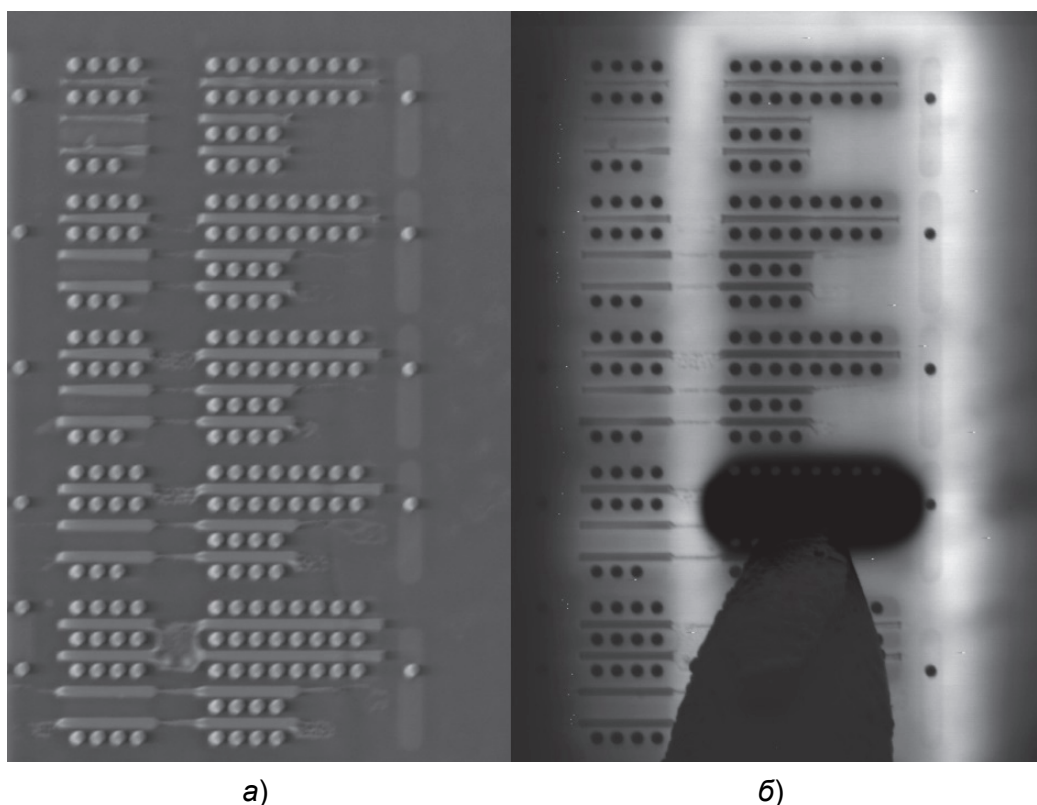


Рис. 2. Транзисторная структура а) изображение во вторичных электронах б) изображение полученное методом EBIC.

Дать же оценку распределения сигнала в области р-п перехода в объеме, возможно лишь установив профиль области легирования[2]. Наиболее чувствительными методами, позволяющими получить информацию о толщинах и уровнях легирования используемых слоев, являются емкостные измерения, основанные на зависимости ширины поверхностного обедненного слоя от профиля легирования и приложенного напряжения. В настоящее время традиционным является метод нахождения профиля легирования из измеренной при обедняющих потенциалах вольт-фарадной характеристики (ВФХ). В работе рассмотрена возможность качественной и количественной оценки профилей легирования рассматриваемых транзисторных структур методом EBIC. Для этого с помощью фокусированного электронного пучка был выполнен вертикальный срез транзисторной структуры. Затем данная область была просканирована электронным пучком с энергией 10 кэВ, каждая точка раstra подвергалась воздействию

пучка 10 мкс. На (рис. 3) представлено распределение тока наведенного электронным пучком на вертикальном срезе.

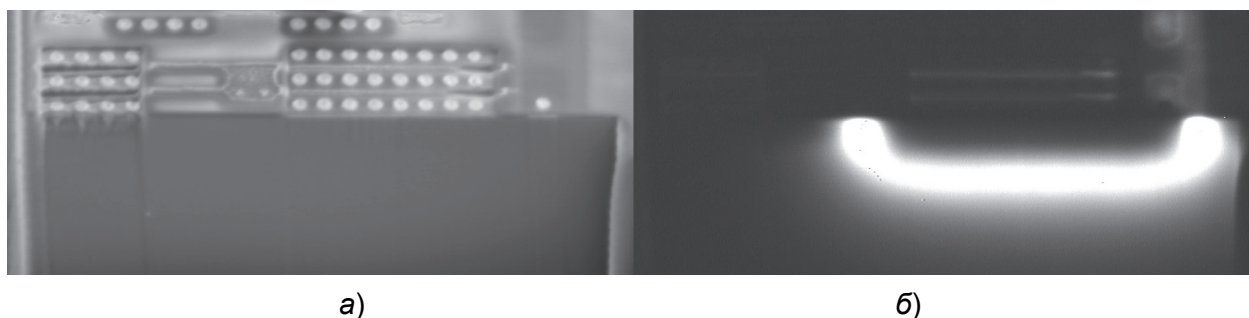


Рис. 3. Изображение вертикального среза транзисторной структуры:  
а) во вторичных электронах; б) EBIC-изображение.

На рис. 3, б белая полоса является зоной обеднения, которая характеризует профиль легирования рассматриваемой структуры.

Таким образом, на основе анализа контраста изображений в методе EBIC работе показана возможность построения профилей легирования рассматриваемых транзисторных структур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *F. Altmann, J. Schischka* Combined electron beam induced current imaging (EBIC) and focused ion beam (FIB) techniques for thin film solar cell characterization. / F. Altmann, J. Schischka // *Proceedings from the 36th International Symposium for Testing and Failure Analysis*. – 2010. – P. 151-157.
2. *D. Inns* Localisation of the p-n junction in polysilicon thin-film diodes on glass by high-resolution crosssectional EBIC imaging. / D. Inns. // *Thin Solid Films*. – 2007. – vol.515. – № 7-8. – P. 3806–3809.