

ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТРАСТА ИЗОБРАЖЕНИЙ В МЕТОДЕ НАВЕДЕННОГО ТОКА

© 2016 г. А.Н. АНТОНОВИЧ

Московский технологический университет (МИРЭА)
e-mail: box2015.f@yandex.ru

Растровая электронная микроскопия (РЭМ) находит применение в исследовании широкого спектра электрофизических свойств приборов и устройств микро- и нано-электроники. Разнообразие сигналов, которые можно получить и проанализировать различными методами РЭМ- вторичные и обратно рассеянные электроны, рентгеновское и световое излучение, наведенный и поглощенный токи делают РЭМ незаменимым инструментом при разработке новых и диагностике дефектов существующих изделий микроэлектроники.

В методе наведенного тока образец структура с барьером Шоттки или р-п-переходом сканируется электронным зондом, энергии которого достаточно для генерации неравновесных электронно-дырочных пар. Эти неравновесные носители заряда диффундируют внутри образца, и часть из них достигает границы области пространственного заряда (ОПЗ) коллектора. Электрическое поле внутри ОПЗ разделяет электронно-дырочные пары, что приводит к появлению тока во внешней цепи.

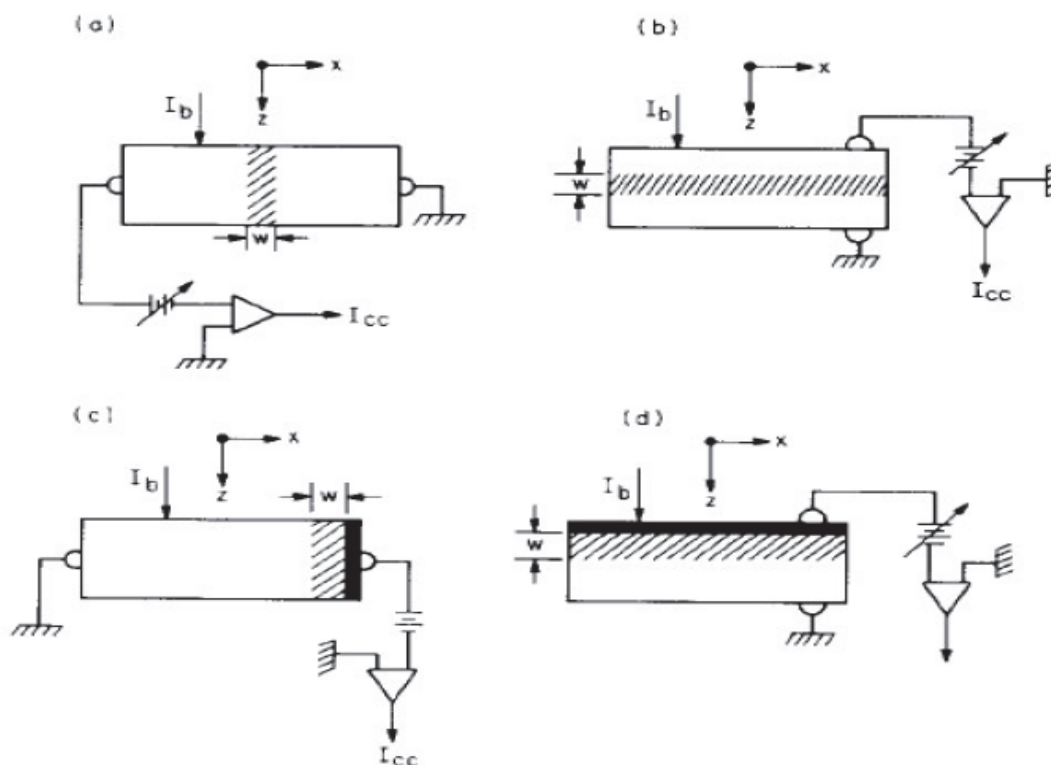


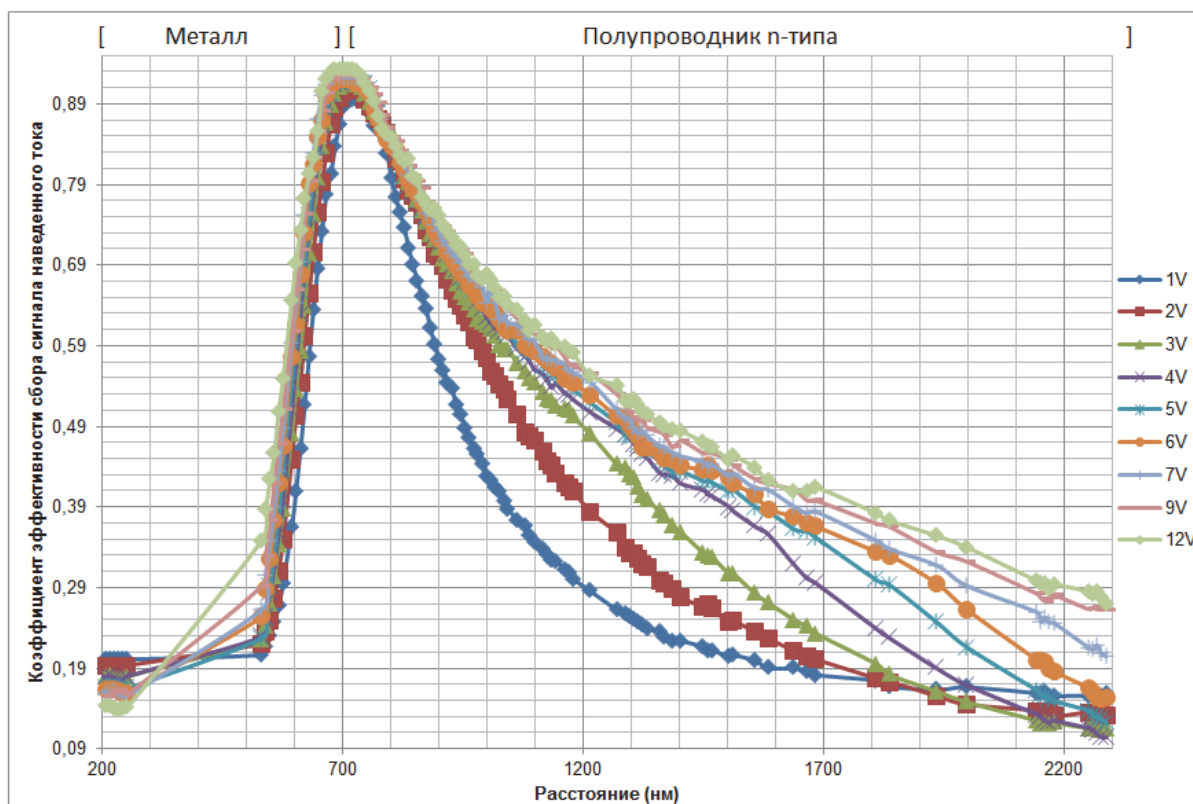
Рис. 1. Регистрация наведенного тока: а) и б) параллельный и перпендикулярный пучку р-п переход (область пространственного заряда заштрихована); с) и d) – барьер Шоттки параллельный и перпендикулярный пучку.

Контраст в режиме наведенного тока возникает в результате рекомбинации возбуждаемых электронным пучком носителей в локальных участках полупроводника. К факторам, определяющим контраст и разрешение метода наведенного тока, можно отнести коэффициент диффузии (D), диффузионную длину ($L_{\text{дифф}}$), местоположение дефекта исследуемой структуры, а так же область генерации электронно-дырочных пар[2]. Для анализа ширины области пространственного заряда и уменьшения влияния диффузионных процессов на контраст и разрешение при визуализации дефектов можно разделить носители подачей на образец обратного смещения.

Для оценки количества электронно-дырочных пар сформировавших полезный сигнал необходимо рассчитать коэффициент эффективности сбора сигнала наведенного тока ($\eta_{\text{эфф}}$) в каждой точке образца. Соответственно полагаем, что $1 - \eta_{\text{эфф}}$ коэффициент характеризующий количество электронно-дырочных пар подвергшихся рекомбинации. Без учета упругого отражение первичных электронов это можно сделать по эмпирически полученной формуле [1]:

$$\eta_{\text{эфф}} = \frac{I_{\text{нт}}}{I_{\text{эл.зонда}}} \times \frac{E_{\text{эдп}}}{E_{\text{эл.зонда}}} \quad (1)$$

где, $I_{\text{нт}}$ - зарегистрированный наведенный ток, $I_{\text{эл.зонда}}$ - ток электронного зонда, $E_{\text{эдп}}$ - энергия, необходимая для генерации электронно-дырочной пары (для Si $\approx 3,6$ эВ), $E_{\text{эл.зонда}}$ - энергия электронного зонда.



Параметры	Напряжение смещения (кВ)									
	0В	1В	2В	3В	4В	5В	6В	7В	9В	12В
Значения наведенного тока (нА)	235	236	240	241	242	242	242	243	244	246
Ширина ОПЗ (нм)	45	58	63	78	81	90	95	98	110	117

Рис. 2. Зависимость коээфициента эффективности сбора сигнала наведенного тока в каждой точке образца от напряжения смещения и изменение ширины обедненной области.

Для проведения исследований особенностей формирования контраста в методе наведенного тока был изготовлен образец. На п-кремний методом осаждения фокуси-

рованным ионным пучком из газовой фазы был нанесен слой Pt (1мкм). Наноманипулятор, соединенный с усилителем сигнала наведенного тока, был помещен на сформированную платиновую площадку, другой заземлен. Затем контакт металл-полупроводник был просканирован электронным зондом со следующими параметрами (ток пучка - 0,19 нА, энергия пучка – 5 кэВ, время воздействия 300 нс.), в ходе эксперимента изменялось значение подаваемого обратного смещения. Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

В ходе исследований экспериментально установлено, что при увеличении обратного смещения увеличивается ширина ОПЗ и соответственно $\eta_{эфф}$. Таким образом, при необходимости поиска дефектов на глубинах, соответствующих размерам ОПЗ, за счет использования обратного смещения возможно повысить контраст искомым дефектов. Снижение контраста в квазинейтральной области происходит экспоненциально, а крутизна изменения зависит от приложенного смещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Paul M., Heayoung P., Robert W.* Electron beam induced current in photovoltaics with high recombination Sol. / M. Paul, P. Heayoung, W. Robert. // Energy Materials. and Solar Cells. – 2013. – P. 499 – 505.
2. *Paul M., Heayoung P., Nikolai B.* Depletion region surface effects in electron beam induced current measurements / M. Paul, P. Heayoung, W. Robert. // Sol. Energy Mat. and Solar Cells. – 2013. – P.116-119.