УДК 621.317.08

ЗОНДОВАЯ ЭЛЕКТРОМЕТРИЯ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А. Л. ЖАРИН, А. К. ТЯВЛОВСКИЙ
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Электростатический потенциал поверхности является универсальным параметром, содержащим информацию о химических, структурных, механических, электронных и прочих свойствах поверхностей материалов, а также границ раздела материалов с диэлектрическими и проводящими покрытиями. Электростатический рельеф поверхности материалов зависит от ряда факторов как химического, так и деформационного происхождения. В случае металлов это могут быть локальные изменения такой фундаментальной величины как работа выхода электрона (РВЭ), обусловленные дефектами кристаллической решетки, локальными отклонениями химического состава, адсорбцией атомов и молекул окружающей среды. Регистрация топологии потенциальных полей на поверхности материала позволяет контролировать изменения толщины и сплошности поверхностных пленок, кинетики адсорбции, измерения поверхностных напряжений, неоднородности поверхности и т. д. Визуализация потенциального рельефа позволяет находить «артефакты» на поверхности, не разрешаемые прочими методами, включая оптические.

В настоящее время известны три метода, принципиально позволяющих работать в зондовом режиме, т. е. получать топологию электропотенциальных полей поверхностей материалов. Это, в первую очередь, метод Кельвина-Зисмана (метод вибрирующего конденсатора), метод не вибрирующего конденсатора (предложенный автором), а также ионизационный метод.

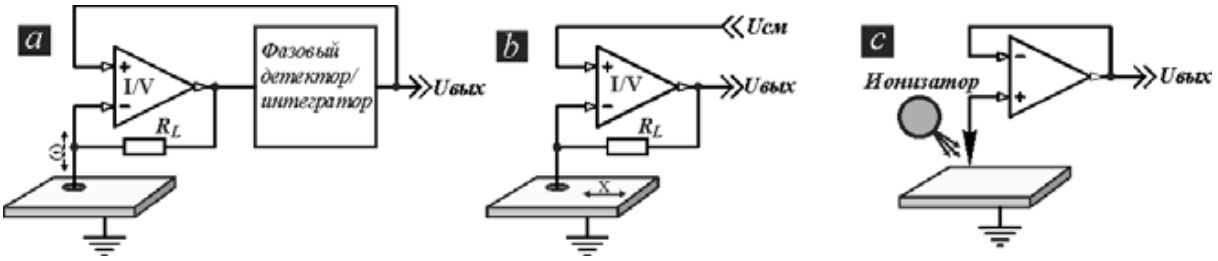

Рис. 1. Схематичное представление методов зондовой электрометрии: *a* – метод Кельвина-Зисмана; *b* – метод не вибрирующего конденсатора; *c* – ионизационный метод

На основе систематических исследований, как самих методов, так и получаемых результатов, авторами было предложено для характеризации этих методов, с учетом локальности измерений, использование обобщающего термина – зондовая электрометрия.

Учитывая, что у методов зондовой электрометрии разрешение по глубине контролируемого слоя практически равно соответствующей величине в методах атомно-силовой микроскопии, а пространственное разрешение не ограничено по величине, можно утверждать, что зондовая электрометрия является расширением методов зондовой микроскопии на инженерные макрообъекты.

Следует отметить, что такой параметр, как РВЭ имеет физический смысл только для металлов и полупроводников, однако, методы зондовой электрометрии работоспособны и в случае диэлектриков, при этом регистрируется такая величина, как потенциал поверхности. Кроме того, рассматриваемые методы применимы для исследования биологических и медицинских объектов, включая *in-vitro*.

Методы зондовой электрометрии имеют относительно простое практическое воплощение, что допускает их использование в процессе различных воздействий на поверхность (механических, электромагнитных, световых, зарядовых и т. п.). Например, они могут применяться в совокупности с зондирующими воздействиями светом и коронным разрядом при инспекции полупроводниковых пластин, обеспечивая получение важной информации для контроля и совершенствования современных полупроводниковых технологий.

Методы зондовой электрометрии позволяют осуществлять оценки дефектов поверхности, плотности и характера их распределения по поверхности, оценивать гомогенность прецизионных поверхностей и др. Таким образом, методы зондовой электрометрии могут стать существенным дополнением имеющегося арсенала методов и средств неразрушающего контроля материалов и изделий в области современных «высоких» технологий.