

Исследование границы металлизации микроэлектронных структур с помощью конфокальной микроскопии

© П.С. Захаров, В.С. Зайончковский, Е.Б. Баскаков

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, 248600, Россия

Новым методом исследования поверхности твердых тел является конфокальная микроскопия, которая позволяет резко увеличить точность измерений неровности поверхности в вертикальном направлении, при этом разрешение в горизонтальном направлении остается на уровне традиционных оптических микроскопов. Такое соотношение в разрешении в двух взаимно перпендикулярных направлениях позволяет получать новую, достаточно уникальную информацию, которая недоступна даже при использовании сканирующей электронной микроскопии с высоким разрешением. В статье представлены микрофотографии краев металлизации на подложках арсенида галлия и кремния. Показано, что вблизи края метод конфокальной микроскопии позволяет выявить изменения рельефа, связанные с упругими деформациями и металлической пленки, и подложки. Более того, используемый метод позволяет определить кристаллографическую ориентацию подложки.

Ключевые слова: конфокальная микроскопия, упругие деформации, кристаллографическая ориентация, шероховатость.

Введение. С помощью конфокального микроскопа Nanofocus, в модификации «*μsurf mobile*» [1], были изучены три различных образца. Данный микроскоп имеет разрешение в вертикальном направлении (*z*-направлении) 2 нм, при разрешении в *x*-, *y*-направлениях — 0,7 мкм, при использовании объектива с увеличением 50^x и числовой апертуре 0,8. Такая разница в разрешении в двух взаимно перпендикулярных направлениях позволяет получать новую и достаточно уникальную информацию о поверхности.

Микроскоп предоставлен Калужским лазерным инновационно-технологическим центром — центром коллективного пользования, г. Обнинск, при помощи Министерства развития информационного общества и инноваций Калужской области и Агентства инновационного развития Калужской области (АИРКО).

Сплав серебра с германием на арсениде галлия. В качестве примеров можно привести снимки сечения границы раздела термически напыленного слоя металлического сплава Ag-Ge (5:1 по массе) на подложку арсенида галлия. Изготовление образцов выполнено в установке вакуумного напыления УВН-2М при давлении остаточных газов

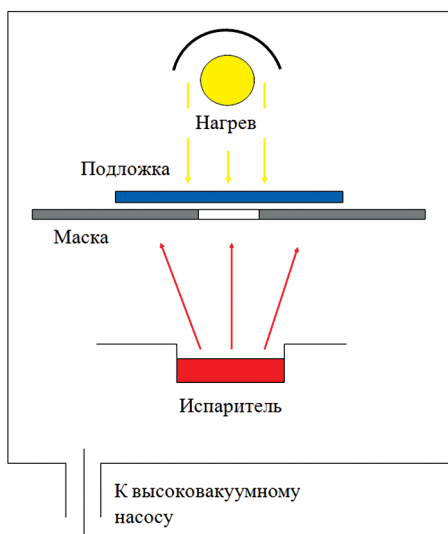


Рис. 1. Схема изготовления образцов с использованием арсенид-галлиевой подложки

$5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. Температура подложки в момент распыления составляла примерно $300\text{ }^\circ\text{C}$. Схема изготовления образцов представлена на рис. 1.

На рис. 2 и 3 видна граница напыленного слоя, находящаяся на буртике, который представляет собой резкое поднятие материала подложки вблизи этой границы. Возвышение может иметь величину до 40 нм над средней линией профиля. Толщина металлизации составляет примерно 16 нм. Из рис. 4 видно, что перед краем сплава (от 10 до 40 мкм по оси X) имеется поднятие материала подложки (образуется

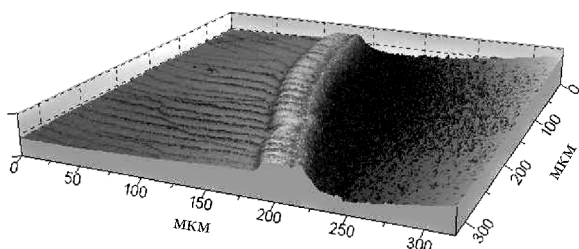


Рис. 2. Сечение слоя сплава на подложке в изометрии

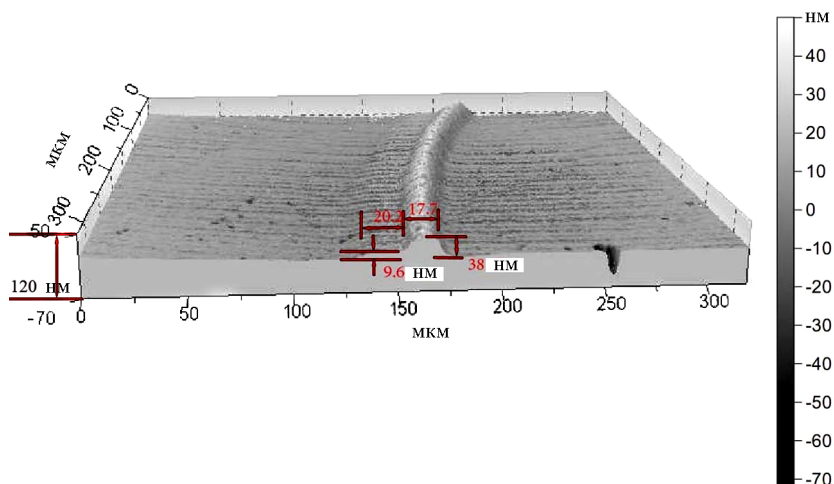


Рис. 3. Характерные размеры буртика

буртик), а после края (при X в диапазоне 54...150 мкм) — снижение уровня поверхности подложки с напыленным слоем сплава.

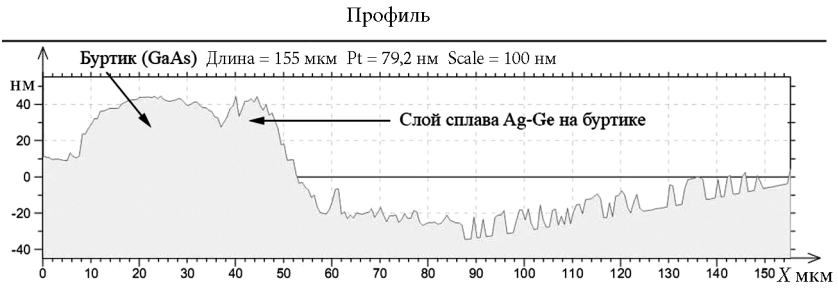


Рис. 4. Сечение слоя на подложке вдоль визирной линии длиной 155 мкм

Сплав серебра с германием на кремнии. Схожая картина наблюдается и в случае кремниевой подложки с металлизацией Ag-Ge, окна в которой формировались с помощью фотолитографии и последующего травления в азотной кислоте (рис. 5).

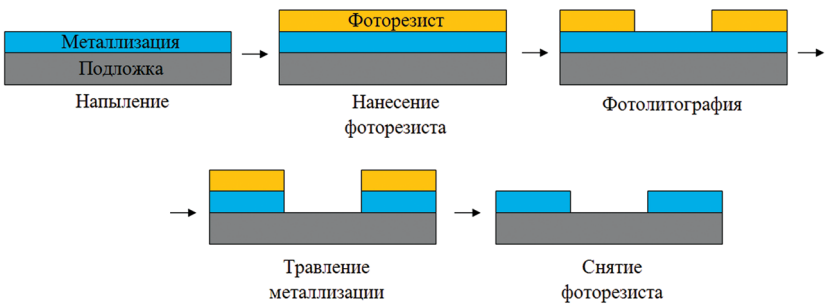


Рис. 5. Маршрут изготовления образцов с использованием кремниевой подложки

На рис. 6 дана конфокальная микрофотография структуры — вид сверху на пластину кремния с нанесенным сплавом Ag-Ge, в котором протравлены окна. Уровни высот структуры кодируются оттенками серого цвета. Справа от фотографии расположена кодировка. Видны зоны влияния края расположения металлизации. В окнах наблюдается картина фигур травления монокристаллического кремния, при этом хорошо выявляется характерная для подложек с ориентацией поверхности (100) симметрия 4-го порядка. Кроме того, на серии оконных полосок слева внизу отчетливо видно, что зоны влияния края окна перекрываются. Эти снимки свидетельствуют о том, что вблизи края окна подложка неоднородно деформирована, хотя и, по нашему мнению, упруго.

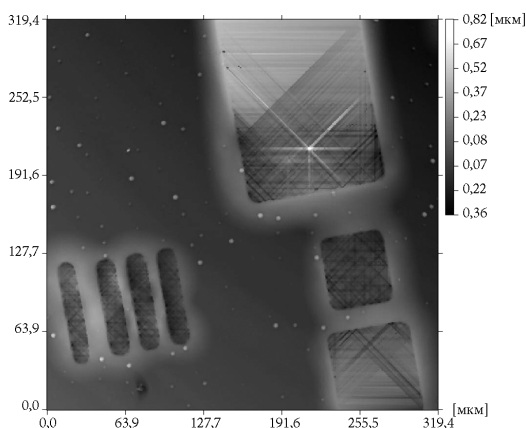


Рис. 6. Вид сверху на пластину кремния с нанесенным слоем сплава Ag-Ge после проведения процессов фотолитографии и последующего травления

Никель на кремнии. Никель распылялся на кремниевую подложку методом магнетронного напыления. На рис. 7 представлено изображение кремниевой подложки с нанесенным слоем никеля. Как видно из рис. 7 и 8, на границе протравленной пленки буртик не наблюдается. Очевидно, это обусловлено различием разницы между температурными коэффициентами линейного расширения для Ni ($6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) и между Ag и Si ($12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) [2].

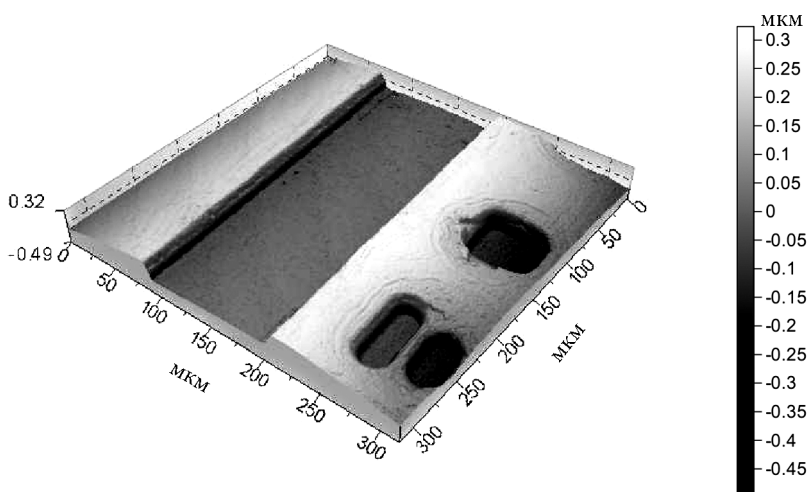


Рис. 7. Вид сверху на пластину кремния с нанесенным слоем никеля после проведения процессов фотолитографии и последующего травления

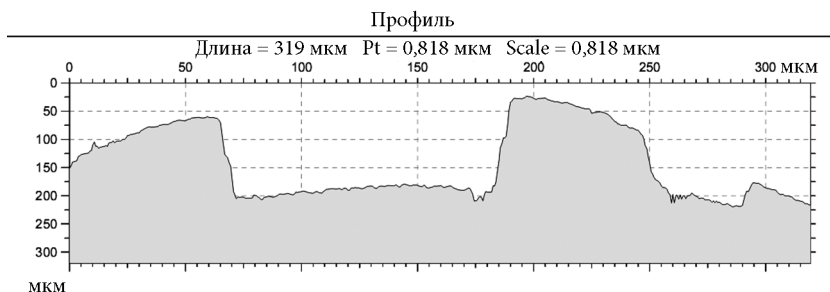


Рис. 8. Профиль сечения слоя никеля, напыленного на подложку монокристаллического кремния

Выводы. Конфокальная микроскопия может быть использована для получения метода определения напряжений благодаря искажению рельефа вблизи металлизации пленки на подложках. Также конфокальная микроскопия позволяет определить ориентацию подложки, подверженной воздействию анизотропного травителя.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Проспект фирмы NanoFocus AG [Электрон. ресурс] www.nanofocus.de
- [2] Информационный портал <http://temperatures.ru>

Статья поступила в редакцию 16.07.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Захаров П.С., Зайончковский В.С., Баскаков Е.Б. Исследование границы металлизации микроэлектронных структур с помощью конфокальной микроскопии. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 6. URL: <http://engjournal.ru/catalog/nano/hidden/808.html>

Захаров Павел Сергеевич окончил КФ МГТУ по специальности «Микроэлектроника и твердотельная электроника» в 2013 г. Область научных интересов: магнетронное распыление материалов, переключение проводимости в тонких пленках оксида кремния. e-mail: pashache89@mail.ru

Зайончковский Вячеслав Станиславович окончил Харьковский авиационный институт в 1972 г. Канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Материаловедение» КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: технология изготовления интегральных схем, физика твердого тела. e-mail: vz48@post.ru

Баскаков Евгений Борисович — студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: вакуумное напыление магнитных и углеродных покрытий. e-mail: baskak92@gmail.com