

## ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ СУБМИКРОННЫХ ИМС МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Д.В. Жигулин, М.В. Киросирова, А.А. Попкова  
ГЦ «Белмикроанализ» филиала НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «Интеграл»,  
220108, Беларусь, Минск, ул. Казинца, 121А

Исследованы поперечные сечения субмикронных ИМС, как с использованием химического декорирования (кислотного и щелочного), так и без него. Показано воздействие химических травителей на различные области вертикальной топологии ИМС.

### Введение

На сегодняшний день для определения значений критических размеров в субмикронном диапазоне (от десятков до сотен нанометров) применяются различные виды высокоразрешающей микроскопии, такие как сканирующая зондовая микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия, микроскопия на основе фокусированных ионных пучков и т.д. Однако, для решения задач, требующих оперативного контроля подходит только растровая электронная микроскопия. Подготовка образцов для исследований на растровом электронном микроскопе получила широкое распространение в современной микроскопии, поскольку позволяет свести к минимуму такие нежелательные явления как зарядка образца и его смещения под действием электронного луча [1]. Существует множество способов подготовки субмикронных ИМС для исследования их вертикальной топологии на растровом электронном микроскопе. Среди них наиболее известными являются методы шлифа и скола. Используя химические травители, можно разделять слои исследуемых объектов с большей четкостью и контрастностью. При этом электронное изображение подготовленного объекта может кардинально отличаться от исходного.

### Эксперимент

В данной работе исследовались поперечные сечения субмикронных ИМС на сколах, как с использованием химического декорирования, так и без него. Исследования проводились на растровом электронном микроскопе S-4800 (ф. Hitachi, Япония). Сколы крепились на специальные угловые держатели исследуемой поверхностью вверх, после чего запылялись тонким слоем (~7 нм) золота на ионной напылительной установке IB-5.

Смысл химического декорирования заключается в том, что любая химическая среда способна воздействовать на определенные участки исследуемого образца с определенной скоростью. Таким образом, одни слои травятся быстрее, другие – медленнее, либо вообще не травятся. За счет этого образуется рельеф, который хорошо виден на РЭМ. В качестве

химических травителей могут использоваться как кислотные, так и щелочные травители.

Кислотное травление является одним из наиболее распространенных. Для него характерна высокая скорость травления слоев, а, значит, четкость выявления топологии образца. Подбором времени декорирования можно контролировать качество травления. На сегодняшний момент существует множество кислот, применяемых в растровой электронной микроскопии: азотная, ортофосфорная, плавиковая, уксусная, соляная и т.д. Так, например, плавиковая кислота хорошо травит окисел кремния, азотная кислота – сильнейший окислитель кремния, уксусная кислота хорошо замедляет химические реакции и может быть использована в качестве замедлителя. В микроэлектронике наибольшей популярностью пользуются растворы, состоящие из нескольких видов кислот. В зависимости от того, что нужно выявлять, изготавливают растворы, состоящие из определенных кислот в строгой пропорции. Такие растворы часто называют именами их изобретателей, например, Секко, Сиртла, Райта. Самый простой травитель, так называемый травитель для РЭМ, состоит из плавиковой (HF), азотной (HNO<sub>3</sub>) и уксусной (CH<sub>3</sub>COH) кислот в соотношении (1:10:7). В нем травятся кремний, окисел кремния, силицид кремния, ПКК, легированные области (n<sup>+</sup>, p<sup>+</sup>).

В отличие от кислотных травителей, щелочные травители (KOH, NaOH) позволяют выявлять шины алюминия, не травя при этом окислы, что позволяет выявлять профиль травления алюминиевых шин, качество его напыления, определять коэффициент запыления контактного окна. Любой брак, связанный с напылением металла (алюминия) может быть легко выявлен при помощи щелочного декорирования. При большом времени декорирования сколов ИМС, щелочное травление позволяет выявлять ПКК и сильнолегированные области. Однако в этом аспекте щелочное декорирование сильно уступает кислотному и для этих целей практически не используется.

На рисунке 1 представлен РЭМ-снимок скола ИМС без декорирования. Вертикальная топология на нем нечеткая, легированные области не видны.

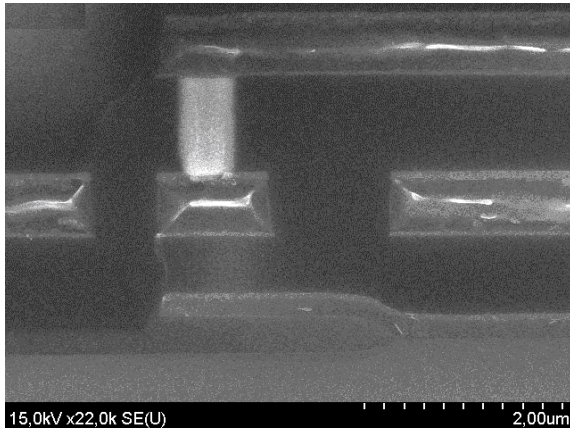


Рис. 1. Скол ИМС без декорирования

На рисунке 2 представлен РЭМ-снимок скола ИМС, продекорированного в кислотном травителе для РЭМ в течение 9 секунд. При таком декорировании хорошо видны составные слои вертикальной топологии ИМС: локальные окислы (LOCOS), поликремниевые затворы, легированные области. Такой метод подготовки образца часто используют для выявления причин отказов транзисторов (стоки, истоки, длина канала), резисторов, конденсаторов и т.д.

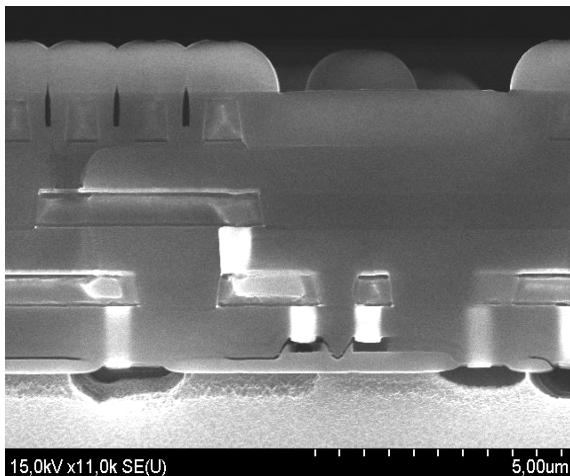


Рис. 2. Скол ИМС с декорированием в кислотном травителе в течение 9 секунд

При декорировании образца в щелочном травителе (NaOH) отчетливо выявляются

области металлизации (рисунок 3). Данный травитель используется для анализа профиля травления алюминиевых шин, качества его напыления и коэффициента запыления контактного окна.

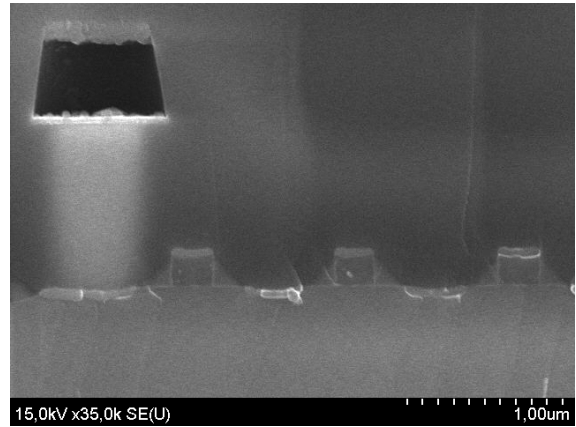


Рис. 3. Скол ИМС с декорированием в щелочном травителе

### Заключение

Подготовка образцов для исследований на растровом электронном микроскопе получило широкое распространение в современной микроскопии. Используя шлифы и химические травители можно разделять слои исследуемых объектов с большей четкостью и контрастностью. Правильно подготовленный образец не только не искажает реальную картину, но и существенно улучшает четкость изображения исследуемого объекта. Используя метод химического декорирования можно выявлять причины отказов ИМС, проводить анализ состава вещества и многое другое.

Таким образом, подготовка образцов для анализа в современной микронэлектронике имеет важное значение и является одним из приоритетных направлений в электронной микроскопии.

### Список литературы

1. Власов А.И., Елсуков К.А., Косолапов И.А. Электронная микроскопия. - МГТУ им. Баумана, 2011..

## THE FEATURES OF RESEARCHES OF CROSS SECTIONS OF SUBMICRON IC'S BY THE METHOD OF RASTER ELECTRONIC MICROSCOPY

D.V. Zhyhulin, M.V. Kirosirova, A.A. Popkova  
State Center "Belmicroanalysis" of the Affiliate Research & Design Center "Belmicrosystems" of  
JSC "INTEGRAL", Minsk, The Republic of Belarus, I.P. Kazintsa stret, building 121A

Cross sections of submicron IC's were researched as with use of chemical decoration (acidic and alkaline) and without it. The impact of chemical etchants on different areas of IC vertical topology is shown.