

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ЗАПОЛНЕНИЕ МИКРООТВЕРСТИЙ ПРИ СОЗДАНИИ TSV-СТРУКТУР

**Л.К. Кушнер<sup>1</sup>, Л.И. Степанова<sup>2</sup>, И.И. Кузьмар<sup>1</sup>, А.А. Хмыль<sup>1</sup>, С.К. Лазарук<sup>1</sup>, А.В. Долбик<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь,

E-mail: [kushner@bsuir.by](mailto:kushner@bsuir.by)

<sup>2</sup>Учреждение БГУ «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск, Республика Беларусь

Формирование межсоединений с помощью сквозных отверстий через кремний (TSV-технология) является одним из основных направлений 3D-интеграции в развитии конструкции ИС, не только обеспечивающим повышение степени интеграции, но и снижающим трудоемкость сборки, улучшающим быстродействие и энергопотребление систем. Для обеспечения большей плотности соединений в производстве микросборок СБИС авторами использовались электрохимические процессы формирования многоуровневых межсоединений с заполнением глухих микроотверстий. Формирование упорядоченных глухих отверстий диаметром 4-5 мкм и глубиной 20-80 мкм в кремниевых кристаллах проводили методом анодного травления кремния (рис.) с последующим электрохимическим окислением поверхности. Для получения барьерно-затравочного слоя, препятствующего диффузии меди в объем кремния, и для улучшения адгезии было использовано химическое осаждение на диоксид кремния сплавов Ni-P и Ni-W-P толщиной соответственно 20-30 и 100-120 нм.

Для электрохимического заполнения переходных отверстий разработан сульфатный электролит меднения, включающий сульфат меди, серную кислоту, хлорид-ион, ускоряющие и замедляющие добавки [1], обеспечивающие превышение скорости осаждения меди внутри отверстия над скоростью меднения на его вершине и внешней поверхности вследствие создания барьерного слоя в местах наибольших градиентов, что приводит к росту покрытия снизу вверх и беспустотному заполнению отверстий. Выравниватель, накапливаясь преимущественно возле отрицательно заряженных участков с наибольшей напряженностью электрического поля (в верхних углах и на выступах поверхности), подавляет процесс осаждения меди и деактивирует молекулы ускорителя на поверхности.

Оптимизированы составы электролитов для металлизации отверстий различных размеров. Для улучшения массообмена при заполнении отверстий с высоким аспектным отношением использовали ультразвук и импульсную металлизацию с программным изменением режима осаждения (рис.).

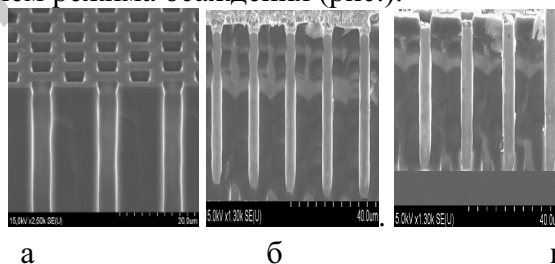


Рисунок - Микрофотографии поперечного сечения кремниевой структуры после травления (а) и электрохимического заполнения (б, в) отверстий

### Литература

1. Кушнер Л.К., Хмыль А.А., Кузьмар И.И., Степанова Л.И., Лазарук С.К., Долбик А.В. Электрохимическое осаждение меди при формировании TSV-межсоединений интегральных схем // *Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения*. - 2016, ч. 4. - С.211-213.