

Н. Е. Демиденко
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель,
Белмикроанализ, Минск)
Науч. рук. **А. Н. Петлицкий**, канд. физ.-мат. наук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ФОРМИРУЕМЫХ ПЛЕНОК ДИСИЛИЦИДА ТИТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БТО

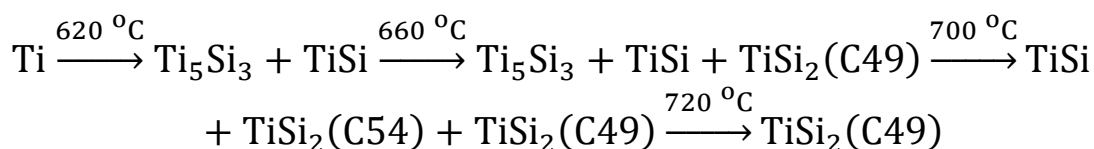
Силициды титана широко используются в производстве полупроводниковых интегральных микросхем, и их сфера применения постоянно расширяется [1–2].

В данной работе мы рассмотрим эффективный метод формирования пленок дисилицида титана с использованием быстрого термического отжига и оценим их микротвердость. Для этого используется твердофазная реакция пленки титана с областями кремния с помощью быстрой термической обработки, что позволяет минимизировать влияние окружающей среды на образование силицидов и на уже сформированные элементы активной структуры интегральных микросхем.

Исследование микротвердости формируемого силицида титана проводилось на установке М-400А (Япония) методом Кнуппа с использованием двойной оптической системы.

На предметном столике которого был размещен образец. В течение 10 секунд на поверхность образца воздействовал алмазный индентор ромбической формы с силой 100 г. После этого с помощью микроскопа были проведены измерения большей диагонали отпечатка, оставленного индентором на поверхности образца. Полученные данные были автоматически введены и обработаны в персональном компьютере, что позволило определить микротвердость в исследуемой области. Для получения объективной информации о микротвердости всей пленки силицида титана измерения проводились в 10 различных точках, после чего полученные данные были усреднены. Точность определения микротвердости составляла от 3 до 10 % и зависела от микрорельефа поверхности образца.

Было выявлено, что при повышении температуры обработки системы титан-кремний монотонно уменьшается и достигает постоянного значения при температуре 720°C и выше. Эта закономерность полностью объясняется фазовыми переходами, которые происходят в системе титан-кремний при такой обработке.



При температуре 620°C происходит формирование обогащенных металлом Ti_5Si_3 и TiSi силицидов в пленке титана благодаря диффузионному перемешиванию. При повышении температуры до 660°C образуются соединения, содержащие три фазы силицида Ti_5Si_3 , TiSi и TiSi_2 , что приводит к уменьшению микротвердости до 1080 кГ/мм². Дальнейшее увеличение температуры приводит к образованию однофазной системы дисилицида титана с гранецентрированной структурой и уменьшению микротвердости до 965 кГ/мм² (рисунок 1).

Это связано с увеличением пластичности при переходе от многофазной системы силицида (Ti_5Si_3 , TiSi_2 , TiSi), имеющей место в температурном диапазоне 620–720°C, к однофазной системе – дисилициду титана при $T=720^\circ\text{C}$, что приводит к уменьшению сопротивления скольжению и, следовательно, уменьшению микротвердости. Уменьшение содержания различных силицидных фаз титана в формируемой пленке дисилицида титана при повышении температуры обработки также способствует увеличению пластичности и уменьшению микротвердости.

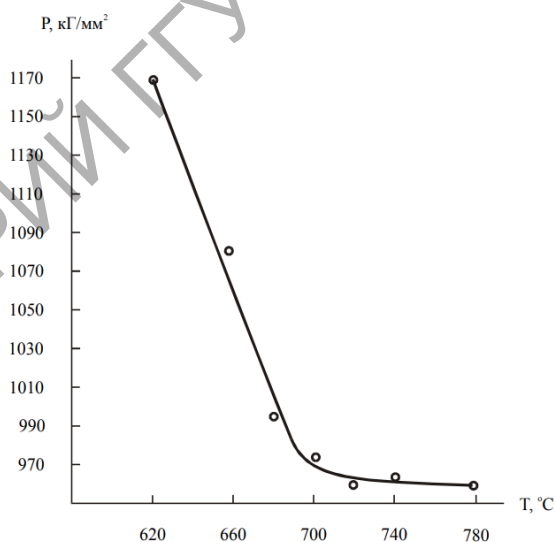


Рисунок 1 – Зависимость микротвёрдости силицида титана от температуры БТО титан-кремний

Было проведено сравнение микротвердости дисилицида титана, полученного при различных методах обработки. Результаты показали, что микротвердость дисилицида титана, полученного при БТО, на

105 кГ/мм² меньше, чем у пленок, полученных с применением двухстадийной длительной термообработки. Это связано с более совершенной равнозернистой структурой без зерен, имеющих искаженную конфигурацию, а также с меньшим количеством дефектов типа точечных и включений других фаз. Это приводит к увеличению пластичности и уменьшению микротвердости таких пленок по сравнению с пленками дисилицида титана, сформированными с применением двухстадийной длительной термообработки. Уменьшение пластичности объясняется тем, что дефекты и дислокации взаимодействуют друг с другом, тормозятся и останавливаются. В случае поликристаллических пленок, межзеренные границы также упрочняют кристаллическую решетку и препятствуют распространению дислокаций.

Пластичность уменьшается из-за дефектов и дислокаций, которые взаимодействуя друг с другом, препятствуют продолжению деформации с постоянной скоростью. Для этого требуется непрерывное рождение новых дислокаций, что происходит при увеличении внешней нагрузки. Увеличение плотности дислокаций приводит к их взаимному сопротивлению скольжению, что приводит к упрочнению кристаллической решетки материала. В поликристаллических пленках межзеренные границы также препятствуют распространению дислокаций и упрочняют кристаллическую решетку. Этот эффект проявляется наиболее ярко для структур с искаженной конфигурацией зерен. В заключение можно отметить, что микротвердость материалов является важным параметром при выборе материалов для различных технических приложений. Разработка новых методов синтеза материалов с желаемыми свойствами, а также изучение влияния структуры на микро- и наноуровне на микротвердость материалов являются актуальными направлениями современной физики.

Литература

1. Васильев, А. Г. Контактные TiSi₂ и барьерные TiN слои для многоуровневой металлизации УБИС / А. Г. Васильев, А. А. Орликовский, В. В. Родатис, И. А. Хорин // Микроэлектроника. – 2002. – Т.31, № 1. – С. 9–15.

2. Пилипенко, В. А. Особенности структуры и фазовых переходов в системе титан-кремний при быстрой термообработке / В. А. Пилипенко [и др.] // VI Белорусско-Польский симпозиум «Вакуумная техника и технологии», Минск, 3-5 октября 2001г. – Мн. : БГУ, 2001. – С. 374–375.