

ВЛИЯНИЕ БЫСТРОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ TiSi_2 И ПРОВОДИМОСТЬ ШИН МЕТАЛЛИЗАЦИИ НА ЕГО ОСНОВЕ

В.А. Пилипенко, В.А. Горушко, С.В. Шведов, Т.В. Петлицкая, В.В. Понарядов
ОАО «ИНТЕГРАЛ», ул. Корженевского, 12, 220108, Минск, Беларусь,
тел. 2123741, e-mail: office@bms.by

Изложены результаты влияния быстрой термической обработки (БТО) на структуру шин металлизации, сформированных на основе TiSi_2 . Показано, что TiSi_2 , сформированный с использованием БТО, имеет более высокую проводимость и является более устойчивым к процессам электромиграции по сравнению с TiSi_2 , полученным с применением двухстадийной длительной термообработки.

Введение

В настоящее время при создании ИМС повышенное внимание уделяется формированию многоуровневой металлизации, позволяющей определенным образом соединить активные и пассивные элементы на одном кристалле. Одной из важнейших задач при создании многоуровневой металлизации для субмикронных СБИС является обеспечение ее надежности. Поскольку для создания омических контактов, барьеров Шоттки, затворов КМОП элементов и коротких внутрисхемных соединений используются силициды переходных металлов, то надежность и электрические свойства многоуровневой металлизации во многом будут определяться их структурой и фазовым составом.

Основная часть

В данной работе рассмотрим влияние метода формирования пленок TiSi_2 их структуры, фазового состава, электрофизических и механических свойств на качество шин металлизации при создании СБИС их проводимость и надежность.

Важным результатом является установление факта более высокой микротвердости у TiSi_2 , полученных при двухстадийной длительной термической обработке. Рассмотрим данный результат более подробно. Поскольку при длительной термообработке размер зерен TiSi_2 (0,5-0,6 мкм) значительно выше чем у пленок полученных с применением БТО (0,25-0,35 мкм), то это должно было привести к меньшей величине микротвердости в первом случае, чем во втором. Однако, учитывая то, что при длительной термообработке температура, используемая для диффузионного синтеза TiSi_2 выше на 100°C , а время на несколько порядков больше, чем при БТО, то концентрация кремния в межзеренном пространстве и объеме зерен титана будет значительно выше. Для подтверждения данного предположения методом Оже-спектроскопии проводился анализ элементного состава TiSi_2 , полученного как с применением БТО, так и длительной термической обработки. Сопоставление Оже-спектров показал (рис. 1), что соотношение концентрации кремния и титана в случае БТО составляет 1:2, а в случае длительной – 1:2,2.

Данный факт объясняется тем, что в первом случае такое соотношение полностью соответствует концентрации кремния и титана необходимой для формирования TiSi_2 , а во втором – оно превышает это соотношение из-за наличия большей концентрации кремния, которое требуется для образования TiSi_2 . Данный результат, связан с продолжением диффузии кремния, после завершения формирования дисилицида титана, приводящей к его избытку в объеме зерен и межзеренном пространстве при длительной термической обработке. Подтверждением данного факта является сопоставление величины поверхностного сопротивления пленок TiSi_2 , полученного с использованием длительной и быстрой термообработок. Поверхностное сопротивление в случае длительной термообработки составляет $2 \text{ Ом}/\square$ вместо $1,7 \text{ Ом}/\square$ при БТО. Такое поведение структуры должно приводить к увеличению микротвердости TiSi_2 , сформированного с применением длительной термообработки по сравнению с TiSi_2 сформированного с применением БТО, что и имеет место в действительности.

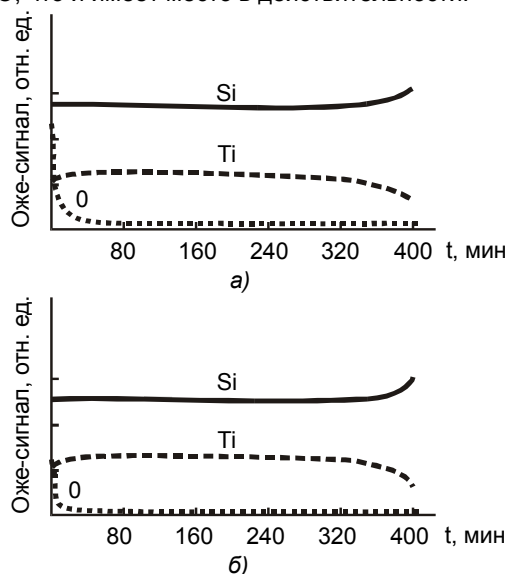


Рис. 1. Оже-профили распределения Ti, Si и O в TiSi_2 , сформированного с применением длительной (а) и быстрой (б) термообработки

Этот результат чрезвычайно важен с точки зрения формирования токопроводящих шин с

малой шириной т. е. для субмикронных СБИС, когда ширина шины сопоставима или меньше размера зерен дисилицида титана. Анализ шин $TiSi_2$ шириной от 1 до 0,3 мкм показывает (рис. 2), что в случае длительной термической обработки при ширине шины 0,6 мкм и менее она состоит из одиночных зерен выстроившихся вдоль шины разводки. Это приводит к тому, что практически все границы между зернами перпендикулярны шине и являются барьерами при прохождении тока, поскольку заполнены кремнием, являющимся плохим проводником.

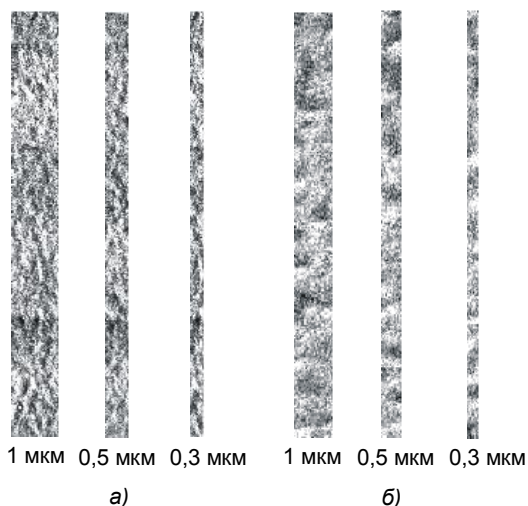


Рис. 2 Шины разводки соединений СБИС различной ширины выполненные из $TiSi_2$, сформированного с применением быстрой (а) и длительной (б) термообработки

В отличие от этого при БТО по ширине шины вмещается от одного до двух зерен, а следовательно, не возникает случаев отсутствия границ зерен параллельных шине проводника. При этом следует отметить еще одну особенность шин из $TiSi_2$, полученного с применением БТО, это значительно меньшая концентрация кремния в межзеренном пространстве, а следовательно даже при ширине шин проводника менее 0,3 мкм, когда все границы зерен будут перпендикулярны шине, границы зерен практически не будут являться барьером для прохождения тока. Это означает, что использование длительной термообработки для формирования шин металлизации на основе $TiSi_2$ невозможно в микросхемах с нормами проектирования менее 0,6 мкм, поскольку основным требованием к ней в таких схемах является при-

менение пленок с минимально достигаемым удельным сопротивлением.

Другим важным требованием к процессу формирования $TiSi_2$ является высокая воспроизводимость его поверхностного сопротивления по площади пластины. Для микросхем с проектными нормами менее 0,6 мкм разброс поверхностного сопротивления по площади пластины не должен превышать $\pm 5\%$. Анализ данной величины для $TiSi_2$, сформированного с использованием БТО составляет не более $\pm 4\%$. В тоже время, для случая двухстадийной длительной термической обработки – $\pm 10\%$. Это означает, что в случае микросхем с топологическими нормами проектирования $\leq 0,3$ мкм для формирования $TiSi_2$ может применяться только БТО.

Известно, что электромиграция зависит от двух факторов – размера зерен и его разброса в шинах металлизации. С уменьшением разброса размера зерен проводника по шине разводки она снижается. Из анализа микротвердости дисилицида титана сформированного двумя различными методами по отношению его к явлению электромиграции следует, что при БТО по сравнению с длительной термической обработкой формируется более совершенная равнозернистая структура $TiSi_2$, которая более устойчива к процессу электромиграции.

Заключение

Таким образом, применение шин металлизации на основе $TiSi_2$, полученного с применением БТО, позволяет увеличить их проводимость и устойчивость к электромиграции, а также уменьшить разброс поверхностного сопротивления по площади пластины в 2,5 раза. Улучшение данных параметров обусловлено более равнозернистой структурой и практически отсутствием в $TiSi_2$ кремния после завершения всех фазовых переходов в системе титан-кремний по сравнению с пленками, полученными с применением длительной термообработки. Это означает, что в микросхемах с субмикронными топологическими нормами для формирования $TiSi_2$ должен применяться только процесс БТО.

INFLUENCE OF RAPID THERMAL TREATMENT ON $TiSi_2$ STRUCTURE AND CONDUCTIVITY OF METALLIZATION BUSES ON ITS BASIS

V.A. Pilipenko, V.A. Gorushko, S.V. Shvedov, T.V. Petlitskaya, V.V. Ponaryadov
JSC "INTEGRAL", 12, Korzhenevskogo St., Minsk – 220108

Tel. 2123741, E-mail: office@bms.by

The results are presented of the rapid thermal process influence (RTP) on the metallization buses structure, formed on the $TiSi_2$ basis. It is shown, that $TiSi_2$, formed with the RTP application, possesses a superior conductivity and is more resistant to the electro-migration processes as compared with $TiSi_2$, obtained with application of the two-stage continuous thermal process.