

ГРАНИЦА РАЗДЕЛА $Ag-Si$, СФОРМИРОВАННАЯ
В УСЛОВИЯХ ОДНОВРЕМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ
И ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙЛ.Й. П р а н я в и ч ю с, С.Й. Т а м у л е в и ч ю с,
Ю.П. Б у д и н а в и ч ю с

Массоперенос на границе двух фаз, имеющий место при ионном облучении структур пленка-подложка, наиболее изучен для широкого класса материалов микроэлектроники и металлургии. В результате передачи ионным пучком атомам мишени импульса и энергии часть атомов пленки переходит в подложку и образует переходной слой, свойства которого существенно отличаются от свойств исходного материала [1, 2]. Профили распределения атомов пленки в подложке, возникающие в результате атомов прямых столкновений ионов с атомами, каскадов столкновений, радиационно-стимулированной диффузии, могут быть описаны в рамках диффузионной модели.

Особенностью настоящей работы является то обстоятельство, что ионному облучению подвергалась пленка серебра, толщина которой непрерывно менялась (имплантация в растущую пленку). Пленки серебра осаждались путем конденсации атомов серебра, полученных ионным распылением массивного образца с помощью низкоэнергетического ионного источника с холодным катодом. В качестве рабочего газа применялся аргон. Поток атомов серебра составлял $2 \cdot 10^{14}$ ат·см⁻²·с. Толщина сформированных пленок составляла 50–60 нм и контролировалась с помощью резерфордовского обратного расстояния (РОР) (He^+ , 2 мэВ). Растущая пленка облучалась ионами Ar с энергией 50–175 кэВ и плотностью ионного тока $0.01-1.0$ мкА·см⁻², что соответствует потоку ускоренных ионов $6 \cdot 10^{10}-6 \cdot 10^{12}$ ион·см⁻²·с. Давление остаточных газов в приемной камере ускорителя ионов „Везувий-1“, где проводился эксперимент, составляло 10^{-4} Па. Элементный состав пленок изучался с помощью электронной Оже-спектроскопии (ЭОС) при послойном ионном травлении.

При одновременном ионном облучении и конденсации атомов серебра на кремнии имеет место динамическое перемешивание [3–5]. Характерные профили распределения атомов серебра в кремнии, возникающие в результате динамического перемешивания, представлены кривыми 1–3 на рис. 1. Кривые получены с помощью ЭОС при послойном ионном травлении, а шкала глубины получена путем сравнения с распределением, измеренным с помощью РОР. Глубина перемешанного слоя в зависимости потока ионов меняется в интервале 2.0–20.0 нм и в пределах ошибки измерения не зависит от энергии ионов.

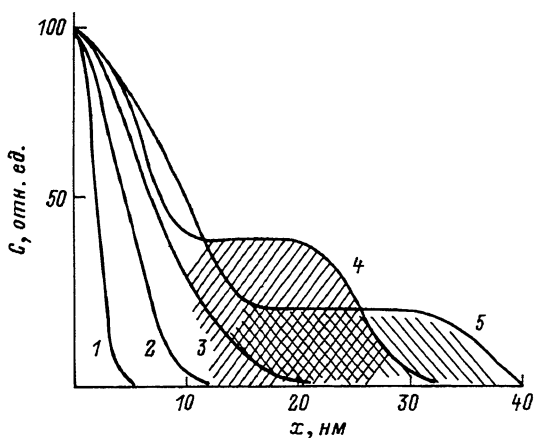


Рис. 1. Распределение атомов серебра в кремниевой подложке в условиях одновременного осаждения и ионного облучения. Энергия ионов - 125 кэВ. Доза облучения: кривая 1 - $3 \cdot 10^{14}$ ион.см $^{-2}$, кривая 2 - $3 \cdot 10^{15}$ ион.см $^{-2}$, кривые 3, 4, 5 - $7 \cdot 10^{15}$ ион.см $^{-2}$. Кривые 1, 2, 3 - без предварительного облучения подложки. Кривые 4, 5 - с предварительным облучением подложки ионами *Ar* с энергией 50 кэВ и дозой: 4 - $2 \cdot 10^{14}$ ион.см $^{-2}$, 5 - 10^{15} ион.см $^{-2}$.

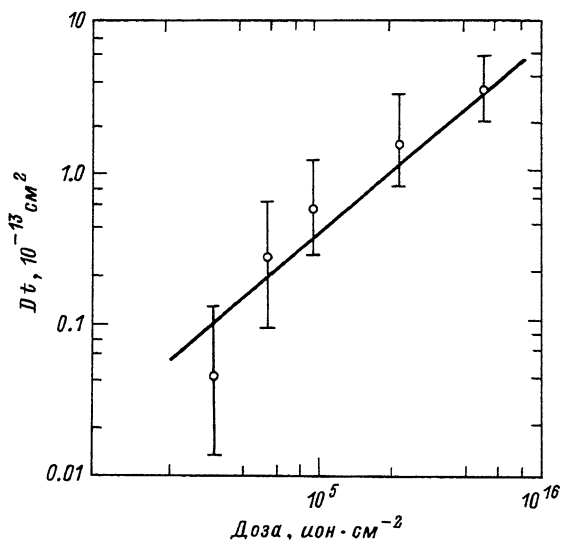


Рис. 2. Зависимость квадрата эффективной диффузионной длины от дозы облучения.

Аппроксимация кривых распределения (кривые 1-3 на рис. 1) с помощью функции интеграла ошибок (*erfc*) дает возможность оценки квадрата эффективной диффузионной длины Dt . Здесь D - коэффициент диффузии, t - время диффузии. Таким образом, в диффузионном приближении найдены значения Dt в зависимости от дозы облучения представлены на рис. 2. Как видно, Dt линейно растет с дозой облучения. Оценка эффективности перемешивания показала, что она не зависит от дозы облучения. Аналогичные закономерности наблюдаются при обычном перемешивании. Однако следует отметить, что в данном случае интервал изменения величины Dt на порядок больше, чем в обычном перемешивании. За наблюдаемые закономерности распределения атомов пленки в подложке, возможно, ответственны радиационные дефекты генерируемые ионным пучком в подложке. Подтверждением этому служат экспериментальные данные по динамическому перемешиванию на предварительно аморфизированной подложке. Введение дополнительных радиационных дефектов в приповерхностную область кремния путем предварительной аморфизации подложки ионами Ar с энергией 50 кэВ существенным образом меняет характер распределения атомов серебра в подложке (рис. 1, кривые 4, 5). В области глубин, сравнимых с проекционным пробегом ионов Ar в кремнии, возникает область с повышенной концентрацией атомов серебра (кривая 4 по сравнению с кривой 3).

С увеличением дозы предварительного облучения (кривая 5, рис. 1) меняется профиль распределения атомов в подложке при неизменном общем их количестве - заштрихованные площади под кривыми 4 и 5 рис. 1 остаются равными.

В ы в о ы

1. Толщина перемешиваемого слоя системы $Ag-Si$, сформированного при одновременной конденсации атомов серебра на кремниевой подложке и ионном облучении, в зависимости от дозы облучения составляет от 2.0 до 20.0 нм и не зависит от энергии облучения.

2. Интервал изменения квадрата эффективной диффузионной длины для облучения ионами Ar при комнатной температуре составляет 10^{-14} - 10^{-12} см².

3. Предварительная аморфизация подложки позволяет управлять профилем атомов пленки в подложке и получить слой с равномерным распределением по глубине.

Л и т е р а т у р а

- [1] Williams J.S. - Rep. Prog. Phys., 1986, v. 49, p. 491-587.
 [2] Averback R.S. - Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res., 1986, v. B15, p. 675-687.

- [3] Colligon J.S. - Mater. Sci. Eng., 1985, v. 69, p. 67-73.
- [4] Colligon J.S., Hill A.E. - Vacuum, 1985, v. 35, N 10-11, p. 508-509.
- [5] Colligon J.S., Hill A.E., Kheyrandi H. - Vacuum, 1984, v. 34, N 10-11, p. 843-846.

Каунасский политехнический институт им. А. Снечкуса

Поступило в Редакцию 19 июля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 21 12 ноября 1988 г.

УПРАВЛЕНИЕ ФИКСАЦИЕЙ УРОВНЯ ФЕРМИ В МДП-СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ФОСФИДА ИНДИЯ

Т.О. Попова, С.Г. Сазонов,
Е.Б. Соколов, Л.Н. Кравченко

Спонтанное закрепление и неконтролируемое изменение положения уровня Ферми (УФ) обнаружено ранее в условиях сверхвысокого вакуума в основном при адсорбции металлов на поверхности АШВУ [1, 2] и покрытиях порядка одного монослоя. Для систем с естественной границей раздела (ГР), образованной обычно полупроводником и его сверхтонким оксидом (СО), закрепление УФ наблюдалось как неизбежный, свершившийся факт. Поскольку свойства ГР и сверхтонкого СО на АШВУ закладываются на самой начальной стадии роста оксида [3], то они должны в значительной степени зависеть от характера и типа предварительной обработки поверхности полупроводника.

При создании МДП-полевых транзисторов с оптимальными рабочими параметрами на основе InP нами было использовано пять типов предобработок поверхности фосфида индия. Для контролируемого формирования ГР и подзатворного диэлектрика использовалось анодное окисление (АО) фосфида индия полупрозрачного типа в неводных электролитах при оптимальных значениях параметров процесса АО. Структуры с СО отжигались в атмосфере фосфина. Состав СО анализировался методом электронной Оже-спектроскопии (ЭОС) в сочетании с послойным ионным травлением при использовании внешних эталонов и с учетом коэффициентов элементной чувствительности на Оже-электронном спектрометре "LAS-2200". Снимались ВФХ и ВАХ тестовых МДП-структур как при 300 К, так и при 77 К.

Ранее в [3] показано, что в сверхтонких слоях СО на InP относительное содержание In и P зависит от технологических факторов формирования оксида - плотности тока АО, содержания воды в электролите, формирующего напряжения и др. В