

Осаждение пленок поликристаллического кремния, легированного в процессе роста фосфором, в вертикальном реакторе пониженного давления

О.Ю. Наливайко¹, А.С. Турцевич², С.М. Завадский³, Д.В. Жигулин¹

¹ ОАО «ИНТЕГРАЛ», Минск,

² Министерство Промышленности РБ, Минск,

³ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск

E-mail: onalivaiko@integral.by

В КМОП технологии легированные пленки поликристаллического кремния (ПК) используются в качестве материала затворных электродов, обкладок конденсаторов, межкомпонентных соединений [1]. Структура свежесаженной пленки зависит от температуры осаждения, давления и определяется соотношением скоростей роста и кристаллизации. Использование пленок поликристаллического кремния, легированных в процессе роста фосфором (ПКЛФ) позволяет уменьшить количество высокотемпературных операций и обеспечить легирование в труднодоступных местах [1].

Осаждение пленок ПКЛФ на пластинах диаметром 200 мм проводилось в вертикальном реакторе пониженного давления ASM A400. Пластины располагаются горизонтально в кварцевой кассете, имеющей 167 позиций. Использовались 100%-й моносилан марки 5.0 (99,999%) и смесь газовая фосфина с азотом (1 % фосфина). В качестве подложек использовали пластины кремния диаметром 200 мм с ориентацией (100) и удельным сопротивлением 12 Ом•см, легированные бором. Термический отжиг пленок ПКЛФ проводился в вертикальной диффузионной печи Арогее при температуре 950 °С в течение 30 минут в азоте.

Контроль толщины пленок кремния проводился при помощи спектрофотометрии на установке Optiprobe 2690 UV. Контроль поверхностного сопротивления проводился после выполнения активирующего отжига при помощи четырехзондового метода на установке OmniMap Rs-75. Контроль шероховатости и морфологии осаждаемых пленок проводился при помощи сканирующего зондового микроскопа Certus Light.

Величина эффективной энергии активации процесса осаждения нелегированного кремния составляет 1,5 эВ, что на 0,24 эВ ниже, чем для процесса осаждения нелегированных пленок кремния на пластинах диаметром 100 мм (1,74 эВ) [1, 2]. При введении в реактор фосфина эффективная энергия активации процесса осаждения ПКЛФ снижается до 1,32 эВ при γ равном 0,001 (Рис.1).

С увеличением соотношения объемных потоков PH_3/SiH_4 (γ) от 0,0003 до 0,00075 при температуре 550 °С происходит монотонное уменьшение удельного сопротивления легированных пленок кремния от 980 мкОм•см до 640 мкОм•см ($(6,5\div 7)\cdot 10^{20} \text{ см}^{-2}$) (Рис.2), а при дальнейшем увеличении γ удельное сопротивление выходит на насыщение и практически не изменяется при значениях γ более 0,001.

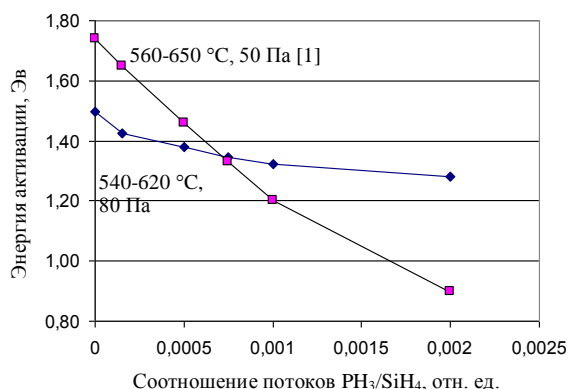


Рис. 1. Зависимость энергии активации процесса осаждения ПКЛФ от соотношения потоков PH_3/SiH_4

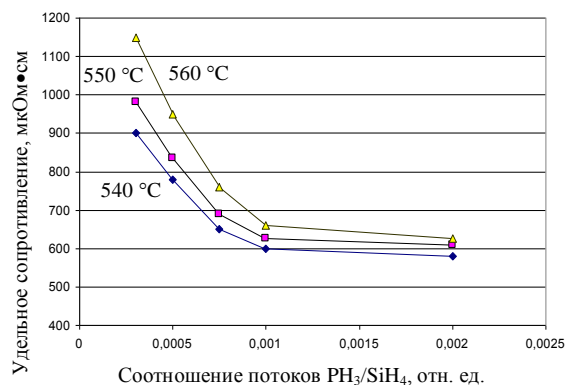


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления пленок ПКЛФ от соотношения потоков PH_3/SiH_4

Для снижения воздействия легированных пленок кремния на приповерхностный слой и снижения шероховатости поверхности использовался нелегированный подслоя кремния перед осаждением легированной пленки кремния. Отсутствие фосфина в газовой фазе на начальных стадиях роста плёнки уменьшает вероятность протекания гомогенных реакций, что способствует улучшению однородности подслоя кремния и, следовательно, плёнки в целом. Для формирования нелегированного аморфного подслоя кремния использовалось давление 50÷80 Па, а осаждение легированного слоя кремния проводилось при давлении 53÷103 Па при температуре 540÷560 °С. Пленки, осажденные при вышеуказанных условиях, после осаждения имеют среднеквадратичную шероховатость поверхности не более 0,47 нм, что в 14,8 раза ниже, чем у пленок ПК (6,98 нм). После проведения отжига при 950 °С среднеквадратичная шероховатость поверхности пленок ПКЛФ не более 2,12 нм, что в 5 раз ниже, чем у пленок ПК (10,6 нм), а размер зерен находится в диапазоне от 0,1 до 0,9 мкм.

1. Турцевич А.С., Ануфриев Л.П. Пленки поликристаллического кремния в технологии производства интегральных схем и полупроводниковых приборов, Мн.: Белорусская наука, 2006. С. 55–65.
2. Наливайко О.Ю., Турцевич А.С. // ТКЭА. 2009. Т. 20. № 6. С. 50–55.