

УПРАВЛЕНИЕ СОСТАВОМ И СТРУКТУРОЙ ТОНКИХ АНОДНЫХ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК НА InSb

И. В. Карпов, И. Г. Панченков, Л. В. Савельева, С. Д. Ткаченко

Методом профильной оже-электронной спектроскопии изучены структуры анодной оксидной пленки — InSb. Показано влияние вида электролита, толщины пленки, отжига на химический состав и структуру пленки и границы раздела АОП — InSb.

При создании полупроводниковых приборов на основе InSb и других полупроводников типа A^3B^5 для получения на их поверхности воспроизводимых, электрически прочных диэлектрических пленок с минимальной плотностью поверхностных состояний, ловушек, фиксированного заряда в качестве промежуточного, прилегающего к полупроводнику подслоя используется анодная оксидная пленка (АОП) /1/. Процесс окисления полупроводников A^3B^5 более сложен, чем окисление Si из-за "конкуренции" в нем двух атомов матрицы (например, один из атомов может диффундировать или растворяться быстрее, чем другой). В результате химический состав оксидной пленки и границы раздела может быть существенно неоднороден. Это приводит к трудностям при интерпретации электрофизических измерений, при создании приборов с заданными свойствами. Таким образом, становится актуальной задача исследования состава АОП по глубине и управления составом и свойствами АОП.

В работе /2/ исследовались структура и состав тонких АОП на InSb и влияние на них режимов электролитического окисления. В данной работе продолжено изучение структур АОП — InSb, при этом основное внимание уделялось исследованию влияния на состав АОП отжига, вида электролита и толщины АОП.

Структуры АОП — InSb изучали методами профильной оже-спектроскопии на установке LHS-10 фирмы Leybold (ФРГ). Травление проводили ионным пучком Ag^+ с энергией 3 кэВ. Энергия электронного пучка составляла 3 кэВ. Анализировали АОП, выращенные в гальваностатическом режиме в трех различных электролитах: персульфате аммония $(NH_4)_2S_2O_8$ (№ 1), сульфиде натрия Na_2S (№ 2), фосфорной кислоте H_3PO_4 (№ 3). Отжиг структур проводили в вакууме порядка 1 Па при температуре 100 °С.

На рис. 1 представлены результаты профильного оже-анализа АОП толщиной 289 и 315 Å, выращенных в электролитах № 1 и № 2. По оси у отложены результаты интегрирования спектра (S_0) в энергетических диапазонах, соответствующих пикам 0 и окисленных состояний In и Sb. Видно, что для обеих АОП характерно уменьшение с глубиной концентрации оксида Sb. В АОП, выращенной в электролите № 1, окисленной Sb больше, чем в АОП, выращенной в электролите № 2. Ниже приведены результаты более подробного профильного оже-анализа, при котором фиксировалось изменение формы оже-спектра в области энергий 390–525 эВ, охватывающей как окисленные, так и неокисленные состояния In и Sb. Исследовали АОП, выращенные в электролитах № 1 и № 2, толщиной соответственно 433 (пленка А) и 537 Å (пленка Б).

На поверхности пленки А концентрации In и Sb оказались приблизительно одинаковыми. Отношение амплитуды оже-пика In к амплитуде оже-пика Sb возрастало от поверхности до глубины ~ 140 Å. Начиная с глубины $\cong 220$ Å (50% толщины АОП), появился пик, характерный для неокисленного состояния Sb. С глубиной концентрация неокисленной Sb возрастала, а окисленной убывала. Аналогичный результат (вид концентрационного профиля и толщина слоя АОП, содержащего элементную Sb) был получен в работе /2/ для АОП толщиной $\cong 500$ Å, выращенной в том же электролите, но в других режимах окисления. Толщина области, границы раздела, оцененная по уровням 0,85 и 0,15 интенсивности кислородного пика, составила около 90 Å (20% толщины АОП). В объеме пленки была обнаружена S, концентрация которой, оцененная методом коэффициентов элементной чувствительности, составила 0,1 от концентрации In и несколько возрастала с глубиной.

Состав поверхности пленки Б, выращенной в электролите № 2, подробно исследовался методами оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии в /3/. На поверхности АОП был обнаружен рыхлый,

слабо связанный с поверхностью оксидной пленки слой, содержащий соединение In с S. Начиная с глубины $\cong 150 \text{ \AA}$ ($\cong 28\%$ толщины АОП), в пленке обнаружили неокисленную Sb, концентрация которой с глубиной возрастала, при этом концентрация окисленной Sb убывала. Толщина области границы раздела, определенная по уровням 0,85 и 0,15 интенсивности кислородного пика, составила около 45 \AA (10% толщины АОП). Серы в глубине АОП обнаружено не было. Следовательно, S, входящая в состав анионов электролита № 1, встраивается в АОП в процессе роста в отличие от S, входящей в состав анионов электролита № 2.

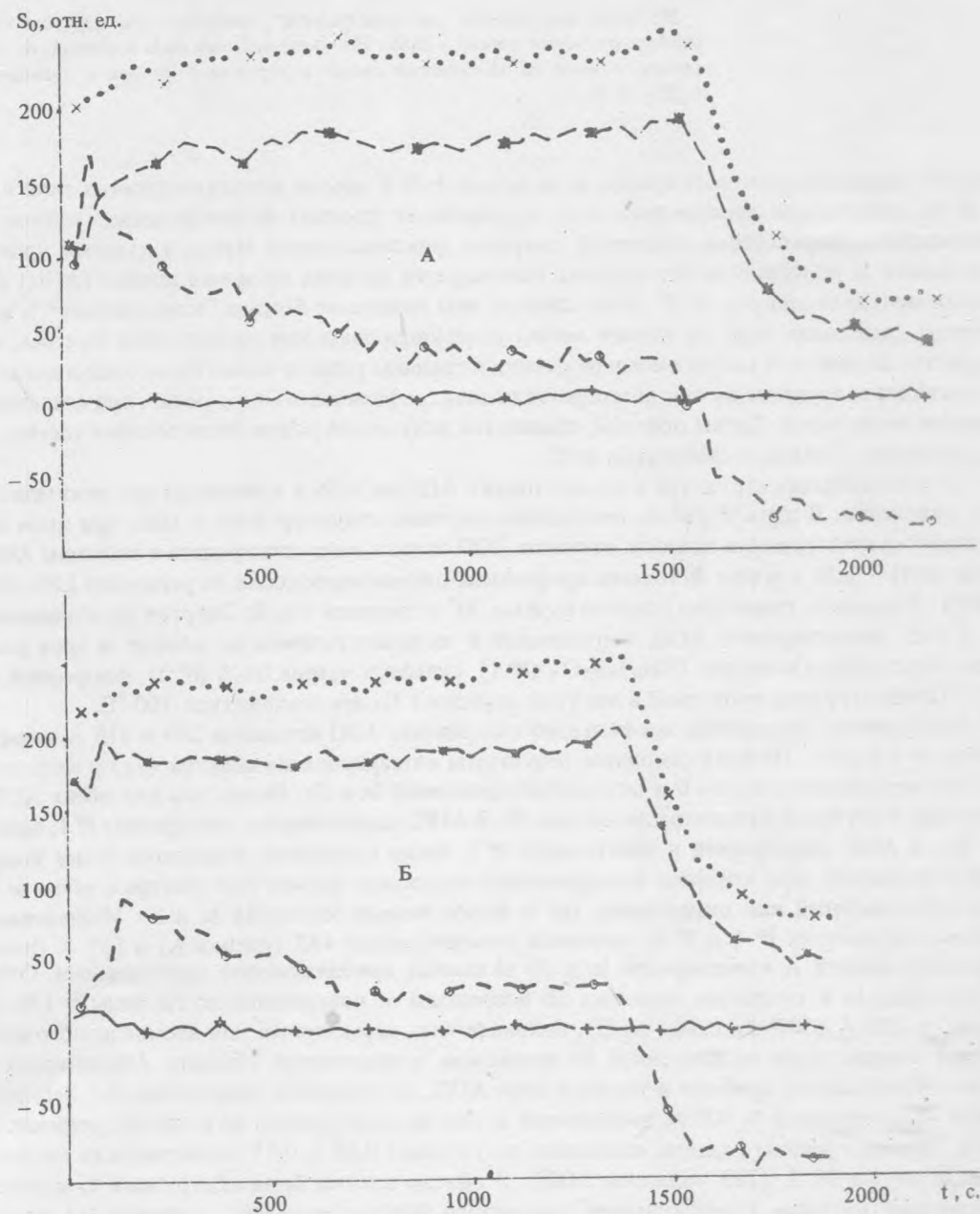


Рис. 1. Оже-профили S KLL (+), In MNN (*), Sb MNN (o) и O KLL (x) для образцов пленок А и Б.

Таким образом, АОП, выращенные в электролите № 1, по сравнению с АОП, выращенными в электролите № 2, содержат большее количество окисленной Sb, имеют менее протяженную область, содержащую неокисленную Sb (50% толщины АОП против 72%). Уширение оже-профиля на границе раздела АОП – InSb в пленке А приблизительно в 2 раза по сравнению с пленкой Б может свидетельствовать о более протяженной области границы раздела и о более крупной микроструктуре пленки, которая приводит к образованию более крупного микрорельефа на границе раздела при ионном травлении и, следовательно, к уширению профиля на границе раздела. В [4] обнаружено увеличение размеров кристаллитов SnO₂ при увеличении отношения Sb/Sn в системе SnO₂ – Sb₂O₅. Как отмечалось выше, АОП, выращенные в электролите № 1, содержат большее количество окисленной Sb, что, возможно, ведет к увеличению размеров кристаллитов In₂O₃. Таким образом, вероятно, уширение оже-профиля на границе раздела АОП – InSb в структурах, выращенных в электролите № 1, обусловлено более крупной микроструктурой АОП.

При исследовании влияния толщины АОП на их состав было обнаружено, что при увеличении толщины АОП происходит абсолютное и относительное увеличение толщины области пленки, содержащей неокисленную Sb. Так, у АОП толщиной 540 Å, выращенной в электролите № 3, неокисленная Sb появлялась уже в подповерхностном слое, а в АОП толщиной 396 Å – только вблизи границы раздела.

Отжиг АОП приводил к незначительному увеличению толщины области, содержащей неокисленную Sb.

Таким образом, используя различные типы электролитов, меняя толщину выращиваемых АОП, используя отжиг, можно в сильной степени влиять на химический состав и структуру АОП и, следовательно, управлять свойствами систем на основе структуры АОП – InSb.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fujisada H. Japan. J. Appl. Phys., 26, № 7, L1079 (1987).
2. Карпов И. В. и др. Поверхность, № 11, 99 (1988).
3. Карпов И. В. и др. Краткие сообщения по физике № 1, 34 (1990).
4. Carturan G., Giordano Orsini P., Scardi P. J. Mater. Sci., 23, № 9, 3156 (1988).

Поступила в редакцию 16 октября 1989 г.