

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ SiO_x – АНОДНАЯ ОКСИДНАЯ ПЛЕНКА – InSb МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

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

Методами оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии исследована структура SiO_x – анодная оксидная пленка (АОП) – InSb . Показано, что на границе раздела SiO_x – АОП происходит восстановление оксида Sb до элементной Sb и окисление SiO_x до SiO_2 . Изучено влияние вида электролита на химический состав границы раздела SiO_x – АОП.

Антимонид индия InSb применяется для изготовления приборов на основе МДП-структур. Наилучшие результаты получены на приборах, изготовленных на основе структуры диэлектрик – анодная оксидная пленка – InSb /1/, т.е. при использовании в качестве промежуточного, прилегающего к полупроводнику подслоя анодной оксидной пленки (АОП).

Исследованные структуры SiO_x – АОП – InSb получены термическим напылением SiO в вакууме ($\sim 10^{-5}$ Па) на анодированный InSb с толщиной АОП около 500 Å. С целью изучения влияния процесса анодирования на свойства структуры процесс проводился с использованием двух различных электролитов: персульфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (№ 1) и сульфида натрия Na_2S (№ 2).

Структуры исследовались методами профильной оже-спектроскопии и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) на установке LHS-10 фирмы Leybold (ФРГ). Травление велось ионным пучком Ar^+ с энергией 3 кэВ. Энергия электронного пучка составляла 3 кэВ. В методе РФЭС использовалось $K\alpha$ -излучение Mg.

При изготовлении структур SiO_x – АОП – InSb отмечалась плохая адгезия пленки SiO_x к поверхности АОП, полученной в электролите № 2. В некоторых случаях происходило отслоение пленки. Для выяснения причины такого явления исследовались оже- и фотоэлектронные спектры поверхностей двух АОП, выращенных в различных электролитах. Существенных различий в оже-электронных спектрах обнаружено не было. На рис. 1 представлены фотоэлектронные спектры поверхностей пленок, выращенных в электролитах № 1 и 2, толщиной соответственно 289 Å и 315 Å. Видно различие химического состава поверхностей. На поверхности АОП, выращенной в электролите № 2, практически отсутствует Sb, но присутствует S. Концентрация S, оцененная методом коэффициентов элементной чувствительности, составила $\cong 0,7$ от концентрации In. Смещение оже-пика индия M_4NN в сторону меньших энергий связи на 1,1 эВ свидетельствует о том, что на поверхности АОП присутствует соединение In с S (In_2S_3 или InS). Отсутствие различий оже-спектров пленок свидетельствует о том, что под действием электронного пучка происходило разрушение слоя, содержащего соединение In с S. Вероятно, этот слой является непрочным и рыхлым, так как очень быстро удаляется слабой ионной бомбардировкой.

Таким образом, плохая адгезия SiO_x к АОП, выращенной в электролите № 2, связана с существованием на поверхности АОП рыхлого, слабо связанного с поверхностью оксидной пленки слоя, содержащего соединение In с S.

Профильный оже-анализ структур SiO_x – АОП – InSb проводился с целью исследования процессов, происходящих на границе раздела SiO_x – АОП. На рис. 2 представлены оже-спектры In, Sb и O, полученные на границе раздела SiO_x – АОП и на глубине АОП. Видно, что на границе SiO_x – АОП присутствует высокоэнергетичный пик Sb, свидетельствующий о наличии неокисленной Sb /2/. На границе раздела SiO_x – АОП наблюдали также характерную для SiO_2 форму пика кремния LVV и некоторое уширение пика индия M_4NN .

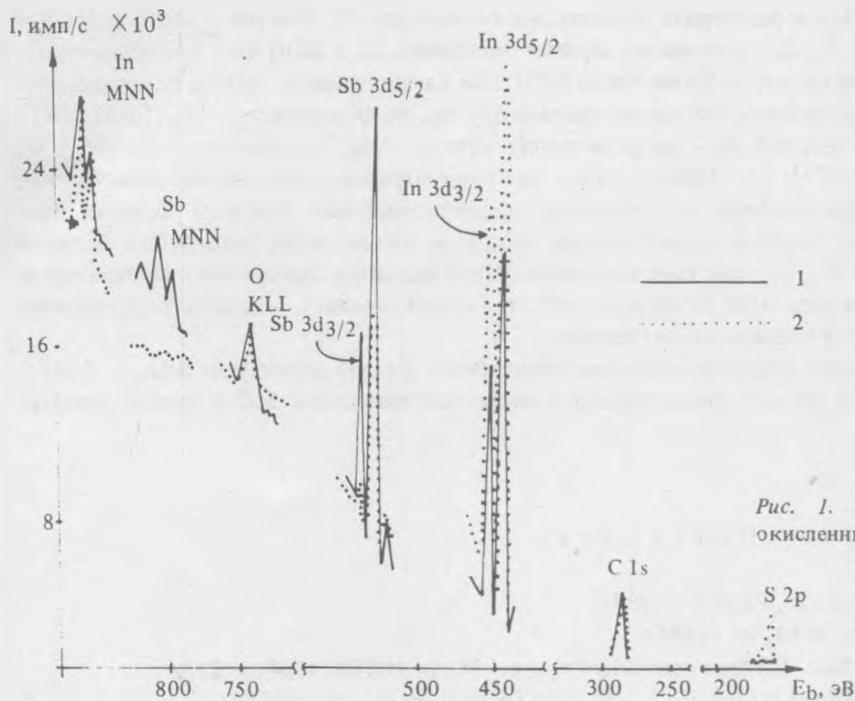


Рис. 1. РФЭ спектры поверхностей образцов, окисленных в электролитах № 1 и № 2.

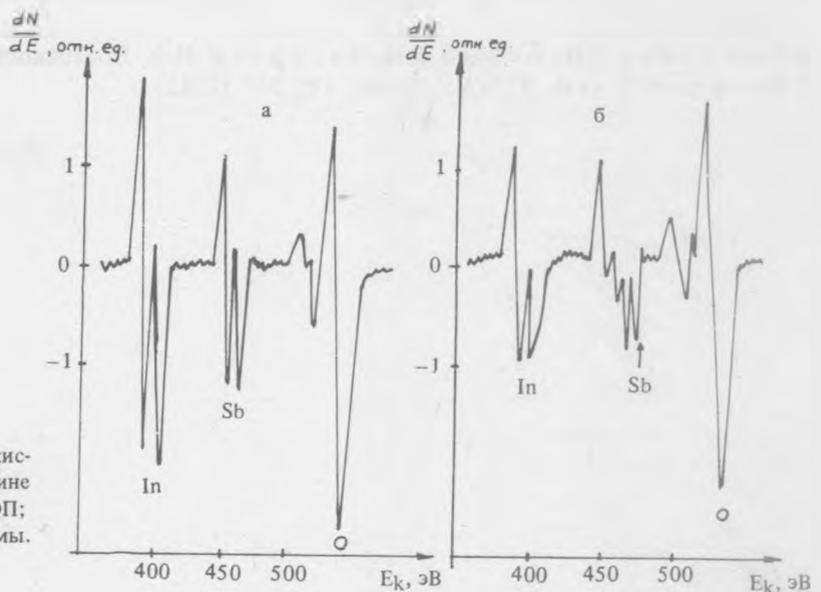


Рис. 2. Оже-спектры In, Sb и O в АОП, окисленной в электролите № 1: а - в глубине АОП, б - на границе раздела SiO_x - АОП; стрелкой помечен пик неокисленной сурьмы.

Следовательно, установлено, что на границе раздела SiO_x - АОП в структуре SiO_x - АОП - InSb происходит восстановление оксида Sb до элементной Sb, окисление SiO_x до SiO_2 и, возможно, частичное восстановление оксида In_2O_3 , например, до In_2O . В работе [3] сообщалось об аналогичном результате. Рассмотренные процессы на границе раздела SiO_x - АОП крайне нежелательны для тонких АОП, так как могут ухудшить характеристики границы раздела АОП - InSb, определяющие параметры приборов. Следовательно, для создания МДП-структур с подслоем АОП нельзя применять очень тонкие АОП, а лучше использовать низкотемпературные технологии нанесения диэлектрика, например, магнетронное распыление

Как известно, Sb может находиться в различных окисленных состояниях /4/. Вопрос о состоянии Sb в АОП до сих пор дискутируется /5–7/. Для выяснения степени окисления Sb в АОП был проведен следующий эксперимент. После получения спектров Sb методом РФЭС для двух образцов – АОП и прессованного оксида Sb_2O_3 – были вычислены модифицированные оже-параметры α_{Sb} по формуле $\alpha_{Sb} = E_k(Sb M_4 NN) + E_b(Sb 3d_{3/2})$ (E_k – кинетическая энергия, E_b – энергия связи). Для АОП α_{Sb} оказался равным 998,8 эВ, для прессованного оксида Sb_2O_3 – 999,3 эВ. Использование оже-параметра для определения химического состояния Sb позволило исключить влияние на результат эффекта зарядки. Различие величин оже-параметров позволяет предположить, что Sb в поверхностном слое исследуемых АОП находится в большей степени окисления, чем в порошке Sb_2O_3 , так как характеризуется меньшим значением оже-параметра. После травливания поверхностного слоя АОП различие в оже-параметрах исчезает, что, видимо, указывает на уменьшение степени окисления Sb в подповерхностном слое.

Проведенные исследования свидетельствуют о сложном химическом составе структуры SiO_x – АОП – $InSb$, который, очевидно, в сильной степени определяется технологией нанесения SiO и видом электролита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fujisada H. Japan J. Appl. Phys., 26, PL1079 (1987).
2. Карпов И.В. и др. Поверхность, № 11, 99 (1988).
3. Термические константы веществ. Вып. III. Под ред. В.П. Глушко. М., ВИНТИ, 1968, с. 222.
4. Salano G., Wegman J., Sharira Y. J. Vac. Sci. Technol. B., 4, 1195 (1986).
5. Кировская И.А., Штабнова В.Л., Вотякова И.В. Изв. АН СССР, сер. неорган. матер., 19, 1250 (1983).
6. Смирнова Т.П., Белый В.И., Захарчук Н.Ф. Поверхность, № 2, 94 (1984).
7. Wegman J. et al. Thin Sol. Films., 125, 347 (1985).

Поступила в редакцию 13 сентября 1989 г