

ОСОБЕННОСТИ ТРАВЛЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК ИТО В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТРАВИТЕЛЯХ

Смешанный оксид индия и олова $\text{In}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$ (ИТО) достаточно широко используется в качестве прозрачного пиксельного электрода при изготовлении жидкокристаллических дисплеев и индикаторов (ЖКД и ЖКИ), органических светоизлучающих диодов, а также пленочных солнечных элементов, в том числе основанных на современных гетероструктурах. Увеличение объемов выпуска ЖК-устройств и других изделий электроники, содержащих слои ИТО, сопряжено с решением проблемы дефицитности и высокой стоимости металлического индия, который используется в качестве источника при вакуумном напылении пленок ИТО.

Современной тенденцией развития указанных производств является снижение толщины слоя ИТО до значений менее 50 нм. Такой подход позволяет снизить расход индия, но приводит к возникновению проблем, связанных с увеличением поверхностного электросопротивления электродных слоев и с усложнением контроля операции литографического травления таких наноразмерных пленок.

В Республике Беларусь производство различных ЖКИ осуществляется на ряде предприятий, в том числе на заводе «ФОТЭК» ОАО «ИНТЕГРАЛ». При производстве, например, жидкокристаллического индикатора ИЖЦ 4-7/7 используются стеклопластины на основе щелочного силикатного стекла, покрытого слоем SiO_2 толщиной порядка 580 нм и слоем ИТО толщиной порядка 20 нм (рисунок 1).

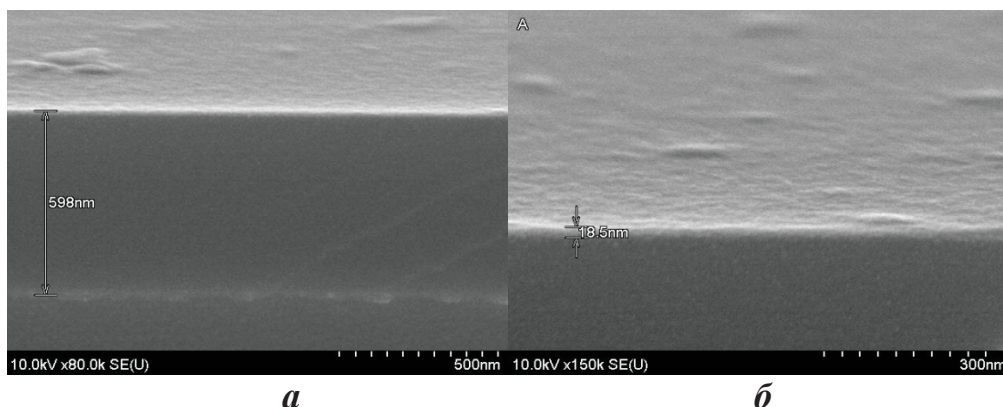


Рисунок 1 – Электронномикроскопическое изображение пленок SiO_2 (а) и ИТО (б) на стеклопластине

Травление ИТО может быть реализовано во многих кислотных травителях на основе как неорганических, так и органических кислот. Наиболее распространенным травителем как в отечественной, так и в зарубежной практике остается концентрированная хлороводородная кислота, в которой при повышении температуры до 40–50 °С скорость травления ИТО составляет около 20 нм/мин. При введении активирующих добавок, например, I_2 или $FeCl_3$, скорость травления может увеличена в 2–3 раза. Однако использование указанного травителя сопряжено с необходимостью защитных мероприятий, связанных с достаточно высокой летучестью, токсичностью и расходом такого рабочего раствора.

При производстве изделия ИЖЦ 4-7/7 на заводе «ФОТЭК» процесс литографического травления слоев ИТО с топологическими нормами $5,5 \pm 0,5$ мкм осуществляется в традиционном травителе в виде концентрированной хлороводородной кислоты при температуре 40–45 °С со скоростью порядка 15–20 нм/мин.

Целью данных исследований являлось изучение влияния состава раствора и температуры на скорость, а также однородность жидкофазного травления пленок ИТО в травителях на основе щавелевой и винной кислот. Активность растворов щавелевой кислоты в отношении ИТО изучалась рядом исследователей [1]. В качестве дополнительного реагента травителя использовалась винная кислота, которая способна хелатировать ион индия In^{3+} и ион олова Sn^{2+} . Константы устойчивости комплексов винной кислоты с In^{3+} и Sn^{2+} близки к константам устойчивости комплексов щавелевой кислоты, а константы других распространенных органических кислот, таких как муравьиная, уксусная, малеиновая, гликолевая кислоты и ЭДТА, имеют существенные различия [2].

В наших опытах при травлении слоев ИТО толщиной около 20 нм варьировалась температура процесса в диапазоне от комнатной до 50 °С. Содержание щавелевой кислоты составляло 3 или 5 %, а содержание винной кислоты составляло 1 %, поскольку добавление этой кислоты может существенно снижать скорость травления пленок ИТО [2].

Для оценки скорости травления слоев ИТО нами использовался гравиметрический метод. Более корректно о полноте удаления электропроводящей пленки ИТО можно судить по измерениям поверхностного электросопротивления, которое при послойном травлении резко возрастало от исходных значений 100–200 Ом/□ до значений, превышающих 20 МОм/□.

При варьировании концентрации щавелевой кислоты в травителе с помощью гравиметрических измерений были получены данные о существенном уменьшении скорости травления пленки ИТО с ростом

содержания кислоты (рисунок 2). Так после четвертой минуты травления пленки ИТО при температуре 45 °С удельная убыль массы подложки в 3 %-ном растворе составила около 4,3 мг/см², а в 5 %-ном растворе – только 2,1 мг/см². Отметим, что такой результат не согласуется с данными авторов [2], полученными в индивидуальных растворах щавелевой кислоты при содержании последней от 1 до 7 %.

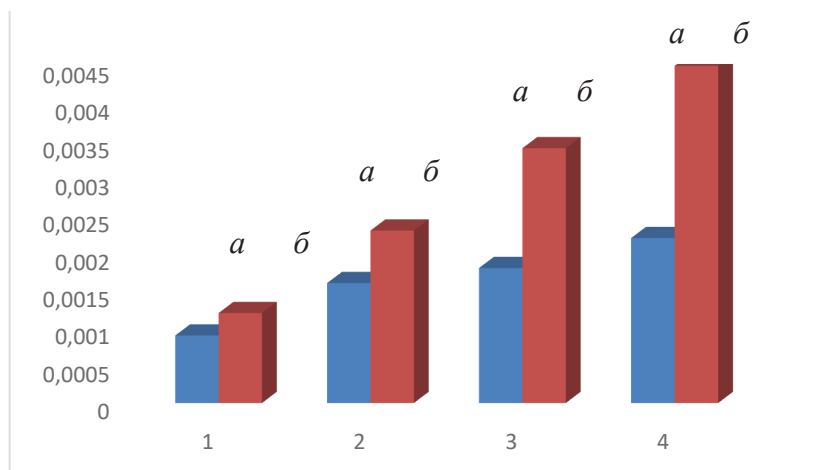


Рис. 2 – Изменение удельной убыли массы пластины при послойном травлении пленки ИТО в щавелевой кислоте при содержании 5 (а) и 3 (б) %

Также получены данные о немономтонном влиянии температуры на продолжительность и соответственно скорость травления ИТО в растворе, содержащем 3 % щавелевой и 1 % винной кислот. Наиболее высокая скорость на уровне 4 нм/мин зафиксирована при температуре 45 °С. Этот результат хорошо согласуется с данными авторов [2] как качественно, так и количественно.

Таким образом показано, что при использовании малоопасных растворов на основе щавелевой и винной кислот для травления наноразмерных пленок ИТО необходимо учитывать специфические зависимости скорости травления от состава и температуры травителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tsai, T.-H. Wet etching mechanisms of ITO film in oxalic acid / T.-H. Tsai, Y.-F. Wu // *Microelectronic Engineering*. – 2006. – Vol. 83. – P. 536–541.
2. Tsai, T.-H. Organic acid mixing to improve ITO film etching in flat panel display manufacturing / T.-H. Tsai, Y.-F. Wu // *J. Electrochem. Soc.* – 2006. – Vol. 153, No. 1. – P. 86–90.