

ПРОЦЕСС ОСАЖДЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ФОСФОРСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА В РЕАКТОРЕ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ «КАМИН»

А.С. Турцевич, Л.П. Ануфриев, О.Ю. Наливайко
Минск, НПО «Интеграл», dzsto3@integral.by

С ростом степени интеграции резко повышается роль топографии формируемых на подложках слоев и требования к планарности поверхности подложек на всех стадиях изготовления микросхем [1]. Для планаризации поверхности широко используется легкоплавкие стекла [2, 3], получаемые окислением гидридов кислородом в системе $\text{SiH}_4\text{-PH}_3\text{-O}_2$ при пониженном давлении в горизонтальных реакторах с горячими стенками. Уровень требований к легкоплавким стеклам определяется типом производимого изделия. С увеличением функциональной сложности ИС резко ужесточаются требования к таким параметрам слоев как однородность толщины пленки и концентрации лигатуры по пластине и по загрузке. Соответственно возрастает уровень требований к оборудованию для осаждения легкоплавких стекол, в том числе и по величине привносимой дефектности [4]. Оборудование для осаждения легкоплавких стекол должно обладать высокой эксплуатационной надежностью.

Базовая установка для химического осаждения из газовой фазы пленок фосфоросиликатного стекла при пониженном давлении «Изотрон-3-150» имеет следующие конструктивные особенности, а именно: реактор из нержавеющей стали с водоохлаждаемыми фланцами; трубопроводы из нержавеющей стали с неполированной внутренней поверхностью; отсутствуют фильтры для фильтрации газов с размером пор 0.02-0.05 мкм, наличие коллектора с делителем расхода газовой смеси моносилана с фосфином для распределенного ввода реагентов вдоль реакционной зоны с множеством резьбовых соединений; неразборную конструкцию газораспределительной системы с недостаточной жесткостью внутри реактора, что обуславливает необходимость полной разборки реактора при засорении одного из инжекторов; металлическую консоль с перфорированными металлическими кассетами; загрузочный отсек выполнен из неполированной нержавеющей стали и не имеет разделения рабочих каналов при помощи горизонтальных перегородок; что обуславливает как высокую привносимую дефектность, так и низкую эксплуатационную надежность установки в целом.

В настоящей работе проведен анализ отказов установки «Изотрон-3-150» и определены пути снижения привносимой дефектности, описана модернизированная установка «Камин» и реализованный с ее использованием процесс осаждения ФСС.

Диаграмма Парето по отказам установки «Изотрон-3-150» представлена на рис.1.

Как видно из рис.1, основные отказы установки «Изотрон-3-150» связаны с вакуумной и газовой системами. При этом основной причиной отказов газовой системы и засорения регуляторов расходов газов (РРГ) являются утечки по многочисленным резьбовым соединениям инжекторов.

Для устранения вышеуказанных недостатков по техническому заданию НПО «Интеграл» Саратовский завод электронного машиностроения разработал установку «Камин» (УЭ.ДГЭ-100-010), отличительными особенностями которой являются: использование кварцевого реактора и оснастки; применением заднего фланца установки с 5-ю патрубками с уплотнительными резьбовыми соединениями для ввода и герметизации кварцевых инжекторов и общего чехла для трех термопар. При этом исключается использование коллектора с множеством резьбовых соединений. Для исключения

провисания инжекторов использованы кольца жесткости. Используются кварцевые инжекторы для распределенного ввода смеси $\text{SiH}_4\text{-PH}_3$ и кислорода в реакционную зону. В системе газораспределения использована усовершенствованная арматура сильфонного типа с металлическими вакуумоуплотненными соединениями и чистотой обработки внутренних поверхностей по 8-му классу.

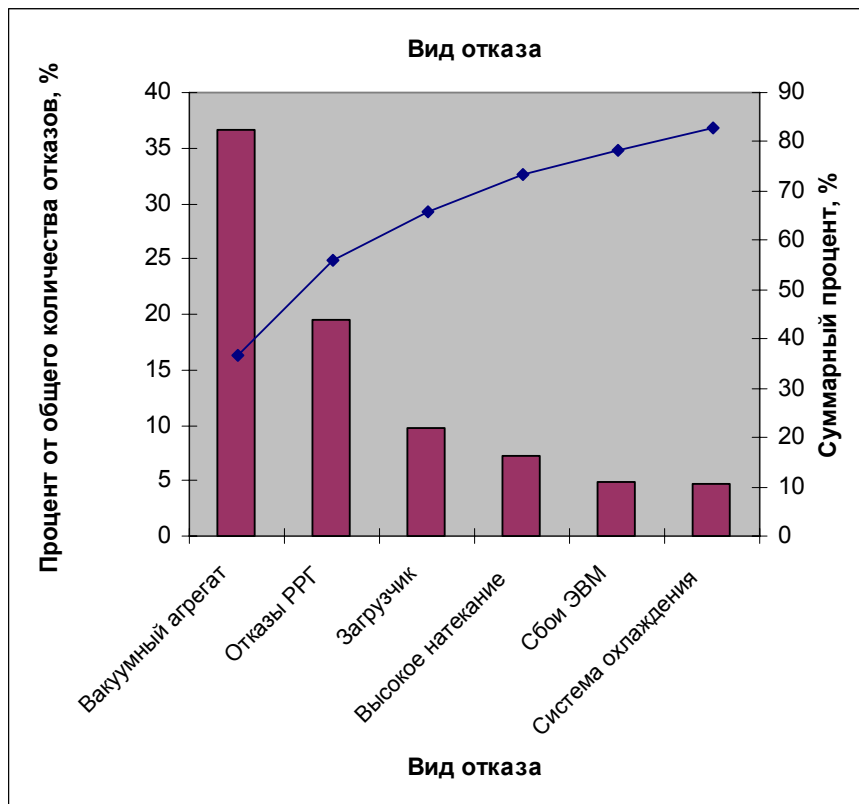


Рис. 1. Диаграмма Парето по отказам установки «Камин»

Кроме того, усовершенствована загрузочная система (рис.2) для работы в чистых помещениях класса 10, с разделением рабочих каналов, чистотой обработки узлов системы из нержавеющей стали по 9-му классу; с управляемой подачей инертного газа для обдува пластин и образования азотной завесы на входе реактора при загрузке – выгрузке. Применена двухступенчатая откачка реактора для снижения дефектности; вакуумные агрегаты, заключенные в кожуха с патрубками для вытяжной вентиляции; предусмотрена световая и звуковая сигнализация при превышении ПДК и трубки для отбора проб газа на вход газоанализатора. Реализована возможность подачи в реактор закиси азота; использовано устройство эффективной нейтрализации отработанных реагентов, а также устройство лазерной юстировки для обеспечения соосности системы загрузочной и реактора. Для загрузки-выгрузки пластин использована карбид-кремниевая консоль.

Разработанная установка «Камин» используется для осаждения фосфоросиликатного стекла на подложки диаметром 150 мм окислением гидридов кислородом в системе $\text{SiH}_4\text{-PH}_3\text{-O}_2$. Количество подложек в загрузке составило 50 штук, а расстояние между подложками 7.5 мм. В качестве подложек использованы кремниевые пластины, легированные бором, диаметром 150 мм, ориентацией (100) и удельным сопротивлением 12 Ом*см.

Осаждение пленок осуществляли при температуре $430\pm 3^\circ\text{C}$ при давлении 35...40 Па. Использовались концентрированный моносилан и 10% фосфин в аргоне электронного класса

чистоты. Соотношение потоков $Q_{\text{PH}_3}/Q_{\text{SiH}_4} = 0.05-0.2$, $Q_{\text{SiH}_4}/Q_{\text{O}_2} = 0.33-0.4$. Суммарный поток реагентов не превышал 35 л/ч. Толщина пленок ФСС контролировалась при помощи спектрофотометра MPV-SP фирмы Leica, а показатель преломления – при помощи лазерного эллипсометра ЛЭФ-3М. Концентрация фосфора определялась при помощи рентгеновского флуоресцентного спектрометра M3613 фирмы Rigaku.



Рис.2. Зона загрузки установки «Камин».

При этом получены следующие результаты:

- скорость осаждения 11-12 нм/мин;
- содержание фосфора в ФСС – от 2.6 до 10.7 вес.% при изменении $Q_{\text{PH}_3}/Q_{\text{SiH}_4}$ от 0.05 до 0.2, что позволяет использовать их как в качестве пассивации, так и качестве межуровневой изоляции;
- показатель преломления – 1.44-1.46;
- показатели стабильности и воспроизводимости $S_p \geq 1.3$ и $S_{r_k} \geq 1.0$.

Привносимая дефектность по сравнению с установкой «Изотрон-3-150» снизилась более чем на порядок.

Таким образом, исследованы причины повышенной привносимой дефектности и проведен анализ отказов установки осаждения низкотемпературного фосфоросиликатного стекла при пониженном давлении «Изотрон-3-150». Разработана установка осаждения низкотемпературного фосфоросиликатного стекла «Камин» с кварцевым реактором, которая характеризуется повышенным уровнем надежности и пониженным уровнем привносимой дефектности. Реализован процесс осаждения фосфоросиликатного стекла на подложках диаметром 150 мм для использования в качестве пассивации и межуровневой изоляции с улучшенными характеристиками и параметрами стабильности и воспроизводимости $S_p \geq 1.3$ и $S_{r_k} \geq 1.0$.

Литература

1. В.Д. Лабунов, В.С. Немцев, И.И. Данилович, "Планаризация топологического рельефа в технологии БИС", Зарубежная электронная техника, 1987, N8, стр.3-23.
2. R.A. Levy, S.K. Vincent, T.E. McGahan, "Evaluation of the Phosphorus Concentration and its Effect on Viscous flow and Reflow in PSG", J. Electrochemical Society, 1985, v.132, №6, pp.1472-1480.
3. A.N.Saxena, D.Pramaric "Planarization Techniques for Multilevel Metallization", Solid State Technology, 1986, v.29, N10, p.95-100.
4. А.С. Турцевич, В.И. Гранько, В.Я. Красницкий, "Спецтехнологические среды в производстве СБИС и УБИС", Зарубежная электронная техника, 1991, №4, с.3-39.