

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ФОТОХИМИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОГО УДАЛЕНИЯ ФОТОРЕЗИСТА

Тихон О. И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Мадвейко С. И. – к.т.н., доцент

Обработка полупроводниковых материалов комбинацией ультрафиолетового излучения и озона считается альтернативой широко применяемым методам сухой очистки и обработке в жидких технологических средах. При рассмотрении возможности применения данного метода в составе технологического маршрута изготовления ИС требуется изучение условий и особенностей его реализации. С целью проведения экспериментов был разработан исследовательский стенд для изучения параметров фотохимически усиленных процессов очистки полупроводниковых подложек и удаления фоторезистивных плёнок в условиях атмосферного давления.

Технологический процесс изготовления интегральных микросхем предполагает проведение повторяющихся операций очистки поверхности полупроводниковых пластин от органических загрязнителей и удаления фоторезистивных плёнок. Одним из способов реализации данных операций является обработка полупроводниковых материалов комбинацией ультрафиолетового (УФ) излучения и озона (O₃). Согласно [1] подобный УФ/O₃ процесс очистки обладает высокой эффективностью и низким уровнем повреждений по сравнению с другими способами обработки.

Процесс очистки УФ/O₃ методом заключается в удалении с поверхности обрабатываемого материала летучих веществ, образовавшихся в результате разложения органических соединений под воздействием ультрафиолетового излучения и сильного окисления. Процесс окисления связан с разложением формируемого и/или подаваемого в рабочую область озона до молекулярного кислорода при облучении ультрафиолетом с определёнными длинами волн.

Основной процесс в УФ/O₃ очистке подразумевает фотолиз кислорода (излучение с длиной волны 184,9 нм) и озона (излучение с длиной волны 253,7 нм) УФ светом. Затем осуществляются вторичные реакции, связанные с окислением органических соединений. Первоначально, процесс фотолиза формирует атомы кислорода, которые затем преобразуются в озон [2].



Очистка от органических загрязнений в данном сухом процессе протекает через ступенчатое окисление озоном и атомами кислорода с формированием воды и углекислого газа. Также существует возможность непосредственного фотохимического разложения загрязнителя в связи со способностью сильного ультрафиолетового излучения разрывать химические связи и продолжать постепенное разрушающее окисление до CO₂ и H₂O.



Процесс очистки также может быть химически усилен путём добавления воды, перекиси водорода, способствующей образованию свободных гидроксильных и гидропероксильных радикалов, а также увеличением объема подаваемого кислорода.

Для реализации рассматриваемого способа обработки применяются устройства, работающие по схеме, представленной на рисунке 1 [3].

Обрабатываемая полупроводниковая подложка располагается в реакционной камере в потоке кислорода или озона, сформированного с помощью озонатора, и подвергается воздействию УФ-излучения от ртутной ультрафиолетовой лампы низкого давления. Подогрев подложкодержателя способствует ускорению протекающих реакций. Катализатор озона позволяет разлагать сформированный O₃ до его вывода в атмосферу, источник N₂ используется для напуска газа в камеру перед извлечением подложки.

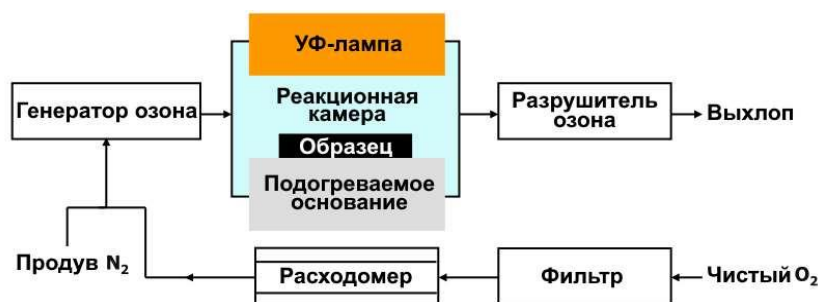


Рисунок 1 – Схема устройства

Относительная простота реализации устройств УФ/О₃ очистки позволила им найти применение в ряде задач микроэлектроники, среди которых удаление органических загрязнений, модификация поверхности для лучшей адгезии и герметизации, подготовка пластин перед процессом эпитаксии и осаждением тонких плёнок, улучшение смачиваемости поверхности подложек и других.

Для изучения возможностей применения метода УФ/О₃ обработки полупроводниковых материалов был разработан исследовательский стенд. Внешний вид исследовательского стенда представлен на рисунке 2.

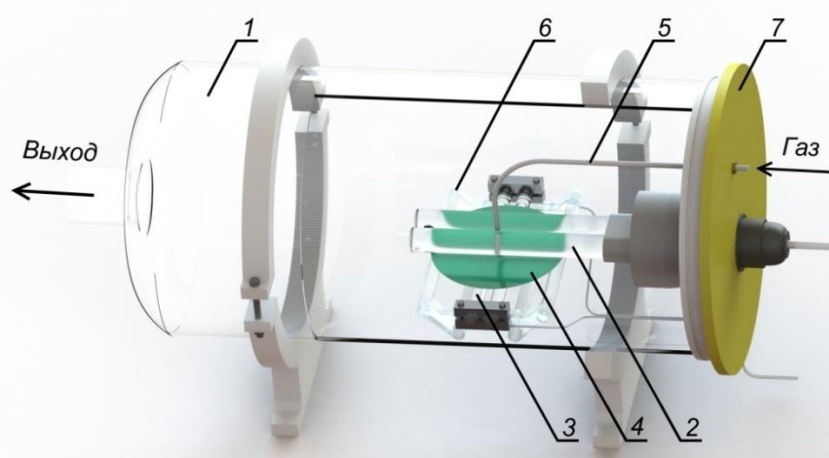


Рисунок 2 – Исследовательский стенд: 1 – кварцевая труба; 2 – УФ-лампа; 3 – ИК нагреватель; 4 – кремниевая пластина; 5 – трубка подачи рабочего газа; 6 – кварцевый держатель; 7 – торцевая крышка

Реакционная камера представляет собой кварцевую трубу 1, с одной стороны подсоединенную к системе откачки, необходимой для постоянной прокачки рабочего объема, и закрытую с другой стороны крышкой 7, оснащенной штуцером для подключения трубки подачи рабочего газа 5 к озонатору и креплением источника УФ-излучения. В качестве источника выступает лампа дальнего ультрафиолетового диапазона излучения (UVC) 2 с пиками интенсивности на уровне длин волн 254 нм и 183 нм. Лампа с подводом рабочего газа располагается над кремниевой пластиной 4 диаметром 100 мм. Подогрев пластины обеспечивается двумя галогенными лампами 3 мощностью 1 кВт, установленными на кварцевом держателе 6. Расход газа устанавливается расходомером на используемом генераторе озона, температура нагрева – величиной напряжения, подаваемой на нагреватель.

Исследовательский стенд предназначен для выполнения операций очистки полупроводниковых пластин перед дальнейшей обработкой и удаления фоторезистивных полимерных плёнок в условиях атмосферного давления, а также позволяет изучить влияние параметров проводимых процессов на особенности их реализации. Ключевыми факторами, способствующими фотохимически стимулированному воздействию на фоторезистивную маскирующую плёнку, являются присутствие постоянного потока O₂/O₃ газа в рабочую камеру, а также наличие нагрева обрабатываемой пластины.

Список использованных источников:

1. Wood, P. C. Critical Process Variables for UV-Ozone Etching of Photoresist / P.C. Wood, T. Wydeven, O. Tsuji // MRS Proceedings. – 1993. – Vol. 315. – Pp. 237-242.
2. Zafonte, L. Uv/Ozone Cleaning for Organics Removal on Silicon Wafers / L. Zafonte, R. Chiu // SPIE. – 1984. – Vol. 470 – Pp. 164–177.
3. Basics of UV-Ozone Surface Cleaning [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.samcointl.com/basics-uv-ozone-cleaning-surfaces/>. – Дата доступа: 15.03.2019.