

## ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИН

Скопцов А.М., Врабий Э.М., Баранов В.В., Шахлевич Г.М.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Минск, Республика Беларусь*

Процесс производства полупроводниковых изделий состоит из множества технологических этапов, по которым следует партия полупроводниковых пластин. По завершению различных процессов (снятие фоторезиста, травление и т.п.) пластины подвергаются химической обработке для финишной очистки поверхности от различных загрязнений и подготовке к дальнейшим технологическим этапам (обработка в диффузионных печах, легирование, покрытие эпитаксиальными слоями, нанесение пленочных покрытий) [1, 2]. Особое значение имеют процессы финишной обработки при изготовлении приборов типа диодов Шоттки, где качество поверхности играет принципиальную роль для достижения таких параметров, как величина обратных токов и временная стабильность. Также химическая обработка проводится при производстве структур без осуществления подготовительных операций, например, при подготовке пластин к сращиванию при изготовлении структур кремний-диэлектрик-кремний [2].

В значительной мере на процесс производства интегральных микросхем влияют этапы химической обработки полупроводниковых пластин. Результаты очистки пластин оказывают большое влияние на качество различных структур и микроэлектронных изделий на их основе в целом [3]. Уровень очистки напрямую влияет на качество продукции, в связи с чем производители микроэлектронных компонентов принимают меры повышения степени очистки [4].

По результатам очистки поверхности полупроводниковых пластин проводится анализ степени чистоты от различных загрязнений (механические частицы, органические примеси и др.).

Органическое и неорганическое происхождение загрязнений на поверхности кремниевых пластин позволяет провести разделение по типу на жидкие и твердые пленки, частицы. Элементы фоторезиста, различные виды смазок и масел, применяемые в технологическом процессе, формируют органические загрязнения.

Образовывая соединения между собой, загрязнения также могут присутствовать в виде молекул, ионов, атомов и т.д. Атомные загрязнения представляют собой металлические покрытия или частицы, например, электрохимически осажденные пленки металлов (золото, медь, серебро и др.); частицы материала (кремний, никель, железо и др.). Загрязнения, состоящие из ионов, включают в себя анионы или катионы из

химических растворов неорганического происхождения, например,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Li}$  и др.

Посторонние примеси на пластинах можно разделить по типу физического и химического взаимодействия с поверхностью. Механико-физические примеси (пылинки, металлические частицы, абразив, волокна, элементы органики и т.д.) физически адсорбируются с поверхностью. Химические загрязнения более опасны, так как для их удаления с поверхности необходимо более высокий уровень энергии из-за сил хемосорбции, связывающих их с пластиной. Окислы, пленки сульфидов, атомы металлов являются характерными примерами данных загрязнений.

Различают несколько методов удаления загрязнений с поверхности кремниевых пластин с использованием различных растворов. Одним из них является метод очистки с помощью реактива Каро и водного раствора перекиси водорода с аммиаком (ПАР). Данные реактивы очищают поверхность пластины от механических, атомарных, органических и других загрязнений с последующей отмывкой [4]. Из негативных сторон использования данного метода можно выделить недостаточное удаление загрязнений с поверхности пластины, длительность процесса и высокую энергоемкость.

Полная очистка поверхности кремниевой пластины от органических, механических и химических примесей является основным ожидаемым результатом. Также желательно снижение временных затрат на процесс обработки пластин.

На рисунке ниже представлен экспериментальный образец для финишной обработки кремниевых пластин, находящийся в кассете из высокоплотного полиэтилена, который отличается повышенной энергоэффективностью за счет использования ламп инфракрасного (ИК) нагрева и термостатирования



Рисунок 1 – Общий вид экспериментального образца с ванной и кассетой для пластин

Кассета обладает емкостью в 25 пластин с диаметром  $D = 100$  мм. Снижение энергопотребления достигается за счет использования инфракрасных ламп нагрева реактива, что позволяет сократить время нагрева на 15% по сравнению с другими образцами.

Требования, предъявляемые к чистоте поверхности, определяются исходя из технического задания Заказчика.

Достижение результата обусловлено применением двух фаз отмывки в разных ваннах с различными растворами. Первая ванна содержит раствор серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) и перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) с температурой  $120$  °С, при этом смесь имеет следующие пропорции:



Раствор, содержащийся во второй ванне, состоит из аммиака ( $NH_4OH$ ), перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) и деионизованной воды ( $H_2O$ ) в соотношении  $H_2O : NH_4OH : H_2O_2 = 19 : 1 : 4$ , при температуре  $T=75\pm 5$  °С.

Оценка чистоты поверхности осуществляется под микроскопом (под сфокусированным лучом) на наличие оставшихся пылинок. Суть метода заключается в полном удалении загрязнений органического и механического происхождения с поверхности кремниевых пластин. В первой фазе удаляются самые крупные жировые загрязнения, включая различную органику. Во второй фазе смываются загрязняющие покрытия, оставшиеся после первой обработки.

Описанный метод состоит в том, что очистка в кислотных растворах ( $H_2SO_4$ ) позволяет смыть адсорбированные ионы металлов и растворить пленки оксидов на поверхности полупроводниковых пластин, а перекись водорода разлагается с выделением атомов кислорода:  $H_2O_2 = H_2O + O$ , где кислород вступает в реакцию окисления с органическими и неорганическими примесями. Щелочной компонент ускоряет разложение перекиси водорода и связывает в хорошо растворимые сложные соединения.

Данный способ позволяет обработать поверхность кремниевых пластин с высокой чистотой и сократить временные затраты.

1. Суворов А.Л., Чаплыгин Ю.А., Тимошенко С.П., Графугин В.И., Залужный А.Г., Калугин В.В., Дьячков С.А., Прокопьев Е.П., Реутов В.Ф., Шарков Б.Ю. Анализ преимуществ, перспектив применений и технологий производства структур КНИ // Препринт ИТЭФ 27-00. 2000. 51 с
2. Tong Q.-Y., Gosel M. Wafer bonding and layer splitting for microsystems // Adv. Mater. V. 11. № 17. 1999. P. 1409 – 1425.
3. Sievert W. New standards improve chemistry between device makers, suppliers // Semiconductor magazine. 2000. V. 1. Iss. 3. Mar. P.30 – 34
4. Микитась Н.К., Минкин М.Л., Сухопаров А.И. Организационно технические аспекты создания производства СБИС уровня технологии 0,8-1,2 мкм на кремниевых пластинах диаметром 150 мм // Труды Proceeding 2A. Вып. 2. 1997