

способ маркировки продукции. Возможности использования ДНК-меток для нанесения на аппаратные изделия настолько широки, что, при должной работе в этом направлении, подобные метки могут вытеснить иные методы маркировки.

Главные плюсы ДНК-меток в сравнении с другими маркировками – высокая скрытность нанесения, потому что молекулы ДНК можно внедрить в любой материал при помощи специального оборудования. ДНК-чернила можно использовать в малом объеме в месте, которое известно только отправителю и получателю. Долговечность такой метки зависит только от долговечности материала, в который добавлена ДНК-молекула, сама она может существовать без изменения миллионы лет.

Уровень защиты от несанкционированного доступа или подделки очень высок, так как взломать ДНК-код можно только зная секретные праймеры ПЦР, иначе это сделать практически невозможно. Защита от несанкционированного уничтожения также зависит от материала самой метки, в которую добавлена ДНК-молекула, однако, в случае нанесения ДНК-метки на само изделие, ее уничтожение возможно только совместно с уничтожением самого изделия. Объем кодируемой информации очень велик, так как можно искусственно создавать ДНК практически любого размера и количества триплетов оснований в нем.

Основные минусы – сложность считывания и записывания так как необходимо работать в

лаборатории и использовать сложное медицинское оборудование. Отсюда вытекают два других минуса – время нанесения и считывания, а также стоимость такой метки, ввиду большой стоимости оборудования она является чересчур высокой.

Однако технологии развиваются, вопрос применения ДНК-молекул в мире стоит очень остро в связи с большими открытиями в медицине в этой области. ДНК-метки уже используются в сфере раскрытия преступлений – в особенно важных и охраняемых помещениях использующие специальные распылители ДНК-молекул. Они оседают на одежде, обуви, волосах и коже и в будущем могут быть идентифицированы на людях, находившихся в определенном помещении в момент кражи или взлома, тем самым ДНК-метки помогают раскрывать преступления. Области применения данной технологии очень обширны, а значит, в будущем стоит ожидать решения основных проблем ДНК-меток и их широкое распространение.

Литература

1. James D. Watson. DNA: The Secret of Life.- Arrow Books, 2014. – 512 p.
2. Inventor: Bancroft Frank Carter, Clelland Catherine. DNA-based steganography, United States patent US US631211 B1 – 2001.11.06.
3. Маерле А.В., Сергеев И.В., Алексеев Л.П. Метод иммуно-ПЦР: перспективы использования// Иммунология. – 2014. – №1. – С. 44-48.

УДК 621.382.2/3

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 др.) 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 срачиванию 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 др. 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, Na^+ , Cl^- , 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 др.) физически адсорбируют 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 энергоёмкость.



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

Полная очистка поверхности кремниевой пластины от органических, механических и химических примесей является основным

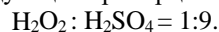
ожидаемым результатом. Также желательно снижение временных затрат на процесс обработки пластин.

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

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, содержащий в второй ванне, состоит из аммиака (NH_4OH), перекиси водорода (H_2O_2) и деионизованной воды (H_2O) в соотношении: $\text{H}_2\text{O} : \text{NH}_4\text{OH} : \text{H}_2\text{O}_2 = 19 : 1 : 4$ 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: $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{O}$, 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.

Литература

1. Суворов А.Л., Чаплыгин Ю.А., Тимошенко С.П., Графутин 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. – 1999. – V. 11, No 17. – P. 1409–1425.
3. Sievert W. New standards improve chemistry

- between device makers, suppliers // Semiconductor magazine. – 2000. – V. 1, iss. 3. – 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 2А. – 1997.– Вып. 2.

УДК 621.923.74:553.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНО-ПОЛИРОВАЛЬНОГО СТАНКА ДЛЯ ТОНКОГО ШЛИФОВАНИЯ ШАРОВ ИЗ СТЕКЛА И ЦВЕТНОГО КАМНЯ

Щегникович К.Г., Еромин Е.С., Лешкевич Е.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Шлифование шаров из неметаллических материалов ведется на специальных станках приводными кольцевыми кругами, оси которых пересекаются в центре шара [1]. Крупные шары шлифуются одновременно тремя кольцевыми кругами, вращающимися с переменными угловыми скоростями [2]. Ось вращения шара случайным образом меняет свое положение в пространстве, что обеспечивает обработку всей сферической поверхности шара. Специальные станки для шлифования шаров имеют ограниченное применение, поэтому представляет интерес использование для этих целей серийных шлифовально-полировальных или полировально-доводочных станков, широко распространенных в оптическом производстве.

На кафедре «Конструирование и производство приборов» ведутся работы по модернизации шлифовально-полировального станка модели ЗШП-350М с целью использования его для тонкого шлифования шаров из стекла и цветного камня. Авторами предложена конструкция приспособления, устанавливаемого на штангу станка и позволяющего одновременно шлифовать два шара.

За счет дополнительного вращения шара меняется положение его мгновенной оси вращения, и важно обеспечить, чтобы след от контакта с кольцевым инструментом как можно быстрее покрыл всю сферическую поверхность. Анализ кинематики показывает, что закономерное изменение положения оси вращения шара возможно при согласовании частоты возвратно-вращательного движения штанги с частотой вращения шара вокруг оси \bar{n} .

В состав приспособления (рисунок 1) входит горизонтальная планка 1, установленная с возможностью поворота вокруг оси штанги 2 и два кронштейна 5. Кольцевой инструмент 6 закреплен в кронштейне и торцевой поверхностью опирается на обрабатываемые шары. На планшайбу 9 наклеено эластичное покрытие 8 с большим коэффициентом трения о материал шара. Перемещение планки ограничивает сухарь 2, в

который завинчены два винта 4 с зазором в отверстии планки.

Нагрузка на обрабатываемые шары устанавливается с помощью регулируемого усилия прижима штанги, которое равномерно распределяется двумя шарами. Кольцевой инструмент закреплен в приспособлении с наклоном навстречу вектору линейной скорости вращения планшайбы в точке контакта с шаром. Наклонное положение торцевой кромки инструмента исключает его подрыв из-за колебаний в технологической системе. Расстояние между центрами шаров регулируется перемещением кронштейнов по планке в горизонтальном направлении.

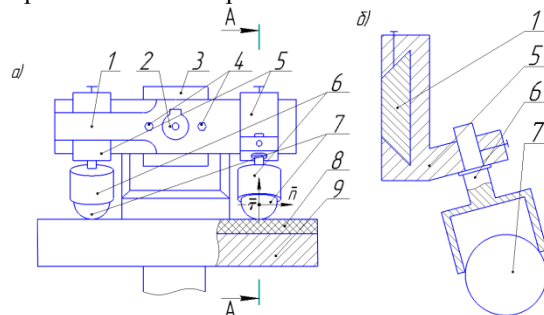


Рисунок 1 Схема установки приспособления на шлифовально-полировальном станке

После установки шаров на станок и выбора требуемого усилия прижима инструмента включается привод вращения планшайбы и привод возвратно-качательного движения штанги. При шлифовании свободным абразивом в зону обработки подается суспензия шлифовального порошка. Сила трения заготовки о эластичное покрытие больше силы трения о кольцевой инструмент, поэтому шар скользит по торцевой поверхности последнего со скоростью близкой к линейной скорости планшайбы. Сложное движение шара сопровождается вращением вокруг нормали \bar{n} и касательной $\bar{\tau}$. Вращение шара вокруг оси $\bar{\tau}$ переменное по величине и направлению, что достаточно для переориентировки шара.