

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ПРОШИВКИ ОТВЕРСТИЙ В КРЕМНЕВЫХ ПОДЛОЖКАХ ПОСРЕДСТВОМ ЛАЗЕРНОГО И ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА

Автоматизированный контроль процесса формирования переходных отверстий в кремневых подложках 3D структур по технологии TSV посредством лазерного излучения и инфракрасного нагрева в среднемолновом диапазоне при помощи микроконтроллерного устройства позволяет повысить точность проводимых опытов, упростить сбор данных необходимых для последующего анализа и для установления оптимальных параметров технологического процесса.

ВВЕДЕНИЕ

3D электронные модули, которые способны интегрировать множество микросхем на основе различных технологий в один единый корпус, позволяют создать устройства малых размеров, с широким набором функций и доступных по стоимости. Одно из современных направлений реализации 3D-модулей является технология TSV (Through Silicon Vias – сквозные отверстия в кремнии) [1]. Структурная схема процесса представлена на рисунке 1. Высокая плотность энергии лазерного излучения позволяет за небольшие промежутки времени достигать высоких температур нагрева, в частности температуры плавления, а затем испарения, что делает возможным применение лазерного излучения с целью формирования монтажных переходных отверстий в кремневых подложках.

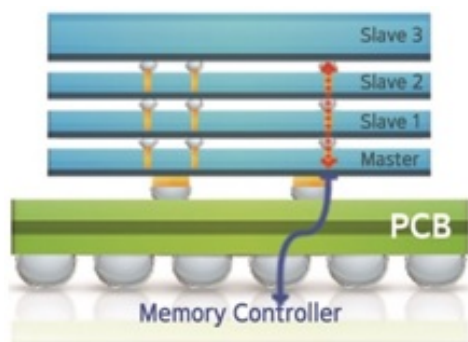


Рис. 1 – Реализация 3D-модуля по технологии TSV

Для определения оптимальных параметров операции прошивки отверстий необходимо провести ряд экспериментов для автоматизации сбора информации и повышения точности собираемой информации и разработать микроконтроллерное устройство, которое будет собирать и записывать данные в ходе экспериментальных опытов.

1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Первым этапом при создании 3D-модуля по технологии TSV является формирование сквоз-

ного отверстия для реализации контактного соединения между слоями модуля и подложкой. Основные технологические параметры формируемых отверстий – диаметр отверстия, отклонение от формы (конусность, напыла и др.). Контролируемые параметры технологического процесса: мощность и продолжительность импульса лазера (контролируется с пульта управления лазерной установки), продолжительность операции (контролируется вручную), температура кремневой пластины. Лабораторные исследования проведены на лазерной установке Yueming SMA0604-B-A [2]. Общий вид установки представлен на рисунке 2.



Рис. 2 – Общий вид лазерной установки Yueming SMA0604-B-A

Для получения экспериментальных данных разработана методика (рисунок 3). Лазерная установка Yueming SMA0604-B-A генерирует лазерный луч, который попадает на кремневую пластину 4 и формирует отверстие 2, световое излучение 7 проходящее через формируемое отверстие попадает на фоторезистор 8. В эксперименте с инфракрасным нагревом 6 кремневой пластины 4 перед началом формирования отверстия 3 производится нагрев пластины нагревателем 5 до заданной температуры. Контроль температуры на поверхности кремневой пластины осуществляется термопарой 3.

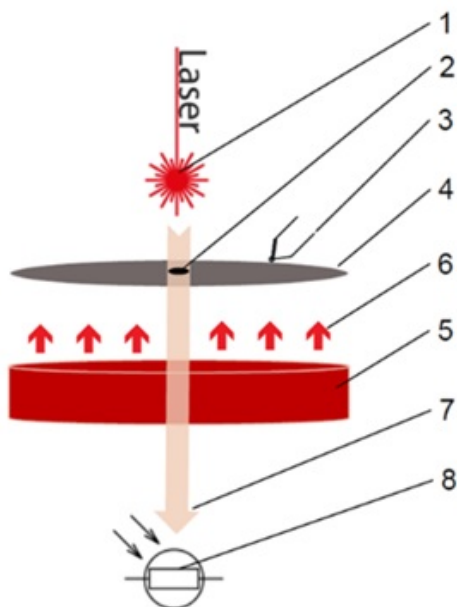


Рис. 3 – Схема эксперимента

II. РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

Для контроля хода эксперимента разработано устройство на базе микроконтроллера, функциональная схема представлена на рисунке 4. Микроконтроллер на чипе ATmega328P считывает показания с фоторезистора и с термпары (подключается через преобразователь сигнала термпары МАХ6675), состояние системы отображается на ЖКИ экране, запись результатов производится на карту памяти, управление микроконтроллеров производится через клавиатуру.

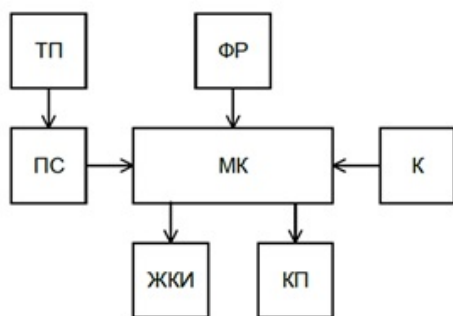


Рис. 4 – Структурная схема микроконтроллерного устройства

На дисплей выводится информация о текущем режиме работы микроконтроллерного устройства, температура с поверхности кремни-

евой пластины T уровень яркости R в процентах от максимально возможной измеряемой яркости (рисунок 6). На карту памяти записывается та же информация с интервалом 10 ms. На рисунке 7 представлен пример журнала событий, записанных на карту памяти.



Рис. 5 – Вывод информации на дисплей

Time	Light%	t.C
10	15	150
20	16	145
30	15	156
40	17	147
50	16	152
60	17	152

Рис. 6 – Журнал событий, записанных на карту памяти

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение автоматизированный контроля процесса формирования переходных отверстий в кремниевых подложках посредством лазерного и инфракрасного нагрева при помощи микроконтроллера позволяет повысить точность проводимых опытов, упростить сбор данных, необходимых последующего для анализа и установления оптимальных параметров технологического процесса.

1. Through Silicon Via - TSV Technology // Micralyne [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа <https://www.micralyne.com/technology-platforms/through-silicon-via> – Дата доступа : 25.03.2021.
2. Лазерный станок Yueming SMA0604-B-A 65-75 ватт, характеристики // Gipertec [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа <https://gipertec.ru/products/lazernii-stanok-yueming-sma0604ba> – Дата доступа : 25.03.2021.

Лаппо Александр Игоревич, старший преподаватель кафедры информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, lappo@bsuir.by

Терентьева Галина Алексеевна, студент 3 курса, факультет ФИТУ

Шубелько Юлия Александровна, студент 3 курса, факультет ФИТУ