

## ФОРМИРОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В КРЕМНИЕВЫХ ПОДЛОЖКАХ

Первенецкий А. П.

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

Ланин В. Л. – д-р т. н., профессор

При производстве 3D электронных модулей по технологии TSV применяют лазерные методы создания отверстий в кремниевых подложках. Исследовался процесс формирования переходных отверстий лазерным излучением с длинами волн 532 нм и 1064 нм.

Сегодня кремниевая технология осваивает изготовление микросхем с минимальными размерами элементов в диапазоне нанометров, в связи с чем нарастает беспокойство о возможности сохранения существующих темпов развития полупроводниковой промышленности. Это обусловлено не только достижением пределов масштабирования планарных (двухмерных, 2D) транзисторов, но и постоянно возрастающей сложностью формирования наноразмерных структур и ростом стоимости производства [1]. Одним из основных направлений 3D-интеграции в развитии конструкций интегральных схем является метод формирования межсоединений с помощью сквозных отверстий через кремний (TSV-технология), не только обеспечивающий повышение степени интеграции, но и снижающий трудоемкость сборки, улучшающий быстродействие и энергопотребление систем [2].

Лазерная обработка подложки – один из перспективных методов создания отверстий для TSV-технологии. При воздействии лазерного излучения на подложку происходит образование отверстия за счет плавления и испарения материала. Исследовался процесс лазерной прошивки отверстий на установках LOTIS LS-2151 и LOTIS LS-2145. Внешний вид установок представлен на рисунке 1.

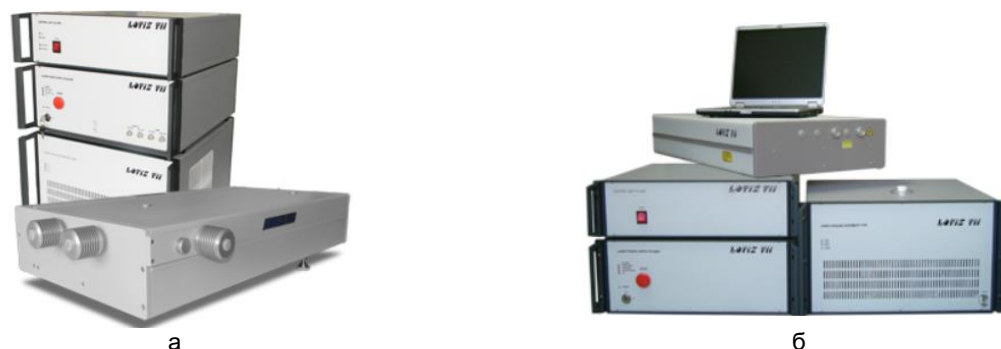


Рисунок 1 – Внешний вид установок: а) LOTIS LS-2145; б) LOTIS LS-2151

Параметры исследования для установки LOTIS LS-2151: длина волны 1064 нм, частота следования импульсов – 15 Гц, длительность импульсов 15 нс. Параметры исследования для установки LOTIS LS-2145: длина волны 532 нм, частота следования импульсов – 10 Гц, длительность импульсов 80 пс. В качестве образцов использовались кремниевые пластины диаметром 40 мм и толщиной 250 мкм. На рисунке 2 представлены зависимости времени прошивки отверстия от мощности излучения.

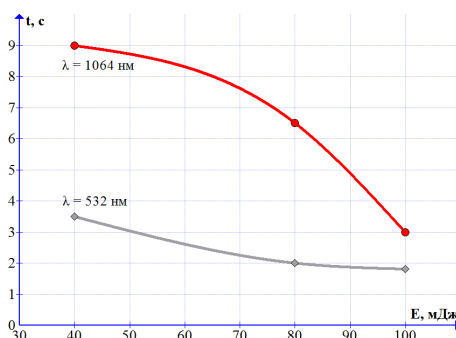


Рисунок 2 – Зависимости времени прошивки отверстий от мощности излучения для установок LOTIS LS-2151 ( $\lambda = 532$  нм) и LOTIS LS-2145 ( $\lambda = 1064$  нм)

Внешний вид отверстий, полученных в кремниевых пластинах при лазерной прошивке показан на рисунке 3.

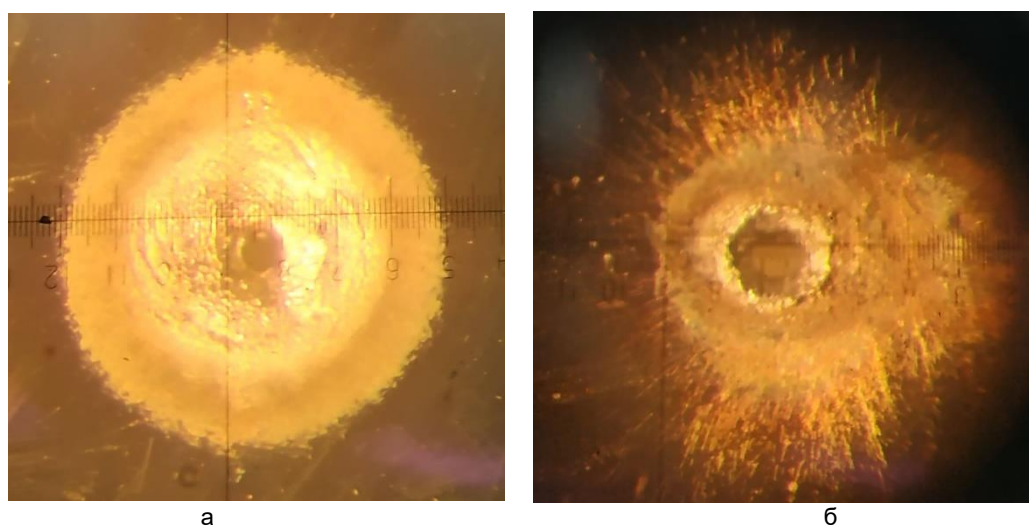


Рисунок 3 – Вид отверстий, прошитых в кремнии: а) LS-2145 ( $\lambda = 1064$  нм), б) LS-2151 ( $\lambda = 532$  нм).

На рисунке 4 показаны зависимости отношения диаметров входного отверстия к выходному (а) и диаметра зоны термического повреждения пластины от мощности лазерного излучения.

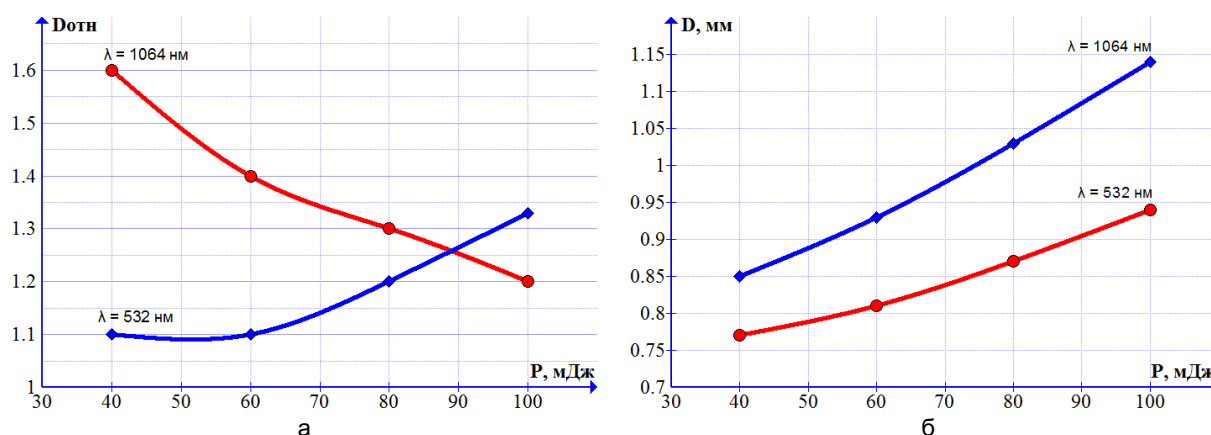


Рисунок 4 – Зависимости отношения диаметров входного отверстия к выходному (а) и диаметра зоны термического повреждения (б) от мощности излучения для установок LOTIS LS-2151 ( $\lambda = 532$  нм) и LOTIS LS-2145 ( $\lambda = 1064$  нм)

Анализ зависимостей на рисунке 4 показывает, что с увеличением мощности лазерного излучения соотношение диаметров входного к выходному отверстию для длины волны 532 нм растет, для 1064 нм – падает. С ростом мощности лазерного излучения диаметр зоны термического повреждения пластины также растет.

В результате проведенных исследований установлено, что использование лазерного излучения с длиной волны  $\lambda = 532$  нм предпочтительнее, поскольку уменьшается зона термического воздействия, сокращается время прошивки отверстия. Это обусловлено большей степенью поглощения излучения этой длины кремниевой подложкой.

**Список использованных источников:**

1. Kim K. Jung S-M. 3-D technology for nanoelectronics / K. Kim, S-M. Jung // Nanotechnology Materials and Devices Conference, 2006. –P. 84–85.
2. Ваньков В. 3D-модули на основе кремниевых коммутационных плат / В. Ваньков, Н. Комков // Электроника. Наука. Технология. Бизнес, 2017. – № 10(00171). –С.98-100.