

Лекция 21.

Лазерные технологические операции для электронных технологий.

1. Лазерная подгонка номиналов резисторов.

С помощью сфокусированного лазерного пучка можно подгонять (увеличивать) номиналы тонко и толсто пленочных резисторов в гибридных интегральных схемах, а так же номиналы цилиндрических, угольных и металлизированных резисторов. Лазерная подгонка заключается в вырезании дорожки в резистивной пленке путем полного испарения материала в результате термического воздействия сфокусированного лазерного пучка (рис. 21.1, 21.2, 21.3).

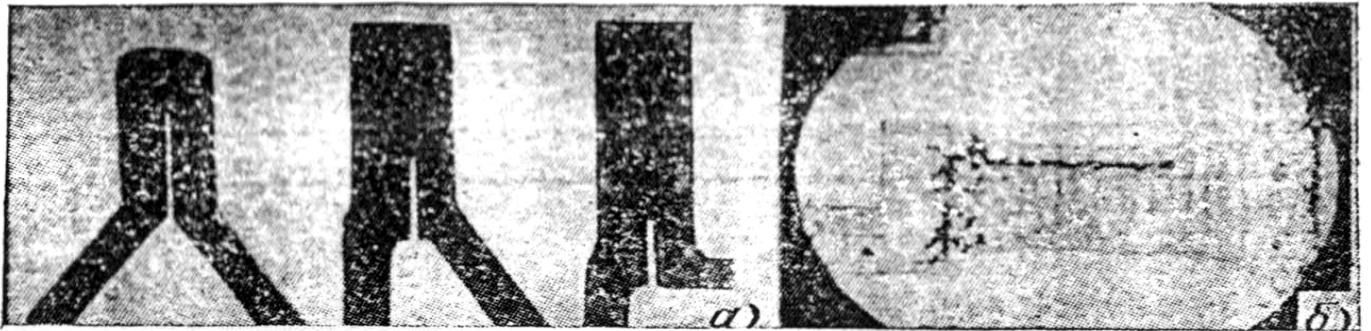


Рис 21.1 Толсто пленочные резисторы интегральных схем на керамической подложке после лазерной подгонки.

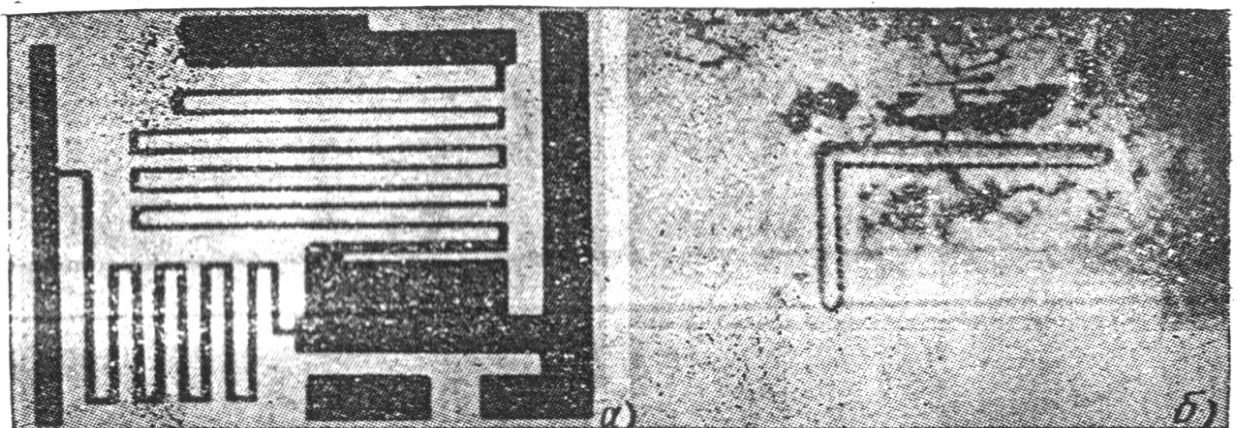


Рис 21.2 Тонко пленочные резисторы интегральных схем после лазерной подгонки.

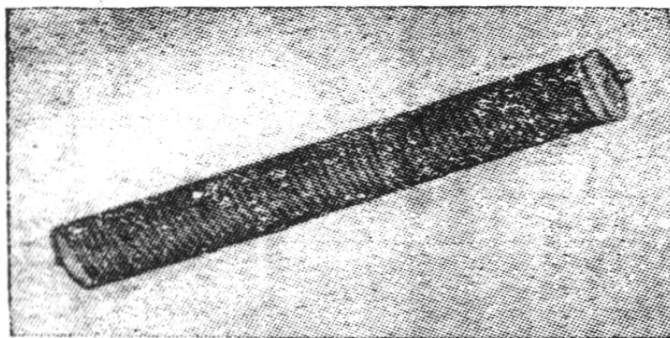


Рис 21.3 Цилиндрический резистор после лазерной подгонки. Прорезь выполнена ИАГ -лазером фирмы British Oxygen Company.

Лазерная подгонка номиналов резисторов это прогрессивный высоко технологический метод наиболее часто используемый в гибридных интегральных схемах.

Основные черты:

- бесконтактное воздействие;
- возможность воздействовать через экраны и пленки предохраняющие резистор;
- высокая скорость и точность.

Использовавшийся ранее метод подгонки номиналов резисторов заключался в уменьшении толщины резистивной пленки либо ее удаление струей сжатого воздуха с абразивным материалом. Максимальная точность 0,1 – 1%, а максимальная производительность от 1000 до 4000 резисторов в час.

Достоинства лазерной подгонки:

- высокая производительность;
- высокая скорость и точность подгонки;
- возможность универсальной автоматизации процесса за счет использования цифровых вычислительных и управляющих устройств;
- возможность уменьшения размеров резистора и получение большей компактности интегральных схем.

Для лазерной подгонки толсто пленочных резисторов чаще всего используют лазеры на иттрий-алюминиевом гранате непрерывного действия с модуляцией добротности, значительно реже применяют CO₂-лазеры с импульсной накачкой. В современных технологических устройствах для этих целей с цифровыми системами управления

достигнута производительность до 30000 резисторов в час. Максимально получаемая точность после подгонки достигнута на уровне $\pm 0,02\%$.

Основными факторами, влияющими на стабильность номинала и шумы резистора после лазерной подгонки, являются:

- сопротивление утечки прорези;
- свойства края прорези (микротрещины, структурные изменения, загрязнение и размытие края);
- форма и расположение прорези на поверхности резистора.

Форма прорези и ее расположение на поверхности резистора так же является важной технической проблемой. Применяются две основные формы прорези (рис. 21.4).

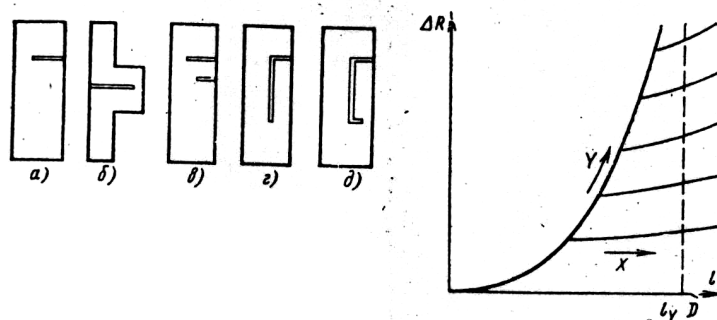


Рис 21.4 Используемые виды корректирующих прорезей резисторов в гибридных интегральных схемах.

Недостатком прямой прорези является чрезмерное увеличение плотности тока в сужении резистора. При такой прорези трудно получить большую точность подгонки. Значительно легче это сделать применяя Г-образную прорезь. Недостатки Г-образной прорези заключаются в увеличении нестабильности и шумов резистора после подгонки вызванных локализацией изменений материала около края прорези. Для получения большой точности подгонки и во избежание излишнего сужения резистора ширина прорези должна быть не более 20% ширины резистора.

2. Лазерное скрайбирование полупроводниковых пластинок.

Скрайбирование пластинок (очистка поверхности и выполнение надрезов) из полупроводниковых материалов кремния, германия, арсенида галлия и др., выполняют для последующего разделения пластинок на отдельные элементы по линии надреза. Лазерное скрайбирование в настоящее время имеет все более широкое применение практически

вытиснив из производства алмазное скрайбирование. Глубина надреза выполняется пучками лазерного излучения, составляет 40-125 мкм, а ширина 20-40 мкм при толщине пластины 150-300 мкм, как показано ниже на рис. 21.5 и рис. 21.6. Скорость скрайбирования 10-15 см/с. Возможно так же полное механическое разделение пластин на отдельные участки (сегменты).

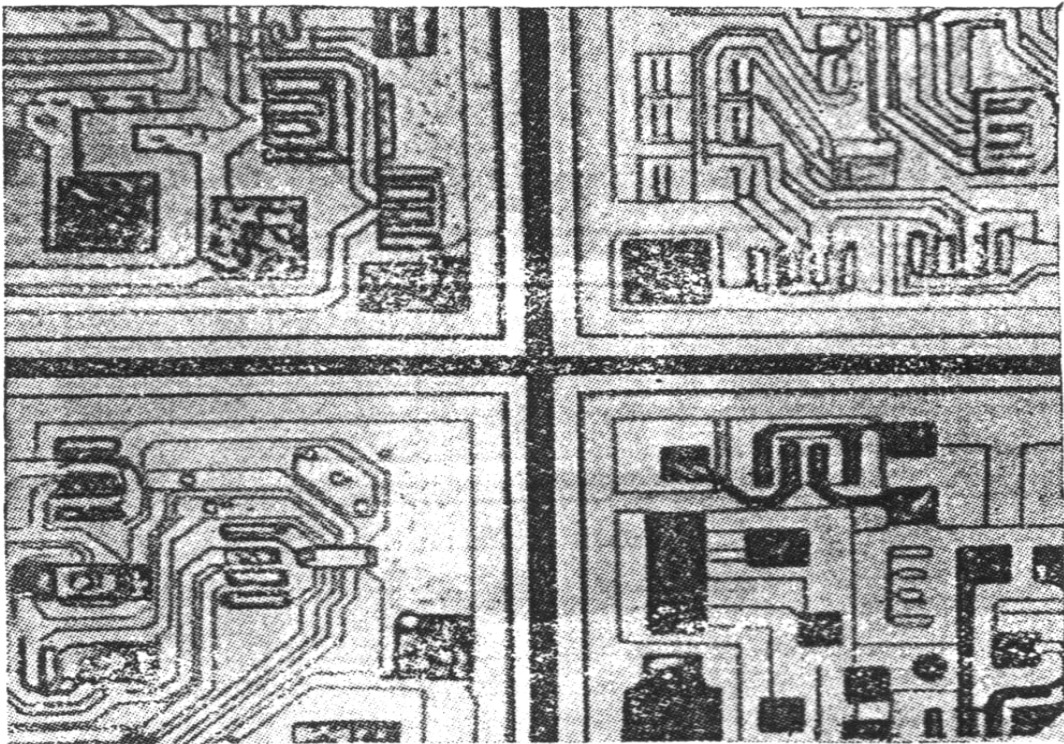


Рис 21.5 Надрезы в кремниевой пластине с нанесенными полупроводниковыми структурами.

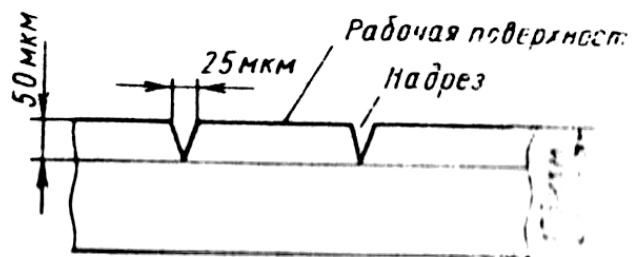


Рис 21.6 Используемые виды корректирующих прорезей резисторов в гибридных интегральных схемах.

Основные преимущества лазерного скрайбирования, по сравнению с механическим, следующие:

- возможность уменьшения выреза модуля до 0,1 мм;

- в 2-3 раза большая постоянная и контролируемая глубина надреза, что дает значительное увеличение выхода годных изделий, при этом алмазное скрайбирование (86-94%) годных;
- отсутствие контакта при воздействии, большая продолжительность и малая зона воздействия (это обеспечивает острую кромку надреза и небольшие напряжения в разрезаемом полупроводнике, что особенно важно при разрезании пластин из арсенида галлия с нанесенными оптоэлектронными структурами);
- большая скорость скрайбирования до 25 см/с, что позволяет значительно увеличить производительность. Так один лазер скрайбир может заменить 10 механических;
- возможность скрайбирования полупроводниковых пластин с нанесенными защитными покрытиями.

Все перечисленное позволяет значительно снизить стоимость полупроводниковых изделий.

3. Лазерное скрайбирование керамических пластин.

Скрайбирование керамических пластин с нанесенными структурами или без них производится для деления их на модули вдоль линии надреза как показано на рис. 21.7, 21.8.

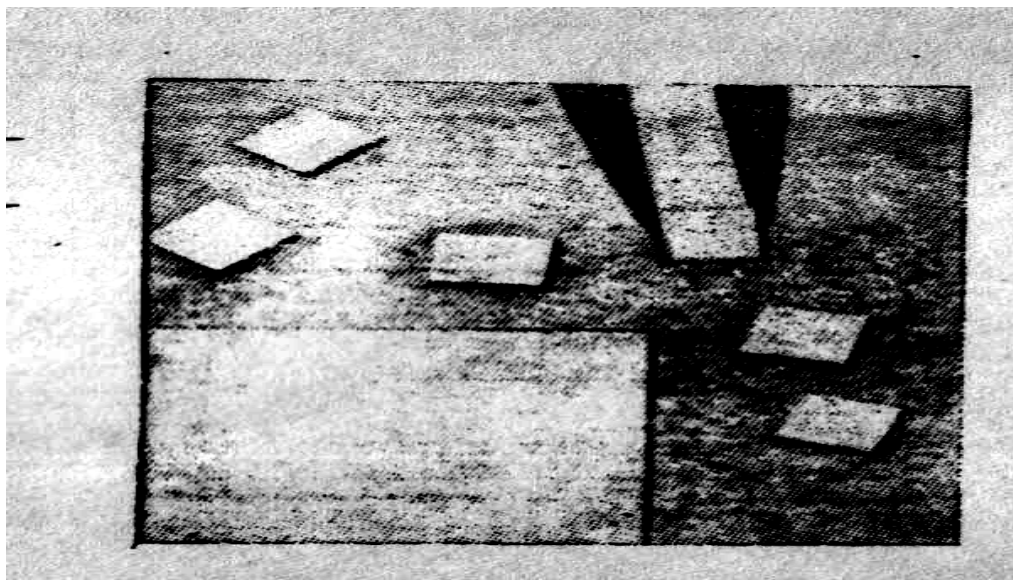


Рис 21.7 Пластины из электрокорундовой керамики, разломленные после скрайбирования CO₂ лазером.

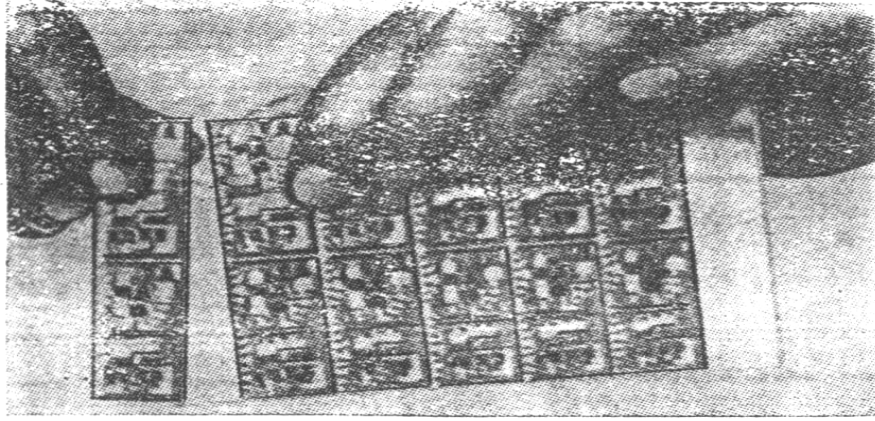


Рис 21.8 Пластины из электрокорундовой керамики с нанесенными структурами гибридных интегральных схем, разламываемые после скрайбирования CO_2 лазером.

Эту операцию можно выполнить специальным алмазным ножом, однако это дает много брака в результате частных повреждений пластин при разламывании их вдоль надреза. Для разламывания скрайбированных пластин из электрокорундовой и бериллиевой керамики применяют CO_2 -лазеры и лазеры на иттрий алюминиевом гранате, работающих в импульсном режиме с высокой частотой следования импульсов. Так у применяемых для скрайбирования керамики CO_2 -лазеров, средняя мощность пучка излучения 20-50 Вт, при мощности импульсов 40-150 Вт, продолжительность импульсов 0,1-5 мс, а частота повторения импульсов 100-1000 Гц. Излучение CO_2 -лазера с длиной волны $\lambda=10,6$ мкм интенсивно поглощается этой керамикой, что обеспечивает высокую интенсивность процесса.

Скрайбирование с применением CO_2 -лазера заключается в выполнении вдоль линии раздела пластины рядом нескольких отверстий диаметром 75-200 мкм, глубиной 100-200 мкм и расположены на расстоянии друг от друга 75-100 мкм. Слой керамики, прилегающем, к отверстиям на глубине 20-50 мкм, в этом случае появляются большие напряжения около 10^4 Н/см², которые облегчают разламывание и деление пластины.

Надрезанные таким образом пластины можно легко и без повреждений разломать рукой вдоль линии надреза, что позволяет исключить брак при выполнении этой технологической операции.

Еще одно достоинство лазерного скрайбирования скорость (до 15 см/с). Лазер может надрезать пластины толщиной 0,1-1,5 мкм. Кроме керамики возможно так же скрайбирование сапфира, стекла и др. материалов с близкими механическими свойствами.