

Лекция 22.

Лазерные технологические операции в производстве радиоэлектронных элементов.

1. Поверхностное нагревание (отжиг) полупроводников.

Локальное повторное нагревание (отжиг) полупроводников с помощью сфокусированного лазерного пучка используют для:

- изменения размещения внедренных ионов;
- уменьшения количества дефектов кристаллической решетки;
- электрической активации примеси;
- образованием полупроводниковых структур;
- исследования процессов эпитаксиальной рекристаллизации;
- формирования контактов;
- плавления металлических пленок, нанесенных на полупроводниковую подложку.

Для выполнения этих операций применяли рубиновые лазеры и лазеры на иттрий алюминиевом гранате. Продолжительность импульса излучения 15-125 мс, частота следования импульса 1-12000 Гц, плотность энергии излучения на поверхности полупроводника 1-2 Дж/см² для рубиновых лазеров и 5-10 Дж/см² для лазеров на иттрий алюминиевом гранате.

Малая продолжительность и большая плотность мощности импульса лазерного излучения позволяют осуществить локальное кратковременное нагревание, плавление полупроводников и соответствующую быструю рекристаллизацию его структуры. Глубина расплавленного слоя 50-450 нм. Рекристаллизация имеет характер эпитаксии из жидкой фазы. Это вызывает перемещение и более глубокое проникновение внедренных ионов или примесей, уменьшение количества дефектов, увеличение электрической активности примесей, образование сплавов, уменьшение поверхностного сопротивления. Плотность мощности излучения на поверхности полупроводника, необходимая для плавления и эпитаксиальной рекристаллизации аморфного слоя легированного кремния, для рубинового лазера не зависит от вида и

величины легирования ($\lambda=0,53$ мкм), тогда как для лазера на иттрий алюминиевом гранате ($\lambda=1,06$ мкм).

Исследования по отжигу полупроводников проводили с использованием пучка излучения аргонового и криптонового лазеров непрерывного действия мощностью 6-20 Вт. Лазерный пучок фокусировался до 10-100 мкм, а скорость перемещения полупроводниковой пластины состоит 1-10 см/с. В этом случае не происходит плавление полупроводника. Рекристаллизация в нагретом около поверхностном слое толщиной 50-100 нм носит характер эпитаксии из твердой массы, что уменьшает количество дефектов без изменения распределения внедренных ионов. Лазерный отжиг полупроводников можно проводить в воздухе, в вакууме или в атмосфере защитного инертного газа.

2. Изготовление масок.

Изготовление масок для интегральных схем и других структур осуществляется фокальным засвечиванием фотопластинок или фокальным удалением тонкого металлического слоя, наложенного на диэлектрическую подложку, используя для этого фокусированный пучок лазерного излучения. Оба метода позволяют изготавливать маски с высокой точностью ($\pm 0,25$ мкм), однако широкому применению их препятствует высокая стоимость.

Для засвечивания фотопластинок использовали пучок излучения аргонового лазера с сфокусированным пятном диаметром 5 мкм. Перемещение пучка и пластины, а так же режимы экспонирования цифровой системы управления. Большая точность метода (маска размером 8×10 дюймов образует 32000 линий перемещений лазерного пучка, каждая линия может складываться из 26000 точек) позволяет изготавливать очень сложные маски. Время изготовления такой маски ≈ 12 мин. Недостатком метода является очень высокие требования к частоте и климату в помещениях, где изготавливаются маски. Для реализации рассмотренных операций используют лазеры на иттрий алюминиевом гранате непрерывного действия с модуляцией добротности, импульсные галлий неоновые лазеры и CO_2 -лазеры непрерывного действия.

3. Исследование полупроводниковых пластин.

Лазерное исследование структуры, дефектов и формы полупроводниковых пластин проводят с применением гелий-неоновых лазеров. Исследование структуры заключается в определении угла ориентации кристаллографической плоскости полупроводника на основе изображений рефлектограмм, полученных при отражении излучения от этих плоскостей на травленной поверхности пластины. Точность измерения угла ориентации кристаллографических плоскостей составляет $15'$.

Другой вид исследований – это разработанный известной фирмой IBM метод обнаружения царапин и микротрещин кремниевых пластин. 600 линий перемещения пучка в течении 1 секунды образует измерительное поле. Изображение дефектов пластины видно на экране.

4. Подгонка емкости керамических конденсаторов.

Подгонка заключается в уменьшении емкости конденсатора путем удаления части одной обкладки с помощью сфокусированного пучка излучения лазера на иттрий-алюминиевом гранате непрерывного действия с модуляцией добротности. Обкладки представляют собой серебряные пленки толщиной 10 мкм, нанесенные на керамическую подложку. Погрешность подгонки емкости менее 0,5% от величины значения фактического номинала.

5. Подгонка номиналов резисторов объединенных в RC цепи.

В электронных технологиях объединенная RC цепь образуется полиэстровой пленкой толщиной 6 мкм с напыленной с обеих сторон пленкой цинка толщиной 40 нм. Цинковые пленки одновременно выполняют роль резисторов и обкладок конденсаторов. Прорезая дорожки в цинковой пленке можно подгонять (увеличивать) номинал резисторов аналогично лазерной подгонке номинал резисторов интегральных схем. Эта операция выполняется во время сворачивания пленки конденсатора. Для этой цели используется лазер на иттрий-алюминиевом гранате непрерывного действия с модуляцией добротности. Продолжительность импульсов ≈ 70 нс. Соответствующим подбором импульсов получают высокое количество прорезей без повреждения подложки. Плотность мощности лазерного пучка порядка 10^7 Вт/см².