

Лекция № 20.

Поглощение лазерного излучения, полупроводники.

1. Физические особенности процесса поглощения.

Поглощение лазерного излучения в полупроводниках протекает различным образом в зависимости от длины волны излучения, плотности энергии и мощности излучения, вида полупроводника, примесей, ориентации кристаллографических осей и состояния поверхности полупроводника. Механизм поглощения излучения полупроводником связан с определенными видами поглощения:

- внутрizonное и межзонное поглощение с образованием пар носителей электрон-дырка, безизлучательная рекомбинация которых, связана с передачей поглощенной энергии кристаллической решетке с увеличением температуры полупроводника;
- поглощение в кристаллической решетке с образованием ионов, которые могут вызвать напряжение и образовать микротрещины в полупроводнике.

Относительно небольшие поглощения наблюдаются для излучения с длиной волны больше границы поглощения (внутрizonные поглощения на свободных носителях). Этот процесс близок к процессу поглощения полупрозрачными телами – объемное поглощение.

Рост температуры полупроводника вызывает сильное увеличение поглощение излучения; например, для кремния при $\lambda=1,06$ мкм и температуре 1000 C^0 коэффициент поглощения составляет 5000 см^{-1} . Для излучения с длинной волны, меньшей границы поглощения, имеет место межзонное поглощение, которое происходит в около поверхностном слое.

2. Структурные изменения полупроводниковых материалов поглощающих лазерное излучение.

Поглощение лазерного излучения полупроводниковыми материалами вызывает в них следующие структурные изменения и разрушения:

- появление напряжений и микротрещин вдоль плоскости спайки кристаллов, связанная с действием фотонов при малой плотности энергии лазерного пучка (до $5-10\text{ Дж/см}^2$); появление трещин зависит от количества образовавшихся фотонов ориентации кристаллографических осей относительно плоскости

действия лазерного пучка и от электропроводности полупроводника (в материалах с большим удельным сопротивлением трещины возникают при меньшей энергии лазерного пучка);

- образование лунок и отверстий в процессе поглощения излучений в результате термического действия, вызвано большой плотностью рекомбинирующих пар электрон – дырка; температура поверхности полупроводника, при которой начинается процесс разрушения поглощающей поверхности примерно 1000 C^0 , что для большинства полупроводников соответствует поглощению излучения с плотностью энергии около 10 Дж/см^2 ;
- появление в материале полупроводника дислокаций, связано с образованием трещин;
- разложение полупроводниковых соединений на исходные химические элементы; так на поверхности лунки могут образовываться слои галлия или индия рекристаллизовавшегося в виде поликристаллических дендритных структур.

Поглощение лазерного излучения в полупроводниках может вызвать и другие явления. Так для кремния обнаружено появление под влиянием поглощенного лазерного импульса эмиссии излучения в сплошном спектре, соответствующее излучению черного тела с температурой 1500 K .

Область изменений в материале полупроводника, примыкающих к месту действия лазерного пучка, зависит от поглощенной энергии и длительности лазерного импульса. Эти изменения довольно значительны при воздействии свободных генерированных импульсов излучения твердотельных лазеров. При воздействии коротких импульсов (около $0,2\text{ мкс}$) малой энергии используемых для лазерного скрайбирования полупроводниковых пластин, область изменений в материале не превышает в глубину 50 мкм .