

ИНЖЕКЦИОННЫЙ ЛАЗЕР НА ГОМОПЕРЕХОДЕ

Сиддиқов Рустамжон Ўктамович

Кокандский филиал Ташкентского государственного
технического университета имени Ислама Каримова

sidrus1073@mail.ru

Аннотация:

В статье приведены рассуждения о генерации когерентного излучения и о полупроводникового инжекционного лазера.

Ключевые слова: полупроводник, инжекция, гомопереход, лазер, когерент, уровень Ферми, валентная зона.

INJECTION LASER ON A HOMO TRANSITION

Siddiqov Rustamjon O'ktamovich

“Kokand branch of Tashkent State Technical University”

sidrus1073@mail.ru

Abstract:

The article discusses the generation of coherent radiation and the semiconductor injection laser.

Keywords: semiconductor, injection, homo transition, laser, coherent, fermi level, valence band.

Полупроводниковый лазер, в котором генерация когерентного излучения осуществляется в результате инжекции носителей заряда через электронно-дырочный переход, получил название инжекционного лазера.

В лазере на гомопереходе накачка осуществляется в области р-п перехода, где участки р- и п-типа, выполненные из одного и того же материала (например, GaAs), являются своего рода вырожденными полупроводниками. Это означает, что концентрации доноров и акцепторов здесь настолько велики (10^{18} атомов/см³), что уровни Ферми попадают в валентную зону для р-типа E_{Fp} и в зону проводимости для п-типа E_{Fp} . Когда переход сформирован, а напряжение смещения еще не приложено, структура энергетических зон будет иметь вид, как это показано на рис. 1.a, где оба уровня Ферми имеют одинаковые энергии, т. е. лежат на одной горизонтальной линии. Когда прикладывается прямое напряжение смещения V , два уровня Ферми становятся разделенными промежутком $\Delta E = eV$, см. рис. 1.b. Из этого рисунка видно, что в

области перехода электроны инжектированы из n – области в p – область, а дырки – в n – область.

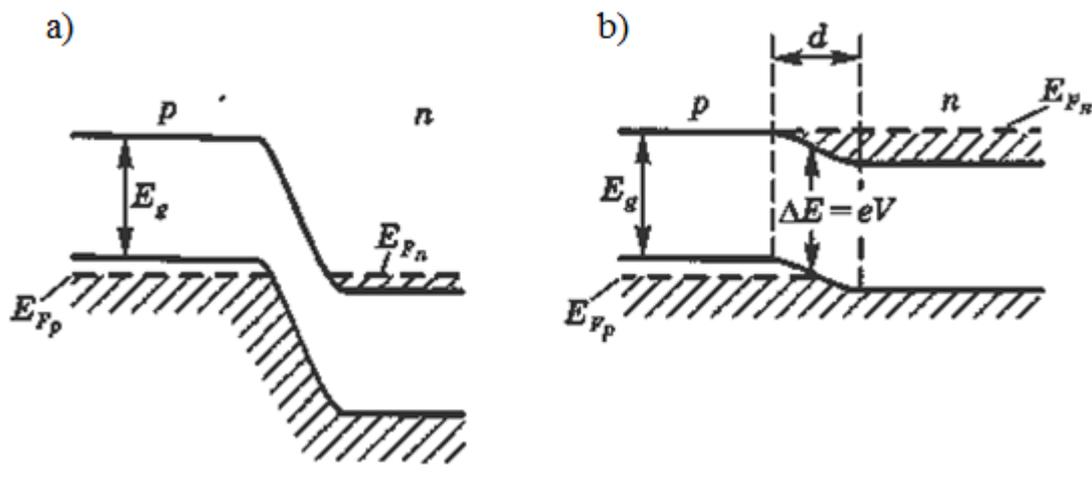


Рис. 1. Зонная структура р-п перехода инжекционного лазера в отсутствие напряжения смещения (а) и при смещении в прямом направлении (б).

Таким образом, при подходящем значении плотности тока может быть достигнуто условие прозрачности, а следовательно, и пороговое условие генерации. В действительности, одно из главных ограничений для таких устройств обусловлено очень маленьким потенциальным барьером, который встречается на пути электрона зоны проводимости, когда последний достигает области р-типа в переходе. После чего данный электрон может проникнуть в материал р-типа, где он становится неосновным носителем, рекомбинируя с дыркой. Глубина проникновения электрона d , согласно теории диффузии, дается выражением $d = \sqrt{D\tau}$, где D – коэффициент диффузии и τ – среднее время жизни электрона до рекомбинации. Для материала GaAs имеем $D = 10 \text{ см}^2/\text{с}$ и $\tau = 3 \text{ нс}$, так что глубина d составляет примерно 1 мкм, а это означает, что активная область является достаточно толстой и ограничена скорее длиной диффузии d , чем толщиной обедненного слоя ($\sim 0,1 \text{ мкм}$).

При комнатной температуре лазеры на гомопереходах обладают очень высокой пороговой плотностью тока ($J \gg 10^5 \text{ А/см}^2$), которая препятствует получению непрерывного режима генерации лазера при таких температурных условиях (без разрушения кристалла за очень короткое время). Столь высокое пороговое значение обусловлено двумя основными причинами:

- толщина активной области ($d \ll 1 \text{ мкм}$) весьма велика, и пороговый ток, будучи пропорциональным объему активной среды, пропорционален и ее толщине;
- лазерный пучок, обладая сравнительно большим поперечным размером, проникает в р- и n-области достаточно глубоко, где он претерпевает сильное поглощение.

В силу этих причин лазеры на гомопереходах могут работать в непрерывном режиме только при криогенных температурах (обычно при температуре жидкого азота $T = 77$

К). Характеристики инжекционных лазеров существенно улучшаются при применении не «обычных» р-п переходов, изготовленных на основе гомогенных материалов, а гетеропереходов.

Роль оптического резонатора в инжекционном лазере выполняют грани кристалла, с нанесенными серебряными покрытиями, плоскости которых перпендикулярны плоскостям р-п перехода. Причем идеально ровные и одновременно параллельные грани получают путем скола вдоль определенных кристаллографических направлений полупроводника. Боковые грани кристалла скашиваются под некоторым углом, чтобы предотвратить возникновение генерации в этом направлении.

Литература

1. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. М.: Высш. школа, 2001.
2. Звелто О. Принципы лазеров. СПб.: Изд-во «Лань», 2008.
3. Сиддиқов, Рустамжон Ўктамович. "СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ФОТОРЕЗИСТИВНЫХ И ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК ХАЛЬКОГЕНИДОВ КАДМИЯ." Science and Education 2.3 (2021): 221-225.
4. Сиддиқов, Рустамжон Ўктамович. "Люминесценция в полупроводниках." Science and Education 4.2 (2023): 810-815.
5. Siddiqov, Rustamjon O'ktamovich, and Abror Qahramonovich Asqarov. "Blox funksiyasining hisoblash usullari." Science and Education 3.4 (2022): 22-26.