

НЕЛИНЕЙНОЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА В НЕОДНОРОДНО ИНВЕРТИРОВАННОМ ПОЛУПРОВОДНИКЕ

Л.А.Ривлин

Некоторые экспериментальные особенности динамики излучения полупроводниковых квантовых генераторов [1-5] дают основания полагать, что полупроводниковая структура, состоящая из чередующихся участков с различными положениями квазиуровней Ферми μ (например, лазер с изолированными областями инжекции [6,7]), образует нелинейную устойчивую среду с отрицательным поглощением, аналогичную известным двухкомпонентным средам [8-10], со следующим механизмом нелинейности.

В полупроводниковой структуре, устойчивой в исходном состоянии, под воздействием света происходит повышение μ_m на поглощающем участке и понижение μ_n на усиливающем, что сопровождается изменением соответствующих коэффициентов отрицательного поглощения g_m и g_n . В силу асимметрии частотной зависимости коэффициента поглощения эти изменения протекают для заданной частоты света ω с разными скоростями:

$$\frac{dg_m}{dt} > - \frac{dg_n}{dt}.$$

Поэтому полный коэффициент отрицательного поглощения $g = \gamma_n g_n + \gamma_m g_m$ вначале растет, пока не произойдет насыщение участка поглощения, а затем падает по мере приближения к насыщению усиливающего участка ($\gamma_m + \gamma_n = 1$ — относительные протяженности участков структуры). Такой ход типичен для устойчивых двухкомпонентных сред [8-10] и позволяет объяснить данные опыта [1-5].

Можно показать, что для модели с постоянной плотностью состояний ρ_B в валентной зоне и экспоненциальной зависимостью

$$\rho = \rho_n \exp \frac{E}{E_0}$$

от энергии E в зоне проводимости [11] при температуре $T = 0$ такая среда, в которой

$$g(\hbar\omega) = (cA)^{-1} \left\{ \left[\gamma_n - \exp\left(-\frac{\mu_B}{E_0}\right) \right] \exp \frac{\hbar\omega}{E_0} + \gamma_m \exp \frac{\mu_m}{E_0} \right\},$$

а скорость его изменения под действием квазимонохроматического светового потока с объемной концентрацией фотонов N равна

$$\frac{dg}{dt} = \frac{\gamma_m N}{cA^2 E_0 \rho_{\Pi}} \left[\exp \frac{\hbar \omega - \mu_B}{E_0} - \exp \frac{\mu_m}{E_0} \right] > 0,$$

реализуется в интервале энергий $\mu_m + \mu_B < \hbar \omega < \mu_n$ при условии

$g_0 < \alpha < \gamma_n g_n$, где c — скорость света в среде, $A \simeq \text{const}$, μ_m и μ_n квазиуровни Ферми для электронов, μ_B — для дырок, отсчитываемые от потолка валентной зоны, g_0 — исходное значение g , α — коэффициент диссипативного поглощения.

Поступило в редакцию
12 сентября 1967 г.
После переработки
17 октября 1967 г.

Литература

- [1] В.Д.Курносков, В.И.Магальяс, А.А.Плешков, Л.А.Ривлин, В.Г.Трухан, В.В.Цветков. Письма ЖЭТФ, 4, 449, 1966.
- [2] В.Д.Курносков, А.А.Плешков, Г.С.Петрухина, Л.А.Ривлин, В.Г.Трухан, В.В.Цветков. Письма ЖЭТФ, 5, 77, 1967.
- [3] Ю.А.Дрожбин, Ю.П.Захаров, В.В.Никитин, А.С.Семенов, В.А.Яковлев. Письма ЖЭТФ, 5, 180, 1967.
- [4] В.И.Магальяс, А.А.Плешков, Л.А.Ривлин, А.Т.Семенов, В.В.Цветков. Письма ЖЭТФ, 6, 550, 1967.
- [5] Л.А.Ривлин, В.С.Шильдяев. Письма ЖЭТФ, 6, 659, 1967.
- [6] G.J.Lasher. Solid State Electronics, 7, 707, 1964.
- [7] Н.Г.Басов, Ю.П.Захаров, В.В.Никитин, А.А.Шеронов. ФТТ, 7, 3128, 1965.
- [8] Л.А.Ривлин. Авторское свидетельство № 166149 от 3/VII-1963; Бюллетень изобретений, вып. 21, 1964; ЖЭТФ, 47, 624, 1964.
- [9] Н.Г.Басов, Р.В.Амбарцумян, В.С.Зуев, П.Г.Крюков, В.С.Летохов. ЖЭТФ, 50, 23, 1966.
- [10] Л.А.Ривлин. Радиотехника и электроника, 10, 665, 1965; 12, 278, 1967.
- [11] G.Lasher, F.Stern. Phys. Rev., 133, A533, 1964.