ՄԻԻ ԳՈՐԾԱԿԻՑՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՈՒՆԻՎԵՐՍԱԼ ԾՐԱԳԻՐ ԵՎ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ԱԼԳՈՐԻԹՄՆԵՐ

Հ. Մ. ԱՅՎԱԶՅԱՆ

էՀՄ-ի վրա գնդաձև մասնիկների էլեկտրամագնիսական ճառագայթման դիֆրակցիայի խնդիրում միլիմետրանոց և ենթամիլիմետրանոց տիրույթի ալիքների թուլացման և ռադիոլոկացիոն անդրադարձման հաշվարկման նպատակով, հետազոտված են ալգորիթմներ և մշակված է հաշվարկի ունիվերսալ ծրագիր։

A PROGRAM FOR MIE COEFFICIENTS COMPUTATION

H. M. AIVAZYAN

Some algorithms for the computation of diffraction of electromagnetic radiation by spherical particles in problems of extinction and backscattering of millimeter and sudmillimeter waves in clouds were considered and a general computation program was developed.

Изв. АН Армении, Физика, т. 26, вып. 3, с. 130—132 (1991)

УДК 621.373.5

ЭФФЕКТ НАСЫЩЕНИЯ ПРИМЕСНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ С КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫМИ СЛОЯМИ (КРС)

А. Г. АЛЕКСАНЯН, Ал. Г. АЛЕКСАНЯН, Г. С. НИКОГОСЯН

Институт радиофизики и электроники АН Армении

(Поступила в редакцию 25 октября 1990 г.)

Получены выражения для поляризации и коэффициента поглощения в легированных гетероструктурах с учетом эффекта насыщения. Исследуются некоторые предельные случаи.

Перспективность применения полупроводниковых гетероструктур с квантовыми размерными слоями (КРС) в современной твердотельной электронике [1] делает необходимым рассмотрение в них различных нелинейных процессов.

В последнее время, в связи с созданием на их основе гетеролазеров с улучшенными характеристиками [1], оптических бистабильных элементов [2], находящих применение в различных оптоэлектронных системах, вновь возрос интерес к одному из важных явлений нелинейной оптики полупроводников—насыщения поглощения излучения.

В работе [3] рассмотрено нелинейное поглощение излучения (эффект насыщения) в полупроводниковых гетероструктурах с КРС в случае прямых междузонных переходов. Несомненно, представляет интерес рассмотрение аналогичных эффектов, когда оптические переходы проис-

ходят без сохранения квазиимпульса электрона, например, переходы типа: зона проводимости—акцепторный уровень, примесный уровень—«хвост» примесных состояний вблизи дна зоны проводимости и т. д.

Целью настоящей работы является рассмотрение нелинейного примесного поглощения в гетероструктурах с КРС.

Для решения поставленной задачи нами вычислена мнимая часть комплексной восприимчивости, определяющая поглощение в системе в зависимости от напряженности поля E

$$\chi = \mu^2 a^3 N_0 \hbar\Gamma \frac{0{,}5\,\dfrac{m^*}{\pi\hbar^2 d}\cdot I}{1+(R^2 m^*/N_0\pi\hbar^2 d)I}, \qquad (1)$$

где $I=(\hbar^2\Gamma^2+R^2)^{-1/2}\left[\dfrac{\pi}{2}+\operatorname{arctg}\dfrac{\hbar\omega-(\varepsilon_1+\Delta)}{(\hbar^2\Gamma^2+R^2)^{1/2}}\right]$, $R^2=\dfrac{1}{2}\mu^2E^2\dfrac{\Gamma}{\gamma}\cdot a^3N_0$, $\varepsilon_1=\pi^2\hbar^2/2m^*d^2$, μ — дипольный матричный элемент, $a=(e^2/\varkappa I)$—«радиус» примесного центра, I—потенциал ионизации примеси, $\varkappa$—статистическая диэлектрическая проницаемость, m^*—эффективная масса электрона, d—толщина квантового слоя, γ^{-1} и Γ^{-1}—времена междузонной рекомбинации и импульсной релаксации в подзоне соответственно, N_0—концентрация акцепторных центров. Здесь предполагалось, что имеется узкая акцепторная зона и плотность состояний в ней описывается соотношением $\rho^v=N_0\delta(\varepsilon+\Delta)$, где Δ — расстояние между дном зоны проводимости и акцепторным уровнем невозмущенного полупроводника.

В отличие от объемных образцов [4] здесь появляется зависимость от d, с уменьшением которого уменьшается значение насыщающего поля E.

Коэффициент поглощения на произвольной частоте слабого поля E_1 в зависимости от сильного поля накачки E имеет вид

$$K(\omega)=\mu^2a^3N_0\,\frac{2\omega m^*}{c\hbar^3 d\Gamma}\cdot\left(\frac{\pi}{2}+\operatorname{arctg}\frac{\hbar\omega-\varphi_E}{\hbar\Gamma}\right). \qquad (2)$$

Квазиуровень Ферми φ_E является функцией частоты и величины поля накачки и в случае, когда время замедления неравновесных носителей, образовавшихся при поглощении излучения, меньше рекомбинационного γ^{-1} ,определяется следующим образом

$$\varphi_E=\frac{0{,}5R^2I}{1+(R^2m^*/N_0\pi\hbar^2 d)}.$$

Анализ выражения (2) показывает, что величина K(ω) в ряде предельных случаев совпадает с формулами работы [3] и отличается

---

* ħ—постоянная Планка с чертой.

лишь множителем a^3N_0, который возникает из-за нарушения закона сохранения квазиимпульса.

Если устремить поле накачки E к насыщенному полю, то $K(\omega)$ обращается в нуль лишь при $\Gamma \to 0$. При этом имеется в виду, что поле E ограничено условием $\alpha \leqslant \Gamma$, где α частота междузонного перехода с учетом интенсивности внешнего поля и размерного квантования.

Из (1) также следует, что:

1. $K(\omega) = \dfrac{2\pi\omega}{c}\chi(\omega)$ — отлично от нуля для $\hbar\omega = \varepsilon_1 + \Delta$ и $\Gamma = 0$, что связано с отличной от нуля плотностью состояний из-за КРЭ, более того $K(\omega) \neq 0$ и для $\hbar\omega < \varepsilon_1 + \Delta$ при $\Gamma \neq 0$.
2. $K(\omega) = 0$ при $\hbar\omega < \varepsilon_1 + \Delta$ и $\Gamma = 0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Голоньяк Н. Н.* мл. ФТП, 19, 1529 (1985).
2. *Рывкин Б. С.* ФТП, 19, 3 (1985).
3. *Алексанян Ал. Г., Мирзабекян Г. Э.* I Всесоюзная конференция по физическим основам твердотельной электроники, Л., с. 101, 1989.
4. *Лисовец Ю. П., Полуэктов И. Е., Попов Ю. М. Препринт* ФИАН СССР, № 149, М., 1969.

ԽԱՌՆՈՒՐԴԱՅԻՆ ԿԼԱՆՄԱՆ ՀԱԳԵՑՄԱՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹԸ ՔՎԱՆՏԱՉԱՓԱՅԻՆ ՇԵՐՏԵՐՈՎ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴՉԱՅԻՆ ՏԱՐԱԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐՈՒՄ

Ա. Գ. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ, Ալ. Գ. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ, Հ. Ս. ՆԻԿՈՂՈՍՅԱՆ

Ստացված են լեգիրացված տարակառուցվածքներում բևեռացման և կլանման գործակցի արտահայտությունները հաղեցման երևույթը հաշվի առնելու դեպքում։ Հետազոտվում են մի քանի սահմանային դեպքեր։

SATURATION EFFECT OF IMPURITY ABSORPTION IN SEMICONDUCTOR HETEROSTRUCTURES WITH SIZE-QUANTIZED LAYERS

A. G. ALEKSANYAN, AL. G. ALEKSANYAN, H, S. NIKOGOSYAN

Expressions for the polarization and absorption coefficient in doped hetostructures are obtained taking into account the saturation effect. Some limiting cases are investigated.