

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ УСИЛЕНИЯ ГИПЕРЗВУКА СВЕТОМ В УСЛОВИЯХ РАЗМЕРНОГО КВАНТОВАНИЯ

В. С. САРДАРЯН, А. О. АЗИЗЯН

В работе [1] было показано, что в поле сильной электромагнитной волны в собственных полупроводниках энергетический спектр электронов и дырок перестраивается: возникают запрещенный и разрешенные участки в валентной зоне и зоне проводимости. Импульс, при котором происходит разрыв в спектре, зависит от частоты сильной электромагнитной волны и ширины запрещенной зоны. При этом задача решается точно [2].

Цель настоящей работы заключается не в самом расчете спектра электронов, а скорее всего в применении идеи о перестройке спектра при генерации гиперзвуковых колебаний в среде с током.

Рассмотрение задачи в условиях размерного квантования показывает, что в спектре электронов и дырок пленки также возникают разрешенные и запрещенный участки; при этом оказывается, что ширина щели и разрешенного участка зависит не только от параметров электромагнитной волны, но и от толщины пленки d . Причина этого заключается в том, что волновые функции пленки не описывают состояний с определенным импульсом, так что учет фотонного импульса необходим (в работе [1] импульсом фотона пренебрегалось).

Расчет, проведенный аналогично [2], для величины щели дает выражение

$$2|V| = \frac{e}{\Omega} |E_{op} v_{cv} F_l^s(k_z)|, \quad (1)$$

а для ширины разрешенной зоны —

$$\varepsilon_0 = \frac{\hbar\Omega}{2} - \frac{\Delta}{2} - \frac{\pi^2 \hbar^2 (l^2 + s^2)}{4m^* d^2} - |V|, \quad (2)$$

где Ω — частота электромагнитной волны, E_{op} — амплитуда волны в плоскости пленки,

$$v_{cv} = \frac{1}{m^*} \int u_c^* \hat{p} u_v d\rho,$$

l, s — номера пленочных подзон соответственно в валентной зоне и в зоне проводимости, k_z — фотонный импульс,

$$F_l^s(k_z) = - \frac{i 8 \pi^2 l s k_z d}{(l^2 - s^2)^2}, \quad l \neq s,$$

u_c, u_v — блоховские функции.

Выберем квантованную пленку в виде ступеньки с двумя разными толщинами d_1 и d_2 . Используя соотношения (1) и (2), можно подобрать такую частоту Ω сильной электромагнитной волны, при которой в пленке с толщиной d_1 возникает щель в n -ой пленочной подзоне, а в пленке с толщиной d_2 — в m -ой подзоне.

Представляет интерес случай, когда возбужденная подзона в пленке с толщиной d_1 оказывается ниже по энергии, чем невозбужденная подзона в пленке с толщиной d_2 (под возбужденной будем понимать подзону с большим номером). Так, например, при значениях

$$d_1 \sim 400 \text{ \AA}, d_2 \sim 300 \text{ \AA}, m^* \sim 5 \cdot 10^{-29} \text{ г}, E_{op} \sim 10^4 \frac{\text{эВ}}{\text{см}},$$

$$|v_{cv}| \sim 3 \cdot 10^8 \frac{\text{см}}{\text{сек}}, l_1 = 2, S_1 = 3, l_2 = 1, s_2 = 2$$

для величин ε_{01} и ε_{02} будем иметь $\varepsilon_{02} \sim 5,15 \cdot 10^{-14}$, $\varepsilon_{01} \sim 4,7 \cdot 10^{-14}$ эрг. Легко убедиться, что при распространении слабого гиперзвука с частотой $\omega \sim \frac{i}{\hbar} (\varepsilon_{01} - \varepsilon_{02})$ произойдет переход электронов из подзоны с меньшим номером в подзону с большим номером с испусканием фононов.

Волновое число излученного фонона будет величиной порядка

$$q \sim \frac{p_{01} - p_{02}}{\hbar} \sim \frac{\sqrt{2m^*\varepsilon_{01}} - \sqrt{2m^*\varepsilon_{02}}}{\hbar} \sim 10^5 \text{ см}^{-1},$$

что дает для скорости звука значение

$$v_s = (\varepsilon_{01} - \varepsilon_{02}) [(2m^*\varepsilon_{01})^{1/2} - (2m^*\varepsilon_{02})^{1/2}]^{-1} \sim 10^8 \frac{\text{см}}{\text{сек}}.$$

Разумеется, цепь должна быть замкнутой, т. е. со стационарным током, с тем, чтобы из-за такого рода переходов не было накопления зарядов.

Поступила 11.VII.1972

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Галицкий, С. П. Гореславский, В. Ф. Елесин. ЖЭТФ, 57, 201 (1969).
2. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Квантовая механика, Изд. Наука, 1963, стр. 173.

**ՉԱՓԱՅԻՆ ՔՎԱՆՏԱՑՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԼՈՒՅՍԻ ՄԻՋՈՑՈՎ
ԳԻՊԵՐԶՎԱՅԻՆ ՈՒԺԵՂԱՑՄԱՆ ՄԻ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ**

Վ. Ս. ՍԱՐԴԱՐՅԱՆ, Հ. Հ. ԱՋԻՋՅԱՆ

Օգտագործելով էլեկտրամագնիսական դաշտում թիթեղի էլեկտրոնային սպեկտրում էներգետիկ ճեղքի կախվածությունը թիթեղի հաստությունից, դիտարկված է շափալին քվանտացման պայմաններում գիպերձայնի ուժեղացման հնարավորությունը:

ON THE POSSIBILITY OF SUPERSONIC GAIN BY LIGHT UNDER THE CONDITIONS OF SIZE QUANTIZATION

V. S. SARDARIAN, H. H. AZIZIAN

Using the dependence of the energy gap in the electron spectrum of the film in electromagnetic field on the film thickness the possibility of supersonic gain under the condition of size quantization is considered.