УДК 538.9

УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭФФЕКТ ВИБРАЦИОННОГО РЕЗОНАНСА В ЛАТЕРАЛЬНОЙ СВЕРХРЕШЕТКЕ

И. И. МАГЛЕВАННЫЙ, Т. И. КАРЯКИНА
Волгоградский государственный
социально-педагогический университет
Волгоград, Россия

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Искусственно выращенные квазидвумерные структуры – латеральные сверхрешетки – могут служить эффективным средством усиления слабых информационных сигналов [1]. В данной работе проводится идея оптимизации передачи низкочастотного сигнала путем настройки мультистабильного фильтра на основе латеральной сверхрешетки под влиянием высокочастотного периодического воздействия – эмулятора шума (вибрационный резонанс [2]). Используемая эквивалентная электрическая схема (см. [1]) содержит сверхрешетку поперечного (в направлении *OY*) размера *L*, зашунтированную сопротивлением *R*, входной информационный сигнал – источник напряжения $U(t)=U_0\cos\Omega t$, высокочастотное внешнее воздействие $\delta U(t)=W_0\cos(k\Omega t)$, где $k>>1$, и источник тянущего постоянного поля E_x (оси *OX* и *OY* направлены под углом 45° по отношению к главным осям [01] и [02] простой квадратной решетки с периодом *d*). Параметром порядка служит спонтанное поперечное электрическое поле E_y, определяющее отклик системы – выходной сигнал $U_{AB}=LE_y$. Внутренними управляющими параметрами являются тянущее поле E_x и температура образца *T*.

Определим масштабные множители – единицы измерения напряженности электрического поля $E_0=\hbar/(e\tau_0 d)$, проводимости $\sigma_0=ne^2\Delta d^2\tau_0/\hbar^2$, плотности тока $j_0=E_0\sigma_0$, температуры $T_0=\Delta/k_B$, частоты $\Omega_0=4\pi\sigma_0/\varepsilon$, и времени $t_0=\varepsilon/(4\pi\sigma_0)$. Здесь τ_0 – время релаксации квазиимпульса, 2Δ – ширина зоны проводимости, n – концентрация (далее – невырожденных) носителей заряда, k_B – постоянная Больцмана. В нормализованных переменных уравнение динамики параметра порядка имеет вид [1]:

$$\frac{dE_y}{dt}=-\frac{\partial\Phi}{\partial E_y}+rA_0\cos\Omega t+rB_0\cos(k\Omega t)\ ,\ E_y|_{t=0}=E_{y0}\ ,$$

где Φ – синергетический потенциал [1],

$$\Phi(E_y,E_x,T)=\frac{I_1(1/2T)}{4I_0(1/2T)}\ln[(1+E_x^2+E_y^2)^2-4E_x^2E_y^2]+r\frac{E_y^2}{2},$$

$A_0=\dfrac{U_0}{E_0L}$; $B_0=\dfrac{W_0}{E_0L}$; $r=\dfrac{R_{cp}}{R}$; $R_{cp}=\dfrac{L^2E_0^2\tau_0}{V\Delta n}$; V – объем образца; $I_n(z)$ – модифицированная функция Бесселя.

Потенциал Ф при некоторых значениях управляющих параметров является мультистабильным. На рис. 1, *а* представлены результаты компьютерного моделирования бифуркационного множества (сепаратрисы) для потенциала Ф. Плоскость управляющих параметров разбивается на открытые подмножества I, II, в каждом из которых схематически представлены профили потенциала, которые являются одноямными или двуямными соответственно. Вдоль сепаратрисы точки минимума становятся вырожденными (например, в точках A и C). В этих точках достигается резонансный максимум отклика при $B_0 = 0$ [1].

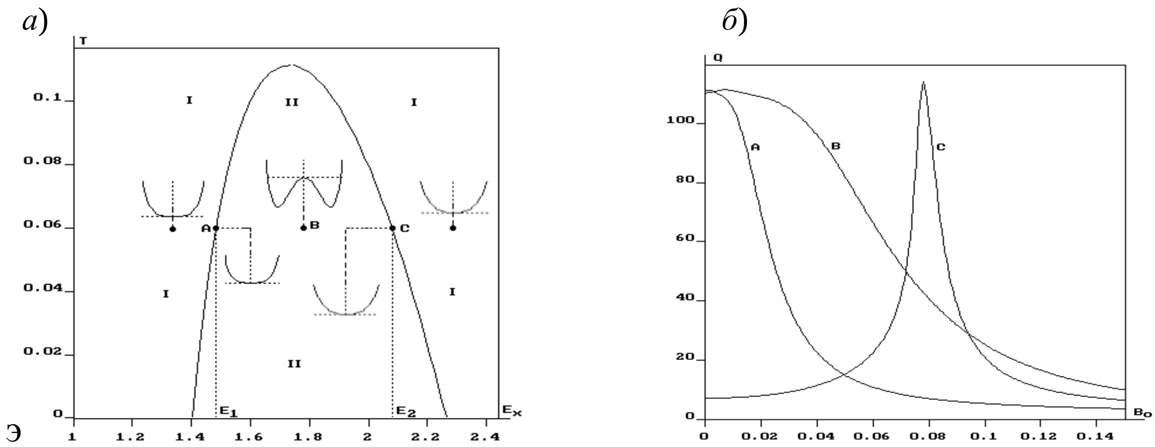

Рис 1. Результаты компьютерного моделирования: *а* – бифуркационное множество синергетического потенциала при $r = 0{,}11$; *б* – зависимость амплитудного коэффициента от амплитуды B_0 при $r = 0{,}11$, $\mathrm{T} = 0{,}06$ (обозначения кривых соответствуют значениям параметров, которые представлены соответствующими точками на рис. 1, *а*)

Для характеристики фильтрационных свойств системы используем амплитудный коэффициент на основной частоте $Q = \sqrt{B_s^2 + B_c^2}/A_0$ (где B_s и B_c – синус- и косинус-компоненты выходного сигнала) [1].

Численные эксперименты показали, что отклик системы может быть оптимизирован выбором подходящего значения амплитуды B_0 при фиксированных значениях управляющих параметров – эффект классического вибрационного резонанса в бистабильной системе [2]. Ситуация проиллюстрирована на рис. 1, *б*, кривая *C*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Maglevanny, I. I.** Weak signals amplification through controlled bifurcations in quasi-two-dimensional electron gas / I. I. Maglevanny, V. A. Smolar, T. I. Karyakina // Нелинейная динамика. – 2018. – Т. 14, № 4. – С. 453–472.

2. **Landa, P. S.** Vibrational resonance / P. S. Landa, P. V. E. McClintock // J. Phys. A: Math. Gen. – 2000. – Vol. 33. – P. L433–L238.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/