

УДК 621.383.4/5

О новых режимах работы фотоприемников

В. В. Карпов, М. А. Савченко

ОАО «Московский завод "Сапфир"», Москва, Россия

Рассмотрены возможности перехода работы фотоприемника в режим передачи сигнала в виде солитонов, т. е. связанных фононных состояний.

Как известно, для понижения уровня шумов фоточувствительных элементов (ФЧЭ) фотоприемников в диапазоне 3—14 мкм они охлаждаются в температурном интервале $30\text{ К} \leq T \leq 70\text{ К}$.

Эффективный шум при произвольной ангармоничности определяется квантовыми флуктуациями, которые существуют в области низких температур. При увеличении эквивалентных температур шумов (увеличение шумов может быть вызвано колебаниями фоточувствительного элемента относительно входного окна или колебаниями монтажа проводов и корпуса фотоприемника) за счет внешних помех может оказаться, что эффективные температуры сигнала и шума совпадают. Это эквивалентно тому, что в сигнале происходит фазовый переход, который может быть переходом как второго рода (амплитуда сигнала не непрерывна в точке фазового перехода), так и первого (амплитуда меняется скачкообразно).

При скачкообразном фазовом переходе (первого рода) амплитуда сигнала оказывается выше температуры шума, и при дальнейшем понижении температуры сигнала фотоприемник может обладать достаточно хорошей обнаружительной способностью D^* .

Рассмотрим простейший случай, когда векторы падающего электромагнитного поля E_i и H_i направлены

вдоль выделенных осей. Тогда, используя свободную энергию сигнала, можно записать уравнения ренольмализационной группы для флуктуации рассматриваемых полей и показать, что при дальнейшем понижении температуры сигнала система будет переходить из одного стационарного состояния в другое через фазовый переход с различным числом поляризации полного сигнала.

Такой метод позволяет выделить все состояния фотоприемника и определить, какие из них являются наиболее устойчивыми к заданному уровню шума в системе. При этом не следует сильно повышать мощность сигнала на входе или перестраивать частоту. Фотоприемник может эффективно работать в условиях повышенного уровня шумов, и его отстройка от помех связана с увеличением энергии сигнала, т. е. его амплитуды. При скачкообразном фазовом переходе возможны связанные фононные состояния — солитоны [1], т. е. сигнал может передаваться в виде солитонов, которые устойчивы к воздействию высокочастотного электромагнитного поля, и фотоприемник переходит в более устойчивый режим работы с максимальной удельной обнаружительной способностью ($\lambda_{\text{max}} = 10,9\text{ мм}$, $D^* = 3,6 \cdot 10^{10}\text{ см} \cdot \text{Гц} \cdot \text{Вт}^{-1}$) [2] (см. приложение).

Приложение

Если система характеризуется не одним параметром порядка, а несколькими S_{0i}, \dots, S_{0p} , то имеется набор величин $\Gamma_i(x)$ при инвариантах четвертого порядка. Следовательно, возникает система нелинейных дифференциальных уравнений

$$-\Gamma'_i = \psi_i(\Gamma_1, \dots, \Gamma_s, \dots, \Gamma_k).$$

При движении из неупорядоченной фазы первая компонента электромагнитного поля будет сильно флуктуирующей, а собственные флуктуации остальных компонентов будут слабее. Уравнения ренорм-группы в этом случае будут иметь вид

$$\begin{aligned} -\Gamma'_{1i} &= 10\Gamma_{11}^2 + 2\Gamma_{51}^2 \\ -\Gamma'_{1,i+1} &= 2\Gamma_{4\ i+1,1}^2 + 2\Gamma_{6\ i+1,1}^2 \\ -\Gamma'_{4\ i+1,1} &= 8\Gamma_{11}\Gamma_{4\ i+1,1} \end{aligned}$$

.....

$$-\Gamma'_{6\ i+1,k} = 4\Gamma_{4\ i+1,1}\Gamma_{6\ 1,k}$$

Решение этих уравнений будет иметь вид

$$\begin{aligned} \Gamma_{1\ i+1}(x) &= \alpha_1 - \beta_1 x^{\delta_1}, \\ \Gamma_{5\ i+1}(x) &= \alpha_5 - \beta_5 x^{\delta_5}. \end{aligned}$$

Отсюда видно, что после того как произошел переход в состояние со второй компонентой, температуры перехода остальных составляющих сигнала уменьшаются, и возникает N стационарных состояний с различным числом поляризаций полного сигнала. При $\alpha = 1/2$, $\beta = 1/2$ получаем известную формулу для удельной обнаружительной способности фотоприемника D^* .

Л и т е р а т у р а

1. Долганин Ю. Н., Карпов В. В., Савченко М. А. Тез. докл. на междунар. конф. по оптоэлектронным приборам. — М., 2003. С. 111.
2. Рогольский А. Инфракрасные детекторы. — Новосибирск: Наука, 2003. С. 6—636.

Статья поступила в редакцию 23 ноября 2004 г.

About new operation modes of photodetectors

V. V. Karpov, M. A. Savchenko
 The Sapphire Moscow Factory, Inc., Moscow, Russia

Considered are the opportunities for transition of a photodetector operation in a transmission mode of a signal as solitons, i.e. bound phonon states.

* * *