

07

© 1991

АВТОВОЛНОВАЯ ГОЛОГРАФИЯ

Ю.И. Балкарей, М.И. Елинсон

Голография основывается на записи интерференционной картины когерентных линейных волн различной природы. Мы рассматриваем здесь вопрос о голографическом использовании автоволн и автоструктур (автосолитонов), которые существуют в нелинейных активных средах — химических реакциях, нейронах и нейронных сетях, твердотельных континуальных и дискретных системах [1-3].

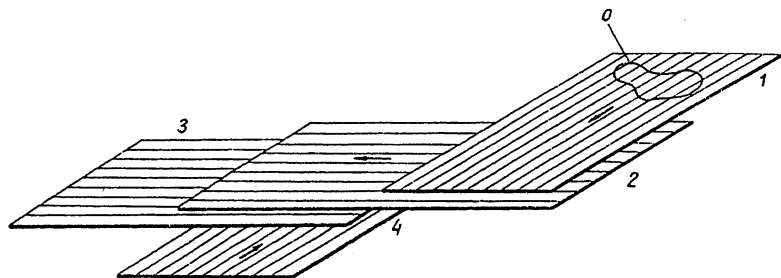
Основной интерес в таких средах вызывают устойчивые коллективные возбуждения в виде уединенных бегущих импульсов (БИ) и неподвижных одиночных страт (ОС). Последние могут быть квазиточечными, полосовыми и предлагаются нами в качестве элементов голографической памяти. Использование БИ в качестве волн для голографии в обычном смысле невозможно, так как для этих волн отсутствует понятие интерференции, при столкновении два БИ аннигилируют. Тем не менее аналог голографии может быть реализован. Этот вывод следует из анализа автоволновых возбуждений в многослойных активных средах, которые впервые исследованы в работах [4, 5] с помощью следующей модели автоволновой среды:

$$\frac{\partial V_i}{\partial t} = 2\delta_i \left(V_i - \frac{V_i^3}{3} \right) - N_i + \gamma_{ij} (V_j - V_i) + D_V^{ii} \nabla_{||}^2 V_i, \quad (1)$$

$$\frac{\partial N_i}{\partial t} = \omega_{oi}^2 (V_i - b_i N_i - a_i) + \bar{\gamma}_{ij} (N_j - N_i) + D_N^{ii} \nabla_{||}^2 N_i. \quad (2)$$

Уравнения дополняются краевыми условиями обычно в виде нулевых производных V_i и N_i на границах среды, что означает непроницаемость границ для потоков этих переменных.

Каждый слой среды i состоит из осцилляторов Ван-дер-Поля, связанных диффузией. Оператор Лапласа $\nabla_{||}^2$ действует в плоскости слоя. Связи между слоями (также диффузионной природы) определяются коэффициентами γ_{ij} и $\bar{\gamma}_{ij}$. Параметры ω_{oi} и δ_i ($\delta_i > 0$) характеризуют частоту и трение аномального знака (усиление) колебаний осцилляторов. В зависимости от выбора параметров a_i и b_i осцилляторы могут находиться в автоколебательном, потенциально автоколебательном (ждущем) и триггерном режимах. В одном слое БИ и ОС реализуются при разных соотношениях длин $L_V^{ii} = (D_V^{ii}/2\delta_i)^{1/2}$ и $L_N^{ii} = (D_N^{ii}/\omega_{oi})^{1/2}$ в случае исходного



Схематическое изображение автоволновой голографической системы.

ждущего однородного режима с $2\delta_i \gg \omega_{oi}$. При $L_V^{ii} \gg L_N^{ii}$ существуют БИ с размером $\lambda \gg L_V^{ii}$ и предельной скоростью $v_{пр} \sim 2\delta_i L_V^{ii}$. В случае $L_V^{ii} \ll L_N^{ii}$ существуют ОС с kernом размера $\lambda \sim L_V^{ii}$ и гало $L \sim L_N^{ii}$. БИ и ОС формируются в результате локального возмущения слоев среды, причем существенны размер, амплитуда и длительность возмущения [1, 2].

Двигаясь в разных слоях среды при соответствующем подборе коэффициентов γ_{ij} и γ'_{ij} , БИ могут взаимодействовать слабо. Численное моделирование одномерной системы [1-2] показывает, что в трехслойной среде 1-2-3 (слои 1 и 3 проводят БИ, слой 2 формирует ОС) при встрече двух БИ, движущихся в разных слоях, в области встречи в слое 2 может возникать ОС. В дальнейшем БИ уходят на периферию системы и исчезают на границах, а ОС сохраняется. Промоделирован также и обратный процесс: БИ в слое 1, проходя над ОС и действуя вместе с последней, возбуждает два БИ в окрестности ОС в слое 3, бегущие в противоположные стороны от места возбуждения. Более простыми являются ситуации, когда БИ в одном слое двухслойной среды возбуждает БИ или ОС в другом слое.

Рассмотренные элементарные процессы составляют основу действия предлагаемой сетевой системы (см. рисунок), образующей автоволновую память голографического типа. Образ "0" проектируется на автоволновой слой 1, разрезанный на полосы, способные проводить БИ. Элементы образа становятся источниками импульсов. Слой 1 взаимодействует с аналогичным слоем 2, полосы которого не параллельны полосам слоя 1. Каждый импульс слоя 1 мультиплицируется в систему импульсов, распределенную по всему слою, 2 - импульсный фронт. Если каждый элемент образа возбуждает пуг импульсов (это возможно, когда под действием проектируемого образа ждущий режим полос сменяется автоколебательным), в слое 2 возбуждается пуг фронтов. Полосовой слой 3 является слоем памяти, в нем формируются ОС в местах встреч импульсов слоя 2 с импульсами "опорной волны", возбуждаемой

в виде цуга фронтов в слое 4. Слой 3 фиксирует „интерференцию“ эффективных волновых фронтов – автоволновую голограмму (АГ). Если на последующей стадии возбудить только исходную „опорную волну“, в области экспонированных узлов с ОС образуются БИ в слое 2. Двигаясь в обратном направлении, к входам, они восстанавливают пространственно-временную картину, которая была в слое 2 на стадии записи и, в конечном итоге, исходный образ.

Описанный процесс содержит все основные черты схемы обычной волновой голографии. Вследствие этого АГ должна обладать свойствами ассоциативности: по одному из двух скоррелированных образов можно восстановить другой или по фрагменту восстановить целостный образ. Принципиальное отличие автоволновой голографии от обычной состоит в том, что фазовые соотношения волн в разных точках заменяются на время – импульсные соотношения. Важным является сетевое построение системы. Если слои сделать сплошными, то при записи и считывании каждая точка, в которой возбуждается БИ, становится источником круговых волн. Эти волны начинают нелинейно взаимодействовать в пределах слоя, что разрушает исходную картину. Двухнаправленность распространения БИ вдоль полос не должна мешать рассмотренным процессам, но может приводить к формированию „мнимых“ образов на стадии восстановления. Конкретный вид записи в слое АГ, зависит от скорости БИ, геометрии полосовых слоев, межимпульсных интервалов в цугах. Управляемое изменение этих параметров эквивалентно выбору разных опорных пучков в обычной голографии. Несколькими способами можно сдвигать АГ вдоль слоя 3, что позволяет накапливать и комбинировать АГ.

Некоторые соображения, близкие к изложенным, в применении к синаптическим биологическим нейронным сетям содержатся в [5].

Способы реализации рассмотренной системы методами микро- и оптоэлектроники будут описаны отдельно.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Васильев В.А., Романовский Ю.М., Яхно В.Г. Автоволновые процессы. М.: Наука, 1987. 240 с.
- [2] Кернер Б.С., Осипов В.В. // УФН. 1989. Т.157. № 2. С. 201-266.
- [3] Балкарей Ю.И., Голик Л.Л., Елинсон М.И. Автоволновые среды (Использование в электронике). М.: Знание, 1985. 64 с.
- [4] Балкарей Ю.И., Евтихов М.Г., Елинсон М.И. // ЖТФ. 1987. Т. 57. № 2. С. 200-218.
- [5] Балкарей Ю.И., Евтихов М.Г., Елинсон М.И. // Микроэлектроника. 1988. Т. 17. № 4. С. 313-320.
- [6] Westlake P.R. // Kybernetik. 1970. V. 7. N 4. P. 129-153.

Институт радиотехники и электроники
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
30 мая 1991 г.