

УДК 621.383

ГЕОМЕТРИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СЕНСОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д. т. н. В. П. Мигаль, к. т. н. А. В. Бут, к. т. н. И. А. Клименко, к. т. н. А. С. Фомин

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Украина, г. Харьков

khai_physical_lab@xai.edu.ua

Показано, что упорядоченность динамики фотоотклика сенсора проявляется в конфигурациях динамических и энергетических сигнатур. Для выявления и анализа индивидуальных особенностей динамики фотоотклика полупроводниковых сенсоров предложены показатели динамической и энергетической сбалансированности противофазных составляющих временного фотоотклика.

Ключевые слова: сенсор, нелинейная динамика, сигнатуры, геометризация.

Широкое применение информационных технологий при анализе откликов и характеристик сенсорных материалов привело к пониманию важности изучения технологически унаследованных явлений и свойств. Они определяют индивидуальные особенности пространственно-временной упорядоченности динамики разных по природе сигналов (откликов, характеристик) сенсорных материалов. Для выявления и анализа такой упорядоченности в последнее время активно развиваются новые методы (вейвлет-преобразование, символьная динамика, теория атомарных функций и др.). Особенно это касается анализа многомасштабных и нестационарных сигналов. Однако практически-направленных эффективных средств для выявления и анализа информации, скрытой в динамической структуре откликов и характеристик сенсорных материалов, все еще недостаточно. Ее анализ в рамках физических и математических моделей привел к многообразию подходов и параметров, которые вынуждены применять физики, технологи и другие исследователи. Весьма перспективным оказался междисциплинарный подход, в котором геометризация сигналов дополняется теоретико-множественным анализом [1, 2]. В данной работе на основе обобщения проведенных исследований и развития подхода осуществлен поиск универсальных средств выявления и анализа пространственно-временной упорядоченности динамики сигналов разной природы и сложности.

Показано, что геометризация динамической структуры сигналов (характеристик, откликов) разной природы $x(t)$ посредством многократного дифференцирования сигнала позволяет представить его в виде сигнатур различного порядка $d^n x / dt^n - d^{n+m} x / dt^{n+m}$. Все они описываются дифференциально-геометрическими параметрами, которые имеют размерности длины и времени. При этом повышение порядка сигнатуры за счет увеличения порядка дифференцирования сопровождается изменением физических величин. Например, площади сигнатур физических сигналов 1-го и 2-го порядка $x - dx / dt$, $x - d^2 x / dt^2$, $dx / dt - d^2 x / dt^2$ имеют размерности действия, энергии и мощности. Это позволило:

а) осуществить естественную декомпозицию динамической структуры сигнала на составляющие и оценить их парциальные вклады [3];

б) представить разные по природе сигналы и характеристики $x = I(t, \lambda, T \dots)$ объектов исследования в виде подмножеств динамических и энергетических микросостояний;

в) рассматривать разные по природе сигналы как последовательность причинно-следственно связанных динамических событий в пространстве (состояние-скорость-ускорение);

г) провести анализ не только динамических, но и энергетических аспектов поведения кристалла, представив сигнатуру $dx / dt - d^2 x / dt^2$ как бицикл, 4 основные фазы которого являются подциклами. При этом степень сбалансированности мощностей $B_{pow} = (S_{pow}^{++} + S_{pow}^{+-}) / (S_{pow}^{--} + S_{pow}^{-+})$ этих подциклов определяет устойчивость и обратимость бицикла [1].

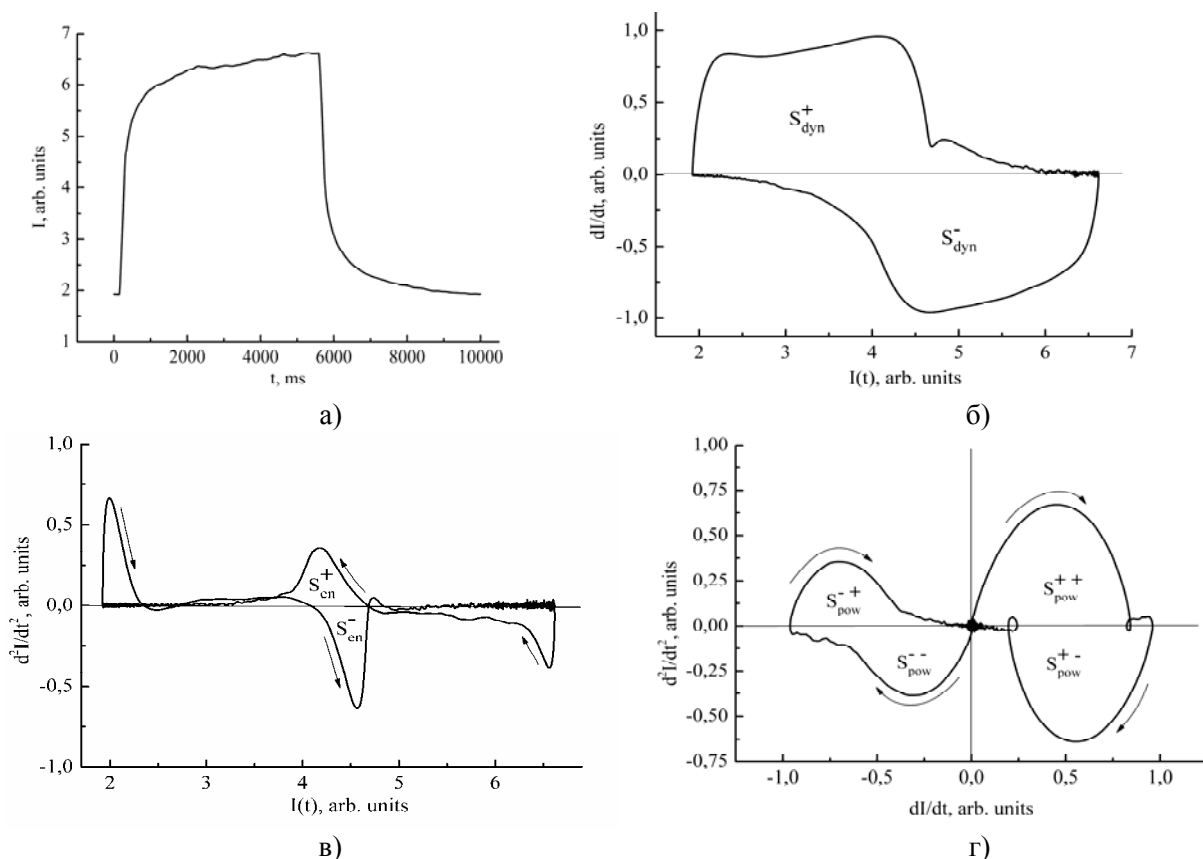


Рис. 1. Сигнатуры 1-го (б) и 2-го (в, г) порядков временного фотоотклика $I(t)$ (а) кристалла CdZnTe

На примере естественной геометризации временного фотоотклика (рис. 1, а) полупроводниковых сенсоров на основе кристаллов CdZnTe посредством его представления в виде траектории в обобщенном фазовом пространстве и траектории в пространстве динамических событий позволила расширить количество средств для выявления индивидуальных особенностей динамики фотоотклика, часть из которых являются универсальными. При этом индивидуальные особенности упорядоченности динамической структуры фотоотклика сенсора проявляются в динамических $I(t) - dI/dt$ (рис. 1, б) и энергетических $I(t) - d^2I/dt^2$, $dI/dt - d^2I/dt^2$ сигнатурах (рис. 1, в, г).

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Mygal V. P., But A. V., Smatko O. O., Bodnar I. V. Geometrization of the temporal photoresponse from the semiconductor sensor materials // Functional Materials.— 2012.— Vol.19, N 4.— P. 555—559.
2. But A. V., Mygal V. P., Bodnar I. V. Spatial-temporal order of the photoresponse from the sensor materials // SPIE Optical Systems Design 2012.— Spain, Barcelona.— 2012.— Vol. 8550.— 85502B.
3. Бут А.В., Мигаль В. П. Структура временного фотоотклика полупроводниковых сенсоров // Журнал технической физики.— 2012.— Т. 82, № 4.— С. 150—152.

V. P. Mygal, A. V. But, I. A. Klimenko, A. S. Phomin
Set-geometrical approach to study semiconductor sensor materials.

It has been shown in this study that the dynamics order of sensor photoresponse shows in the dynamic and energetic signatures configuration. To identify and analyze the characteristics of individual features of semiconductor sensors photoresponse the dynamic and energy balance indexes of the antiphase constituent of temporal photoresponse are proposed.

Keywords: *sensor, nonlinear dynamics, signatures, geometrization.*