

## Особенности нестационарного фототока короткого замыкания в пленках сегнетоэлектрика-полупроводника $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$

© А.А. Богомолов, А.В. Солнышкин, Д.А. Киселев, И.П. Раевский\*, Н.П. Проценко\*, Д.Н. Санджиев\*

Тверской государственный университет,  
170002 Тверь, Россия

\* Научно-исследовательский институт физики Ростовского государственного университета,  
344090 Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: Alexsey.Bogomolov@tversu.ru

Представлены результаты исследований нестационарного фототока короткого замыкания пленок сегнетоэлектрика-полупроводника  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  в области температур, включающей точку фазового перехода, также рассматривается влияние внешнего электрического поля и подсветки белым светом на фотоэлектрический отклик образцов.

Работа выполнена в рамках программы Минобразования РНП 2.1.1.3674 и при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 05-02-90568 ННС\_а).

PACS: 72.40.+w, 77.70.+a

Ранее было показано [1], что в интервале температур 20–80°C пленки сегнетоэлектрика-полупроводника  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  обнаруживают нестационарный фотоэлектрический отклик при воздействии света видимого диапазона. Нестационарность фототока заключается в его „вспышечном“ характере и различном направлении при включении и выключении света. Необходимо отметить, что аналогичным образом ведет себя и пироэлектрический отклик. Однако по амплитудному значению фотоэлектрический отклик на порядок превышает пироэлектрический. К настоящему времени причина возникновения нестационарного фотоэлектрического отклика в пленках  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  остается невыясненной.

Исследуемые пленки получены методом вакуумного испарения в квазизамкнутом объеме. После завершения процесса напыления пленки подвергались отжигу в этой же установке в течение 2–3 часов при температуре 180–200°C с целью устранения возможных неоднородностей, дефектов и механических напряжений. Исследовались пленки на алюминиевой подложке с напыленными алюминиевыми электродами диаметром 3 мм.

Исследования фото- и пироэлектрических параметров пленок проводились динамическим методом с применением модуляции светового потока импульсами прямоугольной формы. Для получения спектральной зависимости нестационарного фототока короткого замыкания (НФТКЗ) использовались монохроматор УМ-2 и лампа накаливания в качестве источника светового излучения. На выходе монохроматора обеспечивалось постоянство мощности излучения в диапазоне длин волн от 450 до 600 nm. С целью исследования влияния подсветки белым светом (осветитель ОИ-19) и постоянного внешнего электрического поля на поведение НФТКЗ в качестве источника излучения использовался лазер ЛГН-222 ( $\lambda = 632.8$  nm). Средняя мощность лазерного излучения составляла 30 mW. Частота модуляции светового потока при использовании как монохроматора, так и лазера составляла 24 Hz. Отклик образцов преобразовывался

с помощью операционного усилителя, подключенного к одному из входов двухлучевого осциллографа для определения амплитуды сигнала. Контроль фазы отклика пленок  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  осуществлялся с помощью фотоэлемента, сигнал с которого подавался на другой вход осциллографа.

Выполненные в настоящей работе исследования спектральной зависимости НФТКЗ (рис. 1) показали, что он является спектрально чувствительным в отличие от пироэлектрического. Как видно из приведенного графика, максимум сигнала приходится на  $\lambda \approx 500$  nm, что примерно соответствует краю собственного поглощения материала  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  ( $\lambda_{\text{ед}} = 540$  nm). При этом НФТКЗ наблюдается в достаточно широкой области спектра.

При увеличении температуры положение максимума спектральной зависимости НФТКЗ в пленке  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  смещается в область больших длин волн. В то же время максимальное значение нестационарного фотоотклика испытывает аномалию в температурном диапазоне

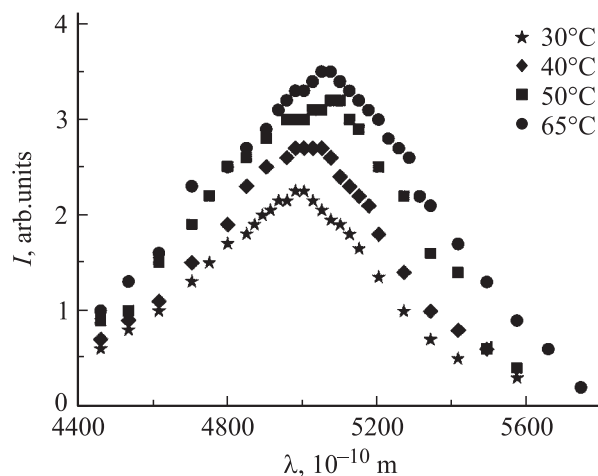
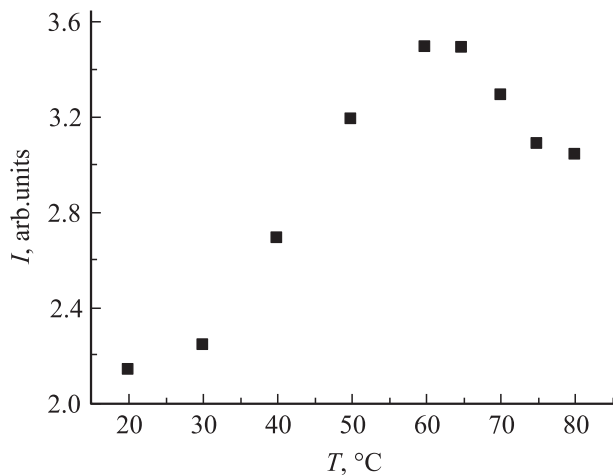


Рис. 1. Спектральные зависимости НФТКЗ пленки  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ , полученные при различных температурах.



**Рис. 2.** Зависимость максимального значения НФТКЗ пленки  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  от температуры.

60–70°C (рис. 2), что соответствует области фазового перехода монокристаллов  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ . Таким образом, можно сделать вывод о том, что НФТКЗ связан со спонтанной поляризацией.

Поведение НФТКЗ пленок  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  меняется при их стационарном освещении белым светом. Наблюдается уменьшение его амплитуды с ростом интенсивности постоянной подсветки. Для большинства исследуемых образцов ее увеличение может приводить к смене направления НФТКЗ на противоположное. Приложение внешнего электрического поля также вызывает аналогичный эффект.

Известно [2], что в пленках системы цирконат-титаната свинца наблюдается нестационарный фотоотклик, обусловленный опустошением глубоких уровней ловушек и разделением неравновесных носителей заряда полем барьера Шоттки в области пленки, примыкающей к нижнему платиновому электроду. Применительно к нашему случаю НФТКЗ в пленках  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  может иметь схожую природу, однако потенциальный барьер существует вблизи освещаемой верхней поверхности образцов. Этот барьер обуславливает появление поверхностной (конденсаторной) фотоэдс [3].

Подтверждением указанного выше механизма возникновения НФТКЗ служат эксперименты, выполненные при отсутствии верхнего напыленного металлического электрода и его замене на прозрачный электрод в виде стекла с нанесенным  $\text{SnO}_2$ -покрытием. Все указанные выше закономерности поведения нестационарного фотоотклика пленок  $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$  одинаковы при использовании обоих типов электродов.

Наблюдаемые эффекты изменения направления нестационарного фототока короткого замыкания при подсветке белым светом в рамках предлагаемого механизма обусловлены сменой направления внутреннего приповерхностного поля. При воздействии излучения достаточно большой интенсивности может происходить

увеличение числа носителей заряда, вызывающее смену типа проводимости приповерхностной области сегнетоэлектрика. Это в свою очередь приводит к изгибу зон в приповерхностной области в направлении, противоположном первоначальному, и изменению направления внутреннего поля. Очевидно, воздействие внешнего поля, превышающего внутреннее, также должно изменять направление НФТКЗ, что и наблюдается экспериментально.

## Список литературы

- [1] А.А. Богомолов, О.В. Малышкина, А.В. Солнышкин, И.П. Раевский, Н.П. Проценко, Д.Н. Санджиев. Изв. РАН. Сер. физ. **61**, 2, 375 (1997).
- [2] В.К. Ярмаркин, Б.М. Гольцман, М.М. Казанин, В.В. Леманов. ФТТ **42**, 3, 511 (2000).
- [3] В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. Наука, М. (1977). 672 с.