

## МИКРОПОЛОСТНЫЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

О.Б. Хаврошкин \*, В.А. Царев, В.В. Цыплаков \*, В.А. Чечин

УДК 539.074

*Предложен новый тип детектора, в котором регистрация ионизирующих частиц основана на образовании микрополостей в напряженном твердотельном элементе.*

Большую группу детекторов частиц составляют приборы, в которых рабочее вещество находится в неустойчивом относительно внешнего воздействия состоянии. Таковы, например, пузырьковые камеры, наполненные перегретой жидкостью: микроскопическое выделение тепла на треке заряженной частицы приводит к образованию зародыща газообразной фазы, который, расширяясь, достигает макроскопических размеров. Аналогично действует и камера Вильсона.

В настоящей работе предлагается детектор, в котором рабочим веществом служит хрупкое твердое вещество, находящееся под напряжением, близким к предельному разрушающемуся напряжению. Локальное энерговыделение вдоль следов ионизирующих частиц приводит к образованию в этом веществе микроскопических дефектов — трещин. Если размеры этих микрополостей превышают критические, они начинают быстро расти, достигая макроскопических размеров. Этот процесс сопровождается высвобождением части энергии напряженного состояния. В результате выделенная энергия может существенно превышать энергию, затраченную частицей на ионизацию. Образовавшиеся полости регистрируются оптическими методами или с помощью вторичных излучений, сопровождающих их развитие /1/: акустической эмиссии, радиоизлучения и т.п. После съема информации о треке напряжение может быть сброшено. Это прекращает рост трещин и может привести к их схлопыванию. Прибор возвращается, таким образом, в исходное положение и способен к дальнейшей работе.

Рассмотрим возможность самопроизвольного роста цилиндрической микрополости, возникающей в результате тепловыделения вблизи трека сильноионизирующей частицы, например, многозарядного иона или фрагмента ядра. Поперечные размеры такой микрополости определяются пробегом

---

\* ИФЗ АН СССР.

$\delta$ -электронов и имеют порядок  $l \sim 10^{-5} \div 10^{-6}$  см. Напряжение  $p$ , вызывающее рост микрополости в поперечном направлении, определяется выражением /2/:

$$p = (2/\pi)\sigma \arccos \exp(-d/l), \quad (1)$$

где  $d = \pi\gamma E/4\sigma^2$ ;  $\gamma$  — поверхностная энергия;  $E$  — модуль Юнга;  $\sigma$  — предельное напряжение разрушения хрупкого материала. Линейная плотность энергии начальной микрополости

$$dW/dx \approx 2\gamma l. \quad (2)$$

Для образования микрополости необходимо, чтобы тепловыделение  $dW_T/dx$  вблизи трека превосходило (2). Например, в случае силикатного стекла ( $\gamma \approx 2 \cdot 10^{-4}$  Дж/см<sup>2</sup>)

$$dW_T/dx \gtrsim (2 - 20) \cdot 10^9 \text{ эВ/см.}$$

Такая линейная плотность энерговыведения вполне достижима для многозарядных ионов и фрагментов. Условие (1) накладывает жесткие ограничения на требуемое напряжение  $p$ . Так, для силикатного стекла ( $E = 6,7 \times 10^6$  Н/см<sup>2</sup>,  $\sigma \approx 0,01 E$ ) получим при  $l = 10^{-5}$  см  $(\sigma-p)/\sigma = 0,58$ , а при  $l = 10^{-6}$  см  $(\sigma-p)/\sigma \approx 10^{-10}$ .

Если условия образования растущей микрополости выполнены, то рост ее поперечных размеров происходит со скоростью порядка скорости звука, и за время  $\sim 10^{-6}$  с трещина может вырасти до  $\sim 10^{-1}$  см.

Для того, чтобы после снятия напряжения происходило "залечивание" полостей, рабочее вещество должно быть достаточно хрупким, поскольку в противном случае остаточная деформация на краях трещин будет препятствовать их схлопыванию. Нагревание способствует заживлению микротрещин.

Рабочий элемент детектора может быть выполнен из двухкомпонентного материала. Одна компонента, "носитель" (жидкость или твердое вещество с высокой прочностью) служит для передачи второй, "чувствительной", компоненте необходимого напряжения и ограничивает развитие трещин размерами "зерен" чувствительной компоненты.

Детектор может быть также использован для регистрации других источников локального энерговыведения: акустических, оптических и т.п. сигналов.

Поступила в редакцию 22 марта 1985 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голубничий П.И. и др. ЖТФ, 52, 1966 (1982).
2. Панасюк В.В. Предельное равновесие хрупких тел с трещинами. Киев, Наукова думка, 1968.