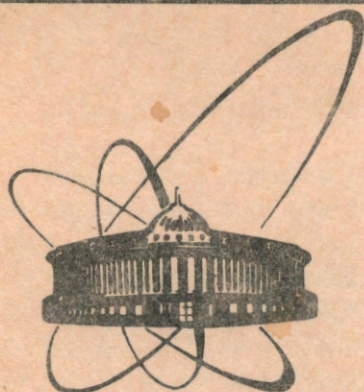


91-333



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P2-91-333

В. С. Барашенков, А. Полянски *, А. Н. Соснин,
С. Ю. Шамаков

ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЕ В ТОНКИХ СЛОЯХ
АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ
ПОД ДЕЙСТВИЕМ
ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

*Институт ядерных проблем, Варшава (Сверк)

Расчет сбоев полупроводниковых приборов, вызванных большим энерговыделением в их чувствительных элементах, бомбардируемых высокоэнергетическими частицами, — важная задача, которую часто приходится решать при оценках радиационного фона. В наших работах^{1,2/} при экспериментальном и теоретическом исследовании спектров энерговыделения $N(\Delta E)$ в тонких слоях и микроскопических ячейках кремния, облучаемых протонами и многозарядными ионами с энергиями в несколько ГэВ/А, было установлено, что эти спектры можно описать суммой двух компонент. Быстро спадающая экспонента определяет радиационные сбои приборов в области $\Delta E \lesssim 1-3$ МэВ и весьма чувствительна к типу бомбардирующих частиц. Медленно спадающая экспонента, дающая основной вклад при $\Delta E \gtrsim 5$ МэВ, наоборот, довольно слабо зависит от типа облучения. В настоящей работе путем математического моделирования на основе модели межъядерных каскадов эти выводы распространяются на арсенид галлия, применяемый наряду с кремнием во многих современных приборах.

Расчеты выполнены методом, описанным в работе^{1,2/}. Толщина чувствительного полупроводникового слоя — 85 мкм, толщина подложки из того же материала — 2 мм. Так же, как и в работе^{1,2/}, пучок попадал на исследуемый слой, пройдя 3.5 мм алюминиевого экрана¹⁾.

На рис. I сравниваются расчетные спектры энерговыделения для Si и AsGa, облученных протонами и ионами ^{12}C с энергией 3,65 ГэВ/А. Указаны погрешности Monte-Carlo моделирования. Как видно, замена кремния арсенидом галлия приводит к увеличению энерговыделения. Это обусловлено тремя главными факторами: 1) увеличением макроскопического сечения взаимодействия бомбардирующих частиц с веществом мишени Σ_{in} , что в случае тонких мишеней сказывается приблизительно одинаково при всех ΔE ; 2) более развитым адрон-мезонным каскадом, образующимся в неупругих ядерных столкновениях, что связано, в основном, с небольшими значениями ΔE ;

1) Это связано с конкретными условиями эксперимента, описанного в работе^{1,2/}. Сравнительные расчеты показали, что экран существенно влияет лишь на малые энерговыделения $\Delta E < 2$ МэВ.

3) большим вкладом тяжелых фрагментов в случае GaAs и протонного пучка, который слабее дробит ядра-мишени, чем пучок тяжелых ионов.

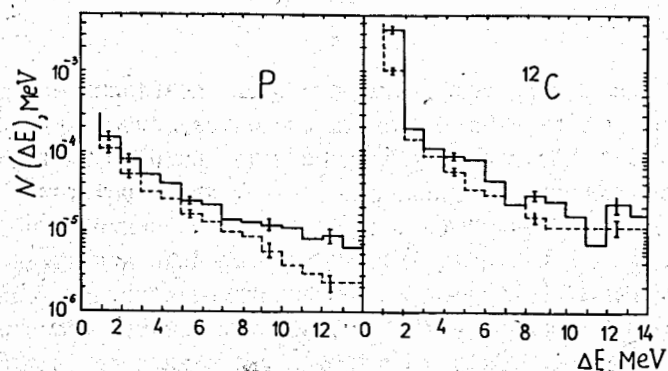


Рис. 1.

Число случаев энергосвечения ΔE в расчете на одну бомбардируемую частицу – протон или ион ^{12}C . Сплошные гистограммы – GaAs, пунктир – Si.

Относительная роль этих факторов наглядно видна из рис. 2, где приведены не зависящие от сечения отношения частот

$$W(\Delta E) = \frac{N(\Delta E)_{\text{GaAs}}}{N(\Delta E)_{\text{Si}}} \frac{\sum_{\text{Si}}^{(\text{in})}}{\sum_{\text{GaAs}}^{(\text{in})}}$$

При $\Delta E \approx 2-6$ отношения близки к единице, при меньших и больших значениях ΔE дают вклад соответственно два других фактора.

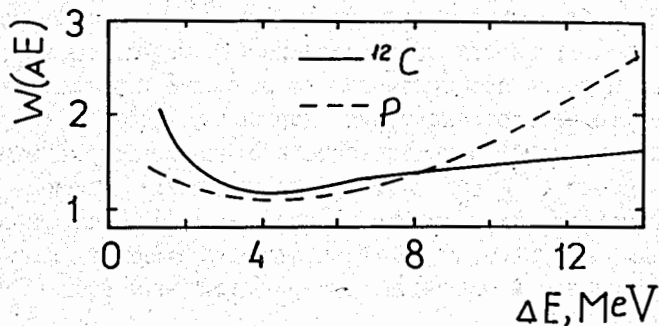


Рис. 2.

Не зависящие от сечений отношения частот энергосвечения в арсениде галлия и в кремнии. Сплошная кривая – расчет для пучка ионов углерода, пунктир – для пучка протонов.

Хотя энергосвечение под действием ионов ^{12}C заметно больше, чем в пучке протонов, равнонормированные вероятности

$$N_o(\Delta E) = \frac{N(\Delta E)}{\sum_{\Delta E > 2 \text{ МэВ}} N(\Delta E_i)}$$

практически не зависят от типа бомбардирующей частицы (см. рис. 3).

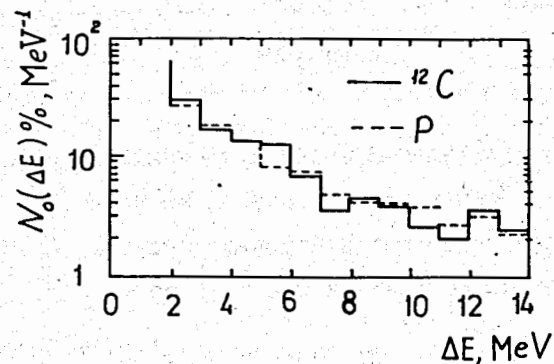


Рис. 3.

Равнонормированные вероятности энергосвечения в слое под действием пучка ионов ^{12}C (сплошная гистограмма) и пучка протонов (пунктир).

Так же, как и в случае кремния^[2], суммарный спектр энергосвечения в GaAs описывается суммой двух экспонент. При этом показатель наиболее важной с точки зрения радиационных сбоев электронных приборов медленно спадающей экспоненты можно считать не зависящим от типа бомбардирующих частиц, что позволяет делать оценки числа сбоев в пучках ионов различных типов.

Литература

1. Барашенков В.С. и др. ОИЯИ, Р-89-640, Дубна, 1989.
2. Varashenkov V.S. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1991, В58, р.157.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 июля 1991 года.