

НИЗКОФОНОВЫЕ ГАЗОНАПОЛНЕННЫЕ СЧЕТЧИКИ
С КРЕМНИЕВЫМ КАТОДОМ

А. А. Поманский

УДК 621.039.58

Приведены результаты исследования α -фона газонаполненных пропорциональных счетчиков, катодом которых служил полупроводниковый кремний. Кремний оказался самым чистым по радиоактивности из исследованных ранее материалов.

Для решения задач нейтринной астрофизики требуются газонаполненные пропорциональные счетчики с возможно более низким фоном. Фон счетчика, в первую очередь, определяется радиоактивной чистотой материалов, из которых он сделан, главным образом, чистотой катода. Например, для того, чтобы фон в счетчике, предназначенном для регистрации ^{37}Ar , продукта взаимодействия солнечных нейтрино с хлором по реакции $\nu + ^{37}\text{Cl} \rightarrow ^{37}\text{Ar} + e^-$, не превышал требуемого уровня — одного отсчета в месяц, стенки счетчика не должны иметь более чем $10^{-9}\text{г } ^{238}\text{U}$ на грамм материала стенок /1/ при условии равновесия урана с торием и их дочерними продуктами. Ранее указывалось на целесообразность использования полупроводниковых материалов в качестве катодов /2/. Были изготовлены пропорциональные счетчики различных размеров с германиевыми катодами. Счетчики имели удовлетворительные рабочие характеристики, работали без перенаполнения в течение нескольких лет, но, к сожалению, радиоактивная загрязненность германия даже в лучших счетчиках была немногим меньше, чем $10^{-8}\text{г } ^{238}\text{U/gGe}$.

В настоящей работе описываются счетчики, в которых катодом является полупроводниковый кремний различной степени чистоты. Кремний является, по-видимому, наиболее чистым из материалов массового производства. В частности, содержание примесей в кремнии полупроводниковой чистоты должно быть на три порядка величины меньше, чем в германии. Удельное сопротивление кремния в случае,

когда проводимость определяется только собственными носителями тока, более 200 ком/см.

Нами исследовался α -фон (большие энерговыделения) 5 пропорциональных счетчиков, изготовленных из образцов с разным удельным сопротивлением. Хотя примесь тяжелых α -активных элементов на уровне $10^{-8} \text{ г } ^{238}\text{U}/\text{гSi}$ в принципе не обязательно должна уменьшаться при очистке кремния от примесных носителей тока, технология получения кремния, включающая газовую фазу, давала уверенность также в его радиоактивной чистоте.

Счетчики изготавливались следующим образом. В образце кремния, использованном в качестве катода, с помощью победитового или алмазного сверла делалось цилиндрическое отверстие. Далее вклеивались торцевые пробки из оргстекла, в которых крепилась анодная нить. В одну из коробок вставлялся микровентиль со шлифом для откачки и наполнения счетчика аргон-метановой смесью, а в другой делалось окно для калибровки счетчика α -источником известной интенсивности. Определение чистоты материала катода основано на том, что фоновые импульсы от частиц космических лучей и электронов радиоактивности имеют амплитуду в сотни раз меньшую, чем импульсы от α -частиц, вылетающих из внутренней поверхности счетчика с глубины ≤ 20 мкм. Число этих α -частиц связано с содержанием урана, тория и их дочерних продуктов (при условии равновесия) примерно следующим линейным соотношением: $I \alpha \text{ см}^{-2} \text{ час}^{-1} \rightarrow 10^{-6} \text{ г } ^{238}\text{U}/\text{гSi}$. В таблице I представлены результаты исследования α -фона трех счетчиков и указаны некоторые, на наш взгляд, важные их параметры.

Таблица I

Удельное сопротивление на середине катода, ом	Обработка внутренней поверхности	Поверхностная активность, имп / 100 см ² в час	Весовая концентрация ²³⁸ U
2000	победитовое сверло с шлифовкой	0,14 ± 0,04	1,4 · 10 ⁻⁹
0,5	алмазное сверло без шлифовки	0,40 ± 0,10	4,0 · 10 ⁻⁹
0,5	алмазное сверло с шлифовкой	0,07 ± 0,02	7,0 · 10 ⁻¹⁰

Из приведенной таблицы следует: 1) Полупроводниковый кремний имеет наименьшую поверхностную α -активность по сравнению со всеми исследованными ранее материалами /2/. 2) По-видимому, загрязненность полупроводникового кремния α -активными материалами не связана с его удельным сопротивлением (при величине последнего, большей 0,5 ом/см) и меняется от образца к образцу без какой-либо закономерности. 3) Полировка поверхности пастами ГОИ и алмазной, по-видимому, не вносит существенного загрязнения α -активными элементами на уровне фона $\sim 0,1 \alpha/100 \text{ см}^2 \text{ час}$.

Результаты работы позволяют заключить, что в экспериментах с солнечными нейтрино достижение уровня фона, меньшего 1 отсчета в месяц в области энерговыделения от распада ^{37}Ar (2,4 - 3,2 кэв) в счетчике, изготовленном из полупроводникового кремния, при экспонировании его в подземной низкофоновой камере /3/ является реальной задачей.

Автор благодарен Г. Т. Зацепину за поддержку работы.

Институт ядерных исследований АН СССР

Поступила в редакцию
23 октября 1975 г.

Л и т е р а т у р а

1. I. R. Barabanov, A. A. Pomansky. Proceedings of the "Neutrino-72" conference, 1, Balatonfured, 1972.
2. А. А. Поманский, С. А. Северный. Атомная энергия, 38, 339 (1975).
3. Г. Т. Зацепин, Е. Л. Ковальчук, В. В. Кузьминов, А. А. Поманский. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 6, 20 (1975).