

ЗУЧ.1м

3-862

28/III-72

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13 - 6247

932/2-72



Г.Н.Зорин, В.Ф.Кушнирук, Ю.П.Харитонов

МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ КРЕМНИЕВЫХ
 Δ Е-ДЕТЕКТОРОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

1972

P13 - 6247

Г.Н.Зорин, В.Ф.Кушнирук, Ю.П.Харитонов

МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ КРЕМНИЕВЫХ
 Δ E-ДЕТЕКТОРОВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Наиболее существенные операции методики изготовления полупроводниковых ΔE -детекторов /1,2,3/ сводятся к следующим: изготовление плоскопараллельных пластин механическим способом; очистка от загрязнений поверхностей пластин после механической обработки; химическое травление с сохранением плоско-параллельности; нанесение контактов и крепление пластины в оправке.

В Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ разработана методика изготовления кремниевых поверхностно-барьерных ΔE -детекторов толщиной 15 - 140 мкм с плоскопараллельностью $< 0,5$ мкм на диаметре 20-28 мм и рабочей площадью 0,2 - 1,5 см².

Изготовление плоскопараллельных кремниевых пластин механическим способом

Кремниевые пластины изготовлялись на шлифовальном станке с окончательной полировкой на окиси хрома. Конечная толщина пластин (30 - 150 мкм) превышала требуемую толщину детектора на 5 - 20 мкм. Плоскопараллельность пластин контролировалась оптиметром и на диаметре 20 - 28 мм получалась не хуже 0,5 мкм.

Глубина разрушенного слоя поверхности пластины после обработки не превышала ~1,5 - 2,5 мкм.

Очистка поверхностей пластин от загрязнений

После механической обработки поверхность пластин загрязнена. Степень очистки поверхности сказывается на качестве $p-n$ перехода и разбросе по толщине после химического травления.

Чтобы обеспечить механическую сохранность во время очистки пластина помещалась в фторопластовую кассету (рис. 1), состоящую из двух крышек с отверстиями ($\phi \neq 1,5$ мм) и держателя. Малость диаметра отверстий по сравнению с диаметром пластины обеспечивала равномерность механического натяжения во время возможного прилипания пластины к крышке в процессе очистки.

Очистка велась от воска, шлифовального алмазного порошка и окиси хрома с обязательной промывкой в деионизованной воде после каждой промежуточной операции, кроме двух операций (после промывки в четыреххлористом углероде и ацетоне).

Последовательность операций очистки следующая: кассета с пластиной выдерживалась 5 мин. в кипящем растворе мыльного порошка; дважды по 5 мин. в кипящем CCl_4 (химические компоненты брались с маркой ОСЧ); 1 мин. в вытяжном шкафу; 5 мин. в подогреваемой азотной кислоте при температуре $40-90^\circ C$; по 2 мин. в ацетоне и серной кислоте; по 2 мин. дважды в кипящем растворе аммония надсернокислового, перекристаллизованного в 5%-ной серной кислоте (1 г на 32 мл); 1,5 мин. в растворе (15 объемных частей ацетона на 1 объем плавиковой кислоты с расчетом 100 мл общего объема на одну пластину во фторопластовой ванне). Конечными операциями были промывка в деионизованной воде и спирте.

До химического травления пластина хранилась в эксикаторе.

Химическое травление с сохранением плоскопараллельности

Чтобы сохранить плоскопараллельность при снятии разрушенного слоя с поверхностей пластин применялось неглубокое (5 - 20 мкм) двустороннее химическое травление в медленном травителе ($HNF:7HNO_3:2CH_3COOH$) при

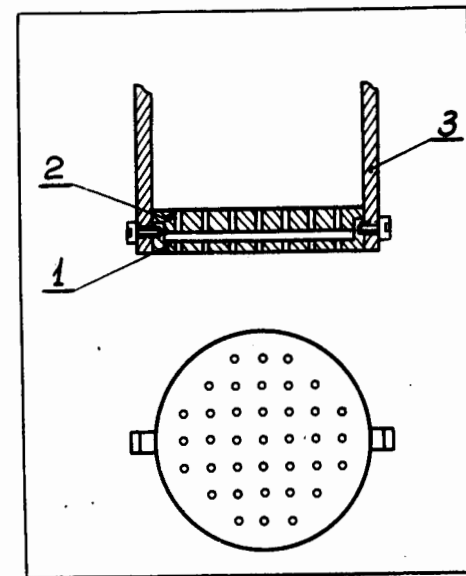


Рис. 1. Фторопластовая кассета, 1,2 - крышки с отверстиями; 3 - держатель.

колебательном движении пластины в ее плоскости. Скорость травления при комнатной температуре составляла 1,5 – 2 мкм/мин.

Фотография установки для травления показана на рис. 2. Электромотор приводит в движение кривошип, переводящий вращательное движение в колебательное.

С целью уменьшения турбулентности и сохранности пластины в процессе травления применялся зажим обтекаемой стреловидной формы, который вводился в паз на конце стержня маятника, защищенного от коррозии фторопластом, и поджимался кольцом. Закрепление в зажиме производилось на специальной подставке, имеющей площадку для пластины на уровне внутренней поверхности половины зажима (рис. 3). Квадратный стержень предотвращает перекося во время крепления пластины и тем самым предохраняет ее от поломки.

Измерение толщины кремниевых пластин

После травления толщины пластин измерялись по потерям энергии α -частиц, так как контактный способ измерения с помощью оптиметра может привести к локальному разрушению ее поверхности.

На рис. 4 приведены результаты измерения толщины для двух пластин вдоль диаметра. В измерениях использовался коллиматор с отверстием диаметром 0,5 мм. Горизонтальные линии соответствуют толщине, вычисленной по средней энергии при облучении α -частицами одновременно всей рабочей площади ΔE -детектора /4/. Точность измерения была не хуже $\pm 0,04$ мкм.

Средний разброс по толщине для пластины с толщиной 28 мкм, взятой из I серии (с односторонней полировкой окисью хрома), равен $\pm 0,22$ мкм; а для пластины с толщиной 27,6 мкм из II серии (с двусторонней полировкой) – $\pm 0,15$ мкм.

Нанесение контактов на поверхность пластины

После травления с целью окисления пластина выдерживалась в сухом воздухе не менее суток.

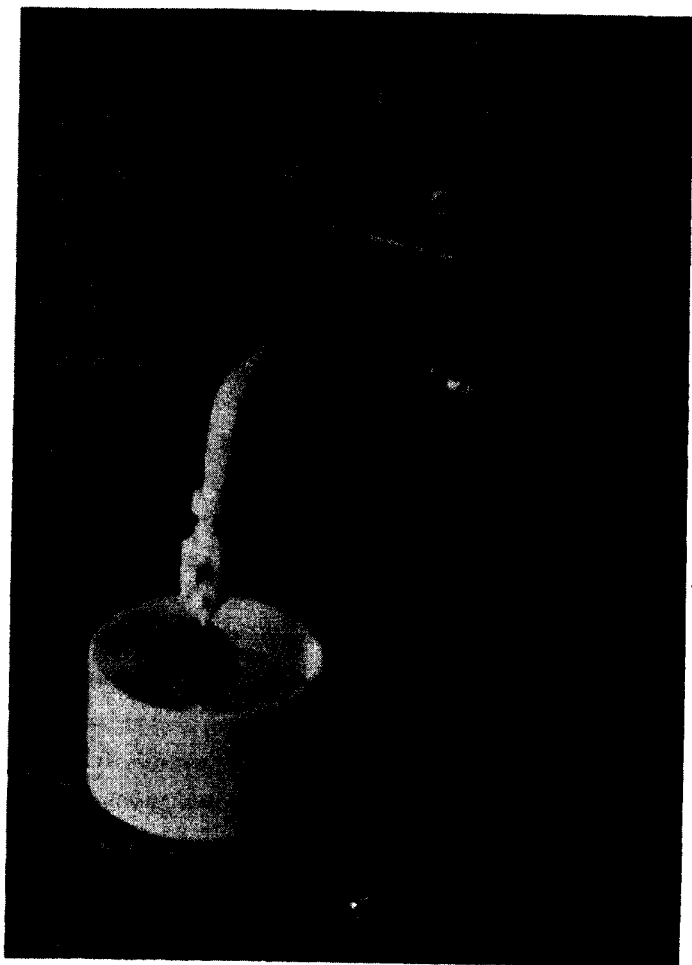


Рис. 2. Фотография установки для химического травления.

Нанесение контактов производилось вакуумным напылением с вольфрамовой спирали через фторопластовую маску. В качестве переднего контакта напылялось золото, а в качестве неинъецирующего заднего контакта - алюминий /1,5/.

После напыления пластина помещалась на сутки в эксикатор.

Конструкция оправки для ΔE -детекторов

В отличие от конструкций оправок для ΔE -детекторов, описанных в работах /1,3/, разработана более технологичная и удобная в эксплуатации конструкция, чертеж которой приведен на рис. 5.

Детектор зажат во внутреннем контейнере между двумя поролоновыми кольцами, предварительно очищенными в четыреххлористом углероде и спирте. Это предохраняет детектор от механических повреждений и обеспечивает электрическую изоляцию, не меняющую свойств поверхности кремния.

Внутренний контейнер состоит из дюралюминиевой крышки (2), обеспечивающей электрический контакт с внешним дюралюминиевым контейнером и фторопластового кольца (7), соединенных плотной посадкой. В крышке и в кольце имеются пазы с двумя отверстиями для закрепления электрических выводов перед прикреплением их к детектору пастой.

С целью экранирования ΔE -детектора от электрических наводок и получения механической прочности конструкции используется внешний контейнер, состоящий из двух дюралюминиевых деталей : крышки (9) и цилиндра (4), соединенных между собой с помощью резьбы. Чтобы обеспечить вывод сигнала с минимальным искажением, применяется высокочастотный разъем, закрепленный в цилиндре внешнего контейнера. Паз во фторопластовом кольце внутреннего контейнера, в который входит стержень разъема, предохраняет от разрыва выводную электрическую цепь во время сборки. Между внутренним контейнером и крышкой внешнего помещена изоляционная прокладка.

В крышке внешнего контейнера имеется цилиндрическое углубление для помещения в него E -детектора с целью использования ΔE -детектора в телескопе. Положение E -детектора фиксируется крышкой с резьбой (19).

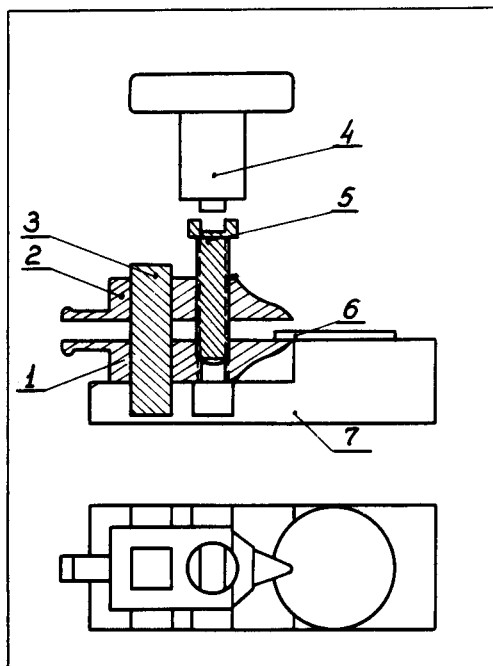


Рис. 3. Зажим для пластины. 1,2 - стреловидные половины зажима;
 3 - квадратный стержень; 4 - ключ; 5 - винт; 6 - кремниевая пластина;
 7 - подставка для закрепления пластины в зажиме.

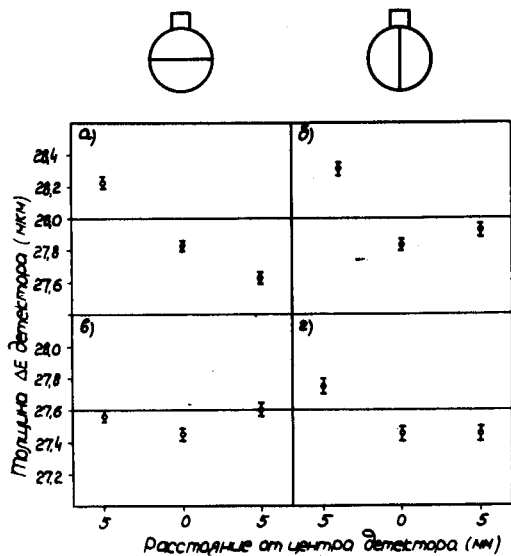


Рис. 4. Разброс по толщине, измеренный по потере энергии α -частиц ^{241}Am ($E_\alpha = 5,48$ МэВ) для ΔE -детекторов с толщинами 28 мкм (а,б) и 27,6 мкм (в,г).

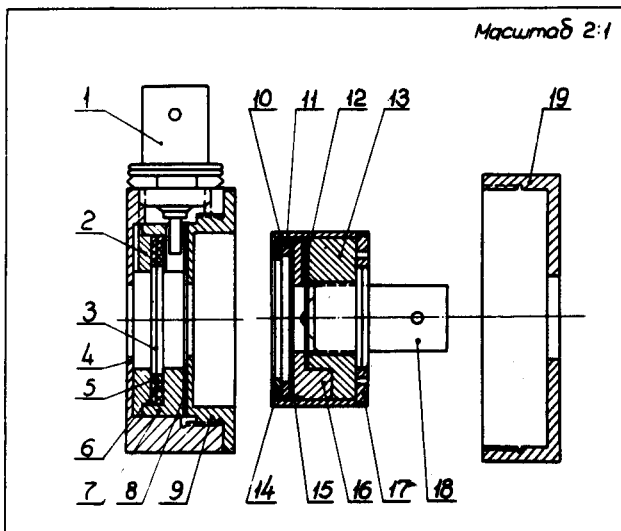


Рис. 5. Конструкция ($\Delta E - E$) - телескопа. 1-9 - детали оправки ΔE - детектора; 10-18 - детали оправки E - детектора. 1, 18 - высокочастотные разъемы; 2, 7, 14, 16 - детали внутренних контейнеров; 4, 9, 10, 17 - детали внешних контейнеров; 3, 15 - кремниевые пластины; 5, 8, 11 - поролиновые кольца; 8, 12 - фторопластовые прокладки; 13 - кольцо из дюралюминия; 19 - крышка из дюралюминия.

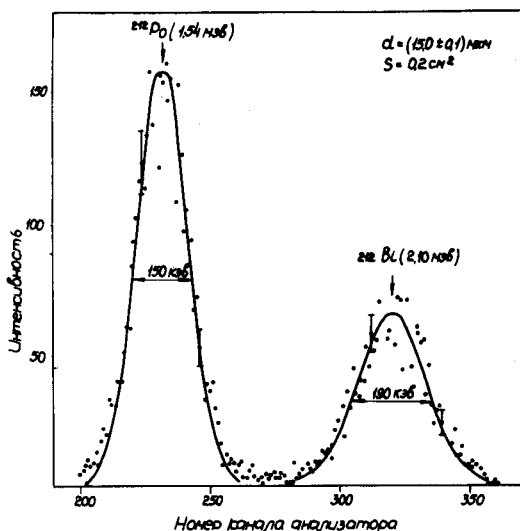


Рис. 6. Распределение энергетических потерь ΔE при прохождении α - частиц ^{212}Po ($E = 8,78$ Мэв) и ^{212}Bi ($E = 6,06$ Мэв) через ΔE - детектор. Сплошная кривая - распределение Гаусса, нормированное к экспериментальным значениям.

Разрыв выводной электрической цепи в оправе для E -детектора предотвращается кулачковым сочленением между кольцом (16) внутрен - него контейнера и дюралюминиевым кольцом, в которое ввинчивается разъем.

На рис. 6 для иллюстрации работы ΔE -детекторов, изготовленных по технологии, изложенной выше, приведен α -спектр для источника $ThC - ThC'$ из работы /6/, в которой исследовались характеристики этих детекторов.

В заключение авторы благодарят Г.Н. Флерова за постоянный интерес к работе, А.И. Татаранкова - за содействие, Ю.А. Савушкина и Б.В. Ши - лова - за помощь в работе.

Литература

1. I.F.Mollenauer, S.Wagner and G.L.Miller. Report BNL-737, 1962.
2. T.C.Madden, W.M. Gibson. IEEE Trans. NS-11, No. 3, 254, 1964.
3. G.Andersson-Lindstrom and B.Zausig. Nucl.Instr. and Meth., 40, 277, 1966.
4. H.Bichsel, C.Tschalar. Nucl.Date. Sec. A, v.3, No. 3, 343, 1967.
5. P.T.Andrews. Proc. Symp. on Nucl.Instr. (Academic Press Inc.). N.Y., 1962, p. 93.
6. Г.Н. Зорин, В.Ф. Кушнирук. Препринт ОИЯИ, P13-5970, Дубна, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 января 1972 года.