

Рецензия на предложение по продлению проекта

"Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований".

Руководитель проекта: Г.А.Шелков, (ЛЯП-ОИЯИ)

Заместитель руководителя проекта: А.С.Жемчугов, (ЛЯП-ОИЯИ)

Предлагаемый для продления проект направлен на исследование и развитие нового типа координатных детекторов ионизирующего излучения на основе высокоомного ($\rho > 10^9 \text{ Ом}\cdot\text{см}$) монокристаллического арсенида галлия, легированного хромом (GaAs:Cr). GaAs:Cr - это полупроводниковый (п/п) материал детекторного качества, на основе которого можно разрабатывать и создавать детекторы резистивного типа (без выпрямляющего контакта) для регистрации разных типов ионизирующего излучения. Уникальная технология получения такого материала разработана и создана в России учеными Томского государственного университета (ТГУ). Арсенид галлия является одним из «тяжелых» п/п материалов с удельным весом (5.32 г/см^3), что превышает более чем в 2 раза плотность кремния. Детекторы на основе GaAs имеют высокую эффективность регистрации гамма и рентгеновского излучения при комнатной температуре (ширина запрещенной зоны равна 1.42 эВ), что делает данный п/п материал перспективным и важным для создания на его основе рентгеновских и гамма координатных детекторов. Конкурирующим п/п материалом по параметрам для регистрации рентгеновского и гамма излучения является CdZnTe, который является очень дорогим (более 5 долларов США/мм³). Авторами предлагаемого для продления проекта представлен отчет с основными результатами по выполненным научным исследованиям за период 2015-2017 г.г.

Одним из важных результатов является проведение исследований по радиационной стойкости GaAs:Cr детекторов на пучках электронов (20 МэВ, Линак-200) и быстрых нейтронов (ИБР-2). Показано, что данные детекторы сохраняют работоспособность до 1.5 МГр при облучении их электронами с энергией 20 МэВ, полезно привести значение флюенса электронов, соответствующее данной дозе. Для п/п детекторов удобнее и нагляднее шкалу радиационной нагрузки при облучении адронами и электронами указывать в значениях флюенса (см^{-2}), обычно через коэффициент жесткости данных частиц приводят к эквивалентному флюенсу быстрых нейтронов с энергией 1 МэВ (по повреждениям кремния), эта шкала принята в научном сообществе по исследованию радиационных повреждений в п/п. Также для корректного сравнения эффектов радиационных повреждений детекторов, изготовленных на разных типах п/п, всегда необходимо делать нормировку на единицу активного объема детектора. Предлагаю во время продолжения данного проекта для детекторов GaAs:Cr при радиационных исследованиях определить важные параметры данного материала, такие как зависимость параметра $\mu\text{т}$ от флюенса и токовую константу повреждений GaAs:Cr (для нейтронов и электронов) по аналогии с кремнием. Для любого типа монокристаллов кремния существует линейная зависимость создания числа радиационных дефектов от флюенса быстрых нейтронов и выражается следующей формулой приращения тока детектора:

$\Delta I = \alpha_1 \times \Phi \times V$, где ΔI -приращение тока (А); $\alpha_1 = (5 \pm 0.5) \times 10^{-17}$, (А/см) токовая константа повреждений кремния для быстрых нейтронов с энергией 1 МэВ, приведенная к температуре +20°C без учета самоотжига; Φ , (см^{-2}) – эквивалентный по повреждениям

кремния флюенс быстрых нейтронов с энергией 1 МэВ; $V=d \times S$, (см³) – чувствительный объем детектора.

Исходя из повышенной радиационной стойкости детекторов на основе GaAs:Cr существуют планы и разработки (коллаборация FCAL) по созданию специальных калориметров в области рядом с пучком для будущих электрон-позитронных коллайдеров (ILC, CLIC и др.). Предлагаются компактные сэндвич-калориметры с вольфрамовым абсорбером и активной среде на основе GaAs:Cr детекторов. Для успешного решения данной задачи необходимо продемонстрировать не только радиационную стойкость детекторов, но и детекторной электроники, это тоже задача для исследований.

Очень интересные и важные результаты приведены по исследованиям для разных целей гибридных пиксельных детекторов. Рассмотрены очень интересные методы регистрации в пиксельных детекторах на основе разработанных интегральных схем. Приборы на основе этих детекторов позволяют измерять треки с высокой точностью и идентифицировать разного типа частицы, конечно, это наукоемкое и информативное направление в детекторах для физики высоких энергий и ядерной физики необходимо развивать и внедрять в экспериментах, проводимых в нашем институте. Также приборы на основе пиксельных детекторов находят широкое применение в прикладных исследованиях и медицине. Авторы проекта имеют большой научно-методический задел по данной теме, и поэтому цели проекта должны быть выполнены. С другой стороны авторы берут на себя очень большой объем технологических задач вплоть до сборки по технологии очень высокой чистоты “bump bonding” и химических операций. Также, мне кажется, что закупать дорогой DLTS спектрометр и заниматься спектроскопией глубоких уровней может увести в сторону от достижения конечной цели по детекторам. DLTS спектроскопия это целая область в физике п/п, поэтому проще найти экспертов в специализированных институтах (БГУ, Минск или ГИРЕДМЕТ, Москва) и наладить с ними научное сотрудничество по изучению радиационных дефектов, облучая на пучках ОИЯИ образцы для DLTS.

Финансовые затраты на реализацию проекта обоснованы. Квалифицированные молодые эксперты и сотрудники есть в проекте, поэтому представленный проект необходимо поддерживать в полном объеме как проект первого приоритета ОИЯИ и пожелать авторам успехов и удачи в интересной работе.

Н.И.Замятин, 17.04.2017

