

Зависимость полного сечения от энергии столкновения представлена на рис. 1. Видно, что с ростом энергии наблюдается его уменьшение. Также для всех значений энергии использование поляризованных пучков приводит к росту рассматриваемых сечений. Радиационные же эффекты, напротив, заметно уменьшают значение сечений.

Важным методом изучения теоретических моделей является построение различного рода асимметрий. На рис. 2 приведена поляризационная асимметрия, для которой наблюдаются наибольшие отклонения от борновского приближения, она определяется следующим образом:

$$A_p = \frac{d\sigma_- - d\sigma_+}{d\sigma_- + d\sigma_+}, \quad (7)$$

где $d\sigma_+$ – дифференциальное сечение при спиральностях частиц $\lambda_{a,b} = \pm 1$, $d\sigma_- - \lambda_{a,b} = \mp 1$.

Таким образом, учет радиационных поправок приводит к значительному изменению наблюдаемых величин, которые могут быть изучены с высокой точностью в рамках современных экспериментальных возможностей, что открывает новые возможности как для тестирования Стандартной модели, так и для поиска эффектов, свидетельствующих о необходимости ее расширения.

Литература

1. *B. C. Allanach* Beyond the Standard Model Lectures for the 2016 European School of High-Energy Physics // arXiv preprint arXiv: 1609.02016. 2016.
2. *G. Passarino, M. Veltman* One-loop corrections for e^+e^- annihilation into $\mu^+\mu^-$ in the Weinberg model // Nuclear Physics B. 1979. Vol. 160. № 1. P. 151–207.
3. *M. Greco, G. Pancheri-Srivastava, Y. Srivastava* Radiative corrections to $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ around the Z_0 // Nuclear Physics B. 1980. Vol. 171. P. 118–140.
4. *M. Bohm, W. Hollik* Radiative corrections to polarized e^+e^- annihilation in the standard electroweak model // Nuclear Physics B. 1982. Vol. 204. № 1. P. 45–77.
5. *A. Denner* Techniques for the calculation of electroweak radiative corrections at the one-loop level and results for W-physics at LEP200 // Fortschritte der Physik. 1993. Vol. 41. №4. P. 307–420.
6. *D. Yu. Bardin, N. M. Shumeiko* On an exact calculation of the lowest-order electromagnetic correction to the point particle elastic scattering // Nuclear Physics B. 1977. Vol. 127. № 2. P. 242–258.

СОЗДАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ БАРЬЕРНЫХ ДЕТЕКТОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ АЛМАЗА ПВ ТИПА

В. С. Шляхтёнок

Алмазные детекторы, как правило, представляют собой фоточувствительные структуры резистивного типа, работающие при внешнем напряжении смещения. Детекторы ультрафиолетового и ионизирующих

излучений широко используются в различных областях науки и техники. Алмаз характеризуется высокой радиационной стойкостью, тканезквивалентностью и высоким сопротивлением. Под действием ионизирующих излучений в объеме алмазного детектора генерируются неравновесные носители заряда, которые разделяются внешним электрическим полем, что приводит к увеличению тока. Детекторы барьерного типа имеют преимущество перед фоторезисторами, состоящее в возможности разделения неравновесных носителей заряда встроенным в объем материала электрическим полем. Такие детекторы могут работать без приложения внешнего смещения, отсутствие которого приводит к снижению уровня шумов.

Цель данной работы – создание, с использованием алмаза типа IIb, барьерных детекторных структур в алмазе.

Барьер в алмазе можно создать с использованием технологии ионной имплантации, которая сопровождается формированием структурных нарушений. При достаточно высоком уровне нарушений имплантированный слой является проводящим с признаками электронной проводимости [1]. Лучшие характеристики барьерной структуры ожидаются при использовании алмаза, легированного бором. Легированные бором кристаллы алмаза типа IIb были синтезированы методом высоких давлений и высоких температур в СООО «АдамасИнвест», Республика Беларусь. Из кристаллов были изготовлены полированные плоскопараллельные пластины толщиной около 600 мкм. Концентрация некомпенсированного бора в образцах составляла $1,2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. В одну из поверхностей пластины имплантировали ионы бора с энергиями 20, 40, 65 и 100 кэВ. Полиэнергетическая имплантация использовалась для создания квази-однородного дефектного слоя толщиной 200 нм. Флюенс облучения соответствовал концентрации бора в имплантированном слое порядка 10^{20} см^{-3} . Отжиг образцов не проводился, поэтому степень активации имплантированного бора очень мала. Электропроводимость приповерхностного слоя алмаза осуществлялась по структурным нарушениям кристаллической решетки. При проведении электрических и фотоэлектрических измерений на неимплантированную поверхность пластин наносили контакт из серебряной пасты. Освещение барьерных структур излучением дейтериевой лампы в диапазоне длин волн от 186 до 350 нм [2] осуществлялось со стороны имплантированной поверхности. На рисунке 1 приведена схема изготовленной барьерной структуры.

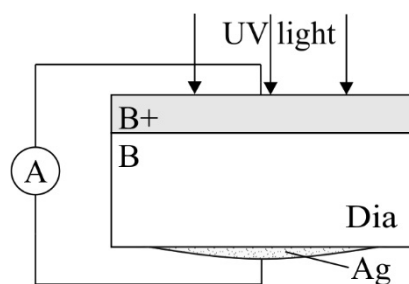


Рис. 1. Схематическое изображение барьерной структуры на алмазе

Для получения вольтамперных характеристик (ВАХ) барьерных структур в темноте и при освещении излучением дейтериевой лампы использовалась автоматизированная установка на базе дозиметра ДКС АТ-5350. Дозиметр содержит встроенный источник напряжения, позволяющий варьировать напряжение смещения в диапазоне ± 400 В, и амперметр, позволяющий регистрировать величину силы тока в диапазоне от 10^{-15} до 10^{-6} А. Установка управляется компьютером и позволяет регистрировать ВАХ при заданном шаге изменения напряжения смещения, или регистрировать в течение времени силу тока при заданном напряжении смещения. Результаты измерений в обоих случаях выводились в реальном времени на экране монитора и могли быть сохранены на жестком диске компьютера для последующей обработки.

На рисунке 2 показаны ВАХ барьерной структуры в темноте и при освещении излучением дейтериевой лампы. О существовании барьера свидетельствует нелинейный ход зависимости величины тока от напряжения. Быстрому росту тока с ростом напряжения (прямое включение) соответствует приложение отрицательного смещения к имплантированному слою, обратному включению соответствует приложение к имплантированному слою положительного смещения. При освещении барьера излучением дейтериевой лампы ВАХ смещается вдоль оси ординат. Аналогично р-n-переходу в алмазной барьерной структуре при нулевом смещении наблюдается ток короткого замыкания, величина которого возрастает с ростом интенсивности освещения. Под действием встроенного в алмаз электрического поля созданные излучением дейтериевой лампы электроны движутся к имплантированной поверхности, а дырки – в объем пластины. Соответствующая созданной барьерной структуре зонная диаграмма показана на рисунке 3.

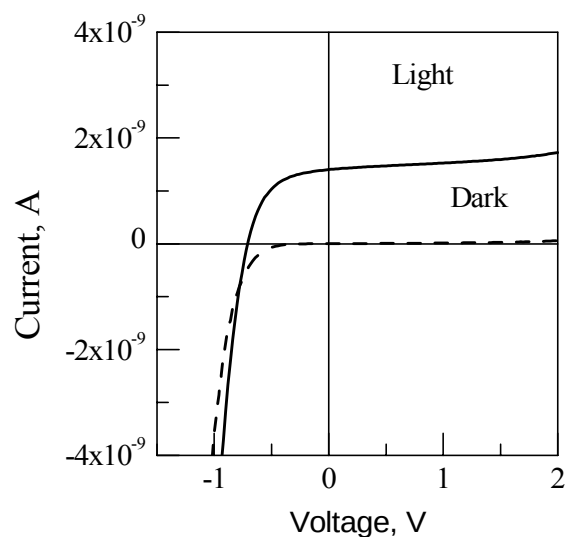


Рис. 2. ВАХ барьерной структуры в темноте и при освещении излучением дейтериевой лампы

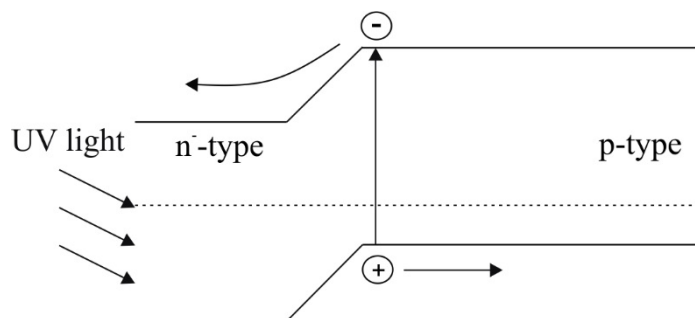


Рис. 3. Зонная диаграмма барьерной структуры

Зависимость тока во времени при различных интенсивностях излучения дейтериевой лампы и зависимость тока от интенсивности излучения приведены на рисунке 4а и 4б, соответственно. Высокое время жизни неравновесных зарядов следует из структурного совершенства образца. Сигнал при облучении УФ на порядок выше сигнала темнового тока, а значит барьерная структура на алмазе обладает хорошей чувствительностью. Наблюдается быстрая стабилизация уровня сигнала при засветке УФ- излучением в отличие от азотсодержащих образцов алмаза [3]. Зависимость тока от интенсивности излучения линейна.

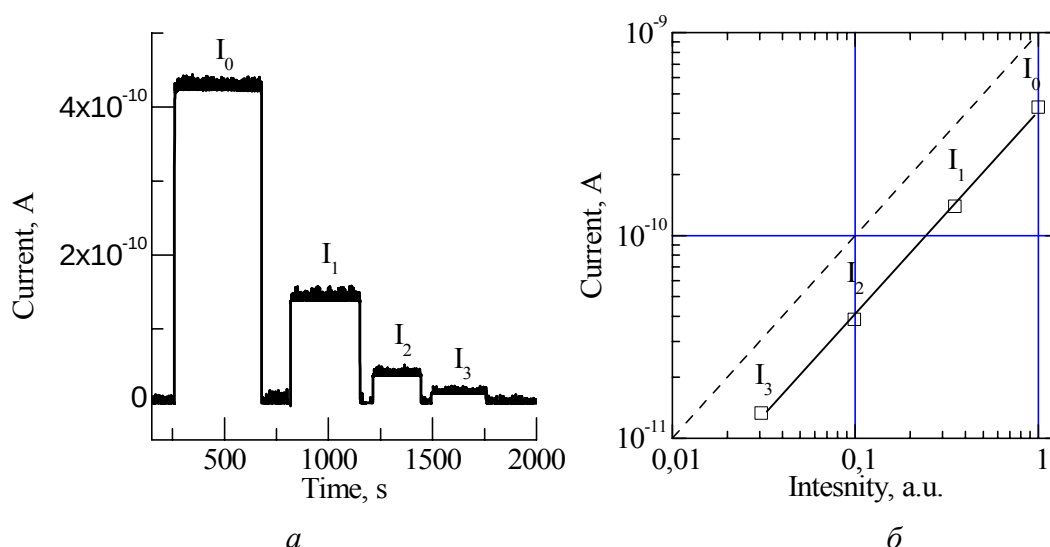


Рис. 4. Зависимость тока во времени при различных интенсивностях излучения (а) и зависимость тока от интенсивности излучения (б)

С использованием технологии ионной имплантации изготовлены барьерные структуры на основе синтетических алмазов типа IIb, проведены их испытания. Созданные барьерные структуры фоточувствительны в ультрафиолетовой области спектра и способны работать без приложения внешнего напряжения смещения. Используемая технология может быть основой для изготовления алмазных детекторов барьерного типа для регистрации ультрафиолетового и ионизирующих излучений.

Литература

1. Русецкий М.С., Казючиц Н.М., Казючиц В.Н., Наумчик Е.В. Формирование термочувствительных элементов в синтетическом алмазе с использованием радиационных дефектов ионной имплантации // Материалы 4-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2011». М.: БНТУ. 2011. С. 393–394.
2. Saunders R. D., Ott W. R., Bridges J. M. Spectral irradiance standard for the ultraviolet: the deuterium lamp // Applied Optics Vol. 17, 1978. № 4.
3. Наумчик Е. В., Ермакова А. В., Казючиц Н. М., Русецкий М. С., Казючиц В. Н., Шуленков А. С. Особенности фотоэлектрических характеристик алмаза, синтезированного методом высоких температур и давлений // Материалы и структуры современной электроники – 2010. С. 43–46.