

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОПРИЕМНИКОВ НА ОСНОВЕ СТМ «АЛМАЗОТ»

Н. М. Казючиц, В. Н. Казючиц, Е. В. Наумчик, М. С. Русецкий

Белорусский государственный университет, Kazuchits@bsu.by

Преимущества алмазных детекторов, наряду с исключительными термомеханическими свойствами, обусловлены оптимальным сочетанием высокой чувствительности, быстродействия, габаритов и высокого радиационного ресурса. Чувствительность алмазных фотоприемников в ультрафиолетовой (УФ) области существенно выше, чем кремниевых [1]. Кроме того, алмазные фотоприемники не реагируют на видимое и инфракрасное излучение, т.е. являются «солнечно слепыми». Главное преимущество алмазных приемников – их высокая радиационная стойкость, обеспечивающая длительную эксплуатацию в условиях повышенного радиационного фона [2]. Высокая температурная стойкость алмаза позволяет регистрировать излучения при повышенных температурах. Малые собственные шумы обеспечивают высокую чувствительность при регистрации низкоэнергетических излучений.

Высокие эксплуатационные характеристики алмазных фотоприемников обеспечиваются, прежде всего, качеством исходного материала. В случае использования природного сырья [3] алмазные пластины «детекторного» качества изготавливают из специально отобранных кристаллов типа IIa с концентрацией примеси азота менее 10^{18} см^{-3} . Кристаллы этого типа являются редкими и дорогими. Авторами работы [4] показано, что высокочувствительные детекторные структуры могут быть изготовлены на основе синтетического алмаза отечественного производства – СТМ «Алмазот».

Цель настоящей работы – исследование влияния температуры на спектральные характеристики фотоприемников УФ излучения на основе СТМ «Алмазот».

Исследовались детекторные структуры, расположенные в различных областях пластины СТМ «Алмазот». Пластина была вырезана из центральной части кристалла перпендикулярно его основанию вдоль плоскости (100) таким образом, чтобы в ее состав входили призатравочная область, центральная часть кристалла и области, прилегающие к вершинам. После двусторонней полировки пластины на одной ее поверхности была создана матрица контактных площадок размером $200 \times 200 \text{ мкм}$ с зазором между контактами равным 200 мкм . Для создания контактов использовалась имплантация ионов бора с последующим активационным отжигом. Фотография пластины с матрицей контактов и выделенные для исследования структуры приведены на вставке рисунка 1.

Спектры поглощения в УФ-видимой и инфракрасной (ИК) областях в окрестности выделенных структур приведены на рисунках 1а и 1б, соответственно. Бесцветные области 2, 4 при вершинах кристалла характеризуются наименьшим поглощением, соответствующим содержанию азота менее $5 \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$. В желтой области 3 концентрация азота почти на 2 порядка больше, чем в бесцветных. Атомы азота в желтых областях замещают атомы углерода в узлах кристаллической решетки и преимущественно находятся в изолированном состоянии образуя С-дефекты. В окрестности затравки (область 1) и в центральной части кристалла содержание азота в 2-3 раза больше, чем в области 3. В течение синтеза центральная часть кристалла дли-

тельное время (~70 часов) находилась в условиях термодиффузионной агрегации С-дефектов в А-дефекты. Поэтому содержание А-дефектов в центральной части кристалла выше. Индикатором присутствия примеси никеля в кристалле является C^{+} -линия поглощения, связанная с ионизованной примесью азота. Положительно заряженные С-дефекты наблюдаются в присутствии акцепторных примесей (бор, никель, радиационные нарушения), которые захватывают слабо связанный пятый электрон замещающего азота [5].

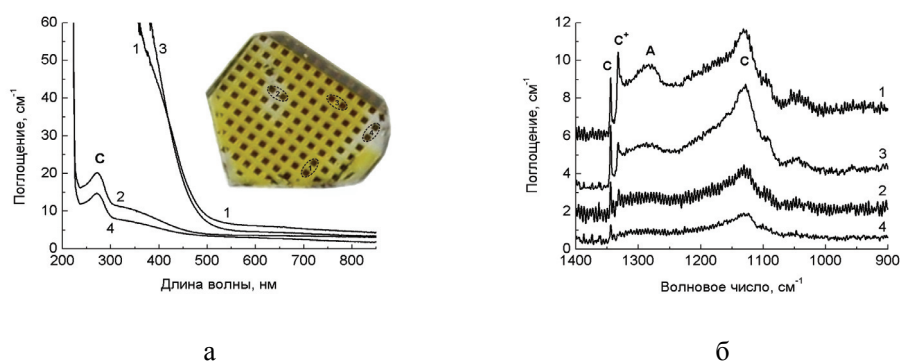


Рис. 1. Спектры поглощения различными областями пластины СТМ «Алмазот» в УФ-видимой – а) и ИК – б) областях.

На вставке – фотография пластины с выделенными структурами

На рисунке 2 приведены спектры фотопроводимости различных областей пластины при различных температурах. Независимо от температуры, структура спектров одинакова для всех областей пластины. Максимальная fotocувствительность соответствует области собственного поглощения на участке длин волн 200-230 нм. В более длинноволновой области спектра наблюдается примесная фотопроводимость для всех исследованных структур. Величина fotocувствительности в области собственного поглощения различается на 4 порядка для различных областей пластины. Наибольшая чувствительность соответствует областям при вершинах кристалла с пониженным содержанием азота. В тысячи раз менее чувствительны желтые области с высоким содержанием азота и области в окрестности затравки.

Для структуры 1 из призатравочной области кристалла с большим количеством структурных дефектов примесная фотопроводимость почти на порядок выше, чем в периферийных областях. Наименьшая примесная фотопроводимость наблюдается в желтых периферийных областях кристалла (структур 3) с простым набором структурных дефектов.

Вид спектральной чувствительности практически не меняется с температурой для структур 1, 3 с низкой собственной fotocувствительностью. В fotocувствительных структурах 2, 4 фотопроводимость в собственной области уменьшается с увеличением температуры, а максимум чувствительности сдвигается в длинноволновую область спектра. В области примесной фотопроводимости, наоборот, с ростом температуры наблюдается рост fotocувствительности. Скорость изменения fotocувствительности с ростом температуры в собственной и примесной областях спектра опре-

деляется, как это следует из рисунка 2, индивидуальным примесно-дефектным составом областей пластины и может быть различной.

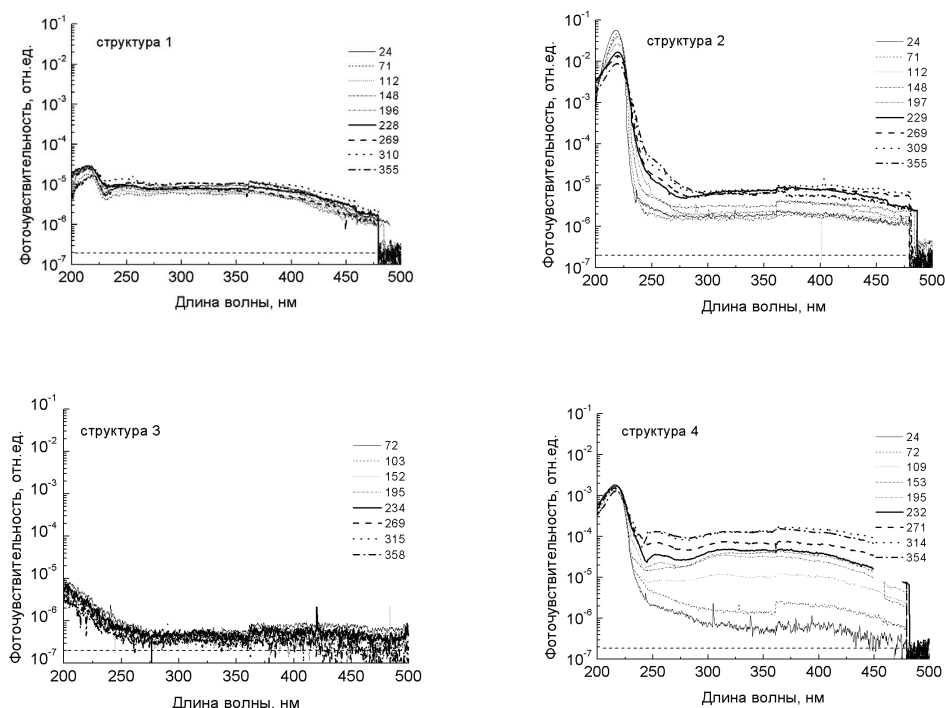


Рис. 2. Спектры фотопроводимости СТМ «Алмазот» в диапазоне температур 30 – 350 °С. Область регистрации спектра указана на рисунке

Сдвиг спектральной чувствительности в длинноволновую область обусловлен сужением ширины запрещенной зоны алмаза при повышении температуры. Изменение величины фоточувствительности может быть следствием изменения положения уровня Ферми проводящее к изменению характера заполнения и рекомбинационной активности примесно-дефектных уровней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pace E. Diamond detectors for space applications / E. Pace, A. De Sio. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 514 (2003) 93–99.
2. Козлов С.Ф. Алмазные детекторы ядерных излучений. В кн.: Алмаз в электронной технике. М.: Энергоатомиздат, 1990, с. 34-56.
3. www.ural-almaz.com.ru
4. Казючиц Н.М. Детекторы ультрафиолетового и ионизирующих излучений на основе синтетического НРНТ алмаза Труды XXIII Международной конференции «Радиационная физика твердого тела» / Н.М Казючиц, Л.Ф. Макаренко, Е.В. Наумчик, М.С. Русецкий, А.С. Шуленков. 8-13 июля 2013. Севастополь. 2013.с. 446-453.
5. Lowson S.C. On the existence of positively charged single-substitutional nitrogen in diamond / S.C. Lowson, D. Fisher, D.C. Hunt, M.E. Newt / J.Phys.: Condens. Matter. 10 (1998) 6171-6180.