

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

Н. М. Казючиц¹, М. А. Бублик², Н. Д. Курайшевич¹,
Е. В. Наумчик¹, М. С. Русецкий¹, А. С. Шуленков³

¹Белорусский государственный университет, Kazuchits@bsu.by,

²Всероссийский научно-исследовательский институт
автоматики им. Н.Л. Духова, г. Москва

³УП Минский НИИ Радиоматериалов

Уникальное сочетание таких свойств алмаза, как высокая электрическая и оптическая прочность, высокая теплопроводность, широкая запрещенная зона, высокая подвижность и малое время жизни неравновесных носителей заряда позволяет создавать на его основе импульсные детекторы ультрафиолетовых и ионизирующих излучений с высокими эксплуатационными характеристиками. Благодаря высокой радиационной стойкости алмаза эти приборы могут длительное время работать в условиях повышенного радиационного фона. Высокая теплопроводность в сочетании с электрической и оптической прочностью позволяет рассеивать большую мощность и коммутировать напряжения в сотни киловольт при силе тока несколько килоампер [1]. Высокая подвижность и малое время жизни носителей заряда в алмазе обеспечивают высокое быстродействие импульсных алмазных детекторов.

Современные импульсные алмазные детекторы, выпускаемые промышленностью, изготавливают на основе природного сырья [2] и алмазных пленок, выращенных методом осаждения из газовой фазы (CVD-метод) [3]. Импульсные детекторы на основе природного и CVD алмазов практически не отличаются по своим эксплуатационным характеристикам [3, 4].

Целью данной работы была предварительная оценка пригодности синтетических алмазов, полученных методом высоких температур и давлений (НРНТ-метод), для детектирования импульсных ультрафиолетовых и ионизирующих излучений.

Монокристаллы синтетического алмаза были выращены на РУП «Адамас БГУ» методом температурного градиента в аппаратах «БАРС» по стандартной технологии. Из них были изготовлены полированные с двух сторон пластинки толщиной около 300 мкм. Для проведения экспериментов на одной поверхности пластинок путем последовательного напыления слоев титана и золота была создана встречно-штыревая система контактов.

Подготовленные таким образом образцы детекторов подключались к источнику питания последовательно с сопротивлением нагрузки величиной 50 Ом и освещались импульсным тормозным излучением установки «Аргумент-1000» или излучением азотного лазера ЛГИ-21. Длительность лазерных импульсов составляла не более 10 нс, средняя энергия импульса 30 мкДж, длина волны излучения 337 нм. Мощность экспозиционной дозы тормозного излучения установки «Аргумент-1000» достигала величины 10^{11} Р/с при длительности импульса на полувысоте 3,5 нс. Напряжение питания варьировалось в диапазоне ± 50 –800 В. Сигнал с нагрузочного сопротивления через разделительный конденсатор регистрировался цифровым осциллографом.

На рисунке 1 приведена осциллограмма импульса излучения лазера ЛГИ-21, записанная с помощью детектора из синтетического алмаза. Как видно из рисунка, длительность регистрируемого импульса на полувысоте составляет около 9 нс. Полученные результаты позволяют говорить о воспроизведении формы лазерного импульса и свидетельствуют о возможности регистрации таким детектором еще более быстрых процессов.

На рисунке 2 приведена осциллограмма импульса рентгеновского излучения установки «Аргумент-1000». Как следует из рисунка, ширина записанного импульса на полувысоте составляет 4,2 нс. Затягивание спадающего фронта импульса является следствием ограниченного быстродействия самого алмазного детектора. Второй пик на кривой спада является результатом регистрации отраженного в передающей линии сигнала.

Для фотоэлектрических приборов на основе алмаза, работа которых основана на явлении фотопроводимости, характерно изменение величины сигнала со временем после включения освещения. При стационарном освещении, как правило, наблюдается спад фотопроводимости, который обусловлен захватом зарядов на уровни ловушек, и продолжается до достижения равновесия между процессами захвата и освобождения зарядов. В связи с этим, важно получить представление о стабильности характеристик импульсных детекторов на основе синтетического алмаза. На рисунках 3 и 4 приведены значения амплитуды и длительности сигналов при регистрации последовательности импульсов рентгеновского излучения установки «Аргумент-1000», соответственно.

Как можно видеть из рисунков, начиная с третьего импульса, амплитуда и длительность сигнала стабилизируются, оставаясь приблизительно на одном уровне вплоть до десятого импульса. Начиная с десятого импульса, амплитуда и длительность сигнала возрастают, в среднем, на 10 процентов. Рост амплитуды с одновременным уменьшением длительности для первых импульсов может быть связан с захватом свободных носителей заряда на уровни ловушек. Этот процесс увеличивает общее время рекомбинации и ограничивает общее число носителей заряда, участ-

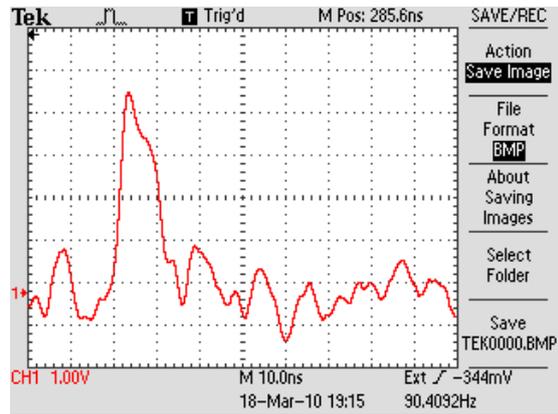


Рис. 1. Осциллограмма импульса излучения лазера ЛГИ-21. Напряжение смещения 50 В

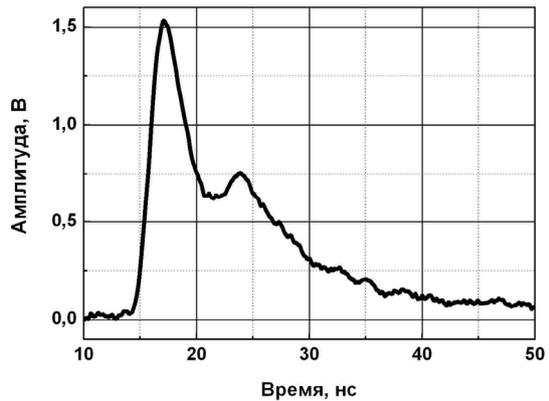


Рис. 2. Осциллограмма импульса рентгеновского излучения установки «Аргумент-1000». Напряжение смещения –700 В

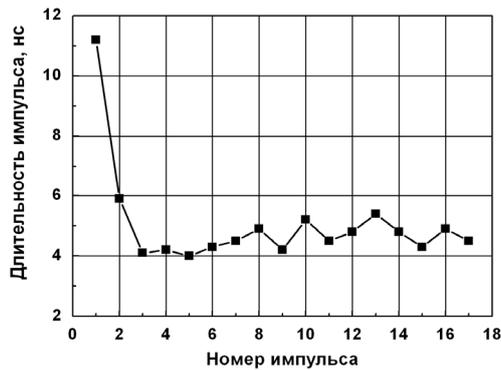


Рис. 3. Изменение амплитуды сигнала при регистрации последовательности импульсов рентгеновского излучения установки «Аргумент-1000»

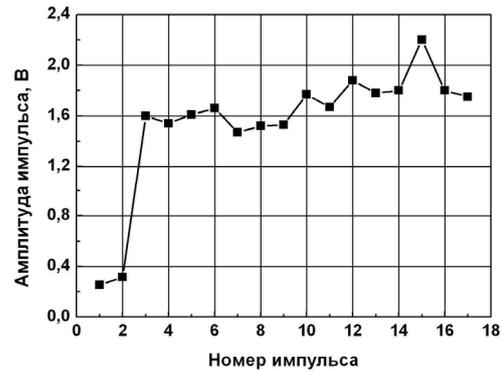


Рис. 4. Изменение длительности сигнала при регистрации последовательности импульсов рентгеновского излучения установки «Аргумент-1000»

вующих в рекомбинации. По мере заполнения ловушек количество захватываемых свободных носителей заряда на них уменьшается, что приводит к увеличению импульсной фотопроводимости и выходу сигнала на стабильный уровень.

Предварительные исследования экспериментальных образцов импульсных детекторов на основе синтетического алмаза показали их высокое быстродействие при регистрации импульсного ультрафиолетового и рентгеновского излучений. Дальнейшая работа будет направлена на исследования зависимости эксплуатационных характеристик импульсных алмазных детекторов от примесно-дефектного состава исходного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Квасков В. Б. Оптоэлектронные свойства природного алмаза и перспективы применения. / В сб. статей. Алмаз в электронной технике // отв. ред. В. Б. Квасков. М.: Энергоатомиздат, 1990. 248 с.
2. <http://www.uralalmazinvest.ru/>
3. <http://www.aasc.net/>
4. Schein J. Radiation hard diamond laser beam profiler with subnanosecond temporal resolution / J. Schein [et al.] // Review of Scientific Instruments. 2002. V. 73. P. 18.