

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОДИНОЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА GaAs И GaN СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ

И. В. Ульянов, В. С. Носовец, И. Д. Приходько

ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск, Россия

Полупроводниковые компоненты, входящие в состав космических и летательных аппаратов, чувствительны к воздействию электромагнитных помех, источниками которых могут быть: электростатический разряд, молния, ядерный взрыв [1, 2]. Воздействие электромагнитных помех приводит к наведению импульсного напряжения на проводниках, поэтому стойкость к воздействию электромагнитных помех принято оценивать с помощью одиночных импульсов напряжения (далее импульсы). Импульсы напряжения способны негативно воздействовать на критически важные компоненты радиоэлектронных систем за счет: выхода ключевых параметров за нормы, тиристорного эффекта, теплового пробоя, образования точечных дефектов, проплавления и закорачивания областей в полупроводниках. Исследование этих эффектов – важная прикладная задача, способствующая развитию микроволновой электроники, авиации и космических технологий [1–3]. Актуальность данной задачи определяется повышенной чувствительностью современных радиоэлектронных систем к электромагнитным помехам из-за миниатюризации и повышения их функциональной сложности [1].

Наиболее подробно изучено действие импульсов на устройства из кремния: диоды, МОП- и биполярные транзисторы [1, 3]. В последние два десятилетия внимание исследований смещается в сторону устройств из GaN, SiC и GaAs (высоковольтные диоды, HEMT, силовые транзисторы и др.) [4–6], однако воздействие импульсов на светоизлучающие гетероструктуры остается малоизученным. Между тем, одновременное измерение электрических и оптических характеристик таких структур позволяет получать больше информации о процессах, происходящих при воздействии импульсов на полупроводниковые устройства. Поэтому цель данной работы – исследование влияния одиночных импульсов напряжения на светоизлучающие гетероструктуры из GaAs и GaN.

Исследуемые образцы – коммерческие светодиоды с длиной волны электролюминесценции (ЭЛ) 530 и 850 нм на основе квантовой ямы из GaN и GaAs. Для имитации воздействия ЭМИ на образцы подавали импульсы отрицательной и положительной полярности с амплитудой до 100 В и длительностью 30 нс, при этом образцы находились в рабочем состоянии при постоянном токе силой 0,5–20 мА. Для контроля за состоянием образцов одновременно снимали осциллограммы напряжения на токоизмерительном резисторе, нагрузочном сопротивлении фотодиода и спектры ЭЛ. До и после воздействия импульсов измеряли вольт-амперные характеристики светодиодов.

Обнаружено, что воздействие импульсов положительной и обратной полярности существенно различны (рис. 1). Импульс положительной полярности приводит к интенсивной вспышке ЭЛ, после чего наблюдается уменьшение интенсивности ЭЛ, причем на времена порядка 1–100 мкс интенсивность оказывается примерно на порядок меньше, чем до воздействия импульса. Время потери работоспособности светодиодов Δt уменьшается с ростом величины силы постоянного тока. Импульс отрицательной полярности приводит к кратковременному уменьшению интенсивности ЭЛ, а затем к вспышке продолжительностью порядка 10 мкс, что много больше времени жизни неосновных носителей заряда в квантовой яме. Пиковая длина волны вспышки равна 530 нм, что соответствует оптическим переходам в квантовой яме.

Похожую вспышку ЭЛ GaN- и GaAs-светоизлучающих структур наблюдали при воздействии ионизирующего излучения [7]. Авторы связали ее с инжекцией неравновесных носителей заряда, порожденных ионизирующим излучением, в квантовую яму. Согласно измерениям вольт-амперных характеристик, амплитуда использованных импульсов достаточна для возникновения электрического пробоя, поэтому можно предположить, что вспышка возникает за счет неравновесных носителей заряда, созданных пробоем.

Отметим также, что при повышении амплитуды импульсов отрицательной полярности наблюдается долговременное изменение вольт-амперных характеристик светодиодов в области малых напряжений (по сравнению с напряжением открытия диода). Изменения накапливаются по мере увеличения числа одиночных импульсов, поданных на образец.

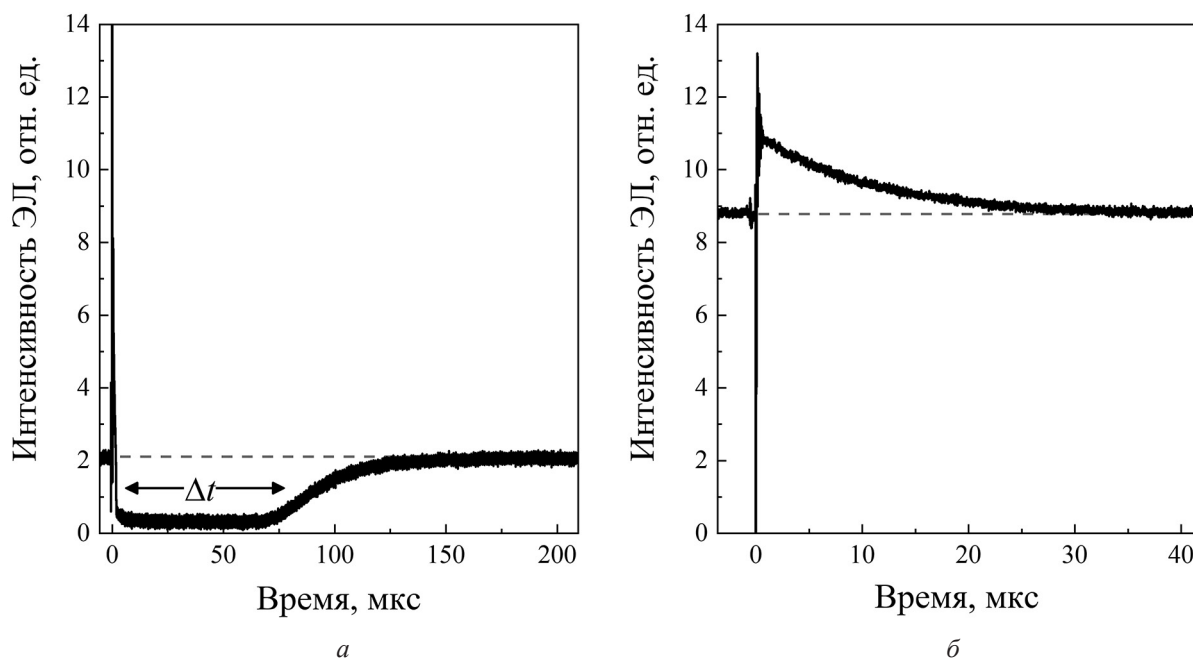


Рис. 1. Типичная зависимость интенсивности ЭЛ светодиодов от времени при воздействии импульсов положительной (а) и отрицательной (б) полярности

Литература

1. **Кириллов, В. Ю.** Электромагнитная совместимость летательных аппаратов [Текст]. – М. : МАИ, 2012. – 162 с.
2. **Макаренко, С. И.** Противодействие беспилотным летательным аппаратам [Текст] : монография. – СПб. : Научные технологии, 2020. – 204 с.
3. **Усыченко, В. Г.** Стойкость сверхвысокочастотных радиоприемных устройств к электромагнитным воздействиям [Текст] : монография / В. Г. Усыченко, Л. Н. Сорокин. – М. : Радиотехника, 2017. – 288 с.
4. **Ma, Z.** Damage Effects and Mechanisms of High-Power Microwaves on Double Heterojunction GaN HEMT [Text] / Z. Ma, D. Liu, S. Yuan, Z. Duan, Z. Wu // Aerospace. – 2024. – Vol. 11. – P. 346.
5. **Иванов, П. А.** Устойчивость высоковольтных (1430 В) 4H-SiC $p^+-n_0-n^+$ -диодов к лавинному пробою [Текст] / П. А. Иванов, Т. П. Самсонова, А. С. Потапов // ФТП. – 2018. – Т. 52, № 12. – С. 1527.
6. **Willert, C.** Pulsed operation of high-power light emitting diodes for imaging flow velocimetry [Text] / C. Willert, B. Stasicki, J. Klinner, S. Moessner // Meas. Sci. Technol. – 2010. – Vol. 21. – P. 075402.
7. **Шукайло, В. П.** Люминесценция GaN и GaAs диодов при n-γ облучении [Текст] / В. П. Шукайло, С. В. Оболенский, Н. В. Басаргина и др. // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2012. – Т. 5, № 1. – С. 60.