

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ-ТИРИСТОРОВ С ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ ТОКА

П. С. Гаврина¹, А. А. Подоскин¹, С. О. Слипченко¹, Т. А. Багаев², М. А. Ладугин², А. А. Мармалюк²,
В. А. Симаков², Н. А. Пихтин¹

¹Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия

²АО «НИИ "Полюс" им. М.Ф. Стельмаха», Москва, Россия

gavrina@mail.ioffe.ru

Лазер-тиристор – прибор, объединяющий в одной эпитаксиальной гетероструктуре излучатель (лазер) и токовый ключ (лавинный фототранзистор).

Электрическая схема

- постоянное напряжение питания;
- конденсатор (С), подключённый параллельно прибору;
- импульс управления амплитудой от единиц до сотен мА, инжектирующий носители заряда в лазерную часть.

Принцип работы

Импульс управления - инжекция в лазерную часть



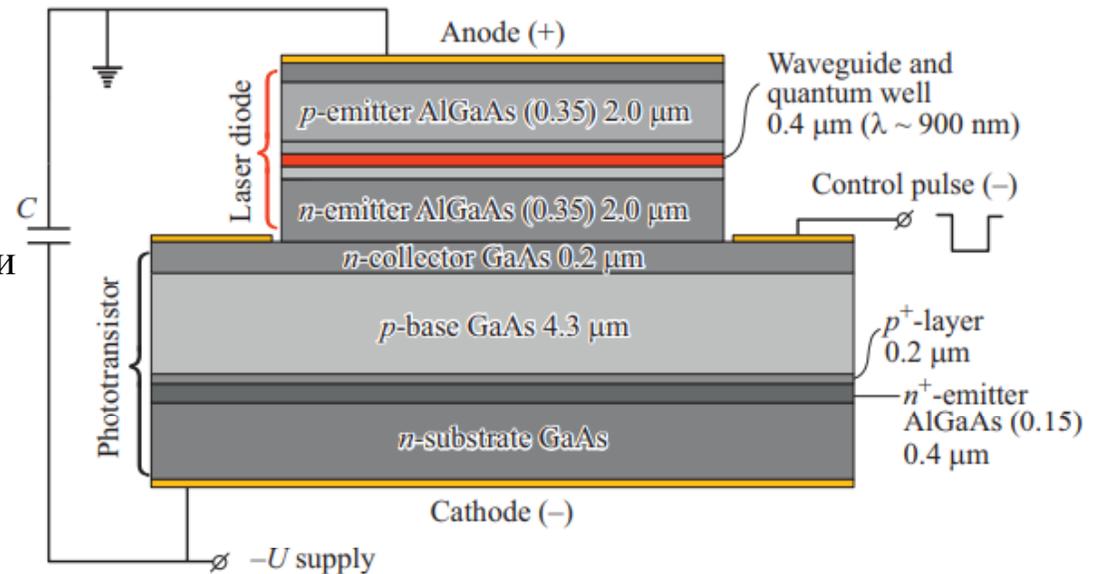
Спонтанное излучение из лазерной части поглощается в р-GaAs базе, генерируя носители заряда



Быстрое переключение прибора за счёт лавинного размножения носителей.



Разрядка конденсатора, лазерный импульс



Ширина полоска лазерного диода 200 мкм

2

БЫЛО

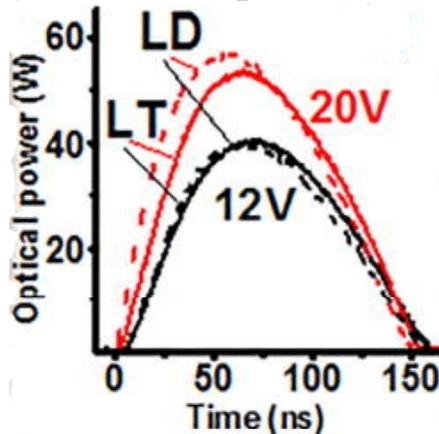
(образцы с 2 мкм p-GaAs базой без сильнолегированной p+-GaAs вставки)

C=470 нФ

$P_{\text{опт}} \sim 40 \text{ Вт}$, $t_{\text{и}} = 160 \text{ нс}$, $U_{\text{пит}} = 12 \text{ В}$

$P_{\text{опт}} > 50 \text{ Вт}$, $t_{\text{и}} = 150 \text{ нс}$, $U_{\text{пит}} = 20 \text{ В}$

1. Максимальное напряжение блокировки 20 В.
2. Выходная оптическая мощность на уровне десятков Вт при ширине полоска 200 мкм.
3. Слабая зависимость длительности импульса от напряжения питания.



S. O. Slipchenko et al. Effect of the spatial current dynamics on radiative characteristics of high-power lasers-thyristors based on AlGaAs/GaAs heterostructures, J. Appl. Phys., V. 121, №. 5, p. 054502 (2017).

СТАЛО

(образцы с 4.3 мкм p-GaAs базой и сильнолегированной p+-GaAs вставкой)

C=470 нФ

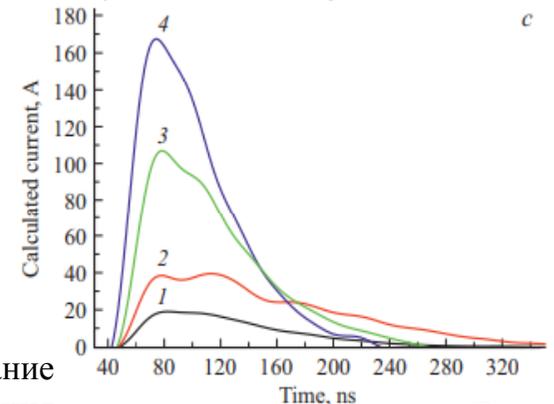
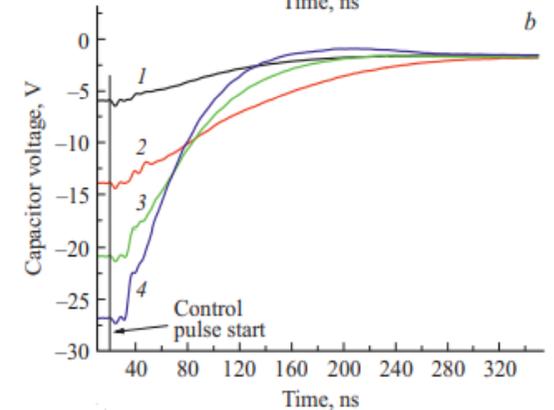
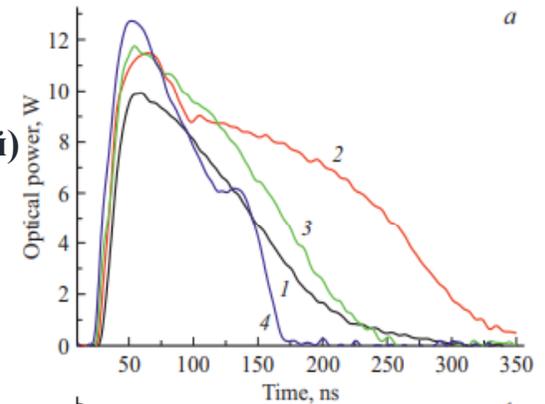
$P_{\text{опт}} \sim 11.5 \text{ Вт}$, $t_{\text{и}} = 300 \text{ нс}$, $U_{\text{пит}} = 14 \text{ В}$

$P_{\text{опт}} \sim 12 \text{ Вт}$, $t_{\text{и}} = 275 \text{ нс}$, $U_{\text{пит}} = 21 \text{ В}$

$P_{\text{опт}} \sim 13 \text{ Вт}$, $t_{\text{и}} = 150 \text{ нс}$, $U_{\text{пит}} = 27 \text{ В}$

1. Увеличено максимально достижимое напряжение блокировки до 30 В.
2. Получение высокой выходной оптической мощности не представляется возможным.
3. Расчётная амплитуда тока превышает 100 А.
4. Заметная зависимость длительности импульса от напряжения питания.

А. А. Подоскин и другие. Исследование пространственной динамики включения лазера-тиристора (905 нм) на основе многослойной гетероструктуры AlGaAs/InGaAs/GaAs, ФТП, Т. 55, вып. 5, стр. 466-472 (2021).

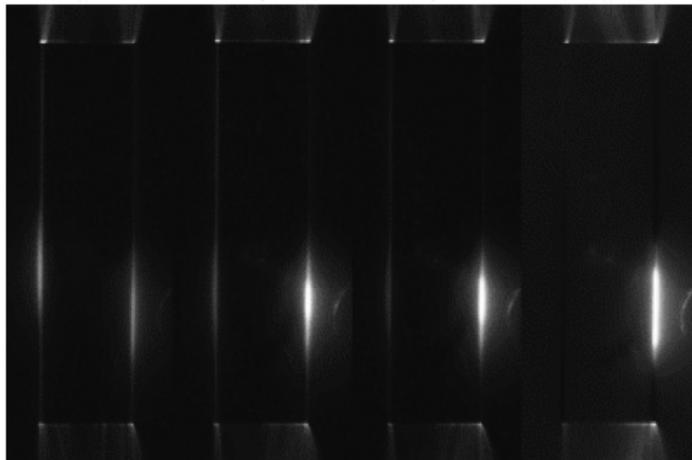
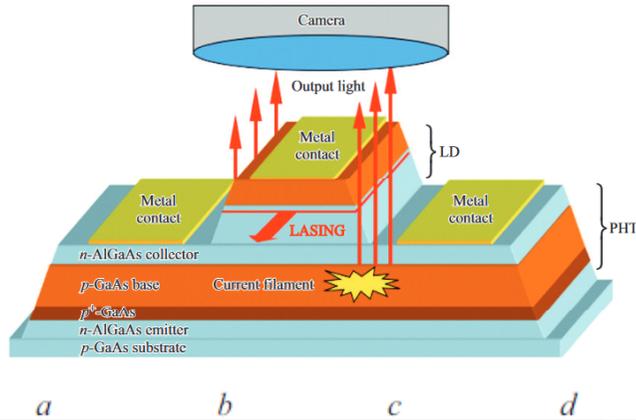


Напряжение питания, В:
1 — 6, 2 — 14, 3 — 21, 4 — 27

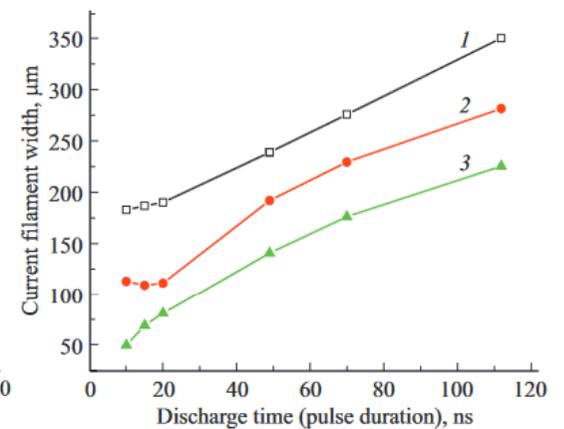
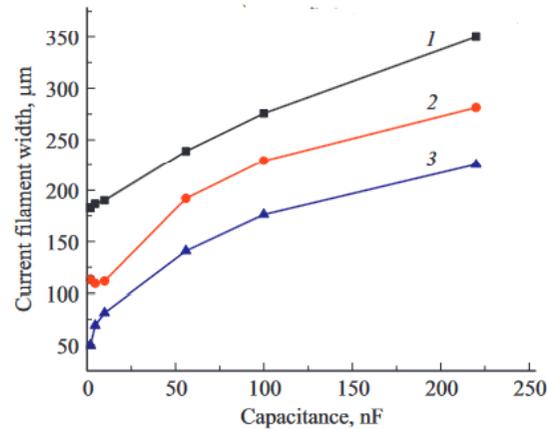
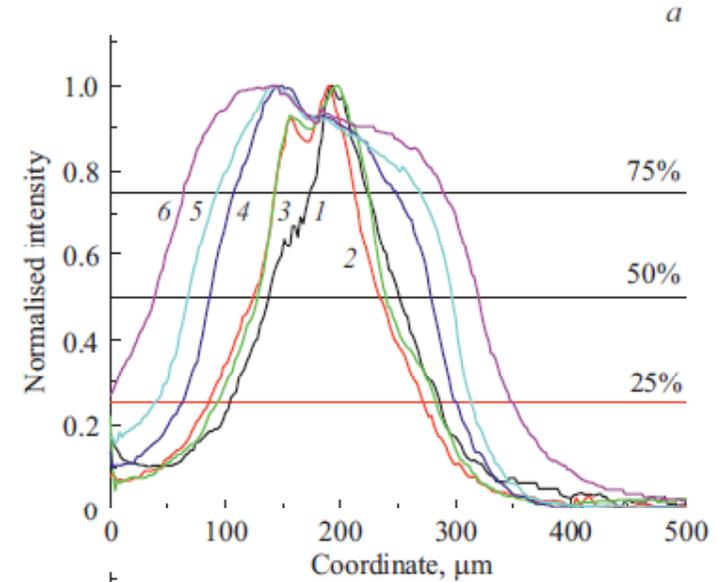
Исследование локализации тока

Регистрация спонтанного излучения из базовой области лазера-тиристора с помощью светочувствительной камеры сверху.

Образцы с p-GaAs слоем в базе



Резонатор лазера-тиристора (880 мкм) ориентирован вертикально. $C=22$ нФ, ток управления 62 мА, напряжения питания, В:
 а — 15, b — 20, с — 22, d — 28.



Размеры сечения области локализации протекания тока для разных разрядных емкостей (соответствующих длительностей импульса) и при различных уровнях от максимума нормированного профиля интенсивности свечения, %: 1 — 25, 2 — 50, 3 — 75.

Выводы

1. Увеличение толщины p-GaAs области с 2 до 4.3 мкм и добавление сильнолегированной p⁺GaAs вставки толщиной 0.2 мкм позволяет повысить максимально достижимое напряжение блокировки лазера-тиристора с 20 до 30 В.
2. За время импульса носители заряда из области локализации не распространяются на всю площадь резонатора, что критически снижает излучательную эффективность прибора.
3. Наблюдается выраженная зависимость длительности импульса от напряжения питания: длительность оптического импульса при номинале питающего конденсатора 470 нФ сократилась с 350 нс при 6 В до 150 нс при 27 В.
4. Регистрируемое с помощью светочувствительной камеры излучение из области локализации даёт представление о её размерах: они варьируются от 170 мкм до 350 мкм при номиналах конденсатора от 2 до 220 нФ и длительностях импульса от 10 нс до 112 нс, соответственно.
5. Поскольку излучательная эффективность низкая, но наблюдаемые амплитуды тока превышают 100 А, гетероструктуры данного типа могут использоваться при создании токовых ключей для накачки мощных полупроводниковых лазеров.