

**В. Н. Легкий**

(Новосибирск)

**ГЕНЕРАТОРЫ НАНОСЕКУНДНОГО И СУБНАНОСЕКУНДНОГО  
ДИАПАЗОНОВ ДЛИТЕЛЬНОСТИ  
ДЛЯ НАКАЧКИ ИНЖЕКЦИОННЫХ ЛАЗЕРОВ**

Рассмотрена возможность создания наносекундных и субнаносекундных генераторов мощных импульсов для накачки полупроводниковых инжекционных лазеров с регулируемыми параметрами. Предложена схема генератора накачки инжекционных лазеров с подключением к цепи ключ-нагрузка различных накопительных емкостей через разделительные диоды. Изменение длительности в диапазоне  $\tau_n = 0,1-20$  нс осуществляется переключением зарядных цепей накопительных конденсаторов, а амплитуда импульсов накачки определяется постоянной времени заряда. Исследованы зависимости параметров генераторов на основе мощных S-диодов от длительности и частоты следования импульсов.

Для обеспечения высокой эффективности генерации излучения в импульсных инжекционных лазерах (ИЛ) ближнего ИК-диапазона (длина волны  $\lambda = 0,80-0,92$  мкм) генератор накачки должен вырабатывать токовые импульсы с амплитудой  $I_n = 25-100$  А при нагрузке  $R = 0,1-0,5$  Ом или  $I_n = 30-50$  А при  $R = 1,0-2,5$  Ом [1, 2] (см. таблицу).

Применительно к бортовым и портативным адаптивным системам для накачки ИЛ необходимо формировать мощные импульсы тока с регулируемой амплитудой в наносекундном и субнаносекундном диапазонах ( $\tau_n = 0,2-20$  нс). Амплитудное значение тока должно регулироваться в соответствии с изменением температуры окружающей среды для обеспечения ста-

Тип лазера	Мощность импульса, Вт	Длительность импульса, нс	Частота следования, кГц	Напряжение, В	Пороговый ток/ток накачки, А
ЛПИ-101	4	70-150	6	-	(2-3)/(20-40)
ИЛПИ-107	10	50-150	25-100	-	(2-3)/(20-40)
ИЛПИ-110	110	120 ± 6	3,2	-	(5-8)/(40-50)
ИЛПИ-101	250	-	0,1	-	(5-8)/(90-100)
IDLP-100M-810	100	100	10	20	(5-8)/(40-50)
IDLP-500M-810	500	100	5	50	(5-8)/(6-70)

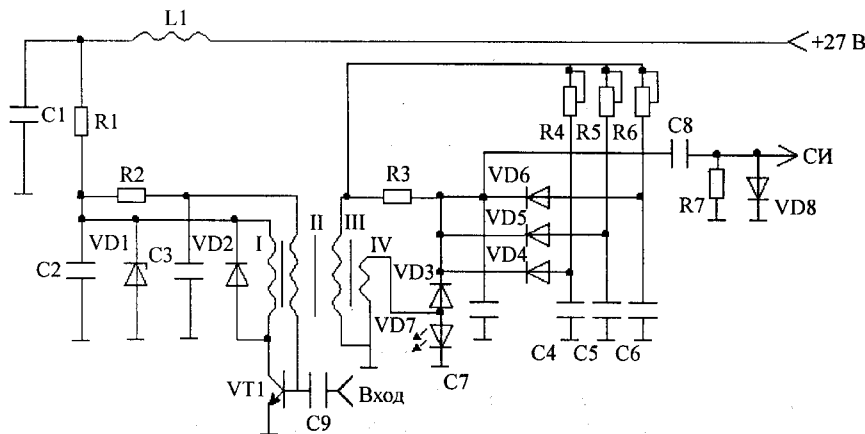


Рис. 1. Схема генератора накачки: VT1 – 2Т926А, VD3 – S-диод, VD7 – ИЛ, VD4–VD6 – 2Д510А

бильной импульсной мощности излучения лазера или в соответствии с результатами предыдущего значения измеренной дальности. Импульсы переменной длительности используются в оптических датчиках для селекции сигналов пассивных помех, а в дальномерных системах – для расширения диапазона рабочих расстояний и скоростей. Регулирование амплитуды или переключение длительности импульсов с помощью электромеханических элементов (герконы, реле и др.) осложняется влиянием индуктивностей контактов и паразитных реактивностей RC-схем. Быстродействующие транзисторы и диоды с накоплением заряда не могут работать с импульсами такой амплитуды при низкоомной нагрузке.

Применение лавинных диодов и соответствующих схемных решений позволяет решить данную задачу. Диод импульсный лавинный (ДИЛ) на основе GaAs (S-диод) имеет S-образную вольт-амперную характеристику при обратном напряжении смещения. Работа S-диода основана на перезаряде глубоких примесных центров при возникновении лавинного пробоя в области объемного заряда. При обратном напряжении, равном пробивному, диод переходит из закрытого состояния с сопротивлением  $R_z = 1-5 \text{ ГОм}$  в открытое с сопротивлением  $R_o = 0,5-5 \text{ Ом}$ . S-диоды AA732A, AA732B способны формировать импульсы тока до 30 А при напряжении лавинного пробоя 180–250 В. Исследования диодов типа AA742 показали возможность коммутировать ток до 50 А при пробивном напряжении 350–500 В. Используемые диоды характеризуются малым значением допустимого среднего тока (до 1 мА), что определяет предельную частоту следования токовых импульсов  $f_c \leq 20 \text{ кГц}$ .

В разработанном генераторе накачки (рис. 1) применялись S-диоды серий 719 и 723 с эпитаксиальной структурой  $n^+ - p - v - n$ , отличающиеся допустимым средним током  $I_{cp} \leq 15 \text{ мА}$ . Схема содержит блокинг-генератор, обеспечивающий на повышающей обмотке III импульс длительностью около 2 мкс с амплитудой 350 В, которым заряжается накопительная емкость C7. При  $U_{C7}$ , равном напряжению пробоя S-диода, VD3 открывается и формирует токовый импульс в контуре C7, VD3, VD4.

Емкость C7 определяет минимальную длительность импульсов накачки. Увеличение длительности импульсов производится за счет дополнительных конденсаторов C4–C6, заряжаемых по цепям R4–R6 (рис. 2). Напряжение, до

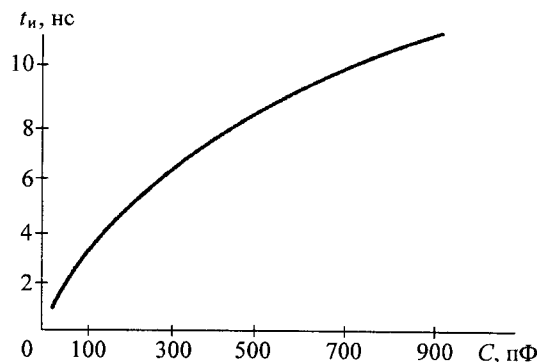


Рис. 2. Зависимость длительности импульса от накопительной емкости при  $f_c = 30$  кГц,  $R = 1$  Ом

которого заряжается один или несколько дополнительных конденсаторов к моменту пробоя  $S$ -диода, определяется сопротивлением зарядных цепей  $R4-R6$ , в качестве которых в автоматических системах могут применяться управляемые источники тока на высоковольтных транзисторах. Диоды  $VD4-VD6$  выполняют роль разделительных элементов при отношении напряжений  $U_{Ci} < U_{C7}$ . Путем регулирования процесса заряда дополнительных конденсаторов можно реализовать плавное управление длительностью токовых импульсов накачки лазера  $VD4$ . Обмотка  $IV$  служит для формирования импульсного тока смещения лазера пороговой величины, без которого невозможна эффективная генерация оптических сигналов с длительностью менее 20 нс [1].

Время нарастания импульса составляет 0,2 нс. Зависимость амплитуды токового импульса от сопротивления нагрузки представлена на рис. 3. Интересно, что длительность импульса практически не зависит от  $R$ , а ток в нагрузке не зависит от зарядной емкости, что определяется нелинейностью функции  $R_o(I_m)$ .

Зависимость тока в нагрузке от частоты повторения для различных значений  $R$  представлена на рис. 4. Экстремум на частоте  $f_c = 10-15$  кГц обусловлен повышением напряжения пробоя от 200 до 250 В, что связано с конечным временем перезаряда глубоких примесных центров. Как видно из рис. 4,  $S$ -диоды работают до частот повторения  $f_c = 100$  кГц. Особенно

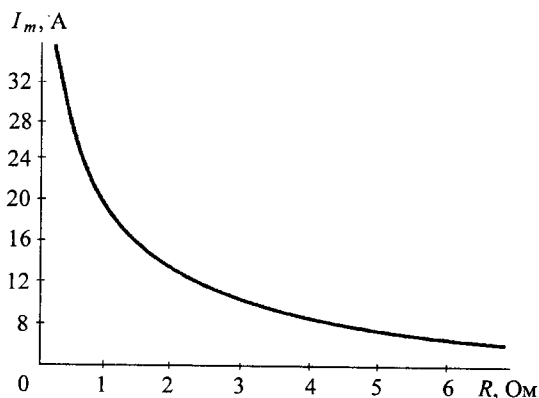


Рис. 3. Зависимость тока накачки от сопротивления нагрузки при  $\tau_n = 10$  нс,  $f_c = 30$  кГц

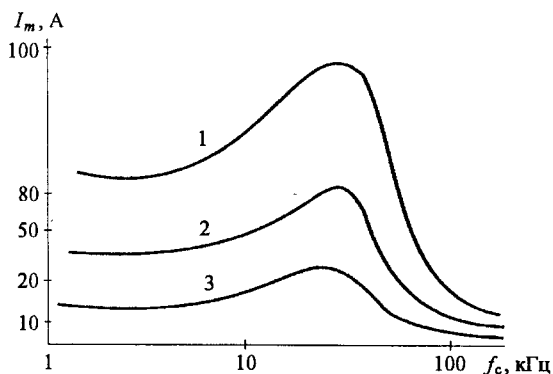


Рис. 4. Зависимость тока накачки от частоты следования импульсов при  $\tau_n = 10$  нс: кривая 1 –  $R = 0,25$ ; 2 – 1,0; 3 – 10 Ом

эффективно их применение при низкоомной нагрузке, например, при  $R = 0,25$  Ом генератор обеспечивает параметры импульсов:  $I_n = 80$  А,  $\tau_n = 10$  нс,  $f_c = 15$  кГц.

При частоте  $f_c > 20$  кГц для повышения устойчивости работы устройства вместо блокинг-генератора допустимо применение мощного транзисторного ключа с составным транзистором на входе (например, можно рекомендовать сочетание КТ312, КТ630, КТ805).

В рассмотренной схеме синхронизация измерительной системы обеспечивается по синхроимпульсу, формируемому в момент излучения с помощью дифференцирующей цепи С8, R7. Для внешней синхронизации генератора накачки исследовались параметры S-диодов при их оптическом управлении импульсами с длиной волны  $\lambda = 0,9$  мкм. В разработанном генераторе на S-диод подается постоянное обратное напряжение, которое меньше напряжения пробоя на  $\Delta U = 0,1-10$  В. За счет воздействия энергии управляющего излучения ( $E = 0,01-0,1$  мкДж) достигается достаточный для пробоя сдвиг вольт-амперной характеристики S-диода. Минимальная энергия  $E < 2 \cdot 10^{-4}$  мкДж достигнута в генераторе накачки с прецизионным источником напряжения, в котором автоматически поддерживается интервал напряжений  $\Delta U \leq 20$  мВ.

Разработанные генераторы накачки с управляемыми параметрами нашли применение в оптических рефлектометрах [2], импульсных высотомерах, в стендах зондирования замутненных сред, в генераторах тестовых импульсов для исследования быстродействия мощных МДП-транзисторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкий В. Н., Миценко И. Д., Галун Б. В. Малогабаритные генераторы накачки полупроводниковых лазеров. Томск: Радио и связь, 1990.
2. Пат. 2058525 РФ. Адаптивный лазерный измеритель расстояния /В. Н. Легкий, В. А. Трушин, И. Д. Миценко. Оpubл. 20.04.96, Бюл. № 11.

Новосибирский государственный  
технический университет,  
E-mail: LVN@ignis.cs.nstu.ru

Поступило в редакцию  
20 июня 2002 г.