

ИСТОЧНИКИ И ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 621.384.6

И.Д. Костыря, В.Ф. Тарасенко

**О возможности применения генератора с индуктивным  
накопителем энергии и полупроводниковым прерывателем  
тока для накачки лазеров на парах металлов**

*Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск*

Поступила в редакцию 21.02.2001 г.

Приведены результаты экспериментальных исследований особенностей накачки газоразрядной трубки от индуктивного накопителя энергии с полупроводниковым прерывателем тока при высокой частоте следования импульсов. Впервые для такого типа генераторов реализована частота следования импульсов 12 кГц. При разряде через трубку длиной 80 см получены импульсы тока с передним фронтом импульса короче 10 нс с амплитудой тока 550 А. Предлагается использовать созданный генератор для накачки импульсно-периодических лазеров на парах металлов, в том числе лазера на парах меди, которые широко используются для зондирования атмосферы.

В наших работах [1–7] было показано, что индуктивный накопитель энергии может успешно использоваться для накачки импульсных газовых лазеров на плотных газах. Генераторы с индуктивным накопителем энергии позволяют легко изменять режимы накачки и осуществлять возбуждение лазеров различного типа в оптимальных условиях. Создание специальных полупроводниковых прерывателей тока (SOS) [8] позволило существенно расширить возможности использования генераторов с индуктивным накопителем энергии. Однако в литературе нет данных, характеризующих различные режимы накачки импульсных газовых лазеров от индуктивных накопителей при частотах повторения более 100 Гц, даже при накачке продольным разрядом, тогда как целый класс лазеров на парах металлов [9], в том числе лазер на парах меди, которые широко используются для изучения свойств атмосферы и океана, нуждается в эффективных генераторах накачки с частотами повторения импульсов 10 кГц и выше.

В настоящей статье рассмотрены особенности накачки газоразрядной трубки от индуктивного накопителя энергии с полупроводниковым прерывателем тока при высоких частотах повторения. Отметим, что при работе подобных генераторов импульсов на активную нагрузку максимальная частота следования импульсов в стационарном режиме не превышала 1 кГц, а в режиме коротких включений (30–40 с) частота следования импульсов составила 5 кГц [8].

Электрическая схема установки была подобна схеме, описанной в [7]. Питание осуществлялось от высоковольтного выпрямителя, который заряжал конденсатор  $C = 20$  мкФ до напряжения 1–5 кВ. Конденсатор  $C$  через дроссель и диод соединялся с конденсатором  $C_0 = 2000$  пФ и заряжал его до удвоенного на-

пряжения при частотах следования импульсов 1–12 кГц. После срабатывания тиратрона (ТГИ-2500/50 с водяным охлаждением) конденсатор  $C_0$  через индуктивность  $L_0 = 11,3$  мГн и тиратрон заряжал конденсатор  $C_1 = 2000$  пФ. Примерно при максимальном напряжении на  $C_1$  срабатывал водоохлаждаемый дроссель  $L_1$ , собранный из 175 ферритовых колец марки М1000НМ размером  $20 \times 10 \times 5$  мм. При зарядке конденсатора  $C_1$  осуществлялось пропускание тока через SOS-диоды в прямом направлении, а при срабатывании дросселя  $L_1$  – в обратном направлении. Это приводило к обрыву тока SOS-диодом и за счет энергии, запасенной в индуктивности, к формированию импульса высокого напряжения на разрядной трубке, которая включалась параллельно SOS-диодам (рис. 1). Более подробно работа аналогичной схемы описана в [7].

В качестве прерывателя тока использовались специальные кремниевые диоды типа SOS-50-2 или SOS-150-2 [8] с максимальным обратным напряжением 50 или 150 кВ соответственно и максимальной амплитудой обрываемого тока 2 кА, которые помещались в трансформаторное масло. Были исследованы два прерывателя, первый состоял из четырех диодов SOS-50-2, включенных параллельно, а второй из двух SOS-150-2, также включенных параллельно. Специально использовалось параллельное включение диодов для уменьшения через них среднего тока при высоких частотах повторения. В качестве нагрузки применялась керамическая трубка диаметром 2 см с расстоянием между электродами 40 или 80 см, заполняемая неоном. При напряжении на газоразрядной трубке, равном 20–35 кВ, в ней происходил пробой неона. Трубка имела воздушное охлаждение и обычно подключалась с минимальной индуктивностью параллельно SOS-диодам. В большинстве экспериментов

параллельно трубке с минимальной индуктивностью подсоединялась обстрельная емкость  $C_2 = 22\text{--}100\text{ пФ}$ . Напряжения и токи на установке измерялись омическими делителями, шунтами или поясом Роговского, сигналы с которых направлялись на осциллограф TDS-220.

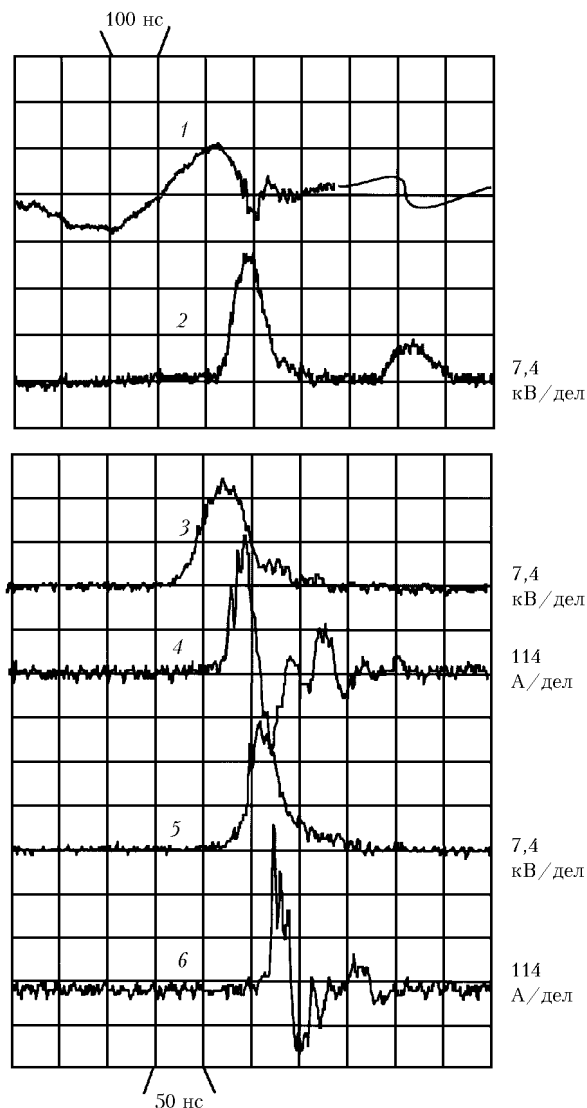


Рис. 1. Осциллограммы импульсов тока через SOS-диоды (1), напряжения на трубке (2, 3, 5) и тока через трубку (4, 6) при частоте следования импульсов 10 кГц, длине разрядного промежутка 40 см и использовании четырех диодов SOS-50-2, включенных параллельно; 1, 2, 3, 4 – величина обстрельного конденсатора 100 пФ; 5, 6 – величина обстрельного конденсатора 22 пФ. Давление неона 300 (1, 2) и 30 (3–6) торр, напряжение выпрямителя 3 кВ

Наибольший интерес представляло исследование возможности работы индуктивного накопителя энергии при частотах повторения 10 кГц и более, поэтому на рис. 1 и 2 приведены осциллограммы, полученные в этих режимах. Исследования при меньших частотах проводились только для уменьшения нагрева отдельных элементов схемы во время настройки генератора на рабочие режимы. При оптимизации времени за-

паздывания пробоя трубки длительность времени работы созданного генератора в стационарном режиме превышала 10 мин и ограничивалась только перегревом керамической трубки.

Проанализируем полученные осциллограммы. При уменьшении зарядного напряжения и(или) увеличении рабочего давления и(или) разрядного промежутка пробой трубки прекращался и на нагрузке регистрировались два импульса напряжения (см. рис. 1, кривая 2). С увеличением напряжения пробой возникал вначале во время второго импульса напряжения (обычно частичный), а затем и во время первого (см. рис. 1, кривые 3–6). Уменьшение величины обстрельного

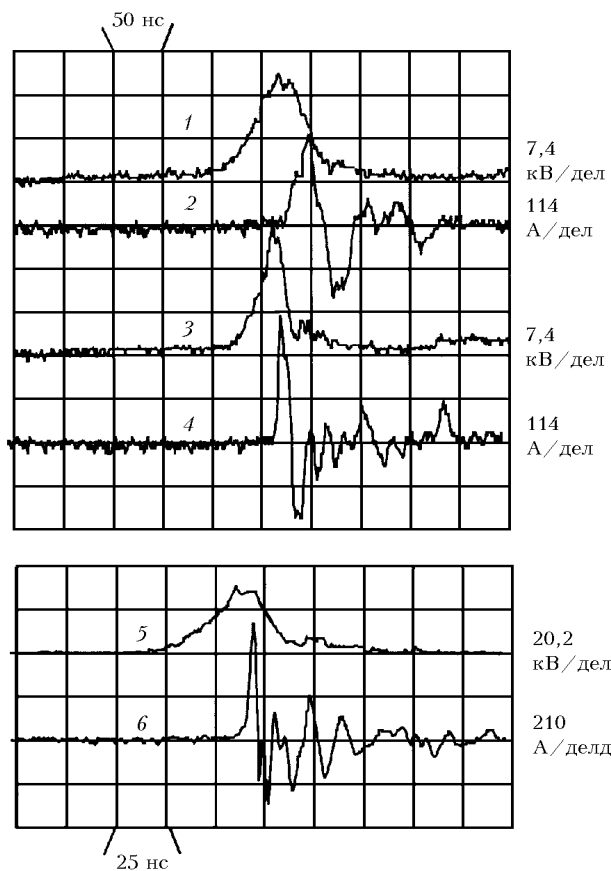


Рис. 2. Осциллограммы импульсов напряжения на трубке (1, 3, 5) и тока через трубку (2, 4, 6). Длина разрядной трубки 40 см, напряжение выпрямителя 3 кВ и частота следования импульсов 10 кГц (1–4); длина разрядной трубки 80 см, напряжение выпрямителя 4 кВ и частота следования импульсов 12 кГц (5, 6). Использованы два диода SOS-150-2, включенные параллельно. 1, 2 – величина обстрельного конденсатора 100 пФ; 3, 4, 5, 6 – обстрельный конденсатор отключен. Давление неона 30 торр

конденсатора приводит к сокращению фронта импульса напряжения и импульса тока (см. рис. 1, кривые 5, 6). Наиболее короткий фронт импульса тока регистрировался со схемой без обстрельного конденсатора (см. рис. 2). На трубке с длиной межэлектродного промежутка 80 см при частоте следования импульсов 12 кГц и давлении неона 30 торр были

получены амплитуда тока разряда 550 А и передний фронт импульса тока короче 10 нс (см. рис. 2, кривые 5, 6). Реализованные режимы работы генератора с индуктивным накопителем энергии по частоте следования импульсов соответствуют частотам, используемым в лазерах на парах металлов [9], а по крутизне импульса тока превосходят параметры большинства известных генераторов на основе емкостных накопителей энергии, которые применяются для накачки лазеров на парах металлов.

Таким образом, в данной статье впервые продемонстрирована работа генератора накачки с индуктивным накопителем энергии и полупроводниковым прерывателем тока при частоте повторения импульсов 12 кГц. При разряде через трубку длиной 80 см получены импульсы тока с передним фронтом импульса короче 10 нс с амплитудой тока 550 А. В ближайшее время созданный генератор будет применен для накачки импульсно-периодических лазеров на парах металлов, в том числе лазера на парах меди, которые широко используются для зондирования атмосферы.

Авторы благодарят С.Н. Рукина за предоставление SOS-диодов (SOS-150-2), а также В.А. Визиря и Е.Х. Бакшта за помощь в работе.

1. *Месяц Г.А., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф.* Лазеры на смеси Ne–Xe–HCl и азоте при накачке генератором с плазменным прерывателем // Докл. АН СССР. 1989. Т. 307. № 4. С. 869–872.

2. *Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф.* Накачка газовых лазеров от генератора с индуктивным накопителем // Квант. электрон. 1990. Т. 17. № 1. С. 32–34.
3. *Ломаев М.И., Тарасенко В.Ф.* N<sub>2</sub>-лазер с накачкой от генератора с индуктивным накопителем энергии и полупроводниковым прерывателем тока // Квант. электрон. 1995. Т. 22. № 5. С. 441–442.
4. *Ломаев М.И., Панченко А.И., Тарасенко В.Ф.* Применение индуктивных накопителей энергии для накачки импульсных лазеров на плотных газах // Оптика атмосферы и океана. 1995. Т. 8. № 11. С. 1606–1615.
5. *Бакшт Е.Х., Орловский В.М., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф.* Эффективный электроразрядный СО<sub>2</sub>-лазер с предимпульсом, формируемым генератором с индуктивным накопителем энергии // Письма в ЖТФ. 1998. Т. 24. Вып. 4. С. 57–61.
6. *Baksh E.H., Panchenko A.N., and Tarasenko V.F.* Discharge lasers pumped by generators with inductive energy storage // IEEE J. Quantum Electron. 1999. V. 35. № 3. P. 261–267.
7. *Бакшт Е.Х., Визирь В.А., Куниц С.Э., Орловский В.М., Панченко А.Н., Рукин С.И., Тарасенко В.Ф.* Накачка импульсных лазеров с продольным разрядом от генератора с индуктивным накопителем энергии и полупроводниковым прерывателем тока // Оптика атмосф. и океана. 2000. Т. 13. № 3. С. 243–249.
8. *Рукин С.Н.* Генераторы мощных наносекундных импульсов с полупроводниковыми прерывателями тока // Приборы и техн. эксперим. 1999. № 4. С. 5–36.
9. *Батенин В.М., Бучанов В.В., Казарян М.А., Климовский И.И., Молодых И.Э.* Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов. М.: Научная книга, 1998. 544 с.

***I.D. Kostyrya, V.F. Tarasenko. Possibility of pumping metal vapor lasers by a generator based on an inductive energy storage and semiconductor opening switch.***

The results of experimental investigation of peculiarities of pumping a gas discharge tube by a generator based on an inductive energy storage and semiconductor opening switch at high pulsed repetition rate (p.r.r.) are presented. For the first time, for such type of generators, the p.r.r. of 12 kHz has been realized. At a discharge through the 80-cm length tube, the current pulses with a pulse leading edge shorter than 10 ns at the current amplitude of 550 A were obtained. It is suggested to use such a generator for pumping metal vapor pulsed-periodical lasers, including the Cu vapor laser, which are widely used in monitoring the atmosphere.