

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ
СШП ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ**

Часть I

Особенности формирования видеоимпульсов субнаносекундной
длительности

Составители:

Бобрешов А.М., Китаев Ю.И.,
Степкин В.А., Усков Г.К.

Воронеж 2014

Содержание

Введение	4
1. Назначение и принципы формирования импульсов с нано- и пикосекундными фронтами.....	6
2. Генераторы сверхкоротких импульсов с индуктивным накопителем энергии. Процессы, ограничивающие амплитуду и частоту повторения генерируемых СКИ.....	7
3. Процессы, протекающие в полупроводниковой структуре диода с накоплением заряда при генерации сверхкоротких импульсов.....	12
4. Оценка эффектов накопления и рассасывания зарядов в полупроводниковой структуре ДНЗ.	21
Лабораторная работа №1. Измерение основных параметров диодов с накоплением заряда.....	25

1. Назначение и принципы формирования импульсов с нано- и пикосекундными фронтами.

Области применения высоковольтных импульсов с нано- и пикосекундными фронтами и (или) такой же длительности в технике и экспериментальной физике весьма разнообразны [2]: в качестве запусковых для мощных тиратронов и разрядников; как импульсы накачки полупроводниковых лазеров; для времяпролетных анализаторов масс и энергий частиц и т.п. В последнее время они с успехом используются в радио и ультразвуковой локации, где их преимущества по сравнению с моночастотными радиоимпульсами проявляется в уменьшении средней излучаемой мощности и увеличении импульсной мощности, что дает выигрыш в разрешающей способности и расширении диапазона применения.

В настоящее время сверхкороткие импульсы (СКИ) субнаносекундной длительности все чаще используются в качестве сигналов для сверхширокополосных радиосистем. Наиболее важными параметрами генерируемого СКИ для приложений радиолокации и связи являются длительность импульсов, их частота повторения и амплитуда, которые определяются переходными процессами в схеме генератора и особенностями работы ключевого элемента.

Генераторы импульсов субнаносекундной длительности на твердотельных элементах можно свести к трем основным типам [2-5]. Генераторы первого типа обычно строятся на базе полупроводниковых замыкающих приборов с лавинным пробоем: лавинных транзисторах, диодах с задержкой лавинного пробоя и т.п. Известные в литературе формирователи такого типа обладают рядом недостатков, основными из которых являются низкий КПД и малая частота повторения импульсов. Второй тип содержит накопитель энергии (индуктивный или емкостной) и полупроводниковый размыкатель тока, в качестве которого используют различные виды диодов с накоплением заряда [3-5]. Третьим типом выделяют солитонные формирователи, основанные на

обострении импульсов линиями с нелинейными элементами. Их обычно применяют для уменьшения длительности импульсов генераторов первых двух типов.

2. Генераторы сверхкоротких импульсов с индуктивным накопителем энергии. Процессы, ограничивающие амплитуду и частоту повторения генерируемых СКИ.

Для генерации сверхкоротких импульсов при помощи диодов с накоплением заряда традиционно используют решения, заимствованные из умножителей частоты [2]. Пример простейшей схемы приведен на рисунке 1. В таких схемах генерации через линейную цепь (емкость - индуктивность) на ДНЗ подается импульс накачки. В момент начала действия этого импульса начинает заряжаться конденсатор C линейной цепи через диод SRD и катушку индуктивности L . Протекающий прямой ток создает условия накопления заряда в полупроводниковой структуре диода. В момент окончания импульса емкость начинает разряжаться через ту же цепь, что и при заряде, при этом через диод начинает протекать обратный ток, рассеивающий накопленный заряд. Одновременно с этим процессом происходит накопление энергии и в индуктивности. Разряд конденсатора длится меньше его заряда из-за разных постоянных времени. При достижении максимального обратного тока происходит восстановление обратного сопротивления диода и формирование СКИ в нагрузке R за счет накопленной в индуктивности энергии.

На первый взгляд, данный способ формирования удобен по причине простоты реализации. Однако на практике возникают некоторые трудности. Во-первых, для формирования СКИ большой амплитуды с длительностями менее 500 пс возникает проблема наличия быстродействующего ключа для генерации импульсов накачки. Во-вторых, уменьшение длительности СКИ возможно,

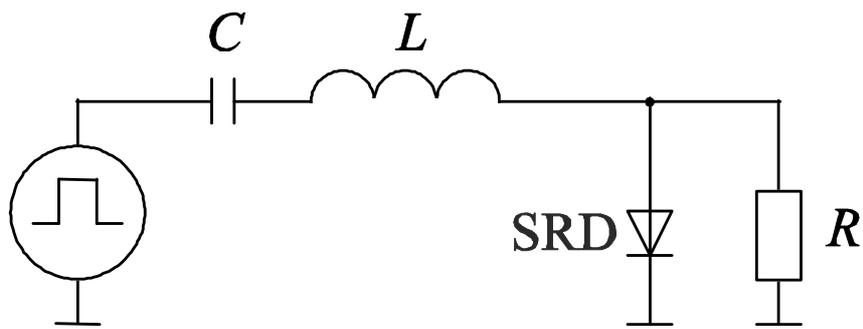


Рисунок 1 Простейшая схема генерации СКИ с индуктивным накопителем энергии и ДНЗ в качестве прерывателя тока.

только при уменьшении индуктивности, что, в свою очередь, влечет за собой увеличение емкости линейной цепи и уменьшение ее характеристического сопротивления при той же постоянной времени. Низкое характеристическое сопротивление ставит более жесткие условия, предъявляемые к ключу которые сводятся к его высокой скорости включения и выключения (менее 1-10 нс в зависимости от длительности формируемого СКИ) и его низкому выходному сопротивлению во включенном состоянии.

Рассмотрим модифицированную схему генератора СКИ [2], приведенную на рисунке 2. Схема содержит управляемый ключ $Kл$, источник питания E , постоянную индуктивность L , насыщающийся трансформатор Tr , конденсатор C , диод с накоплением заряда - D и нагрузку R_H . C_d - емкость диода. В момент срабатывания ключа начинается заряд емкости C . Ток заряда проходит через ДНЗ в прямом направлении. Индуктивность в цепи заряда есть сумма индуктивности L и индуктивности рассеяния трансформатора - L_s с учетом вторичной обмотки. Пока ключ замкнут, трансформатор находится в состоянии насыщения. Обмотки трансформатора выбраны таким образом, чтобы он намагнитился к моменту отключения ключа, то есть. в момент максимального заряда емкости C . К этому моменту ток в цепи накачки заряда становится равным нулю, либо начинает протекать обратный ток. Это способствует быстрому выключению ключа. После размыкания ключа происходит разряд