

ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ НАНОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ НА ЛАВИННЫХ ДИОДАХ

А.С. Карауш, Р.В. Потемин, С.П. Лукьянов, О.П. Толбанов

1. г. Томск, пл. Ново-соборная, 1, Сибирский физико-технический институт при Томском государственном университете.
тел. (382-2)-41-36-39.
2. Государственное научно-производственное предприятие «НИИПП»
тел. (382-2)-48-82-48.

Представлен генератор видеоимпульсов наносекундной длительности, амплитудой от 40 до 300 В (в зависимости от типа используемого лавинного диода). Предложен в качестве ключевого элемента генератора лавинный GaAs диод (S-диод). Рассмотрены особенности работы генератора на S-диоде, предложены варианты по увеличению стабильности его работы.

В последние годы все большее развитие получают дистанционные неразрушающие методы интроскопии материальных сред, предполагающие использование силовой субнаносекундной импульсной техники. До сих пор существует также проблема возбуждения СВЧ-приборов, полупроводниковых лазеров и светодиодов, управления электрооптическими затворами, модуляторами, формирователями линейных разверток скоростных осциллографов и т. д.. Решение вышеперечисленных задач требует развития силовой субнаносекундной техники в сторону обеспечения большей пиковой и средней мощности, пикосекундного быстродействия, и все это при улучшении массогабаритных показателей и достижении более высокой эффективности устройств.

В настоящей работе авторы предлагают вниманию исследования, связанные с созданием импульсных устройств на основе достаточно нового класса полупроводниковых импульсных лавинных диодов (ДПИЛ или S-диоды), обеспечивающих большие перепады тока при переходе из режима «выключено» в режим «включено». По совокупности параметров быстродействия и мощности ДПИЛ превосходят традиционно используемые полупроводниковые приборы. Отличительной особенностью ДПИЛ является наличие в обратной ветви вольт-амперной характеристики участка отрицательного дифференциального сопротивления S-типа, разделяющего два устойчивых состояния: высокоомное с $R \sim 10^9$ Ом и проводящее с $R \sim 10$ Ом. Переключение ДПИЛ из одного состояния в другое происходит при достижении напряжения смещения выше порогового $U = U_p$, где U_p — напряжение переключения в проводящее состояние, достаточного для формирования лавинного пробоя... При переходе S-диода из "закрытого" состояния в "открытое" формируется мощный импульс тока до 15 А на согласованной нагрузке. Известны ДПИЛ, которые позволяют получать видеоимпульсы с фронтом нарастания 0,1–2 нс, при напряжениях включения 40...900 В и с частотами работы до 200 кГц [2]. Благодаря низкому внутреннему сопротивлению в момент пробоя ДПИЛ, имеется возможность получать высокий КПД (реально 60–80%).

В основе механизма образования участков с отрицательным сопротивлением диода лежат процессы, связанные с перезарядкой глубоких центров с последующим формированием и распространением в структуре ДПИЛ волн ударной ионизации. Фронт

лавины носителей заряда распространяется через базовую область структуры со скоростью в 2-7 раз превышающей предельную скорость дрейфа свободных носителей заряда в электрическом поле, $V=8 \times 10^6$ В/См. Если плотность тока в структуре $i=10^4$ А/См², то время переключения ДПИЛ может достигать $t_{п} \sim (0,1-0,3)t_{пр}$, где $t_{пр}=d/V_m$ - время пролета носителей заряда через высокоомный слой толщиной (d) с максимальной дрейфовой скоростью (v_m). При плотности тока в импульсе равном $i=4 \times 10^3$ А/См² выполняется условие $t_{п}=t_{пр}$.

К недостаткам S-диодов можно отнести зависимость напряжения включения S-диода от частоты повторения запускающих импульсов. Возможным способом устранения этого недостатка по [2], является подача обратного напряжения смещения. Кроме этого, наблюдается зависимость длительности фронта формируемого импульса и эффективности прибора от сопротивления нагрузки.

Структурная схема генератора наносекундных видеоимпульсов с амплитудой от 80 до 320 В и длительностью переднего фронта до 0,5 нс на основе серийно выпускаемого S-диода 3Д530А представлена на рисунке 1.

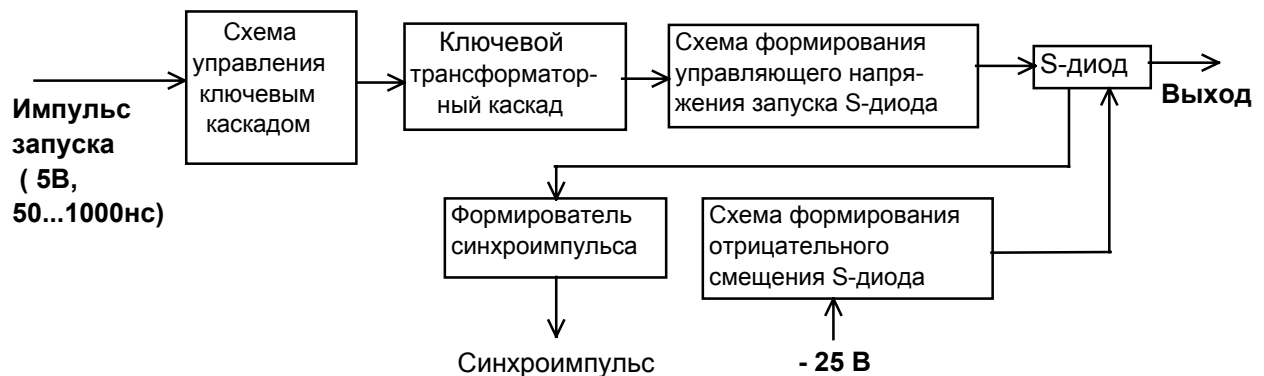


Рис.1.

Схема формирования импульса запуска предназначена для выработки управляющего напряжения ключевого каскада. На выходе трансформаторного ключевого каскада формируется импульс с фронтом 50 нс и амплитудой напряжения, достаточной для включения S-диода. В момент включения S-диода на выходе схемы формируется импульс с длительностью переднего фронта 0,5 нс и амплитудой равной $U_{п}$. В то же время по фронту мощного импульса за счет обеспечения индуктивной связи между цепью S-диода и схемой формирования синхроимпульса формируется импульс амплитудой 5В и длительностью 10-100нс. Для ускорения процесса восстановления высокого сопротивления S-диода на него подается отрицательное смещение. Питание генератора осуществляется от трех источников напряжений +5В, +25В и -25В. Потребляемая мощность генератора при частоте повторения 100 кГц составляет не более 5 Вт.

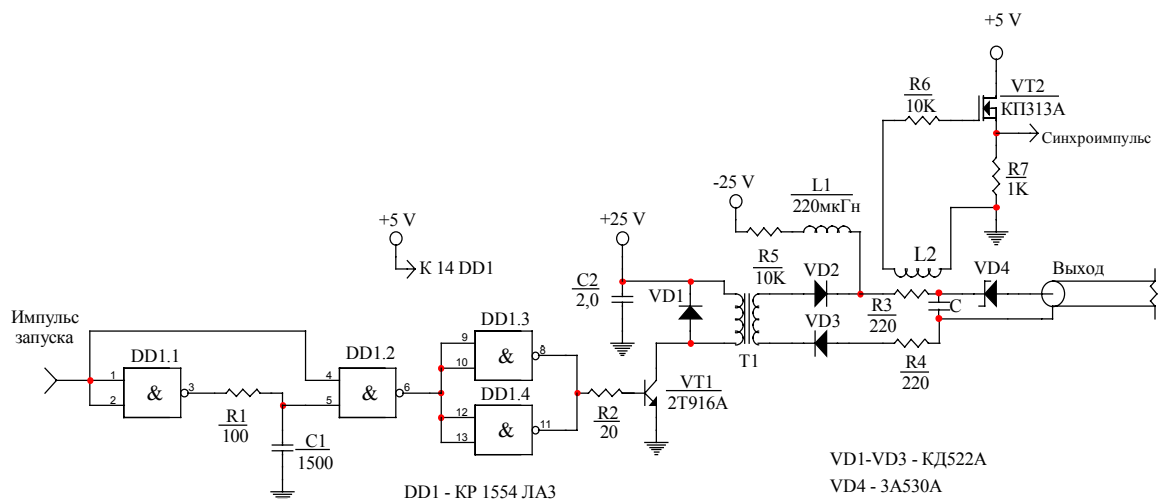


Рис.2.

На рисунке 2 показана принципиальная схема генератора. Схема формирования по длительности импульса запуска выполнена на быстродействующей микросхеме DD1. Для изготовления импульсного трансформатора Т1 ключевого каскада использован ферритовый тороидальный сердечник 100ВЧ К16х8х6 ГОСТ 17141-76. Первичная обмотка содержит 1 виток провода, а вторичная обмотка состоит из 80..100 витков в зависимости от требуемой величины напряжения запуска. Синхроимпульс на затворе транзистора VT2 формируется в момент резкого изменения величины тока, поступающего в нагрузку.

Выход генератора должен быть согласован с симметричной нагрузкой с волновым сопротивлением 25 Ом, согласно данным таблицы 1.

Таблица 1

Зависимость параметров формируемых импульсов от величины сопротивления нагрузки (для S-диода с напряжением включения 120 В [2]).

N	Сопротивление нагрузки, Ом	Длительность переднего фронта, нс	Длительность импульса по основанию, нс	Амплитуда импульса Выход генератора выполнен симметричным, что объясняется используемыми антеннами для на нагрузке, В	Пиковая мощность на нагрузке, Вт
1	12,5	0,7	2	40,5	131
2	25	0,8	4	87	302
3	37,5	0,8	4	99	261
4	50	0,8	4	80	128

Согласно [2], формируемая амплитуда импульсов на выходе S-диода падает на 30-40% при увеличении частоты с 25 до 100 кГц.

Стабилизация амплитуды формируемых импульсов на выходе S-диода достигается подачей отрицательного смещения амплитудой 25 В, для более быстрого восстановления высокого сопротивления диода.

При использовании схемы отрицательного смещения амплитуда формируемых импульсов изменяется не более 10%.

В таблице 3 приведены результаты исследования напряжения включения S-диода при изменении частоты повторения, для нагрузки с сопротивлением 25 Ом.

Таблица 2

	Вид подачи отрицательного смещения	Частота повторения, кГц				
		10	25	50	75	100
Напряжение включения S-диода, В	без смещения	130	130	110	100	90
	со смещением	120	120	120	120	110

Проведенные исследования позволили создать генератор мощных наносекундных видеоимпульсов на основе использования S-диодов с улучшенными тактико-техническими и экономическими показателями по сравнению с известными. Такие генераторы могут найти широкое практическое применение и в других областях, например в качестве устройств запуска для мощных тиратронов и разрядников, для накачки полупроводниковых лазеров, для систем широкополосной радиолокации и ультразвуковой локации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белкин В.С., Шульженко Г.И. Формирователи мощных наносекундных и пикосекундных импульсов на полупроводниковой элементной базе. Новосибирск: Институт ядерной физики, 1991.
2. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды. /Справочник/ Б.А. Наливайко, и др.- Томск: МПП"РАСКО", 1992- 223с.:ил.
3. Белкин В.С., Шульженко Г.И. Генератор высоковольтных двуполярных наносекундных импульсов // ПТЭ. 1994 N4.
4. Белкин В.С., Шульженко Г.И. Формирователи высоковольтных наносекундных импульсов с низковольтным питанием // ПТЭ. 1994 N.4