

face processing of optical elements, which prevents defects on the elements surface (cracks, delaminations, chips, flows etc.), leading to a sharp deterioration of devices and their failures during operation.

The aim is to improve the metrological characteristics of impulse laser rangefinders when operating under conditions of external thermal impact.

The experimental research is conducted and it established the critical values of external thermal impact (heat flow and time of its action), the excess of which leads to the formation on the elements surface the negative defects that lead to their destruction.

The optimal ranges of changes of parameters of the electron ray (thermal action density  $F_n = 7 \cdot 10^6 \dots 8 \cdot 10^8 \text{W/m}^2$  and the speed of movement  $V = 5 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-2} \text{m/s}$ ), within which there is maximum improvement of properties of the surface layers of the optical elements.

There is no formation of negative defects on their surfaces, it increases the transmittance coefficient of infrared radiation elements in 1,4 ... 1,6 times, that lets to increase the accuracy and to expand the ranges of distance measurement by impulse laser rangefinders in 1,2 ... 1,5 times.

**Keywords:** precision instrument making, impulse laser rangefinders, electron ray, optical glass, metrological characteristics.

Надійшла до редакції  
20 жовтня 2016 року

Рецензовано  
03 листопада 2016 року

© Yatsenko I. V., Antonyuk V. S., Hordienko V. I., Kyrychenko O. V., Kholin V. V., 2016

УДК 621.32:621.332.2:621.373.54

## СТАБІЛЬНІ ФОРМУВАЧІ ІМПУЛЬСНОГО СТРУМУ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ СВІТЛОДІОДІВ

<sup>1)</sup>Аушев С. В., <sup>2)</sup>Воронов С. О., <sup>2)</sup>Генкін О. М., <sup>2)</sup>Генкіна В. К., <sup>2)</sup>Родіонов В. М.

<sup>1)</sup>Масачусетський технологічний інститут, м. Нью-Йорк, США; <sup>2)</sup> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

E-mail: [yegor@ukr.net](mailto:yegor@ukr.net), [s.voronov@kpi.ua](mailto:s.voronov@kpi.ua), [genkin\\_a@ukr.net](mailto:genkin_a@ukr.net), [v.rodionov@kpi.ua](mailto:v.rodionov@kpi.ua)

Стабільні генератори світлових імпульсів нано- та субнаносекундної тривалості можуть знайти широке використання у експериментальній техніці, приладобудуванні. У якості джерела світла в таких генераторах перспективно використовувати стабільні, широкосмугові, швидкі світлодіоди на основі карбіду кремнію, що працюють у режимі електричного пробію. Існує необхідність створення стабільних формувачів імпульсного струму для їх живлення. Метою даної роботи є створення таких формувачів на основі лавинних та швидкодіючих польових транзисторів.

Випробувана значна кількість типів та екземплярів недорогих епітаксціальних транзисторів, працюючих у лавинному режимі. Експериментально визначено оптимальний інтервал напруг пробію колекторного переходу. Досліджена часова нестабільність формувачів на лавинних транзисторах. Виявлені закономірності їх старіння. Відпрацьована схема формувача на польовому транзисторі, що працює під керівництвом лавинного, що дозволяє формувати субнаносекундні імпульси струму через світлодіоди амплітудою до 1 А.

**Ключові слова:** формувач імпульсів струму, світлодіоди, карбід кремнію, лавинні транзистори.

### Вступ

Світлодіоди на основі карбіду кремнію, працюючи у режимі електричного пробію (пробійні світлодіоди – ПС), мають широкий спектр, що перекриває видиму область та прилеглі ділянки, високу швидкість дії [1], стабільність [2] та стійкість до струмових перевантажень [3]. Це створює пер-

спективу їх ефективного використання у генераторах світлових імпульсів (ГСІ). ГСІ нано- та субнаносекундної тривалості застосовують для імітації спалахів сцинтиляторів, визначення перехідних характеристик фотоприймачів, тощо [4, 5]. Практика використання імпульсних ПС показала необ-

хідність створення стабільних формувачів імпульсного струму для їх живлення.

З метою забезпечення максимальної стабільності випромінювання ГСІ, належить жити в режимі генератора струму. Найпростішим варіантом є використання порівняно високовольтного живлячого імпульсу напруги та обмежувача опором. З метою досягнення максимальної інтенсивності спалахів бажано забезпечити амплітуду імпульсів струму величиною декілька ампер. При цьому амплітуда імпульсу напруги повинна досягати 100 В. Велика амплітуда імпульсів напруги сприяє також більш повному наближенню до режиму генератора струму у схемі з обмежувачем опором.

Необхідна форма (спалахи сцинтиляторів мають звичайно крутий передній фронт і експоненціальний спад) та амплітуда (до 100 В) імпульсу напруги можуть бути отримані при швидкому розряді на ПС через комутуючий елемент ємнісного накопичувача, зарядженого до відповідної напруги. Найпростішим варіантом є використання у якості комутуючого елемента лавинних транзисторів [6]. Такі схеми традиційно використовують для імітації спалахів швидких сцинтиляторів [7]. Перевагами схем на лавинних транзисторах є: простота, малі габарити, низька вартість; слабка залежність сформованих імпульсів від амплітуди і форми запускаючих; можливість отримання імпульсів з субнаносекундним переднім фронтом; від'ємна полярність вихідного імпульсу (що дозволяє заземлити корпус ПС) для *n-p-n* транзисторів.

Використання у ГСІ формувачів на лавинних транзисторах перешкоджає те, що лавинний режим не є нормованим для більшості типів транзисторів. Необхідним є індивідуальний відбір типів та екземплярів транзисторів. Крім того, відсутні надійні дані про стабільність формувачів, яка залежить, напевно, від індивідуальних особливостей використаних транзисторів.

У деяких випадках критичними є наступні недоліки схем на лавинних транзисторах: дуже обмежена можливість регулювання амплітуди сформованих імпульсів; значне теплове навантаження на транзистори, яке обмежує частоту сформованих імпульсів та погіршує стабільність ГСІ. У цих випадках можливо використовувати у якості комутуючого елемента потужні МДН-транзистори [8]. Найменшу тривалість переднього фронту (до 0,5 нс) забезпечує формувач, у якому потужний МДН-транзистор запускається від генератора прямокутних імпульсів на лавинному транзисторі з накопичувальною лінією у вигляді відрізка коаксіального кабелю [9]. У цьому випадку навантаження на лавинний транзистор значно зменшується. Недоліками таких схем є: збільшення габаритів ГСІ та їх вартості; необхідність використання декількох живлячих напруг; обмежена можливість збільшення амплітуди світових імпульсів, оскільки

НВЧ МДН-транзистори не розраховані на експлуатацію при високих живлячих напругах.

### Постановка задачі

Мета роботи полягає у відпрацюванні схем формувачів імпульсного струму на лавинних транзисторах, а також на потужних МДН-транзисторах, що працюють під керуванням лавинних транзисторів.

### Нестабільність формувачів імпульсного струму на лавинних транзисторах

Досліджували найпростішу схему (рис. 1), у якій імпульс на навантаженні  $R$  формується за рахунок розряду ємності  $C$  через транзистор, який під впливом запускаючого імпульсу різко переходить у стан високої провідності. У інтервалах проміж імпульсами транзистор знаходиться у стані лавинного пробію, а ємність  $C$  заряджена до напруги  $U_b$  лавинного пробію. Струм пробію обмежений резистором  $R_k$  у ланцюзі колектора.

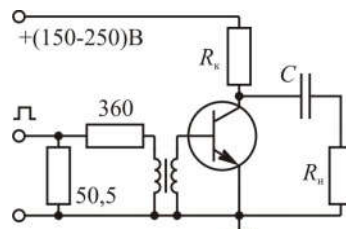


Рис. 1. Формувач імпульсного струму на лавинно-модульному транзисторі.

Оптимальним видається запуск формувача за допомогою імпульсного трансформатора (рис. 1), намотаного на феритовому кільці малого діаметра [7]. Первинна та вторинна обмотки вміщують по декілька витків. Малий опір вторинної обмотки по постійному струму забезпечує стійку роботу формувача у режимі очікування. Формувач запускається через емітерний повторювач від ТТЛ мікросхем. Тривалість імпульсів запуску може варіюватися у широких межах. При вказаному засобі запуску формувач стійко працював у діапазоні живлячої напруги  $U$  (від 160 до 250 В). При цьому амплітуда сформованого імпульсу змінювалася у незначних межах.

Перевірили працездатність у складі формувача, зображеного на рис. 1, великої кількості типів та екземплярів поширених епітаксціальних *n-p-n* транзисторів. При цьому підтримували наступні умови роботи схеми: тривалість імпульсу запуску 230 нс, амплітуда 3 В; частота запуску 4,3 кГц;  $R_n=20$  Ом,  $C=560$  пФ.

У табл. 1 наведені результати перевірки для тих типів транзисторів, у яких спостерігали достатньо високий відсоток придатності. Наведені усереднені значення параметрів для придатних транзисторів: величина пробійної напруги  $U_b$ ; амплітуда імпульсу  $U_i$  на навантаженні  $R_n=20$  Ом; диференціальний опір

транзистора  $R_d$ , оцінку якого здійснювали за формулою:

$$R_d = (U_b - U_i) R_n / U_i \quad (1)$$

Критерієм відбору придатних транзисторів було спостереження стійкої осцилограми сформованого

імпульсу, з крутим переднім фронтом, без помітних змін амплітуди у діапазоні живлячої напруги 160–250 В.

Таблиця 1. Усереднені параметри лавинних транзисторів.

Тип транзистора	Загальна кількість,	Кількість придатних зразків,	Усереднені величини		
	шт.		%	$U_b$ , В	$U_i$ , В
КТ603Д	29	28	84,9	41,6	21
КТ608А	36	92	147,5	83,8	15,2
КТ608Б	48	29	138,8	75,1	17,1
КТ312Б	163	38	135,2	66,4	20,8
2Т312В	100	38	132,3	66,9	19,6
КТ3102Ж	58	55	139,3	74,9	17,2
КТ342	37	41	129	70,8	16,5

Деякі транзистори не переходили під впливом запускаючого імпульсу у стан високої провідності, а формували відносно пологий, з малою амплітудою, імпульс, що відповідає підсиленому запускаючому сигналу. Аналогічний імпульс спостерігали у того ж транзистора при зменшеній живлячій напрузі, що відповідає відсутності пробую. Це явище можливо пов'язати з присутністю у вказаних транзисторів відносно грубих дефектів структури, що викликають появу низьковольтних мікроплазм, які відбирають на себе увесь стаціонарний струм пробую. Для решти робочої площини умова лавинного пробую не виконується при напрузі вмикання низьковольтних мікроплазм. Ініціюючі пробій носії, що поступають у базову область транзистора під впливом імпульсу запуску, не можуть перевести транзистор у стан високої провідності, оскільки для основної частини робочої площини  $p-n$ -переходу напруженість електричного поля є недостатньою для розвитку лавини.

У деяких транзисторів імпульс лавинного струму спостерігали на п'єдесталі підсиленого сигналу, що також можливо пояснити наявністю низьковольтних мікроплазм.

У ряду транзисторів спостерігали нестійкість амплітуди сформованого імпульсу та його часового положення, яка зникала у певних, порівняно вузьких інтервалах живлячої напруги.

Аналіз гістограм розподілу кількості придатних та непридатних транзисторів по напрузі пробую  $U_b$  (рис. 2) показав, що розподіли для непридатних транзисторів зміщені відносно розподілів для придатних транзисторів у бік менших напруг пробую, що підтверджує припущення про вплив низьковольтних мікроплазм. Максимальна для усіх типів кількість придатних транзисторів відповідає інтервалу напруги пробую 130–150 В.

Проведене вимірювання часової нестабільності лавинних транзисторів при тривалій роботі їх у складі формувачів імпульсів струму. Контролюва-

ли напругу пробую  $U_b$ , амплітуду імпульсу  $U_i$  на навантаженні  $R_n=12$  Ом, диференціальний опір  $R_d$ , розрахований по формулі (1), ВАХ транзистора. Величина розрядної ємності  $C$  становила 1200 пФ.

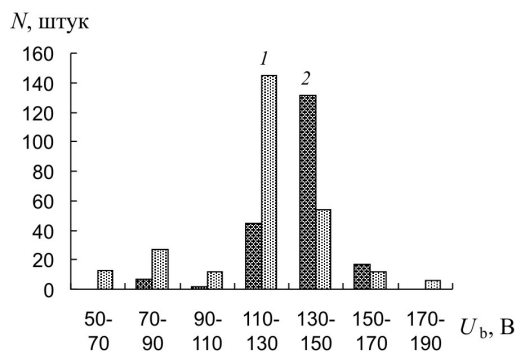


Рис. 2. Розподіл по напрузі пробую кількості транзисторів придатних та непридатних до роботи у лавинному режимі: 1 – непридатні; 2 – придатні

Тривалість наростання імпульсу не перевищувала 10 нс. Спад імпульсу був близьким до експоненціального із сталою часу біля 50 нс. Амплітуда імпульсу струму у розрядному ланцюзі становила 4,1–5,9 А.

Транзистори проходили напрацювання та контроль параметрів на автоматизованій установці, що вмщувала 30 формувачів з можливістю паралельного або вибіркового запуску, який здійснювався шляхом подавання через комутуючий пристрій логічної одиниці на дозволяючий вхід інверторів, що пропускають імпульс запуску на вхід кожного формувача.

Величини пробійної напруги контролювали у рівноважному тепловому режимі транзистора, при напрузі живлення 180 В, за відсутності імпульсу запуску, за допомогою вольтметра із внутрішнім опором 10 МОм.

Амплітуду імпульсу на навантажуючому резисторі вимірювали при напрузі живлення 180 В і частоті імпульсів запуску 2 кГц у рівноважному тепловому режимі транзистора шляхом реєстрації піковим вольтметром, що входив до складу кожного формувача. З метою автоматизації вимірювань усі пікові вольтметри вміщували один загальний вихід, постійна напруга на якому була пропорційною до амплітуди імпульсів на вході одного з пікових вольтметрів.

Контролювали також ВАХ колекторного переходу лавинних транзисторів до початку та після закінчення іспитів.

Напрацювання формувачів проводили цілодобово при частоті імпульсів, що становила 2 кГц. У табл. 2 представлені усереднені залежності значень параметрів транзисторів від часу напрацювання. Для зручності сприймання усі величини нормовані у відношенні до значень, що відповідають нульовому часу напрацювання, які прийняті за одиницю. Жирним шрифтом виділені усереднені значення, у верхній та нижній частині кожної комірки таблиці приведені також максимальне та мінімальне значення параметра. Ураховуючи подібний характер часових залежностей для деяких типів транзисторів, вони поєднані у загальні групи.

Таблиця 2. Залежність параметрів транзисторів від часу напрацювання їх у лавинному режимі.

тран-зистора	кількість зразків	метр	Час напрацювання, годин						
			0	1	2.8	71	168	477	796
КТ 312 Б, В	9	$U_b$ , відн. один.	1	1,03 <b>1,01</b> 1,00	1,03 <b>1,01</b> 1,00	1,05 <b>1,03</b> 1,02	1,07 <b>1,05</b> 1,02	1,08 <b>1,06</b> 1,03	1,09 <b>1,06</b> 1,04
		$U_i$ , відн. один.	1	1,02 <b>1,00</b> 0,98	1,02 <b>1,00</b> 0,97	1,05 <b>1,03</b> 0,99	1,07 <b>1,04</b> 0,99	1,09 <b>1,05</b> 0,99	1,10 <b>1,05</b> 0,98
		$R_d$ , відн. один.	1	1,05 <b>1,01</b> 1,00	1,04 <b>1,01</b> 1,00	1,06 <b>1,00</b> 0,99	1,06 <b>1,01</b> 0,98	1,05 <b>0,99</b> 0,97	1,06 <b>1,00</b> 0,97
КТ 3102 Ж	8	$U_b$ , відн. один.	1	1,08 <b>1,04</b> 0,99	1,09 <b>1,04</b> 0,98	1,11 <b>1,06</b> 1,02	1,12 <b>1,06</b> 1,03	1,11 <b>1,06</b> 1,02	1,11 <b>1,07</b> 1,02
КТ 342	2	$U_i$ , відн. один.	1	1,09 <b>1,03</b> 0,98	1,08 <b>1,04</b> 0,97	1,15 <b>1,05</b> 0,99	1,15 <b>1,06</b> 0,99	1,15 <b>1,06</b> 0,99	1,15 <b>1,06</b> 0,98
		$R_d$ , відн. один.	1	1,03 <b>1,01</b> 0,97	1,04 <b>1,00</b> 0,96	1,06 <b>1,02</b> 0,97	1,06 <b>1,02</b> 0,98	1,06 <b>1,01</b> 0,97	1,07 <b>1,02</b> 0,98

Як бачимо з таблиці 2, для малопотужних транзисторів характерно суттєве збільшення напруги і амплітуди імпульсу у процесі напрацювання, причому зміна амплітуди імпульсу і напруги пробою відбувалася, у більшості випадків, на практично однакову відносну величину, що відповідає малій зміні диференціального опору.

У більшості випадків, помітну зміну параметрів лавинних транзисторів спостерігали у початковий період напрацювання (декілька десятків годин). Як бачимо з таблиці, ділянка збільшеної швидкості деградації для транзисторів КТ312 Б, В помітно довша, ніж для транзисторів КТ3102 Ж та КТ342.

Для усіх транзисторів середньої потужності КТ608А та КТ608Б спостерігали високу стабільність пробійної напруги та амплітуди імпульсу у процесі напрацювання. Зміна контрольованих параметрів для цих транзисторів у процесі напрацювання не перевищувала 1%.

На рис. 3 наведені ВАХ типових екземплярів транзисторів до та після напрацювання у лавинному режимі у складі формувачів імпульсного струму. Як бачимо з рисунків, відбувається значна зміна ВАХ у процесі напрацювання, особливо на початкових ділянках, у бік збільшення різкості пробою. Подібний ефект "лікування" неоднорідностей полем зворотно зміщеного  $p-n$ -переходу спостерігали для світлодіодних структур [11].

Ураховуючи виявлений характер зміни форми ВАХ у результаті напрацювання лавинних транзисторів, доцільно вибирати робочу точку на ділянці розвинутого пробою, на достатньому віддаленні від нестабільних початкових ділянок.

#### Формувачі імпульсного струму на лавинних та МДН-транзисторах

Схема формувача, що виявився найбільш ефективним для створення ГСІ з мінімальною тривалістю світлових імпульсів, представлена на

рис. 4. Його відрізняє наявність додаткового джерела живлення  $(-5)$ – $(-30)$  В у ланцюгу керування польовим транзистором.

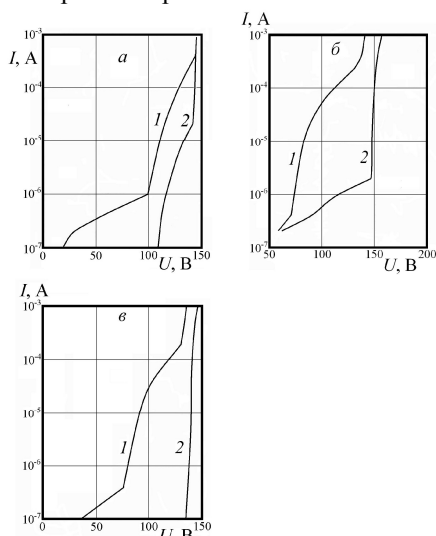


Рис. 3. Вплив напруження у лавинному режимі на ВАХ транзисторів.

Тип транзистора: *a* – 2Т 608Б; *б* – КТ 3102Ж; *в* – 2Т 312В.

Час напруження, годин: 1 – 0; 2 – 800

Це джерело зміщує робочу точку польового транзистора у ділянку негативних напруг на затворі, що дозволяє видалити вплив на форму вихідного імпульсу нижньої широкої та викривленої перехідними процесами частини керуючого імпульсу напруги, який формує лавинний транзистор на затворі польового. На запуск польового транзистора працює лише гостра верхня частина імпульсу струму, який виникає у розрядному контурі лавинного транзистора. Зважаючи на малу розрядну ємність (13 пФ) та малий опір цього контуру (15 Ом), а також на значну величину вхідної ємності польового транзистора, сформований імпульс струму через ПС мав тривалість, що не перевищує 1 нс. При цьому кількість фотонів у імпульсі випромінювання була порядку  $10^3$ . Використовували ПС, що мають малу площу *p-n*-переходу та відповідно малу величину ємності [12]. Тривалість вихідних імпульсів та їх форму можливо регулювати у невеликих межах за рахунок зміни згаданої напруги зміщення  $(-5)$ – $(-30)$  В. Амплітуду імпульсів можливо регулювати у межах до 1 А, при використанні транзистора КП 907, та до декількох ампер, при використанні більш потужного, але не настільки швидкого транзистора КП 909. Для цього зручно змінювати напругу живлення каскаду на польовому транзисторі (20–70) В. Навантаження на лавинний транзистор у даному пристрої є дуже малим за рахунок малої величини розрядної ємності (13 пФ). Це дозволяє збільшити частоту вихідних імпульсів до декількох МГц.

Часові параметри сформованих імпульсів у

великій мірі визначаються конструкцією формувача, у яку, здебільшого, потрібно вбудувати ПС як невід'ємну частину.

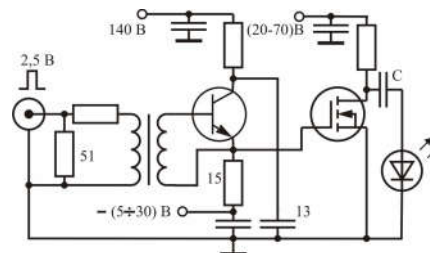


Рис. 4. Схема формувача нано- та субнаносекундних імпульсів струму через ПС

Критичними частинами приладу є розрядні контури лавинного та польового транзисторів. У цих контурах використано елементи, що мали безпосередній контакт.

### Висновки

Оптимальний інтервал напруг пробою колекторного переходу поширених стандартних епітаксialно-планарних транзисторів, стійко працюючих у лавинному режимі, становить 130–150 В. Для непридатних транзисторів характерні напруги менші згаданого інтервалу.

Напруження транзисторів у лавинному режимі здебільшого призводить до збільшення ризиків пробою та величини пробійної напруги. При значному імпульсному навантаженні (амплітуда імпульсів біля 5 А, тривалість приблизно 50 нс, кількість імпульсів  $6 \cdot 10^9$ ) стабільно працюють у лавинному режимі транзистори середньої потужності КТ608А та 2Т608Б; можуть стабільно працювати, після остарювання, транзистори малої потужності КТ312, КТ3102, КТ342. Їх використання, у ряді випадків, є більш ефективним зважаючи на менші габарити (у порівнянні з транзисторами середньої потужності), наявність корпусу, що виготовлений з діелектрика (КТ342, КТ3102). Однак, при високих вимогах до стабільності формувача, значних амплітудах і тривалості імпульсного струму, доцільно використовувати транзистори КТ608.

Схема формувача на лавинному транзисторі, який керує потужним швидкісним МДН-транзистором (при наявності додаткового джерела живлення у ланцюгу його керування), дозволяє формувати субнаносекундні імпульси струму через ПС з частотою декілька мегагерц. Використання таких схем є ефективним при необхідності формування світлових імпульсів мінімальної тривалості з високою частотою повторювання, при необхідності плавного регулювання амплітуди світлових спалахів.

У подальшому заплановано застосувати відпрацьовані формувачі імпульсного струму для створення генераторів світлових імпульсів та оптимізувати ці пристрої по величині часової і тем-

пературної нестабільності інтенсивності імпульсного випромінювання, а також по іншим параметрам.

#### Література

1. Генкин А. М. Кинетика пробойной электролюминесценции в р-п-переходах на карбиде кремния / А. М. Генкин., В. К. Генкина., Л. П. Гермаш // Журнал технической физики. – 2000. – Т. 70, №4. – С. 52 – 55.
2. Генкин А. М. Влияние длительной работы и температуры на спектры карбид-кремниевых светодиодов, работающих в режиме электрического пробоя / А. М. Генкин, В. К. Генкина, Л. П. Гермаш // Журнал технической физики. – 1999. – Т. 69, №10. – С.69–76.
3. Белоус М. В. Влияние длительной работы при максимальной токовой нагрузке на характеристики карбид-кремниевых светодиодов, работающих в режиме электрического пробоя / М. В. Белоус, В. К. Генкина, С. А. Станкевич // Журнал технической физики. – 1997. – Т.67, №1. – С. 130 – 132.
4. Рыжиков И. В. Исследование временных характеристик импульсных светодиодов в наносекундном и субнаносекундном диапазоне и основные области их применения / И. В. Рыжиков, В. И. Рыкалин, В. Г. Лапшин, С. В. Свечников, Н. И. Сыпко // Полупроводниковая техника и микроэлектроника. – 1975. – №20. – С. 87 – 95.
5. Плаудис А. Э. Генератор субнаносекундных световых импульсов для определения временных характеристик фотоприемников / А. Э Плаудис, Г. К. Лимеж, А. М. Генкин, В. С. Киселев // Методы и аппаратура для физических исследований. – Рига: ЛГУ. – 1989. – С. 70 – 82.

6. Дьяконов В. П. Лавинные транзисторы и тиристоры. Теория и применение. Серия «Компоненты и технология». / В. П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 392 с.
7. Балдин Б. Ю. Генератор наносекундных импульсов для питания светодиодов / Б. Ю. Балдин, З. Цисек // Приборы и техника эксперимента. – 1973. – №5. – С. 122 – 124.
8. Мелешко Е. А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. / Е. А. Мелешко – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.
9. Бачурин В. В. Схемотехника устройств на мощных полевых транзисторах: Справочник / В. В. Бачурин, В. Я. Ваксенбург, В. П. Дьяконов и др., под ред. В. П. Дьяконова. – М.: Радио и связь, 1994. – 280 с.
10. Аладинский В. К. Статистические флуктуации лавинного тока в микроплазмах / В. К. Аладинский, О. В. Королев, М. В. Саломыкова, А. М. Тимербулатов // Электронная техника. Сер. 2, полупроводниковые приборы. – 1972. – №4. – С. 46 – 54.
11. Абрамов В. С. "Залечивание" неоднородностей р-п-переходов в светодиодах при пропускании обратного тока / В. С. Абрамов, И. Н. Голембиевский, А. А. Птащенко, В. П. Сушков // Электронная техника, сер. 2. – 1987. – №4 (190). – С. 16 – 19.
12. Алтайский Ю. М. Широкополосный светодиод с малой площадью излучения / Ю. М. Алтайский, С. Ф. Авраменко, А. М. Генкин, В. К. Генкина, В. С. Киселев, Т. М. Корсун // Приборы и техника эксперимента. – 1986. – №2. – С. 245.

УДК 621.32:621.332.2:621.373.54

<sup>1)</sup>Е. В. Аушев, <sup>2)</sup>С. А. Воронов, <sup>2)</sup>А. М. Генкин, <sup>2)</sup>В. К. Генкина, <sup>2)</sup>В. Н. Родионов

<sup>1)</sup>Масачусетский технологический институт, г. Нью-Йорк, США; <sup>2)</sup>Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина

### СТАБИЛЬНЫЕ ФОРМИРОВАТЕЛИ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА ДЛЯ ПИТАНИЯ СВЕТОДИОДОВ

Стабильные генераторы световых импульсов нано- и субнаносекундной длительности могут найти широкое применение в экспериментальной технике, приборостроении. В качестве источника света в таких генераторах перспективно использовать стабильные, широкополосные, быстродействующие светодиоды на основе карбида кремния, работающие в режиме электрического пробоя. Имеется необходимость создания стабильных формирователей импульсного тока для их питания. Целью данной работы является создание таких формирователей на основе лавинных и быстродействующих полевых транзисторов.

Испытано значительное количество типов и экземпляров недорогих эпитаксиальных транзисторов, работающих в лавинном режиме. Экспериментально установлен оптимальный интервал напряжений пробоя коллекторного перехода. Исследована временная нестабильность формирователей на лавинных транзисторах. Выявлены закономерности их старения. Отработана схема формирователя на полевом транзисторе, работающем под управлением лавинного, которая позволяет формировать субнаносекундные импульсы тока через светодиоды амплитудой до 1 А.

**Ключевые слова:** формирователь импульсов тока, светодиоды, карбид кремния, лавинные транзисторы.

<sup>1)</sup>E. V. Aushev, <sup>2)</sup>S. A. Voronov, <sup>2)</sup>A. M. Genkin, <sup>2)</sup>V. K. Genkina, <sup>2)</sup>V. N. Rodionov

<sup>1)</sup> *Masachussetsky institute of technology, New York, USA;* <sup>2)</sup> *National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine*

## STABLE RESHAPERS OF IMPULSIVE CURRENT FOR THE POWER SUPPLY OF LIGHT-EMITTING DIODES

Stable generators of light impulses nano and subnanosecond duration can find a wide usage in an experimental technique, instrument-making. As a light source in such generators it is perspective to use stable, broadband, fast-acting light-emitting diodes on the basis of carbide of silicon, working in the mode of electric break-down. There is a necessity of creation of stable reshapers of pulse current for their power supply. A objective of this paper is creation of such reshapers on the basis of the avalanche and high-speed field-effect transistors.

A lot of types and copies of inexpensive epitaxial transistors working in the avalanche mode is tested. The optimal interval of break-down voltages of collector junction is experimentally determined. Temporal instability of reshapers on avalanche transistors is investigated. Behaviour of their ageing(degradation) is studied. The circuit design of reshaper on the field transistor working by avalanche transistor control is developed. That allows to form the subnanosecond impulses of current through light-emitting diodes by amplitude to 1 A.

**Keywords:** impulse shaper of current, light-emitting diode, silicon carbide, avalanche transistors.

*Надійшла до редакції  
23 травня 2016 року*

*Рецензовано  
06 червня 2015 року*

© Аушев С. В., Воронов С. О., Генкін О. М., Генкіна В. К., Родіонов В. М., 2016

УДК 621.382(075.8)

## INFRARED DETECTORS BASED ON TERNARY SEMICONDUCTOR QUANTUM STRUCTURES

*Saurowa T., Baida I.*

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine*

*E-mail: [saurowa@phbme.kpi.ua](mailto:saurowa@phbme.kpi.ua); [irinebd8@gmail.com](mailto:irinebd8@gmail.com)*

*The development of growth process of multilayer semiconductor structures enables investigation of a new class of infrared detectors – detectors on quantum structures. The current trends of infrared receivers' development are caused by active material research for a variety of nanostructures. The current state of development of infrared quantum structure detectors using ternary semiconductor alloys is considered. The maximal detectivity values of traditional detectors and quantum structure detectors are presented. The analysis of parameters for different types of materials and structures is performed.*

**Keywords:** *infrared photodetectors; bulk detectors; quantum well infrared detectors; quantum dot infrared detectors; superlattices; detectivity.*

### **Introduction**

Recent achievements in combining new materials have introduced the alloys of binary compounds ( $A^2B^6$ ,  $A^3B^5$ ,  $A^4B^6$ ) to the list of materials suitable for detection. Ternary semiconductor alloys are widely used for creating semiconductor devices. By changing material composition researchers can manipulate the properties of material, and even obtain materials with new qualities.

Cutting-edge advances in microelectronics technology in mid-to-late XX century contributed to the creation of devices with elements of a micron size. At

the present stage of semiconductor electronics – nanoelectronics - new elements whose dimensions are reduced by several orders of magnitude are created. The principal difference between elements of nanoelectronics and microelectronics is in existing quantum effects. Multi-component semiconductor compounds of the varying composition expand opportunities to create nanoscale structures: superlattices, quantum wires, quantum dots. The efforts of many research groups are aimed at creating new objects based on such structures: devices and systems with improved performance.