

Динамічні характеристики SiC-діодів Шотткі

Деніел Пріндл (Daniel Prindle)

Переклад і коментарі: Андрій Колпаков

Адаптований переклад українською та технічне редагування:

Сергій Поліщук, к.т.н.

E-mail: sp.tsdrive@gmail.com

У статті описано основні особливості карбідокремнієвих діодів з бар'єром Шотткі (SiC SBD) і їхні відмінності від так званих тільки (технологічних) p-n-діодів MOSFET.

ВСТУП. ОСОБЛИВОСТІ SiC-ТЕХНОЛОГІЇ

Відмінності Si і SiC напівпровідникових приладів насамперед обумовлені властивостями базових напівпровідникових матеріалів. Кремнієві чипи виготовляються з чистих пластин Si, тоді як пластини SiC містять як кремній, так і вуглець. Це дає карбіду кремнію широкий спектр переваг порівняно з чистим кремнієм, головними з яких є вища швидкість перемикання та ефективніше розсіювання тепла (рис. 1).

Легування напівпровідників

Кремній може бути «позитивно» або «негативно» легований шляхом імплантації різних домішок у кристалічну структуру. Наприклад, у бору на один електрон менше, ніж у кремнію. Коли він займає місце атома кремнію

(рис. 2, зліва/посередині), електрон, якого бракує, створює дірку (відсутність електрона), що слугує носієм позитивного заряду. Таким чином, кремній, легований бором, вважається «позитивно» легованим (p), при цьому

відносна кількість домішок часто позначається знаками «+» (сильно) або «-» (слабо).

І навпаки, у фосфору на один електрон більше, ніж у кремнію, відповідно, у разі використання такої домішки (рис. 2, праворуч) додатковий електрон стає носієм негативного заряду. Тому кажуть, що кремній у такому разі легований «негативно» (n). Використовуються й інші «позитивні» та «негативні» легуючі домішки.

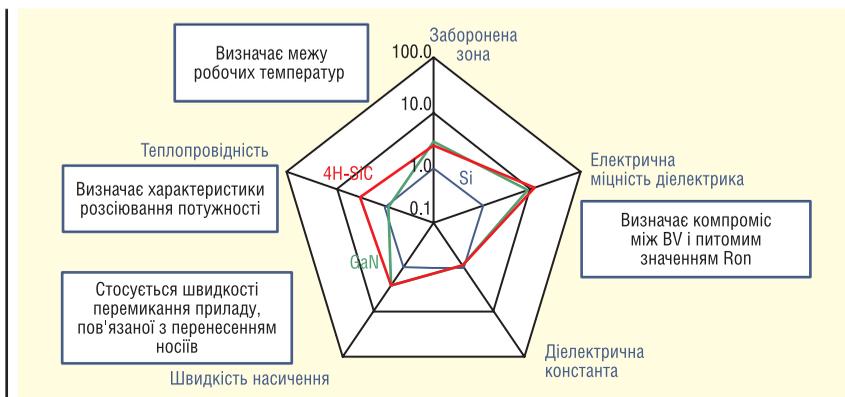


Рис. 1. Вплив фізичних параметрів напівпровідникових матеріалів [2]

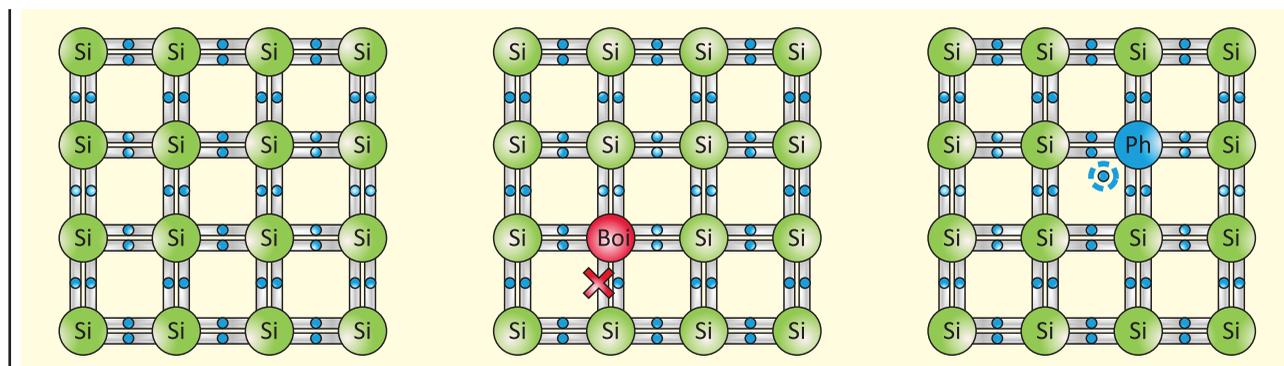


Рис. 2. Ліворуч: чистий кремній; у центрі: легування бором; праворуч: легування фосфором

ПОРІВНЯННЯ P-N-ПЕРЕХОДУ ТА БАР'ЄРА ШОТТКІ

Як можна побачити на рисунку 3, ліворуч, р-п-діод з одиночним р-п-переходом утворюється в зоні контакту позитивно (р) і негативно (п) легованого кремнію. Під час прямого зсуву вільні електрони в п-легованій ділянці та дірки в р-легованій ділянці переміщуються через кристал, формуючи електронно-діркову плазму. Оскільки електрична провідність створюється взємним рухом електронів і дірок, р-п-діоди називаються біполярними приладами.

Бар'єр Шотткі формується при безпосередньому з'єднанні шару металу з п-легованим напівпровідником. Такий перехід поводить як діод, і отриманий елемент називається діодом з бар'єром Шотткі (SBD). Він не має р-легууючої домішки, відповідно, в процесі провідності не утворюються дірки. Їхня відсутність означає, що для перенесення струму в SBD використовуються тільки електрони (рис. 3, праворуч), тому такі прилади називаються уніполярними.

Прямий зсув кремнієвих р-п-діодів зазвичай становить близько 0.7 В, початкова пряма напруга Si-діодів Шотткі помітно менша (≈ 0.3 В). Карбідокремнієві прилади мають ширшу заборонену зону (рис. 1), що є енергією, необхідною для переміщення електрона з валентної зони в зону провідності, де його можна використовувати для перенесення струму. Для прямого зсуву переходу тут потрібно більше енергії, отже, SiC р-п-переходи мають набагато більш високе падіння напруги, ніж Si. З цієї причини в діодах, виготовлених із карбиду кремнію (та інших матеріалів із широкою забороненою зоною), зазвичай передбачено бар'єр Шотткі.

Інша причина, через яку SBD-структура є кращою під час виробництва карбідокремнієвих приладів, пов'язана з блокувальною здатністю. Без зворотно зміщеного р-п-переходу діоди Шотткі мають набагато меншу напругу пробивної здатності, що історично обмежувало застосування кремнієвих SBD у силовій електроніці. Однак більш висока напруженість пробивного електричного поля SiC дозволяє виготовляти комерційні діоди Шотткі з напругою 650 В і вище.

АНТИПАРАЛЕЛЬНІ ДІОДИ MOSFET

Коли на затвор MOSFET-транзистора подають позитивну напругу, р-легована технологічно-інтегральна область зміщується, канал відкривається, внаслідок чого струм може протікати від стоку до виток (рис. 4, ліворуч). Р-легована область і п-леговані дрейфові зони MOSFET (Si або SiC) утворюють так званий технологічно-інтегральний р-п-діод. Він

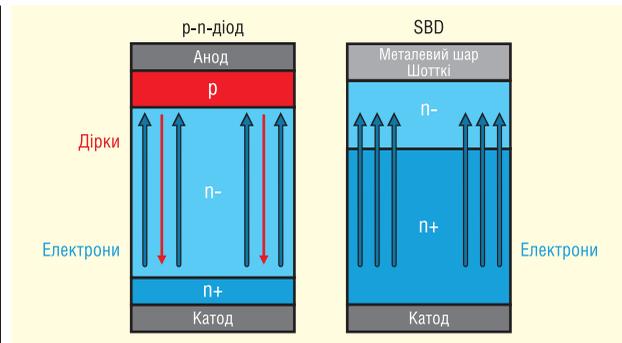


Рис. 3. Базова структура двох типів діодів

виявляється зміщеним у прямому напрямку (тобто активним) у разі зворотного зміщення MOSFET (рис. 4, у центрі).

Технологічно-інтегральний діод електрично антипаралельний каналу «стік-витік» MOSFET, тому його поведінка різко змінюється залежно від напруги на затворі. Якщо транзистор вимкнений ($V_{GS} \leq 0$ В), він поводить як звичайний р-п-діод з експоненціально зростаючою прямою напругою залежно від струму (рис. 4, у центрі). За позитивної напруги на затворі канал MOSFET частково відкривається, формуючи шлях із меншим імпедансом (рис. 4, праворуч), унаслідок чого основний струм забезпечується електронами. При цьому падіння напруги виявляється нижчим, ніж за провідності тільки за рахунок технологічно-інтегрального діода (рис. 5).

Характеристики вимкнення різних типів діодів

Характеристики вимкнення діода дуже важливі для оцінки стабільності роботи силового ключа та розрахунку динамічних втрат. Випрямлячі з бар'єром р-п і Шотткі демонструють різну поведінку під час вимкнення (наприклад, у процесі перекомутації струму з діода на транзистор у напівмостовій схемі).

Під час роботи реального фізичного пристрою можна контролювати тільки загальний струм «стік-витік» (I_{DS} або I_t), який у різних напівпровідникових структур (наприклад, р-п або SBD-діодів) залежить від внеску різних носіїв заряду. Таким чином, загальна величина струму складається з декількох складових. Множення кожної з них на V_{DS} (V_A) та інтегрування результату дає змогу обчислити відповідну частку загального значення E_{sw} .

Струм MOSFET, що спостерігається під час вимкнення діода ($-I_{DS}/I_t$), складається з трьох компонентів (рис. 6):

- струм зворотного відновлення, I_{rr} ;
- ємнісний струм переходу, I_{Cj} ;
- паразитний струм увімкнення (можливо), I_{plot} .

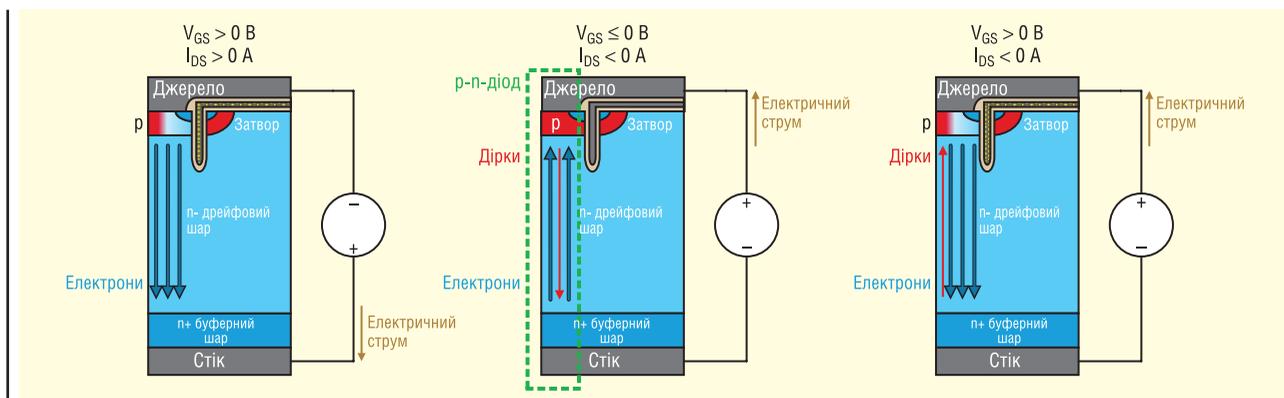


Рис. 4. Базова структура Trench MOSFET

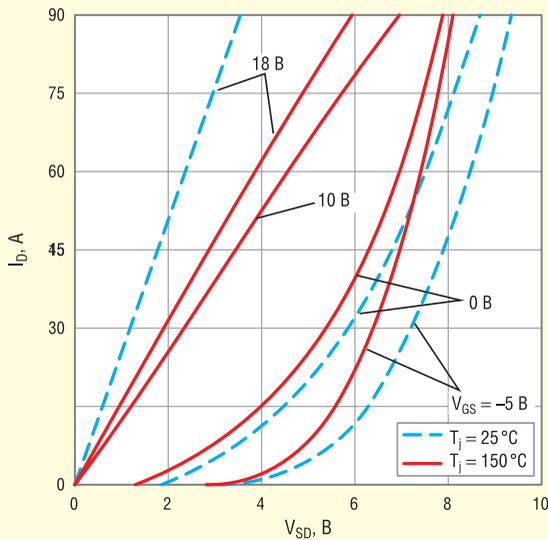


Рис. 5. Приклад прямої характеристики технологічно-інтегрального діода MOSFET [4]

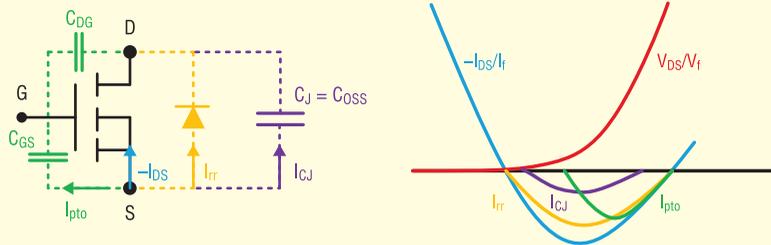


Рис. 6. Складові зворотного струму технологічно-інтегрального діода MOSFET

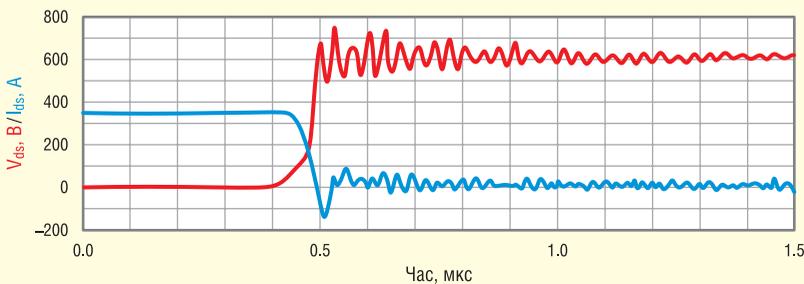


Рис. 7. Вимкнення діода модуля SKM350MB120SCH15

Розглянемо спрощений підхід, що ґрунтується на моделюванні та потрібен для кращого розуміння паралельних динамічних процесів. Струм зворотного відновлення I_{rr} у $p-n$ -технологічно-інтегральному діоді MOSFET, генерований у процесі рекомбінації електронно-дірчастої плазми, пропорційний прямому струму, що протікає перед вимкненням пристрою. У міру віддалення плазми результуючий заряд зворотного відновлення (Q_{rr}) розсіюється в чипі, в результаті чого генеруються втрати E_{rr} .

Ще один компонент струму (I_{CJ}) заряджає ємність переходу, в результаті відбувається зростання напруги на на-

півпровіднику. Енергію, що надходить у ємність, можна приблизно оцінити як:

$$E_{CJ} \approx \frac{(C_J \times V^2)}{2}.$$

Однак оскільки цей параметр є суто ємнісним, то E_{CJ} генерує тільки незначні втрати потужності, зумовлені активним опором ланцюга.

Струм I_{pto} протікає через MOSFET, якщо напруга на затворі піднімається вище порогового значення. Багато SiC MOSFET транзисторів мають низький поріг увімкнення і менше значення $-V_{GS}^{off}$ ніж у IGBT (наприклад, -4 В проти -15 В для IGBT). Також у карбідокрем-

нієвих ключів вищий ризик паразитного увімкнення через крутіші фронти dv/dt .

Ємності «стік-затвор» і «затвор-витік» з'єднані послідовно (виділені зеленим на рис. 6), що створює ємнісний дільник напруги. Якщо до ланцюга «стік-витік» прикладається позитивне значення dv/dt , то C_{GS} заряджається і канал може частково відкритися. Паразитне включення MOSFET призводить до генерації втрат, які називаються E_{pto} . Як правило, це не є проблемою, проте навіть короткий період провідності створює додаткове розсіювання потужності в пристрої. Крім того, втрати E_{pto} не завжди рівномірно розподіляються по чипу. При багаторазовому протіканні надлишкового струму I_{pto} можуть виникати зони локального перегріву.

Приблизний характер вимкнення діода SiC MOSFET (модуль SKM350MB120SCH15 у 62-мм корпусі SEMITRANS 3) показано на рисунку 7. Піковий струм зворотного відновлення, що досягає при відключенні 350 А ($V_{ds} = 600$ В), становить -140 А.

SiC MOSFET з антипаралельним діодом Шотткі

Зворотний струм SiC MOSFET з антипаралельним SBD при відключенні діода ($-I_{DS}/I_t$) складається з двох компонентів (рис. 8):

- ємнісний струм переходу, I_{CJ} ;
- паразитний струм увімкнення (можливий), I_{pto} .

За нормальної роботи ключа основна частина струму протікає через SBD, технологічно-інтегральний діод проводить тільки невелику його складову, в результаті в ньому генерується дуже мало дірок. По суті, тільний $p-n$ -діод SiC MOSFET не створює струм зворотного відновлення I_{rr} . Крім того, як пояснювалося раніше, у SBD відсутній звичайний механізм рекомбінації втрат E_{rr} . Ця фундаментальна відмінність у поведінці пояснює, чому SiC-діоди Шотткі розсіюють набагато меншу потужність перемикавання.

Струм I_{pto} дуже схожий на I_{rr} при цьому він виникає в тих випадках, коли поява I_{rr} не очікується. Втрати, що генеруються за рахунок I_{pto} , не можна відносити до діода, оскільки нагрівання відбувається в чипі MOSFET, а не SBD. Термін E_{rr} у специфікаціях SiC MOSFET SEMIKRON відноситься тільки до складових E_{CJ} і E_{pto} . Оскільки параметр E_{CJ} є суто ємнісним і не робить істотного внеску в саморозігрів, його можна відняти від E_{rr} (MOSFET), щоб отримати точнішу оцінку фактичних втрат. У технічних специфікаціях SEMIKRON цього не зроблено, щоб

фізичні характеристики приладу були відображені найреальніше.

Приклад поведінки при вимкнанні діода Шоттки, паралельного SiC MOSFET, показано на рисунку 9. Модуль SKM350MB120SCH17 відрізняється від згаданого SKM350MB120SCH15 наявністю вбудованого SBD. Пікове значення струму зворотного відновлення в цьому випадку набагато нижче через відсутність I_{rr} технологічно-інтегрального діода, тут він зменшується до -70 А (але не до нуля). Те, що сприймається як зворотний струм, насправді являє собою поєднання I_{CJ} і I_{pto} . Точно визначити їхнє співвідношення шляхом прямого вимірювання неможливо.

У разі використання SBD як окремого діода струм під час вимкнення (I_f) має тільки одну складову — I_{CJ} (рис. 10). Як було сказано, ця ємнісна компонента не створює розсіювання в чипі, а тому динамічні втрати при комутації SiC SBD незначні.

На рисунку 11 показано процес відключення антипаралельного SiC-діода Шоттки в гібридному модулі SKM200GB12T4SiC2 (62-мм корпус SEMITRANS 3). Ризик паразитного спрацьовування IGBT тут практично дорівнює нулю, оскільки напруга вимкнення V_{GEoff} становить -15 В, а результуюче значення dv/dt набагато нижче, ніж у SiC MOSFET.

У карбідокремнієвих діодів відсутній процес зворотного відновлення. Спостерігається тільки незначний струм перезарядки ємностей переходів IGBT і SBD, а також невеликий «брязкіт», викликаний наявністю паразитних елементів.

У будь-якій із розглянутих раніше схем може спостерігатися деякий сплеск струму в процесі або після вимкнення залежно від розподілених комутаційних індуктивностей і ємностей. Причиною паразитних осциляцій у SiC SBD стають тільки паразитні елементи, цей процес не пов'язаний з процесами рекомбінації (рис. 12). Такий «брязкіт» практично не генерує тепло, спостерігаються лише незначні резистивні втрати на провідних ланцюгах.

ТЕХНІЧНІ СПЕЦИФІКАЦІЇ SEMIKRON

У цьому розділі пояснюється, як нормуються втрати зворотного відновлення для різних типів модулів SEMIKRON.

SiC MOSFET без зовнішнього антипаралельного діода

Під час вимкнення від'ємного струму в MOSFET-модулях із технологічно-ін-

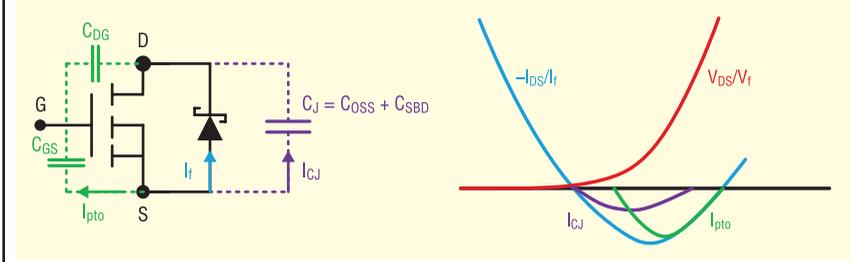


Рис. 8. Складові зворотного струму SiC MOSFET з діодом SBD

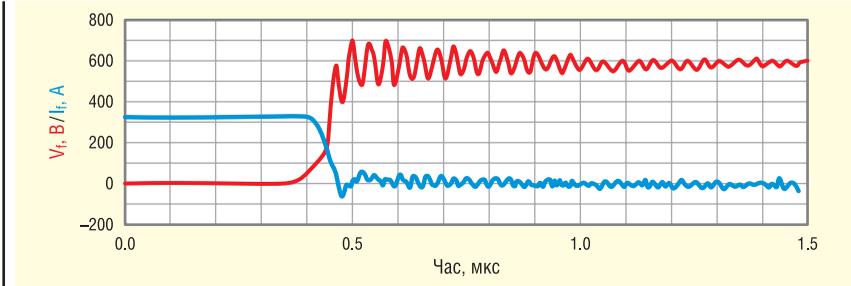


Рис. 9. Процес вимкнення антипаралельного діода SKM350MB120SCH17

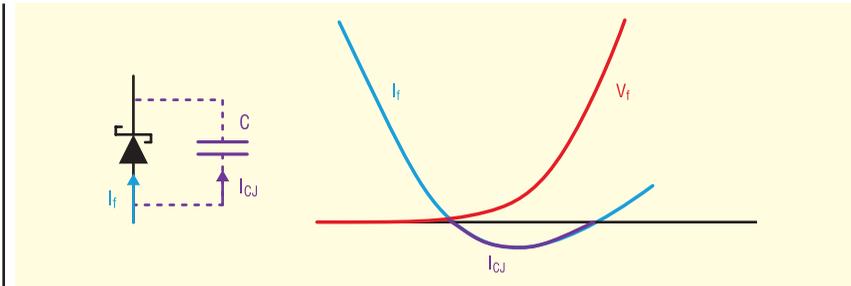


Рис. 10. Складові зворотного струму SBD

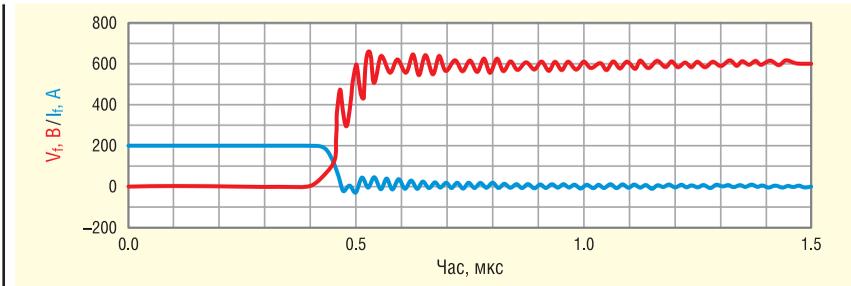


Рис. 11. Процес вимкнення антипаралельного діода гібридного модуля SKM200GB12T4SiC2

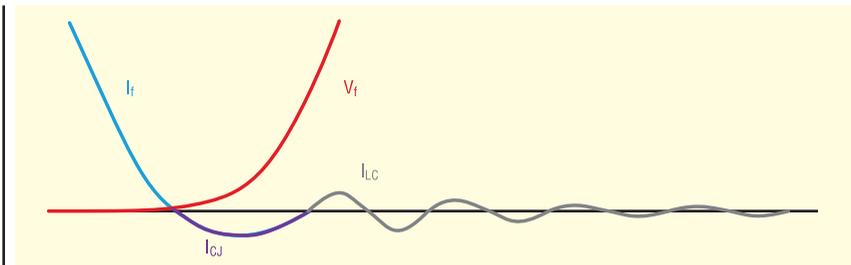


Рис. 12. «Брязкіт» SBD не пов'язаний зі зворотним відновленням

тегральним діодом відбувається його зворотне відновлення, відповідно, для нього унормовано значення I_{rr} , Q_{rr} і E_{rr} (рис. 13). Ці величини можуть враховувати ефекти паразитного ввімкнення,

але, оскільки всі втрати генеруються в одному й тому самому приладі, немає сенсу проводити відмінність між ними, так само як і немає можливості розділити їх шляхом прямого вимірювання.

t_{rr}	$V_{DD} = 600\text{ В}$	$T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	62	нС
Q_{rr}	$-I_{D1} = 175\text{ А}$	$T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	7.2	мкС
I_{rr}	$di/dt_{off} = 7.5\text{ кА/мкС}$	$T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	232	А
E_{rr}	$V_{GS} = -5/+20\text{ В}$	$T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	3.3	мДж
	$R_{G1on-off} = 0.5\text{ Ом}$			

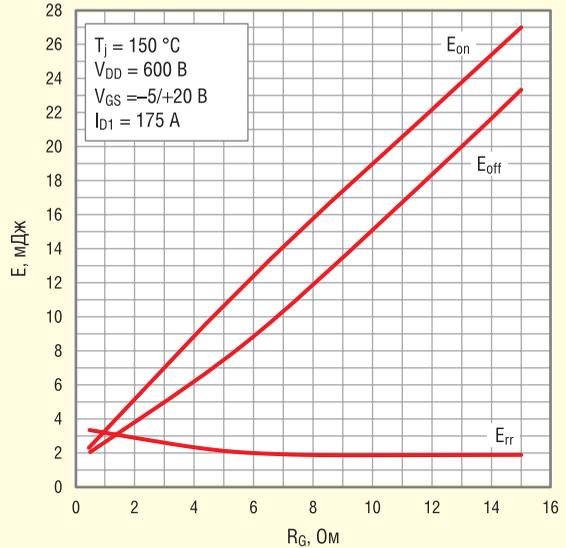
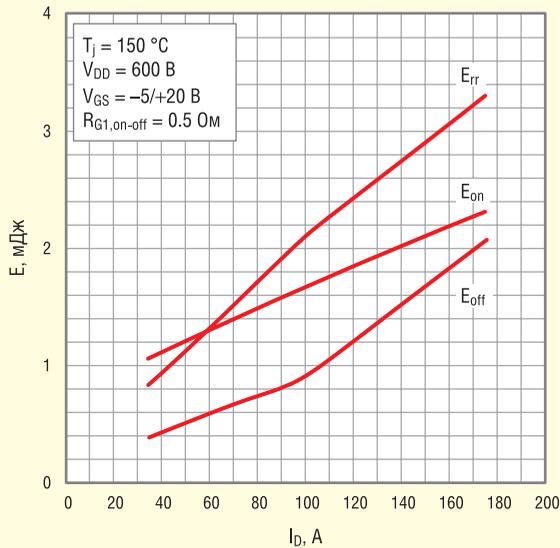


Рис. 13. Фрагмент технічної специфікації модуля SKM350MB120SCH15 [6]

Параметри зворотного відновлення включають ефекти, пов'язані із зарядом ємності переходу C_{oss} , але цей процес не створює втрат потужності. Цей компонент втрат для SKM350MB120SCH15 можна приблизно оцінити за допомо-

гою наведеної нижче формули. Слід пам'ятати, що ємності переходу залежать від прикладеної напруги:

$$E_{CJ} \approx \frac{1}{2} C_{oss} V^2 = \frac{1}{2} \times 1.1 \text{ нФ} \times$$

$$\times (600 \text{ В})^2 = 0.2 \text{ мДж.}$$

Як і у випадку з *p-n*-діодами, струм, di/dt і температура кристала впливають на характер зворотного відновлення технологічно-інтегрального діода

C_j	parallel to C_{oss} , $f = 1\text{ МГц}$, $V_R = 800\text{ В}$, $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	0.42	нФ
Q_c	$V_R = 800\text{ В}$, $di/dt_{off} = 500\text{ А/мкС}$, $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	0.33	мкС

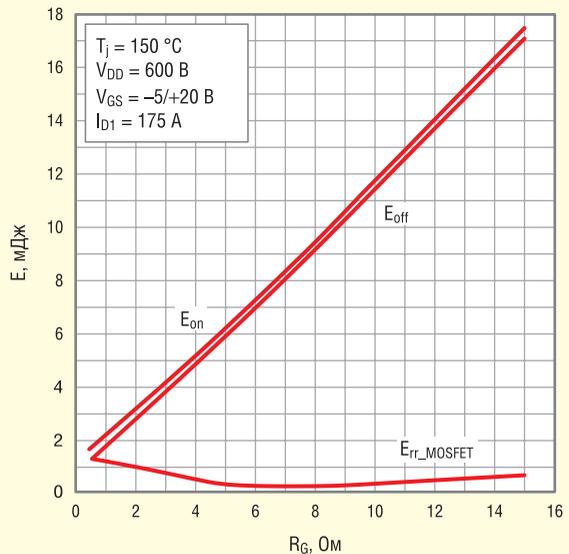
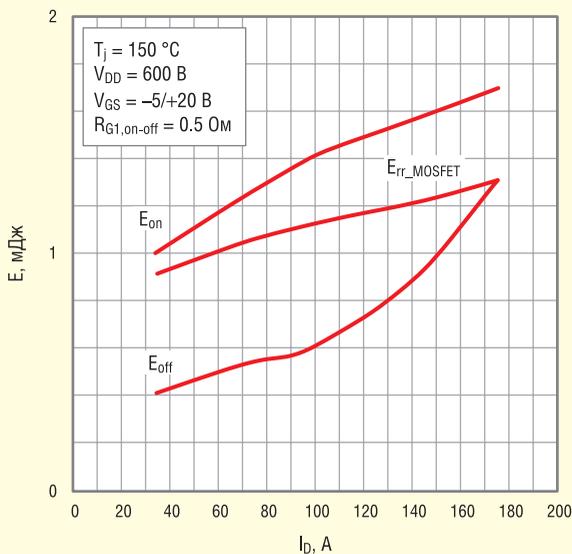


Рис. 14. Фрагмент технічної специфікації модуля SKM350MB120SCH17 [7]

C_j	$f = 1 \text{ МГц}, V_R = 800 \text{ В}, T_i = 25 \text{ }^\circ\text{C}, \text{ parallel to } C_{oss}$	0.68	нФ
Q_c	$V_R = 800 \text{ В}, di/dt_{off} = 500 \text{ А/мкс}$	0.53	мкс

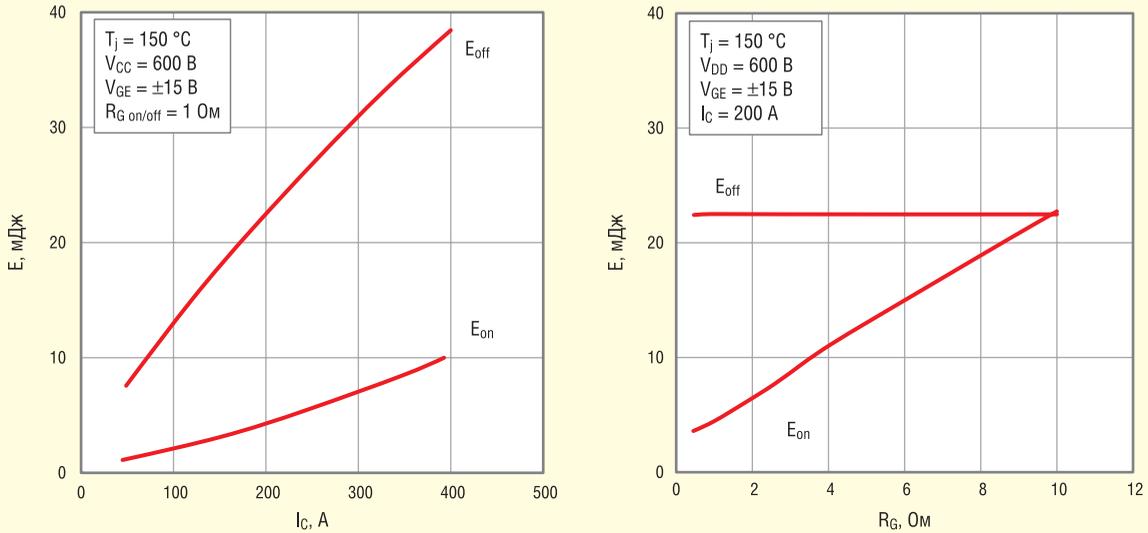


Рис. 15. Фрагмент технічної специфікації модуля SKM200GB12T4SiC2 [5]

MOSFET. Ці параметри відображені в специфікаціях, і їх потрібно враховувати під час порівняння транзисторів.

SiC MOSFET з антипаралельним діодом SiC Шоттки

Використання діодів SBD як антипаралельних покращує динамічні характеристики силового ключа. Величина E_{rr} (MOSFET) враховується в динамічних кривих, щоб підкреслити втрати $E_{pю}$ і відсутність помітного розсіювання під час комутації SBD. У процесі перемикання відбувається заряд ємності C_{oss} MOSFET і ємності переходу діода C_j , результуюче значення E_{Cj} визначається таким чином:

$$E_{Cj} \approx \frac{1}{2} (C_{oss} + V_j) V^2 = \frac{1}{2} \times (1.1 + 0.42) \text{ нФ} \times (600 \text{ В})^2 = 0.27 \text{ мДж}$$

Величини ємності переходу C_j SBD і накопиченого заряду Q_c , що вказуються в технічній специфікації, досить добре описують його динамічну поведінку (рис. 14).

IGBT з антипаралельним діодом SiC Шоттки (гібридний модуль)

У гібридних модулях, що містять Si IGBT і SiC SBD, для діодного режиму

визначається величина Q_{cr} але не Q_{rr} , I_{rr} , E_{rr} . Ризик паразитного ввімкнення ($E_{pю}$) IGBT практично відсутній за напруги вимкнення $V_{Goff} = -15 \text{ В}$. Швидкість комутації dv/dt у гібридів також набагато нижча, ніж у SiC MOSFET. У діодів SBD відсутні втрати відновлення, тому величина E_{rr} не нормується. Значення C_j і Q_c включаються в специфікацію для розрахунку E_{Cj} (рис. 15).

Для SiC-діодів Шоттки, які використовують як швидкі випрямлячі, вказують тільки параметри C_j і Q_c , фрагмент специфікації одиночного діода SKKE60S12 у корпусі SEMIPACK 2 представлено на рисунку 16. Як обговорювалося раніше, SBD не має заряду зворотного відновлення, тому ніяких інших динамічних параметрів або кривих (наприклад, для розрахунків випрямляча або понижувального/підвищувального перетворювача) не потрібно.

ВИСНОВОК

Розвиток технології карбіду кремнію дає змогу виробляти високовольтні SiC діоди Шоттки, які мають низку важливих переваг перед традиційними кремнієвими p-n-діодами. Найважливішою з них є від-

сутність заряду і струму зворотного відновлення, що дає суттєві переваги під час роботи з високою частотою комутації.

Нині широкому застосуванню карбідокремнієвих ключів перешкоджає обмежена навантажувальна здатність кристалів і висока ціна. Основним шляхом розширення струмового діапазону є збільшення розміру чипів, однак це не найкращий спосіб щодо SiC структур, оскільки він веде до різкого зростання відсотка дефектних кристалів і подальшого підвищення вартості готових виробів. Кремнієві чипи виробляються на «умовно бездефектних» (не більше 10% пошкоджених чипів) пластинах діаметром 8 і 12" за питомою ціною близько 0.1 €/см². Щільність дефектів і, відповідно, вартість SiC-пластин діаметром 4" поки що приблизно на порядок вища.

Зазначимо, що за інших рівних умов кристали карбіду кремнію можуть мати меншу площу, тобто вищу щільність струму, отже, на SiC-пластинах можна розмішувати більшу кількість чипів. Очевидно, що зі збільшенням щільності пакування кристалів витрати на їхнє виготовлення мають знижуватися. Останні досягнення SiC-технології призвели до помітного зменшення щільності дефектів, яка, однак, як і раніше, набагато вища, ніж у кремнієвих приладах. Найбільш відомими «ворогами» SiC-структур є так звані мікротрубки, або мікропори, що представляють собою кристалографічні дефекти структури. У разі використання новітньої технології

C_j	$f = 1 \text{ МГц}, V_R = 800 \text{ В}, T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	0.340	нФ
Q_c	$V_R = 800 \text{ В}, di/dt_{off} = 500 \text{ А/мкс}, T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	0.26	мкс

Рис. 16. Фрагмент технічної специфікації SKKE60S12 [8]

Dow Corning щільність мікропор підтримується на рівні менше $1/\text{см}^2$.

Ступінь виходу придатних SiC здебільшого обмежена поверхневими дефектами, що утворюються під час хімічного осадження з газової фази під час епітаксiального процесу (CVD). На сьогодні це найбільш значуща проблема, що різко знижує ефективність роботи напівпровідникових пристроїв. Розміри епітаксiальних дефектів залежать від товщини плівки, а їхня щільність ($1.5\text{--}2/\text{см}^2$) характерна для приладів із блокувальною напругою до 2 кВ.

Більш детальну інформацію щодо продукції Semikron Danfoss можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — ТОВ НВП «Техносервіс-привід»:

**03057, м. Київ,
пр-т Берестейський, 56,
офіс 335,
тел. +38 (044) 458-47-66,
e-mail: sp.tsdrive@gmail.com,
https://tsdrive.com.ua**

Література:

1. Матеріали сайту www.semikron-danfoss.com
2. Wintrich A., Nicolai U., Tursky W., Reimann T. Application Manual Power Semiconductors. 2nd edition. ISLE Verlag, 2015.
3. Schmidt C., Röblitz M. A Performance Comparison of SiC Power Modules with Schottky and Body Diodes. PCIM, 2017.
4. Sochor P. et al. Understanding the Turn-off Behaviour of SiC MOSFET Body Diodes in Fast Switching Applications, PCIM Europe digital days, 2021.
5. SKM200GB12T4SiC2 Datasheet, Retrieved 2021-11-09. <https://www.semikron-danfoss.com/service-support/downloads.html#show/sort/title+date=1/search/SKM200GB12T4SiC2/>
6. SKM350MB120SCH15 Datasheet Rev. 1.0, Retrieved 2021-10-07. <https://www.semikron-danfoss.com/service-support/downloads.html#show/sort/title+date=1/search/SKM350MB120SCH15/>
7. SKM350MB120SCH17 Datasheet Rev. 1.0, Retrieved 2021-10-07. <https://www.semikron-danfoss.com/service-support/downloads.html#show/sort/title+date=1/search/SKM350MB120SCH17/>
8. SKKE60S12 Datasheet Rev. 1.0, Retrieved 2021-10-07. <https://www.semikron-danfoss.com/service-support/downloads.html#show/sort/title+date=1/search/SKKE60S12/>

SEMIKRON DANFOSS — НАЙКРАЩИЙ ПАРТНЕР У ГАЛУЗІ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

Компанії **SEMIKRON** та **Danfoss Silicon Power** об'єднали зусилля для створення остаточного партнера в галузі силової електроніки. І в серпні 2022 року, менш ніж через п'ять місяців після першого оголошення, новий лідер у виробництві силових напівпровідникових модулів розпочав свою діяльність як *Semikron Danfoss*.

Маючи штат з більш ніж 3500 спеціалістів у галузі силової електроніки, *Semikron Danfoss* надаватиме технологічну експертизу світового рівня своїм лояльним клієнтам. Злиття супроводжується потужним планом зростання та твердим зобов'язанням щодо майбутніх інвестицій, прокладаючи шлях до зеленого зростання та більш стійкого, енергоефективного та декарбонізованого майбутнього.

Новостворений спільний бізнес *Semikron Danfoss* належить нинішнім власникам — сім'ям **SEMIKRON** та **Danfoss Group**, причому мажоритарним власником є *Danfoss*. *Semikron Danfoss* зберігає два основних місця розташування в Німеччині, Нюрнберзі та Фленсбурзі. Всі глобальні дочірні компанії, виробничі майданчики, а також канали дистрибуції продовжують свою діяльність.

Генеральним директором *Semikron Danfoss* був призначений Клаус А. Петерсен (*Claus A. Petersen*). Він зазначив: «*Semikron Danfoss* буде надихати майбутнє. Час для створення нової компанії є ідеальним. Зважаючи на стрімке зростання на наших ключових ринках — автомобільному, промислового та відновлюваної енергетики — злиття є чудовою можливістю для клієнтів, партнерів та наших співробітників. Крім того, з переходом технологій від кремнію до карбиду кремнію, що намічається, ми станемо найсильнішим партнером для наших клієнтів».

Карл-Хайнц Гаубац (*Karl-Heinz Gaubatz*) пішов з посади генерального директора **SEMIKRON** 22 серпня, щоб зосередитися на своїй ролі технічного директора і підтримувати процес злиття до запланованого виходу на пенсію в кінці цього року. «Це дійсно хвилюючий момент для **SEMIKRON** та **Danfoss Silicon Power!** Це злиття є ідеальним рішенням для всіх учасників, — сказав Карл-Хайнц Гаубац (*Karl-Heinz Gaubatz*). — Нам вдалося позиціонувати **SEMIKRON** як лідера на ринку промислових модулів та модулів для відновлюваних джерел енергії, а 2021 рік став одним з найуспішніших років у нашій історії. Цілком правильно, що тепер ми об'єднуємо зусилля з такою ж цілеспрямованою та інноваційною компанією».

Президент і головний виконавчий директор *Danfoss* Кім Фаусінг став головою правління *Semikron Danfoss*. Він сказав: «Електрифікація є одним з основних рушіїв зеленого переходу, а технології *Semikron Danfoss* є ключовими компонентами в промисловості, відновлюваній енергетиці та автомобільній тязі. Поєднуючи більш ніж 90-річний досвід технологічного лідерства в галузі упаковки силових модулів, ми маємо пристрась, компетенції, технології та зобов'язання стати кращим партнером з декарбонізації для клієнтів».

За інформацією Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) очікується, що зі зростанням інтересу до електромобілів попит на них зростатиме на 30% щороку протягом наступних років. У 2021 році майже 10% світових продажів автомобілів були електромобілями, що в чотири рази перевищувало частку ринку у 2019 році, а у 2030 році 64% світових продажів легкових автомобілів повинні бути електромобілі, щоб досягти мети «чистого нуля» за сценарієм МЕА до 2050 року. Це свідчить про величезний потенціал зростання силових модулів, оскільки вони є ключовим компонентом для живлення електродвигунів та автомобільних зарядних пристроїв.

Semikron Danfoss є світовим технологічним лідером у галузі силової електроніки. Асортимент продукції компанії включає напівпровідникові пристрої, силові модулі, блоки та системи.

У світі, який стає електричним, технології *Semikron Danfoss* є більш актуальними, ніж будь-коли. Завдяки інноваційним рішенням для автомобільної, промислової та відновлюваної енергетики компанія допомагає світу використовувати енергію більш ефективно та раціонально, значно зменшуючи загальні викиди CO_2 , що є однією з найбільших проблем, з якою людство стикається сьогодні.

Semikron Danfoss дає про своїх співробітників і створює цінність для клієнтів, інвестуючи значні кошти в інновації, технології, виробничі потужності та сервіс, щоб забезпечити найкращі в галузі показники та сталий розвиток.

www.semikron-danfoss.com