

## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

**Арібжанов М.Т.**

*студент,*

*Черкаський державний технологічний університет*

### **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ MOSFET, IGBT ТА SiC ДРАЙВЕРІВ**

Силові транзистори IGBT і MOSFET стали основними компонентами, які застосовуються в потужних імпульсних перетворювачах. Їх унікальні статичні та динамічні характеристики дозволяють створювати пристрої, які здатні віддавати в навантаження десятки й сотні кіловат при мінімальних габаритах і високий ККД, значення якого перевищує 95 %.

Особливу увагу слід звернути на транзистор з карбід-кремнію – SiC. Як матеріал для напівпровідникових пристроїв, карбід-кремній почали вивчати ще в першій половині 50-х років, але через високу чутливість до домішок в кристалі, які, на той час, не вдалося очистити, не було досягнуто значних успіхів в розробці.

Повторний інтерес до SiC з'явився недавно. Вже налагоджено випуск деяких пристроїв, але технологія ще не досконала. Внаслідок того, що процес виробництва SiC складний, з партії вибраковується великий відсоток пристроїв, а робочі зразки мають дуже високу вартість для покривання затрат на всю партію [1].

Спільним у IGBT, MOSFET та SiC являється ізольований затвор, в результаті чого ці елементи мають подібні характеристики керування. Завдяки негативному температурному коефіцієнту струму короткого замикання, з'явилася можливість створювати транзистори, стійкі до короткого замикання. Зараз транзистори з нормованим часом перевантаження по струму випускають практично всі провідні фірми.

Відсутність струму керування в статичних режимах дозволяє відмовитися від схем керування на дискретних елементах і створити інтегральні схеми керування – драйвери. Крім забезпечення струму затвору, вони здатні виконувати захист від перевантаження по струму та короткого замикання і падіння напруги керування. Для ключових елементів з керуючим затвором падіння напруги керування являється небезпечним станом. При цьому транзистор може перейти в лінійний режим і вийти з ладу через перегрівання кристала. Користувачам буває складно розібратися в широкому асортименті мікросхем, не зважаючи на подібність їх основних характеристик [2].

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) – польовий МОН-транзистор, принцип роботи якого оснований на дрейфі основних носіїв заряду через провідний шар – канал. В залежності від того, який тип носіїв заряду являється в транзисторі основним, розрізняють канали *n*-типу та *p*-типу. MOSFET транзистори застосовують в низьковольтних схемах. Розглянемо переваги та недоліки польових транзисторів:

Переваги:

- мала напруга керування;
- малий опір в відкритому стані;
- великий імпульсний струм комутації.

Недоліки:

- мала напруга комутації;
- відносно мала гранична частота перемикання.

IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor) – біполярний транзистор з ізолюваним затвором. Тепер ці пристрої займають найбільший сектор ринку силових транзисторів.

Структура IGBT подібна структурі вертикального MOSFET з дифузійними  $p$ - і  $n$ -областями. Інверсійний шар формується під затвором, до якого, як і в MOSFET, прикладається напруга керування. Основна відмінність IGBT від MOSFET – використання для стоку  $p^+$  шару підложки, що робить його біполярним приладом, оскільки з  $p$ -області інжектуються дірки в область дрейфу з провідністю  $n$ -типу.

Як і в МОН-транзисторі, ємність затвору IGBT нелінійно зменшується з напругою. Величина цієї ємності в 2...5 разів нижча, ніж в МОН-транзистора з аналогічними параметрами, тому IGBT потребують меншої потужності керуючої схеми. Час наростання робочої напруги на транзисторі визначається, перш за все, швидкістю заряду ємності затвор-колектор, а час наростання робочого струму – швидкістю заряду ємності затвор-емітер і паразитних ємнісних ланцюгів. IGBT мають «струмовий хвіст», коли транзистор вже закритий по входу, але робочий струм все ще протікає (від 100...200 нс до мікросекунд, в залежності від типу пристрою).

IGBT розроблявся як високовольтний MOSFET, але має на затворі  $p$ - $n$ -перехід, в результаті чого «вмикання» IGBT відбувається, теоретично, на 0,7 В «раніше», ніж MOSFET. Оскільки падіння напруги на об'ємному опорі MOSFET менше, ніж падіння на  $p$ - $n$ -переході IGBT, останні, зазвичай, не застосовуються при напругах менше 300...400 В. На низьких частотах (< 20 кГц) доцільніше використовувати IGBT [3].

Карбід-кремнієва технологія принесла значні вдосконалення в виробництво MOSFET, зробивши їх конкурентами кремнієвим IGBT транзисторам, особливо в області високих напруг. В порівнянні з IGBT транзисторами SiC мають суттєво менші втрати на комутацію (рис. 1, 2).

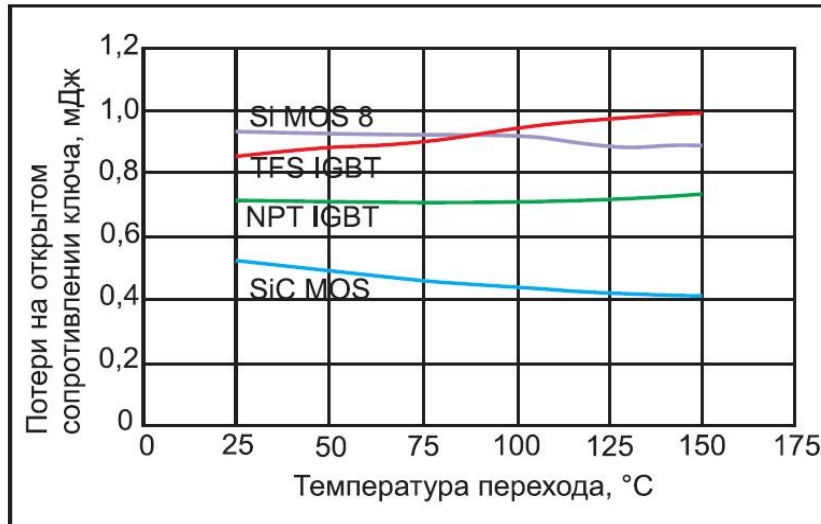
MOSFET – уніполярні прилади, тому не мають «хвостів» при комутації, обумовлених розсмоктуванням неосновних носіїв. Завдяки розширеній забороненій зоні карбід-кремнієвий транзистор має перевагу перед кремнієвим MOSFET. Напруженість електричного поля при якій відбувається пробій, зросла в 10 разів; покращилася теплопровідність, а відповідно, підвищилися робочі температури.

Крім зменшення опору відкритого каналу за нормальних умов в SiC транзисторах значно знижено вплив температури. В діапазоні 25...150 °С зміна опору становить всього лише 20%. Це дуже мале значення, в порівнянні з аналогічним показником, рівним 200 і навіть 300% у кремнієвих MOSFET [4 с. 109].

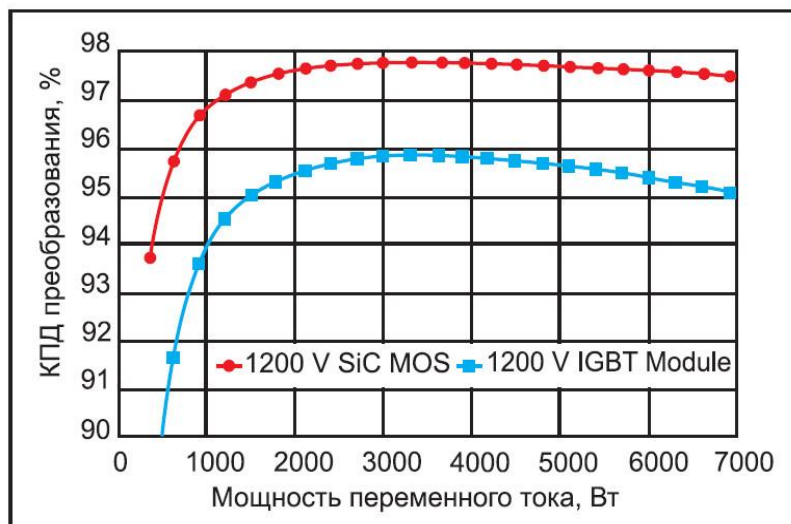
В результаті проведеного аналізу, можна дати наступні рекомендації: При роботі на високих частотах, при коротких імпульсах чи малих струмах перевагу слід надати **MOSFET**.

Якщо система експлуатується при підвищеній температурі, максимальному навантаженні і з малою лінійною складовою напруги, то ефективніше застосовувати **IGBT** [3].

**SiC** доцільно застосовувати для перетворювачів сонячної енергії, джерел живлення високої напруги. В найближчій перспективі SiC ключі знайдуть застосування в керуванні електроприводом, електромобілями та вітроенергетиці [4].



**Рис. 1. Порівняння втрат потужності на ключі в стані провідності для різних технологій**



**Рис. 2. Порівняння втрат в 1200 В MOSFET і IGBT**

#### Список використаних джерел:

1. Лебедев А., Сбручев С. Электроника: Наука, Технология, Бизнес // №5 2006. – 28 с.
2. Колпаков А. Компоненты и технологии // №6, 2000. – 45 с.
3. Дуплякин Е. Электронные компоненты // №1, 2000. – 57 с.
4. Курышева Е. Компоненты и технологии // №6, 2011. – 106 с.