

MOSFET med integrerad diod ger bättre verkningsgrad



Integrationen sänker också priset och storleken samtidigt som tillförlitligheten ökar



**Av Michael Piela,
Toshiba Electronics Europe**

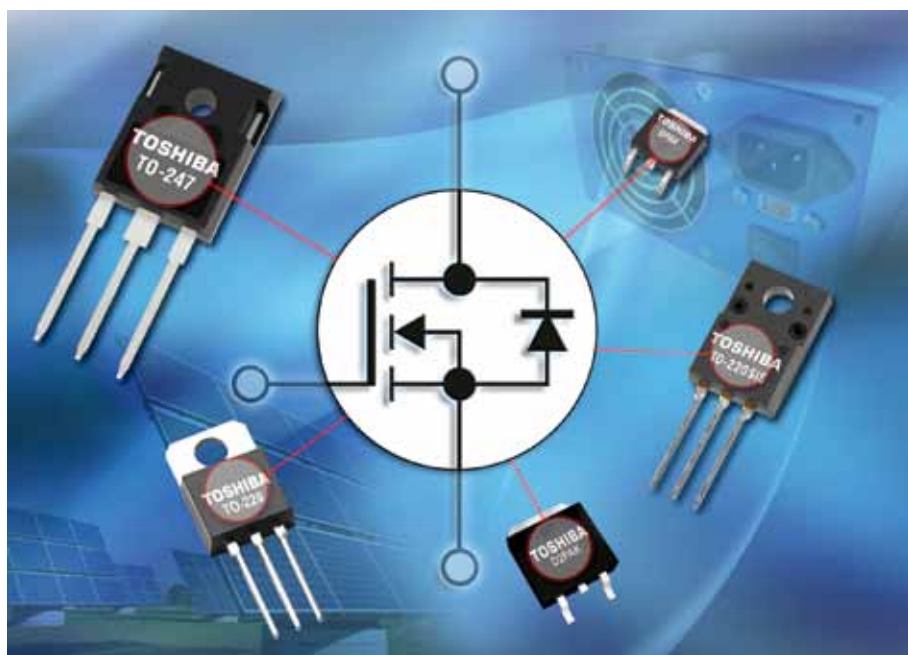
Michael Piela är Senior Product Marketing Engineer i Power Semiconductors European Marketing & Engineering Department hos Toshiba Electronics Europe (TEE).

MOSFET:ar och ”fast recovery”-dioder är viktiga komponenter för switchade effekttillämpningar i allt från växelriktare för solceller till HID-lampballaster och kraftaggregat för telekommunikationssystem och servrar. De som konstruerar systemen har tryck på sig att kontinuerligt förbättra prestanda och att minska kretsytan samt att garantera tillförlitlig funktion.

Som exempel kan man ta solpaneler. Vartefter denna marknad växer och mognar ökar behovet av kompaktare och effektivare elektronik så att varje milliwatt energi från solen når lasten.

Växelriktaren är en viktig del i varje solenergisystem. Växelriktaren omvandlar likspänningen från grupper av solceller till växelström med passande frekvens och spänning för att matas ut på det publika nätet eller användas lokalt. Små växelriktare som ansluts till varje enskild solpanel finns också för att garantera att minskad effekt från någon panel (på grund av skugga eller snö) stör uteffekten från hela paneluppsättningen.

KONSTRUKTÖRER AV VÄXELRIKTARE står ofta inför till synes motstridiga krav på att förbättra prestanda och minimera förluster och att samtidigt minska storleken och garantera tillförlitligheten. Noggrant val av lämpliga MOSFET-tekniker kan ge påtagliga fördelar på alla dessa områden. MOSFET:ar och ”recovery”-dioder är också viktiga i telekom- och serverkraftaggregat med fullbrygga eller nollgenomgångsswitchnings/fasskiftsteknologier; motorstyrning med fullbrygga; avbrottsfria kraftaggregat och



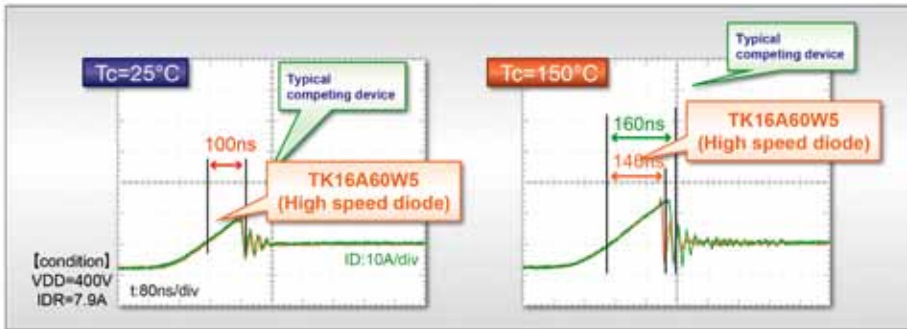
Figur 1. MOSFET med FRD i olika kapslingar.

ballaster för HID-lampor (high intensity discharge).

Effekt-MOSFET:ar är vanligtvis den bästa switchtekniken för alla dessa konstruktioner eftersom de enkelt kan styras och effektivt switcha höga spänningar på hög frekvens. I de flesta av dessa applikationer används vanligtvis MOSFET:ar med spänningstålighet på 600 V för att ge tillräcklig marginal för att säkert klara höga spänningstransienter.

MOSFET:ar kan bidra till den totala verk-

ningsgraden genom att minimera förluster, i huvudsak ledningsförluster och switchförluster. En låg ledningsresistans ($R_{DS(ON)}$) i MOSFET:en minimerar ledningsförlusterna. Ledningsresistansytan ($R_{DS(ON)} \cdot A$) är ett godhetstal för MOSFET:ar. Om $R_{DS(ON)} \cdot A$ kan minskas betyder det att en MOSFET med mindre $R_{DS(ON)}$ får plats i samma kapsel vilket ökar verkningsgraden. Switchförlusterna i en MOSFET beror i huvudsak på dess parasitkapacitanser. Minimerar man dessa ökar verkningsgraden i switch-



Figur 2. "Reverse recovery"-tid som funktion av temperatur.

ningen. Även små förbättringar i den totala verkningsgraden kan medföra att en mindre omvandlare kan väljas för en specifik applikation.

EN ANNAN VIKTIG FAKTOR att begrunda är MOSFET:ens gateladdning, QG, vilken indikerar vilken energi som behövs för switchningen. Om QG är låg kan högre switchfrekvens användas vilket minskar storleken på några av de externa filterkomponenterna. Förlusterna minskas också i styrkretsarna. Emellertid har komponenter med lågt QG en tendens att ha högre RDS(ON). Därför anges också ofta godhetstalet RDS(ON)*QG.

Tillförlitligheten i MOSFET:en är också en mycket viktig faktor för ett system som förväntas fungera mycket längre än en vanlig konsumentprodukt. Växelriktare för solceller eller industriella motorstyrningar kan förväntas fungera i 10, 15 eller 20 år (eller längre). Dessutom kan det finnas krav på att enheterna skall ha fullgod funktion vid extrema temperaturer i till exempel svåra industriella miljöer eller att klara att ge en stabil utspänning i alla vädersituationer.

EN SAK SOM DE NÄMNDNA applikationerna har gemensamt är behovet av dioder tillsammans med MOSFET:en. Varje effekt-MOSFET i till exempel en växelriktare behöver dioder för att skydda den från att skadas av backströmmar från en induktiv last. Eftersom MOSFET:ar switchar på hög frekvens behövs "fast recovery"-dioder (FRD). Deras egenskaper kan också hjälpa till att öka verkningsgraden. Snabb återhämtningstid (trr) i FRD:er kan bidra till att minimera switchförlusterna. Genom att välja komponenter med en FRD integrerad med MOSFET:en kan man minska antalet komponenter, spara kretskortsyta och förenkla lagerhållningen.

Det finns ett flertal MOSFET:ar med integrerad FRD i olika kapslar (fi-

gur 1). Exempelvis är Toshiba's TK16A60W5 en 15,5 A effekt-MOSFET integrerad med en FRD i en TO-220SIS-kapsel. Komponentens trr är bara 100ns (jämfört med 280 ns för en standardversion) och RDS(ON) är bara 0,23 Ohm. Andra exempel är högströms-MOSFET:arna TK31N60W5 och TK39N60W5 i TO-247-kapsel. Dessa är specificerade för 30,8 A respektive 38,8 A. Maximum RDS(ON) för dem är (vid VGS = 10 V) 0,099 Ohm respektive 0,074 Ohm och trr är 135 ns respektive 150 ns.

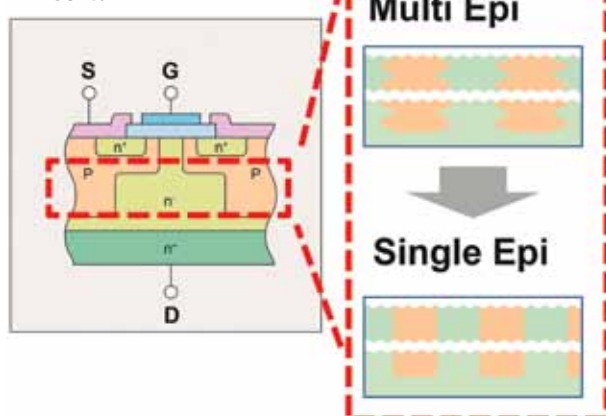
FÖRUTOM FÖRBÄTTRINGARNA av lednings- och switchförlusterna betyder också integrationen att de kan vidmakthålla ett bra trr vid höga temperaturer. Figur 2 visar testresultat för TK16A60W5 jämfört med en vanlig konkurrerande komponent med samma trr vid en kiseltemperatur på 25 °C.

Vid 150°C ökar trr för TK16A60W5 med 40 procent, medan den konkurrerande komponenten ökar med 60 procent.

Hur har denna integration åstadkommit och varför resulterar detta i förbättrade specifikationer?

Den underliggande tekniken i dessa komponenter är DTMOS IV, Toshiba's fjärde generation superjunctionteknik. I en superjunction-MOSFET är N-regionen så hårt dopad så att dess resistivitet kan ökas över kislets gräns. Denna N-region är begränsad av två kullar med P-material för att få mycket hög genombrottsspänning som visas i figur 3.

Figur 3. Superjunctionprocessen DTMOS IV.



Kombination med lågt RDS(ON)*A och hög genombrottsspänning gör teknikens väl lämpad för effekt-MOSFET:ar eftersom man kan uppnå platsbesparingar utan att straffas med effektförluster.

DTMOS IV använder sig av en process kallad "deep trench filling" vilken tillåter att delningen (pitch) mellan kolumner kan minskas och att dess förhållande kan ökas. Dessutom tillåter "deep trench filling" att P-materialet kan deponeras i etsade diken (trench) i en enkel epitaxiell process. Tidigare behövdes flera epitaxiella lager för att forma pelare som var så här höga och tunna. Med bara en epitaxiell process kan man åstadkomma en bättre och mer uniform pelarform (som visas i figur 3), förkorta produktionstiden, spara kostnader och göra det möjligt för enklare geometrikrympningar i framtiden. Dessutom gör mer uniforma pelare det lättare att behålla RDS(ON) och trr vid temperaturer upp till 150 °C.

Den tunna "trench pitch" som åstadkommes med DTMOS IV minskar RDS(ON)*A med 30 procent jämfört med DTMOS III. Komponenter med samma chipyta kan därför minska sitt RDS(ON) med 30 procent. Alternativt kan för samma RDS(ON) MOSFET:ens yta minskas med 30 procent. En kompromiss mellan de båda har visat på en minskning på RDS(ON) och gett plats för en "fast recovery"-diod i samma kapsel. Att integrera dioden i MOSFET-kapseln betyder att trr för kombinationen av MOSFET och diod minskar betydligt.

ATT MINSKA DELNINGEN mellan kullar av P-typ minskar också QG. Lågt QG gör också att komponenterna kan arbeta på högre switchfrekvens och minska förlusterna i gate-styrningen. Emellertid kan en kompromiss med lågt RDS(ON) som nämnts ovan medföra att mycket hög dVDS/dt ger ringning om QG är för lågt vilket ger en oönskad sidoeffekt nämligen EMI (electromagnetic interference). Toshiba's komponenter är därför noggrant optimerade för att bibehålla samma låga värde på kvoten RDS(ON)*QG som tidigare generation MOSFET:ar.

Att minska den fysiska storleken på MOSFET-ytan som beskrivits ovan har positiva effekter på utgångskapacitansen (COSS) vilket hjälper till att minska switchförlusterna och bibehålla verkningsgraden även vid låg belastning. COSS har minskat med 12 procent i den senaste komponentfamiljen. Detta bidrar ytterligare till kretsarnas möjlighet att switcha på höga frekvenser. ■