

# 萃锦 600V SJ MOS 系列

## 萃锦性能平衡的 SJ MOSFET 技术

### 目录

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 目录.....                               | 1  |
| 1, 介绍.....                            | 2  |
| 1.1 什么是超结(super-junction)MOSFET?..... | 2  |
| 2, 600V SJ MOS 技术.....                | 3  |
| 2.1 目标应用场景.....                       | 3  |
| 2.2 600V SJ MOS – 特性与优势.....          | 3  |
| 2.3 600V SJ MOS – 关键电气特性.....         | 4  |
| 2.4 600V SJ MOS – 竞争对手比较.....         | 5  |
| 2.5 600V SJ MOS – 开关特性.....           | 6  |
| 2.6 600V SJ MOS – 雪崩耐量.....           | 8  |
| 2.7 600V SJ MOS – 系统测试.....           | 9  |
| 3, 结论.....                            | 10 |
| 4, 600V SJ MOS 系列的产品组合和命名规则.....      | 11 |
| 4.1, 600V SJ MOS 系列的产品组合.....         | 11 |
| 4.2, 命名规则.....                        | 11 |
| 5, 文档修订历史记录.....                      | 12 |

## 1. 介绍

本文描述了萃锦半导体公司的 600V 超结 MOSFET，即萃锦 SJ MOS 系列。这种新型超结 MOS，为功率转换器设计者打开了一扇以高效和易用为目标的大门。萃锦 SJ MOS 能够为 AC/DC 和 DC/DC 应用（如 PFC）以及硬开关和软开关拓扑提供经济高效、高性能和稳健的解决方案。本应用说明描述了萃锦 600V SJ MOS 系列与竞争对手设备相比的关键参数和优势。

### 1.1 什么是超结(super-junction)MOSFET?

对于高压 MOSFET ( $>500V$ )， $R_{ds(on)}$  的主要来自外延层。对于高击穿电压 MOSFET，由于外延层中存在着较高的电阻率或较低的载流子浓度，该外延部分的电阻较高。因此，对于较低的  $R_{ds(on)} \cdot Q_G$  高压 MOSFET 的优异值 (FOM)，应降低外延电阻。利用电荷平衡技术的超结技术被广泛用于高压硅 MOSFET，以克服硅的限制。图 1 显示了传统平面 MOSFET 和超结 MOSFET 的垂直结构和电场分布。平面 MOSFET 的击穿电压由漂移层的掺杂浓度和厚度决定。电场分布的斜率与漂移层掺杂浓度成正比。因此，需要厚且掺杂浓度轻的外延层来支撑更高的击穿电压。超结技术在主体中具有长的 p 型柱状结构。P 型柱的作用是使轻掺杂的外延区域的电场变得平坦。

因此，由于图 1 中的 p 型柱，超级结技术可以在相同掺杂和外延厚度的情况下，通过更大的电场面积提高击穿电压。换句话说，可以利用超结结构，通过在保持相同击穿电压的同时增加 N 漂移剂量，实现低得多的比导通电阻。

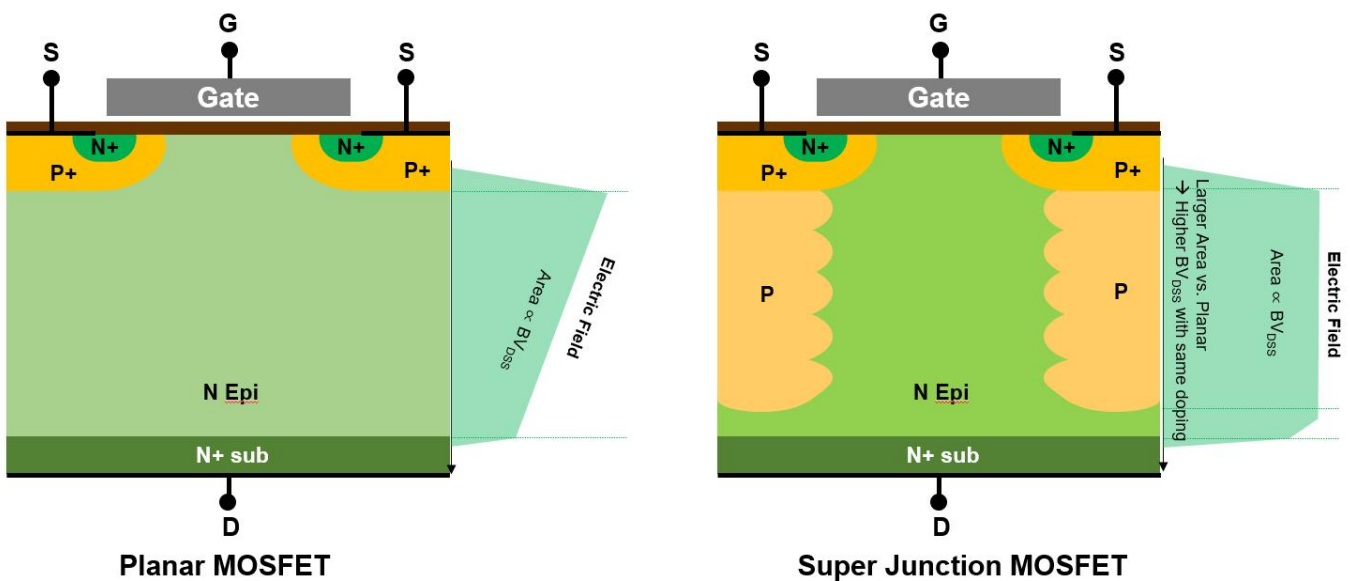


图 1。垂直结构和电场分布：平面 MOSFET vs 超结 MOSFET

## 2. 600V SJ MOS 技术

高压超结 MOSFET ( $>500V$ ) 广泛应用于许多功率转换系统，如 AC/DC、DC/DC、DC/AC 应用。萃锦推出了 600V SJ MOS 系列，作为领先的超级结技术，旨在实现高效、可靠和易用的硬开关和软开关拓扑。

### 2.1 目标应用场景

如图 2 所示，萃锦 SJ MOS 系列旨在针对各种应用中的世界一流性能，例如适配器、个人电脑电源、

电视电源（LCD / LED / OLED）、服务器/电信电源、光伏逆变器、电动车直流充电桩和车载充电器等。

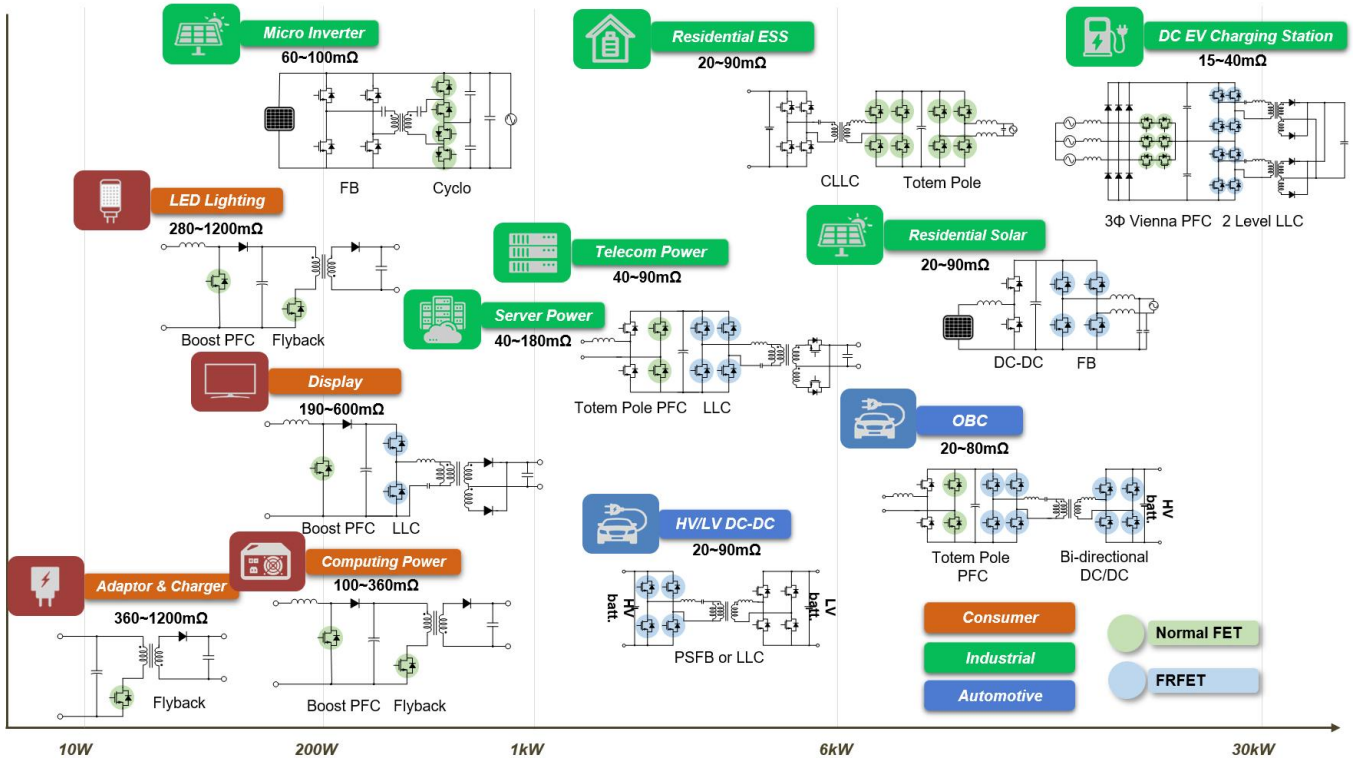


图 2。目标应用场景

## 2.2 600V SJ MOS – 特性与优势

600V SJ MOS 系列的性能目标是通过优化寄生电容，在无需内部 RG（栅极电阻）的情况下，可在开关损耗和开关峰值/振荡之间提供良好的平衡。因此，在选择功率转换系统的外部 RG 时，600V SJ MOS 可以给设计师提供了更大的自由度。它能够提供经济性、高性能且稳健的解决方案，并提供多种封装选项。如图 3 所示，萃锦 600V SJ MOS 系列对硬开关升压 PFC 拓扑，以及做为主开关使用的软开关 LLC 谐振拓扑，都提供了高度优化的关键性能。

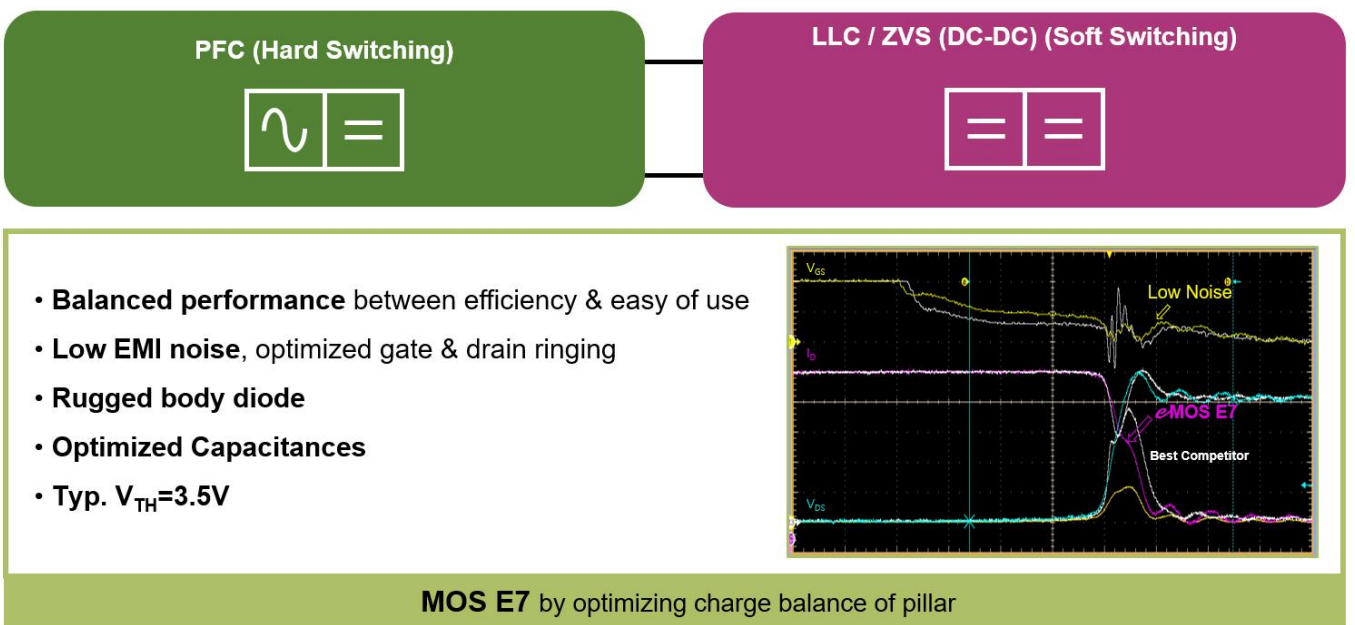


图 3. 萃锦 SJ MOS 对硬开关和软开关的拓扑性能优化

萃锦的 600V SJ MOS 是一款先进的超结 MOSFET 系列，利用电荷平衡技术实现了出色的低导通电阻和栅极电荷。该技术结合了快速开关性能的优势，降低了开关噪声和尖峰，并提高了可靠性。

萃锦 600V SJ MOS 具有强大的体二极管性能，适用于软开关拓扑结构，如 LLC 谐振转换器或 ZVS 相移全桥转换器等，提供更好的可靠性。

因此，萃锦 SJ MOS 系列非常适用于需要卓越效率和更高功率密度的应用。

**关键特点：**

卓越的鲁棒性

良好的开关特性适用于硬开关和软开关。

显著降低开关和导通损耗

**关键优势：**

适用于硬开关和软开关（PFC 和 LLC）

通过低谐振趋势和在 PFC 和 PWM 阶段的使用，在易用性和快速设计方面提供了便利性。

简化了由于低开关和导通损耗引起的热管理

适用于各种应用和功率范围。

## 2.3 600V SJ MOS – 关键电气特性

将萃锦 600V SJ MOS 的关键电气参数与三个竞争对手器件（包括最佳竞争对手）进行了比较。萃锦 600V SJ MOS 在与竞争对手的新一代超结 MOSFET 的性能上具有很强的竞争力。

表 1 显示了萃锦的 600V/180mΩ SJ MOS 与竞争对手的最新超结 MOSFET 之间的关键参数对比。600V SJ MOS 显示出最好的雪崩能力（IAS），优值系数 FOM 与竞争对手最新的型号相比非常有竞争力，并具有更高的 MOSFET dv/dt（100V/ns）和峰值二极管恢复 dv/dt（20V/ns），从而提供了更好的系统设计余量。

表 1. 萃锦 600V/180mΩ SJ MOS 与竞争对手的主要参数比较。

| Specification                  | PMF60N180E7                  | Comp. A                      | Comp. B                      | Comp. C                      |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| $BV_{DSS}$                     | 600 V                        | 600 V                        | 600 V                        | 650 V                        |
| $I_D$                          | 19 A                         | 18 A                         | 20 A                         | 17 A                         |
| $I_{DM}$                       | 57.0 A                       | 53.0 A                       | 60.0 A                       | 42.5 A                       |
| $R_{DS(on)} \text{ Max}$       | 180 m $\Omega$               | 180 m $\Omega$               | 190 m $\Omega$               | 190 m $\Omega$               |
| $Q_G$                          | 30.2 nC                      | 25.0 nC                      | 36.0 nC                      | 33.0 nC                      |
| FOM [ $R_{DS(on)} \cdot Q_G$ ] | 5.4 $\Omega \cdot \text{nC}$ | 4.5 $\Omega \cdot \text{nC}$ | 6.8 $\Omega \cdot \text{nC}$ | 6.3 $\Omega \cdot \text{nC}$ |
| $V_{TH} \text{ (Min. / Max.)}$ | 2.5V / 4.5V                  | 3.0V / 4.0V                  | 2.0V / 4.0V                  | 2.5V / 4.5V                  |
| $Q_{RR}$                       | 3.3 $\mu\text{C}$            | 1.3 $\mu\text{C}$            | 5.3 $\mu\text{C}$            | 4.9 $\mu\text{C}$            |
| Internal $R_G$                 | 1.3 $\Omega$                 | 11.0 $\Omega$                | 8.0 $\Omega$                 | 0.5 $\Omega$                 |
| MOSFET dv/dt                   | 100 V/ns                     | 80 V/ns                      | 50 V/ns                      | 100 V/ns                     |
| Peak Diode Recovery dv/dt      | 20 V/ns                      | 50 V/ns                      | 15 V/ns                      | 20 V/ns                      |
| $I_{AS} @ L=12\mu\text{H}$     | 19.6 A                       | 13.6 A                       | 13.8 A                       | 18.1 A                       |

## 2.4 600V SJ MOS – 竞争对手比较

图 4 显示了 600V SJ MOS 相对于最新竞争对手中的性能位置。从这个雷达图中可以看出, 600V SJ MOS 与竞争对手的最新一代超结 MOSFET 相比, 提供了极低的开关损耗, 并具有一流的雪崩鲁棒性。600V SJ MOS 具有高的 IDM 能力。对于启动、交流跌落测试、输出短路等异常操作测试, 客户需要更高的 IDM (脉冲电流) 能力来获得更大的设计裕度。600V SJ MOS 的低  $Q_G$  可以降低驱动损耗, 在轻负载效率中非常重要。由于 600V SJ MOS 技术具有优异的体二极管性能 (低  $Q_{RR}$  和强大的体二极管鲁棒性), 因此, 它不仅适用于硬开关拓扑, 还适用于软开关拓扑, 如 ZVS 相移全桥或 LLC 谐振转换器。600V SJ MOS 的出色参数在目标应用中实现了更高的系统效率和可靠性。

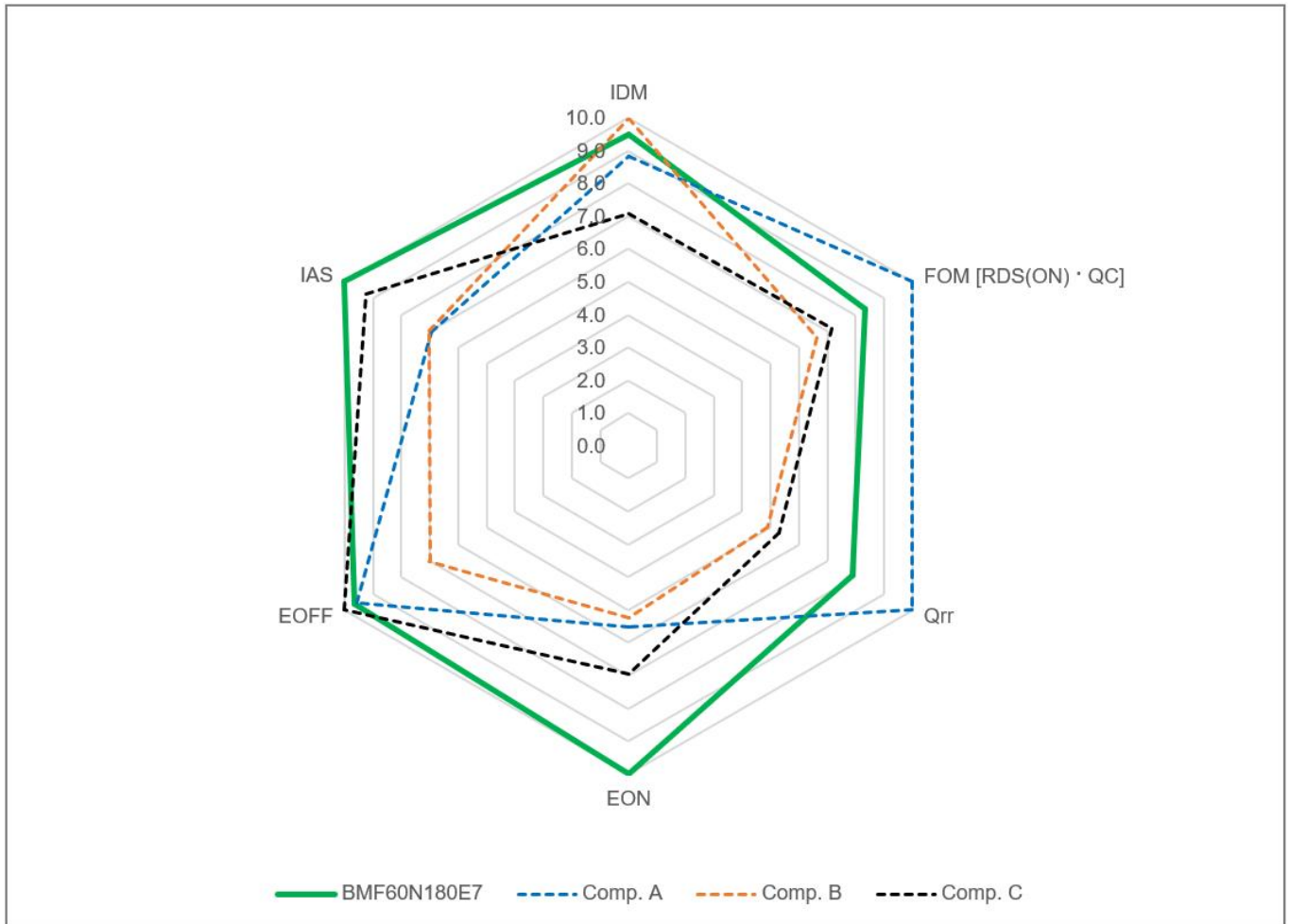
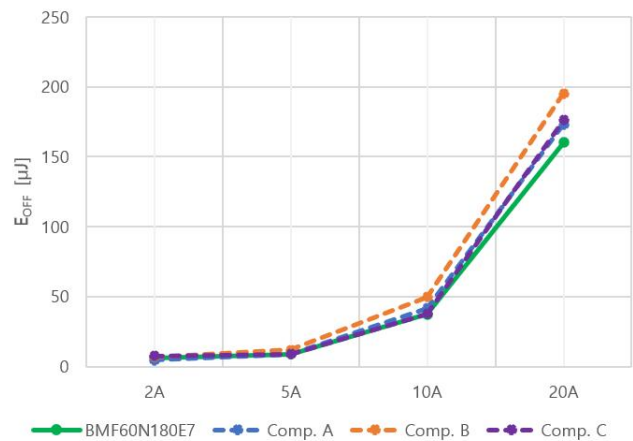
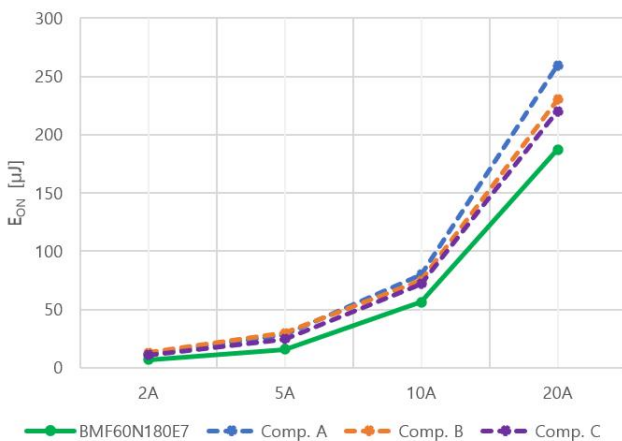


图 4. 600V/180mΩ SJ MOS 相对于最新竞争对手的性能位置 (注 1: 10 为最佳, 0 为最差)

## 2.5 600V SJ MOS – 开关特性

图 5 显示了在相同的测试条件下 ( $V_{DD}=400V$ ,  $I_D=2\sim 20A$ ,  $V_{GS}=10V$ ,  $R_G=8.2\Omega$ ) 对比了 600V/180mΩ SJ MOS 与竞争对手的开关损耗 ( $E_{ON}$  和  $E_{OFF}$ )。与竞争对手的器件相比, 600V SJ MOS 的开关损耗低。

图 6 显示了 600V/180mΩ SJ MOS 与竞争对手之间的关断  $dv/dt$  对比。在高电流运行下, 600V SJ MOS 和竞争对手 A 都能很好地控制  $dv/dt$ , 限制在约 55V/ns。但是竞争对手 B 和 C 的  $dv/dt$  在高电流 ( $I_D=20A$ ) 下线性增加至 95~100 V/ns。总之, 600V SJ MOS 在低电流和高电流运行时具有良好的开关权衡 (开关损耗与开关  $dv/dt$ )。



(a) 开启损耗 (EON) 对比

(b) 关断损耗 (EOFF) 对比

图 5 在  $V_{DD}=400V$ ,  $I_D=2\sim 20A$ ,  $V_{GS}=10V$ ,  $R_G=8.2\Omega$  的条件下, 对比了 600V/180m $\Omega$  SJ MOS 的开关损耗。此处是在电感负载开关下的比较。

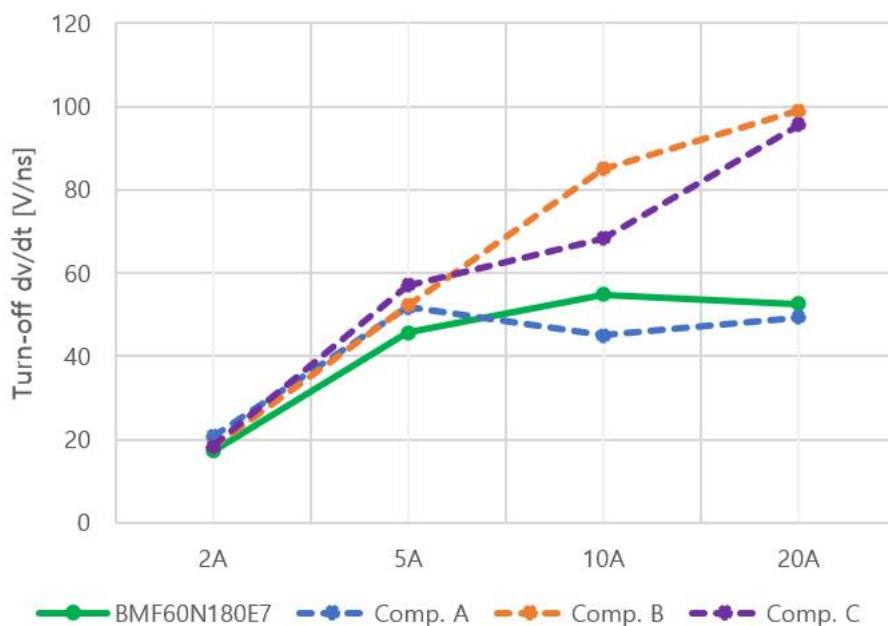


图 6。在  $V_{DD}=400V$ ,  $I_D=2\sim 20A$ ,  $V_{GS}=10V$ ,  $R_G=8.2\Omega$  的条件下, 对比了 600V/180m $\Omega$  SJ MOS 的关断开关的  $dv/dt$ 。此处是在电感负载开关下的比较。

图 7 显示了 600V/70m $\Omega$  SJ MOS 与最佳竞争对手在  $V_{DD}=400V$ 、 $I_D=15A$ 、 $V_{GS}=10V$ 、 $R_G=4.7\Omega$  条件下的开关波形比较 (彩色: BMW60N070E7, 白色: 最佳竞争对手)。在  $I_D=15A$  时, BMW60N070E7 的漏极-源极电压和漏极电流的交叉面积 (67 $\mu J$ ) 比最佳竞争对手 (84 $\mu J$ ) 小 20%。通常, 开关  $dv/dt$ 、 $di/dt$  受封装和 PCB 寄生元件的影响很大。高  $dv/dt$  和  $di/dt$  会导致栅极振荡, 并相互影响。得益于 600V SJ MOS 的优化支柱设计, BMW60N070E7 的  $dv/dt$  (61V/ns) 在  $I_D=15A$  时比最佳竞争对手 (95V/ns) 低 46%, 同时降低了开关损耗。此外, 在相同的测试板和条件下, 与最佳竞争对手相比, BMW60N070E7 的栅极振荡 (黄色) 大大降低。因此, 600V SJ MOS 具有高度优化的开关性能 (开关效率和噪声)。

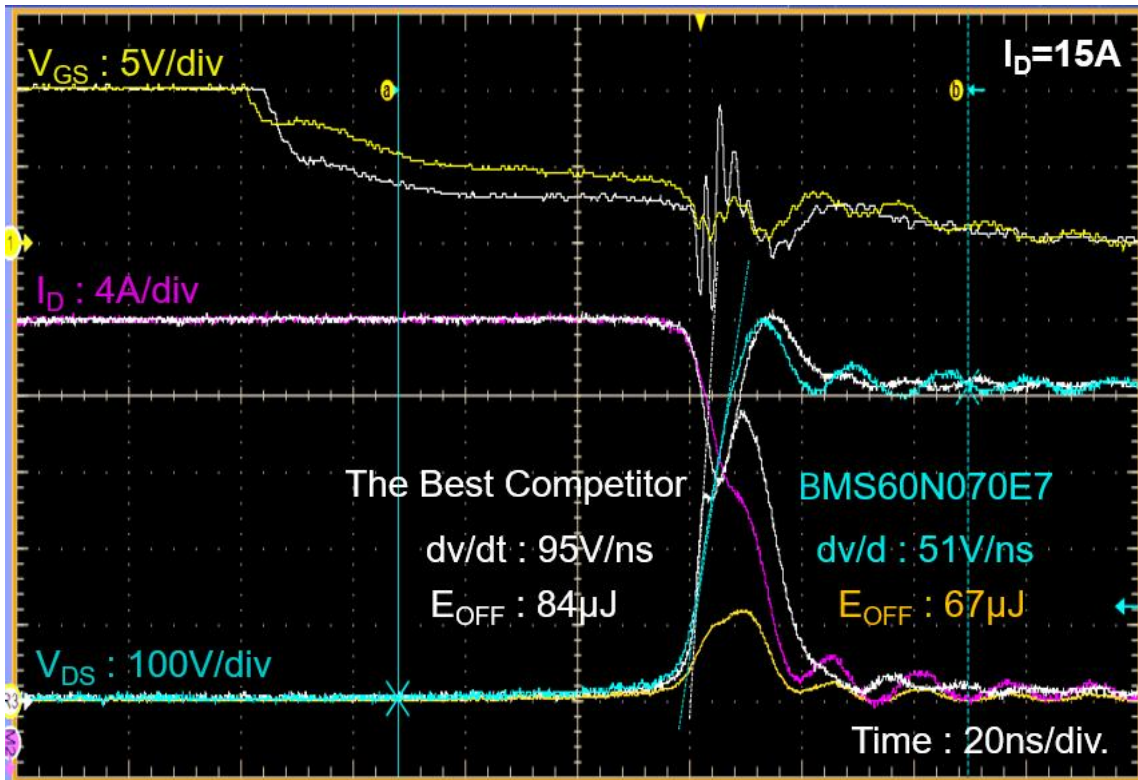


图 7。在  $V_{DD}=400V$ ,  $I_D=15A$ ,  $V_{GS}=10V$ ,  $R_G=4.7\Omega$  的条件下，对比了 600V / 70mΩ SJ MOS 的关断开关波形，在电感负载开关下进行。（彩色：萃锦 SJ MOS，白色：最佳竞争对手）

## 2.6 600V SJ MOS – 雪崩耐量

通常情况下，开关电源（SMPS）的设计时应保持  $V_{DS}$  低于  $BVDSS$  额定值，并且在 SMPS 的正常运行中使用 80% 的降额。但是在异常操作中，峰值  $V_{DS}$  可能超过 100%，并且器件可能以雪崩击穿模式失效。如图 8 所示，当功率 MOSFET 发生雪崩时，漏极-源极电压被箝位到其有效击穿电压，并且电流通过体二极管的 P-N 结进行换向。除了这个过程外，高  $dv/dt$  会影响更多的位移电流的建立。位移电流会加入雪崩电流，使器件更容易失效。基本上，失效的根本原因是由于高电流和温度引起的寄生 BJT 触发。因此，在异常操作下，器件的雪崩能力至关重要。

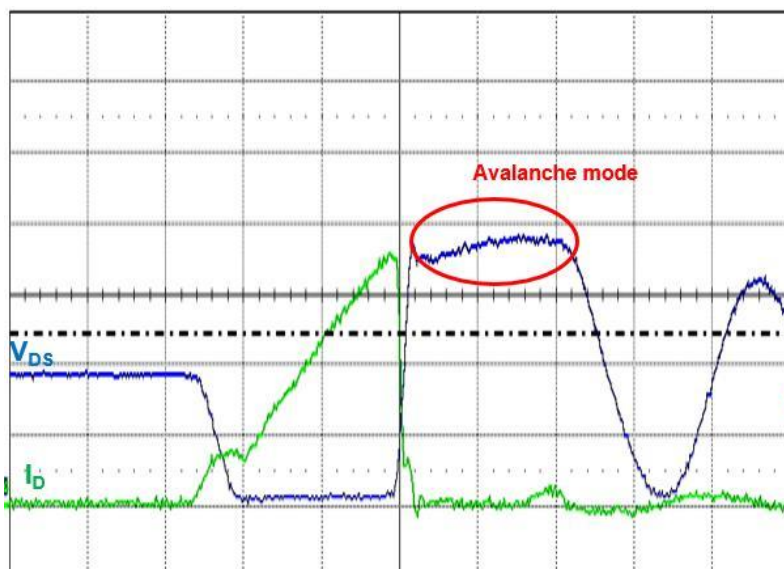
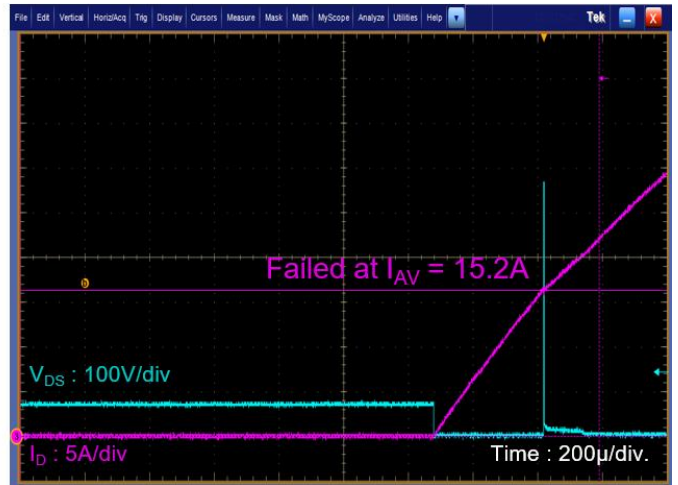


图 8。MOSFET 在 SMPS 下的雪崩击穿模式



(a) 萃锦 SJ MOS (600V / 99mΩ)



(b)竞争对手 I (600V / 99mΩ)



(c)竞争对手 II (650V / 99mΩ)



(d) 竞争对手 III (650V / 95mΩ)

图 9。 600V / 99mΩ SJ MOS 在 VDD=70V, VGS=10V, RG=25Ω和 L=1mH 条件下的雪崩耐量对比

图 9 显示了在 VDD=70V, VGS=10V, RG=25Ω和 L=1mH 的条件下, 600V/99mΩ SJ MOS 和各种竞争对手的超结 MOSFET 之间的雪崩耐量比较。对于竞争对手的器件 (具有相同或类似的 RDS(ON)), 雪崩击穿故障发生在约 15~17A 的范围内 (5 个样本的平均值), 而萃锦 600V/99mΩ SJ MOS 在相同的测试条件下在 20.8A 的范围内失效 (10 个样本的平均值)。600V/99mΩ SJ MOS 在异常操作下为系统可靠性提供了一流的雪崩能力。

## 2.7 600V SJ MOS – 系统测试

在 500W 服务器电源的 CCM PFC 中, 萃锦 600V/180mΩ SJ MOS 的系统效率与 600V/180 或 190mΩ 的竞争设备进行了比较。工作频率为 65kHz。如图 10 所示, 萃锦 600V SJ MOS 在全负载条件下表现出最佳效率, 在轻负载和中负载条件下显示出平衡效率。通过更换萃锦 600V SJ MOS, 系统效率在轻负载下分别比竞争对手 C 和竞争对手 B 提高约 0.13%和 0.16%。在图 11 中, 使用红外相机测量设备温度。由于萃锦 600V SJ MOS 在满载条件下的最佳性能, 600V SJ MOS 的温度比竞争对手 B 低约 10 度。最后, 萃锦 600V

SJ MOS 可以最大限度地提高开关效率并最大限度地减少开关噪声,从而提供卓越的系统效率和易于使用的高强度,从而提高系统可靠性。

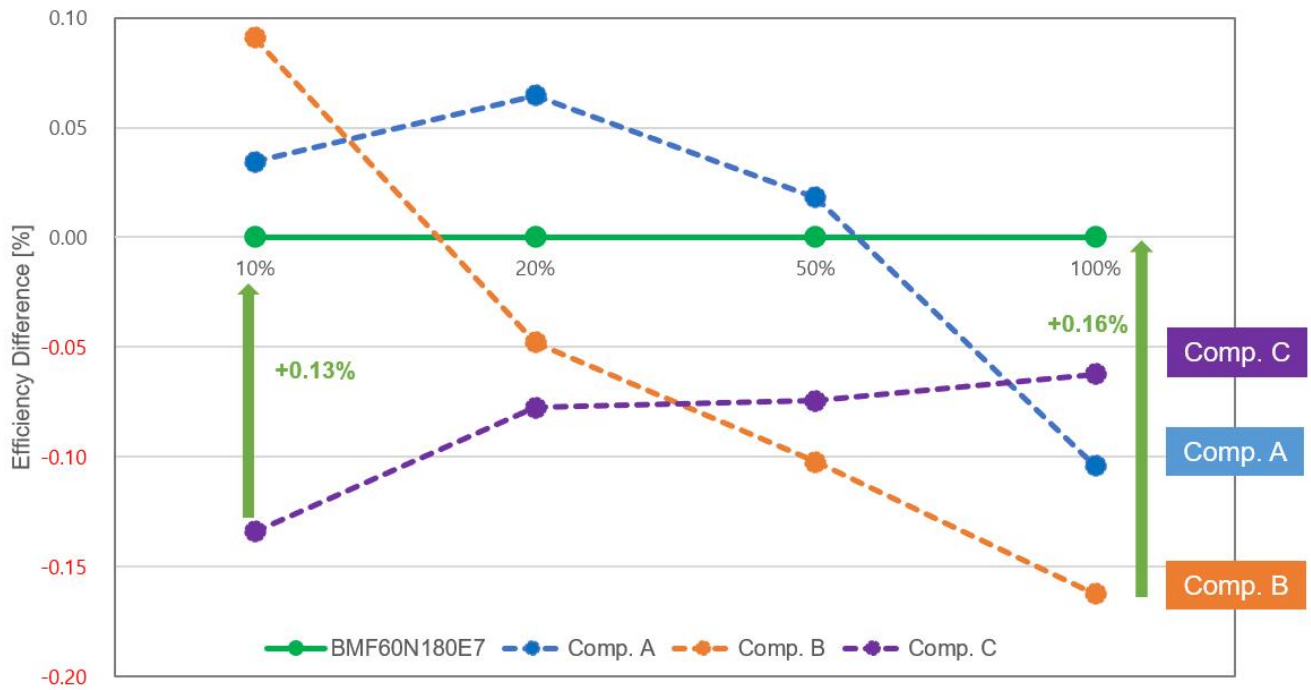


图 10。在 500W 服务器电源 CCM PFC 模块中, 相对效率比较了萃锦 600V/180mΩ SJ MOS 和竞争对手的情况, 输入电压为 110V, 60Hz。

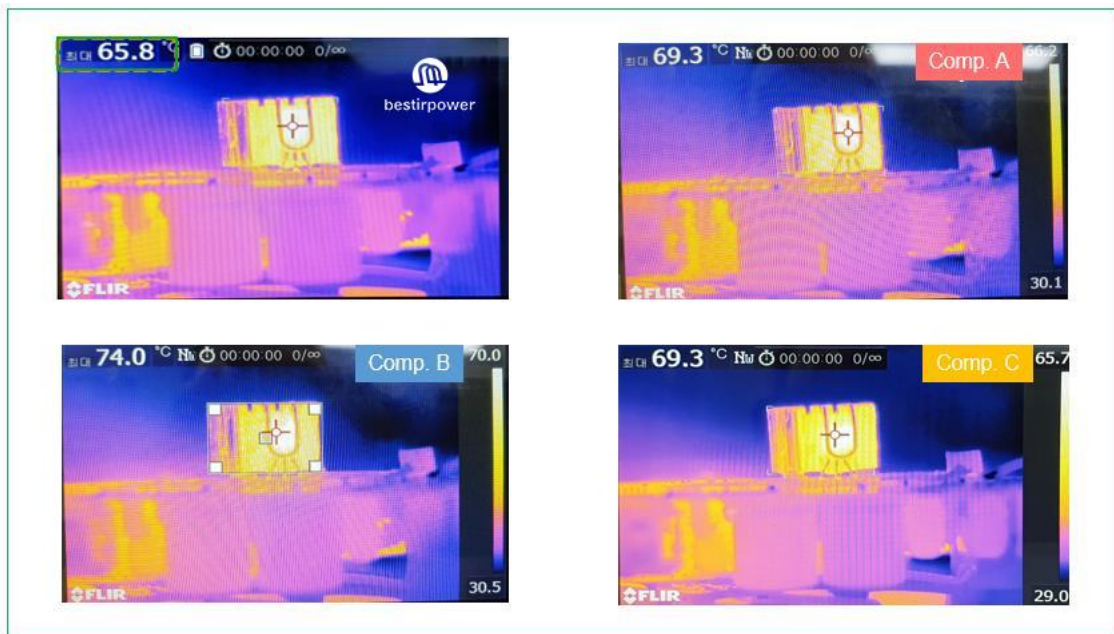


图 11。在 500W 服务器电源 CCM PFC 模块中, 比较了萃锦 600V/180mΩ SJ MOS 和竞争对手的 MOSFET 壳体的温度情况, 输入电压为 110V、60Hz 的满负荷条件下。

### 3. 结论

萃锦的 600V SJ MOS 系列旨在从低功率到高功率广泛的应用范围内，实现世界一流的性能。萃锦 SJ MOS 在易用性（例如低谐振）与出色的效率性能和合理的价格方面保持良好的平衡。萃锦 SJ MOS 以出色的性能脱颖而出，具有较低的开关损耗的同时无开关噪声，另外，强大的体二极管和雪崩耐量在硬开关和软开关拓扑中，可为高效率和高功率密度的电源转换系统提供卓越性能。

## 4. 600V SJ MOS 系列的产品组合和命名规则

### 4.1 600V SJ MOS 系列的产品组合

表 1。600V SJ MOS 产品组合

| MOS E7 (Efficient)<br>for PFC & LLC Topologies |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      |          |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| PKG                                            | Die                                                                                | PAK                                                                                | PQFN88                                                                             | TO-220                                                                             | TO-220F                                                                              | TO-247 3L                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $R_{DS(ON) \max}$                              |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 28mΩ                                           |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      | BMW60N028E7(-A)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 40mΩ                                           |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      | BMW60N040E7(-A)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 70mΩ                                           |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      | BMW60N070E7(-A)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 99mΩ                                           |                                                                                    |                                                                                    | *BML60N105E7(-A)                                                                   | BMP60N099E7(-A)                                                                    | BMF60N099E7(-A)                                                                      | BMW60N099E7(-A)                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 120mΩ                                          |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 180mΩ                                          | BMO60N180E7(-A)                                                                    |                                                                                    |                                                                                    | BMP60N180E7(-A)                                                                    | BMF60N180E7(-A)                                                                      |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 280mΩ                                          | BMO60N280E7(-A)                                                                    | BMD60N280E7(-A)                                                                    |                                                                                    | BMP60N280E7(-A)                                                                    | BMF60N280E7(-A)                                                                      |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 380mΩ                                          | BMO60N380E7(-A)                                                                    | BMD60N380E7(-A)                                                                    |                                                                                    | BMP60N380E7(-A)                                                                    | BMF60N380E7(-A)                                                                      |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 600mΩ                                          | BMO60N600E7(-A)                                                                    | BMD60N600E7(-A)                                                                    |                                                                                    |                                                                                    | BMF60N600E7(-A)                                                                      |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |

\* Coming soon  
(-A : Automotive Grade)

欲了解更多产品信息，请访问 [www.bestirpower.com](http://www.bestirpower.com)

### 4.2 命名规则

器件零件号包含了技术路线、封装、额定电压、迭代等信息。

图 12 显示了萃锦的 SJ MOS 的命名规则

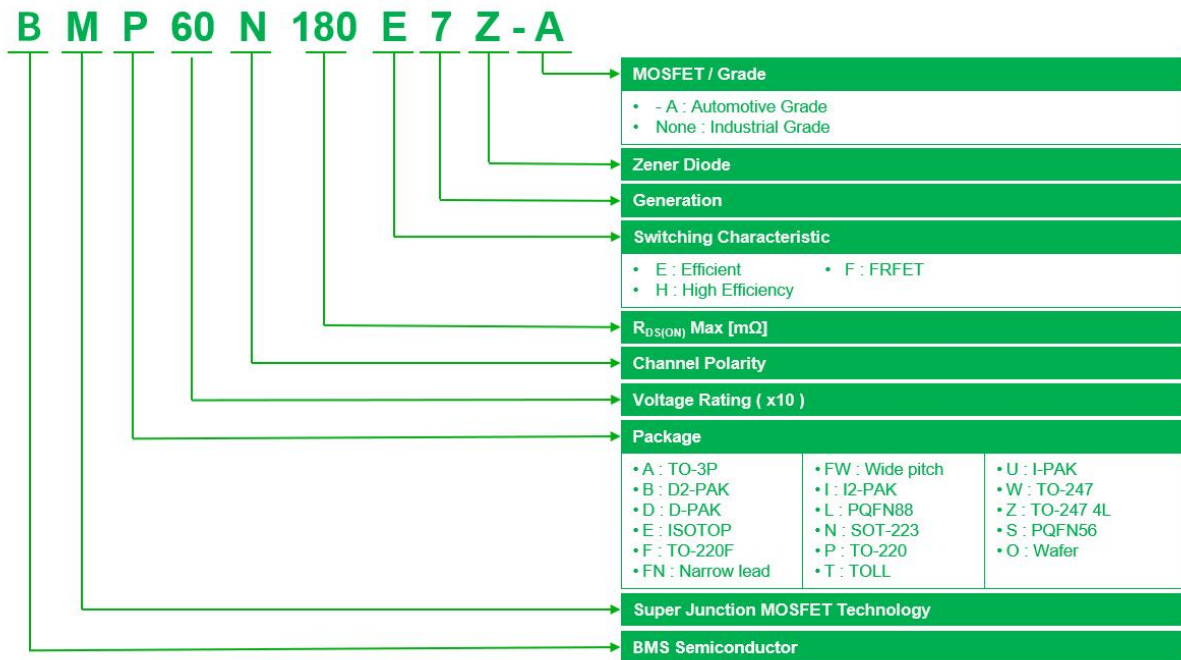


图 12。SJ MOS 命名规则

## 5. 文档修订历史记录

| Date        | Description of change |
|-------------|-----------------------|
| 17-Aug-2023 | First Release         |

### 重要通知

萃锦半导体保留对本文件和相关产品中的信息进行更改的权利，恕不另行通知。

- 未经萃锦半导体事先书面许可，不得复制本文件和此处的任何信息
- 本文件如有更改，恕不另行通知。
- 本文和本文档中描述的产品受特定免责声明的约束
- 尽管萃锦半导体不断努力提高质量和可靠性，但产品可能会出现故障或失效。客户有责任遵守安全标准，并为其系统提供充分的设计和保障。
- 客户全权负责其产品设计或应用的所有方面，包括但不限于确定本产品使用的适当性，确定本文件中包含的任何信息的适用性。