E3和T3系列1200V IGBT^3 模块的性能差异

1. 1200V IGBT的芯片工艺

通过优化第三代1200V IGBT系列产品——E3的性能有了进一步的提升。提升后的产品就是T3系列的IGBT。

T3系列IGBT减小了集射极饱和电压(V_{CEsat}) 和关断损耗(E_{off}) 。(更多IGBT^{3}的信息，见应用手册AN2003-03)

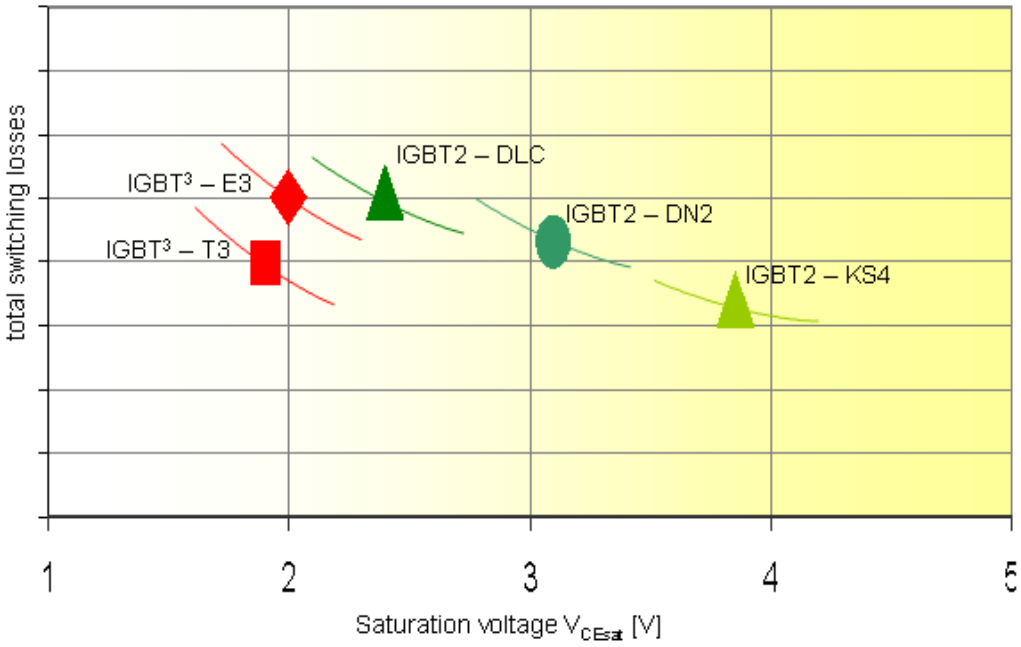


图 1.1. 所有1200V IGBT产品的总开关损耗与饱和电压的关系

这种优化后的T3器件工作在更高的工作频率。功率损耗减小和电流密度提高扩大了IGBT^{3}模块系列产品的应用范围。

eupec GmbH
Max-Planck-Straße
D-59581 Warstein
Tel. + 49 (0) 29 02 7 64-0
Fax + 49 (0) 29 02 7 64-12 56
info@eupec.com
www.eupec.com
Author: Wilhem Rusche

2. 输出特性

图 2.1 为T3和E3系列IGBT的典型输出特性。

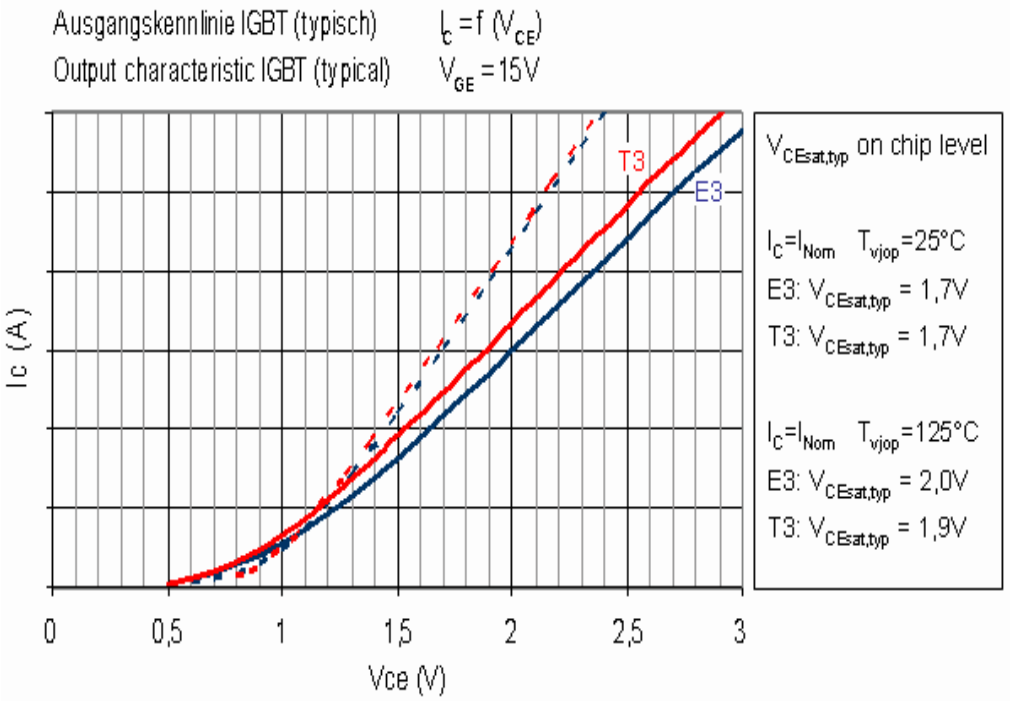


图 2.1 输出特性 (典型)

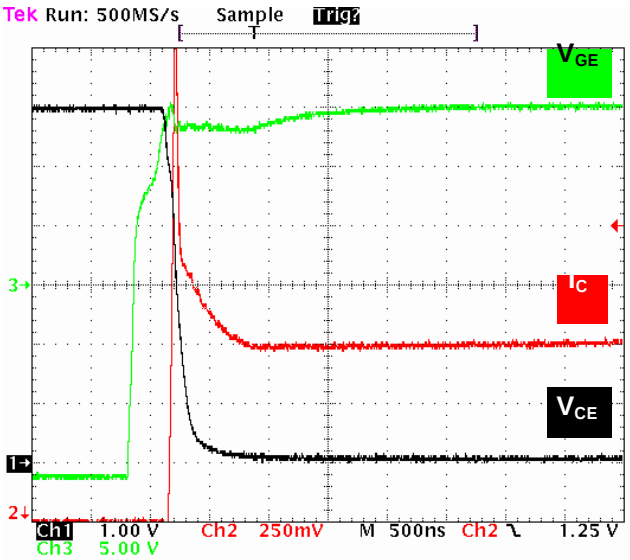
两种IGBT[3]（典型的）集射极饱和电压 (V_{CEsat})均为1.7V。在结温 T_{vj}= 25° C时E3和T3没有差别。
从 T3 系列IGBT在最大结温T_{vjop}= 125° C和额定电流 (I_{Cnom})时的输出特性图可看出，T3系列的集射极饱和电压 (V_{CEsat})比E3系列减小了大约100m V。

eupec GmbH
Max-Planck-Straße
D-59581 Warstein
Tel. + 49 (0) 29 02 7 64-0
Fax + 49 (0) 29 02 7 64-12 56
info@eupec.com
www.eupec.com
Author: Wilhem Rusche

3. 开关特性

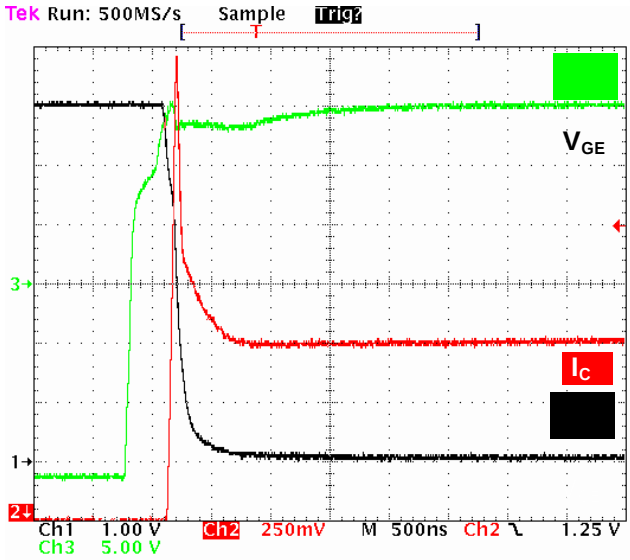
3.1. 开通

两种IGBT^{3}典型的开通过程如图3.1.1和图 3.1.2所示。



IGBT3 - T3
FS75R12KT3
T_{vjop} = 125°C
I_C = 75A
V_{DC} = 600V
R_g = $R_{g\ nom}$ = 4,7Ω
Eon = 6,2mJ
di/dt = 3,6kA/µs
dv/dt = -2,9kV/µs

图 3.1.1. FS75R12KT3的开通过程（典型）



IGBT3 - E3
FS75R12KE3
T_{vjop} = 125°C
I_C = 75A
V_{DC} = 600V
R_g = $R_{g\ nom}$ = 4,7Ω
Eon = 6,3mJ
di/dt = 2,4kA/µs
dv/dt = -2,8kV/µs

图 3.1.1. FS75R12KE3的开通过程（典型）

两种芯片的开通过程差不多，几乎没有差别。

eupec GmbH
Max-Planck-Straße
D-59581 Warstein
Tel. + 49 (0) 29 02 7 64-0
Fax + 49 (0) 29 02 7 64-12 56
info@eupec.com
www.eupec.com
Author: Wilhem Rusche

3.2. 开通损耗

E3和T3系列IGBT典型的开通损耗通过FS75R12KE3和FS75R12KT3两种IGBT模块为例进行对比。开通损耗是关于集电极电流的方程$E_{on} = f(I_C)$。如图3.2.1.所示。

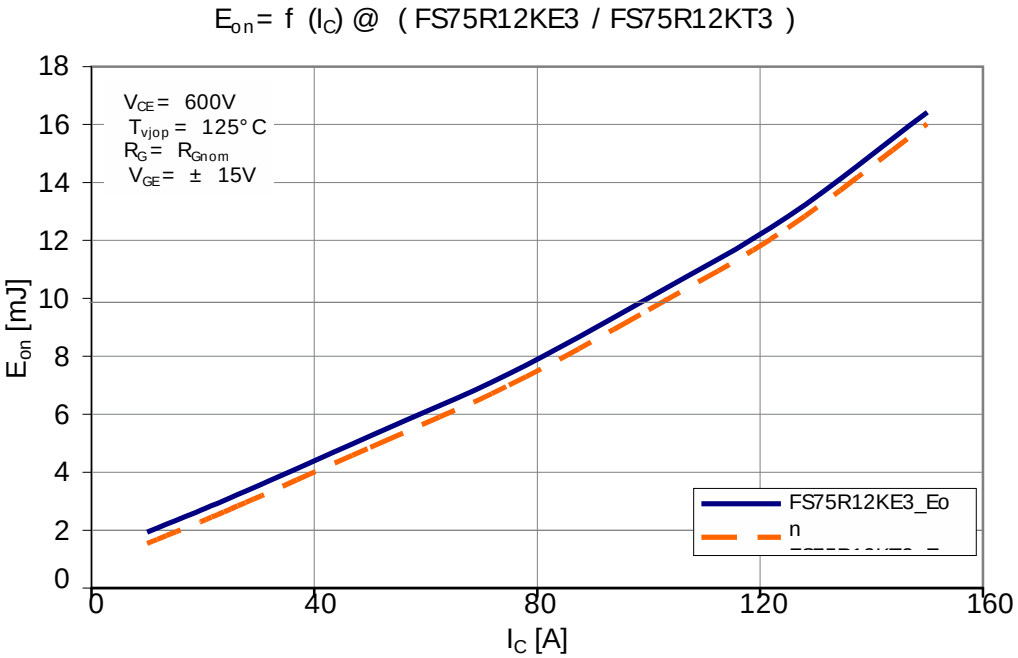


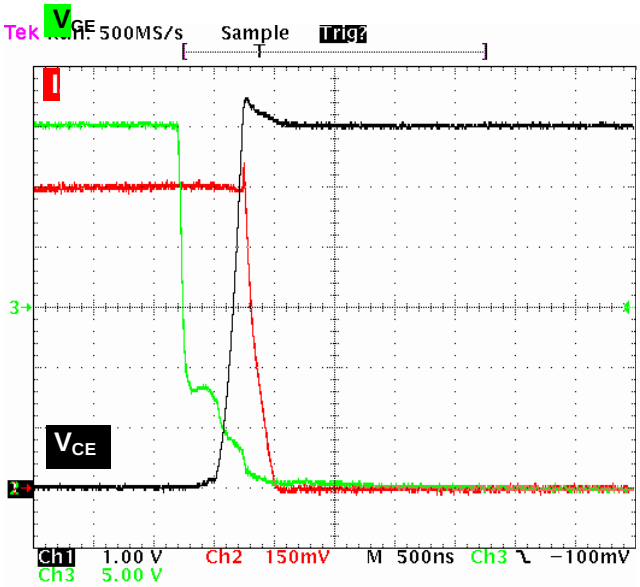
图 3.2.1. 开通损耗（典型值） E3 vs. T3

E3和T3系列IGBT的典型开关损耗几乎没有差别。

eupec GmbH
Max-Planck-Straße
D-59581 Warstein
Tel. + 49 (0) 29 02 7 64-0
Fax + 49 (0) 29 02 7 64-12 56
info@eupec.com
www.eupec.com
Author: Wilhem Rusche

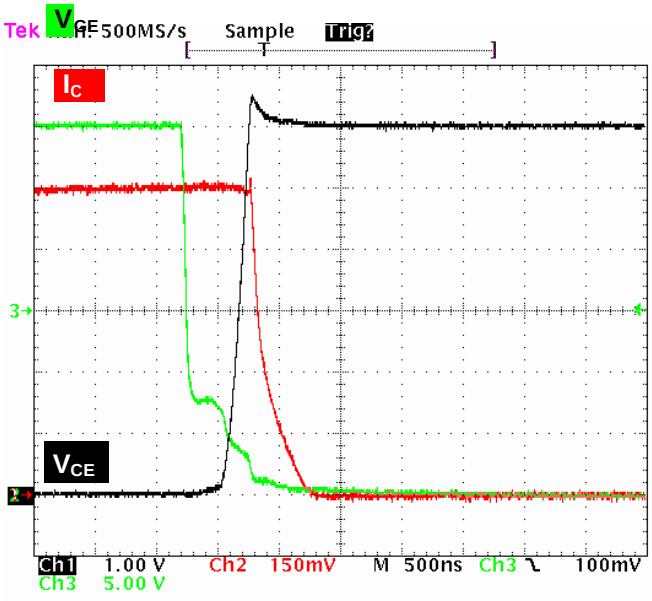
3.3. 关断

两种IGBT[3]典型的关断过程如图3.3.1和图 3.3.2所示。



IGBT[3] - T3
FS75R12KT3
T_{vjop} =
125° C I_C =
75A
V_{DC} = 600V
R_g = $R_{g\ nom}$ =
4,7Ω
Eoff = 8m J
di/dt = -0,45kA/µs
dv/dt = 3,2kV/µs

图 3.3.1. FS75R12KT3的关断过程（典型）



IGBT[3] - E3
FS75R12KE3
T_{vjop} =
125° C I_C =
75A
V_{DC} = 600V
R_g = $R_{g\ nom}$ =
4,7Ω
Eoff = 11m J
di/dt = -0,39kA/µs
dv/dt = 3,1kV/µs

图 3.3.2. FS75R12KE3的关断过程（典型）

从两种芯片的关断过程可看出IGBT3-E3有更软的关断过程。

eupec GmbH
Max-Planck-Straße
D-59581 Warstein
Tel. + 49 (0) 29 02 7 64-0
Fax + 49 (0) 29 02 7 64-12 56

3.4. 总的关断损耗

和E3系列IGBT相比，T3系列IGBT减小了总的关断损耗。图3.4.1给出FS75R12KE3 和 FS75R12KT3关断损耗的典型特性，该关断损耗是集电极电流的方程。

$E_{off} = f(I_C)$ @ (FS75R12KE3 / FS75R12KT3)

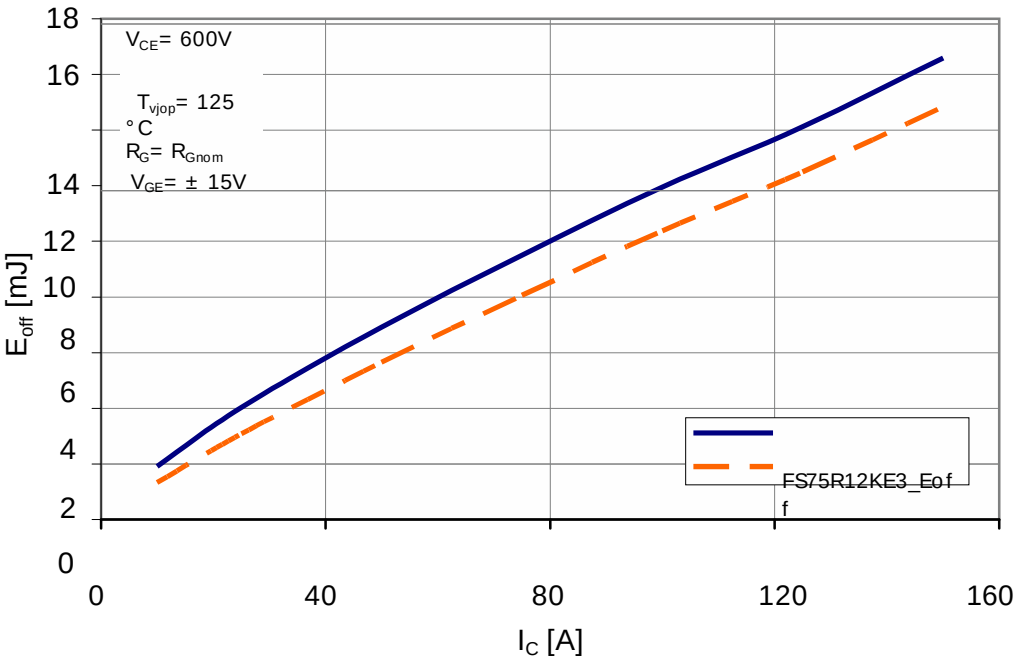


图 3.4.1 总关断损耗（典型）E3 vs. T3

T3系列IGBT的关断损耗（FS75R12KT3 E_{off}= 8.1m J）在额定工作条件下比E3系列(FS75R12KE3 E_{off}= 9.5m J)减小了大约17%。

因为IGBT3 - T3在关断过程的软度有所降低，为了更好地利用IGBT3 - T3关于降低关断损耗的优点，需要减小电路中的杂散电感。

关断过程电流的急剧减小，再加上直流环节和模块的寄生电感，在IGBT上产生的过电压为：$\Delta V = -L_\sigma * \frac{di}{dt}$。

关断过程中产生的加在IGBT上的过压必须限制小于模块的能承受的最大电压(V_{CES})。

eupec GmbH
Max-Planck-Straße
D-59581 Warstein
Tel. + 49 (0) 29 02 7 64-0
Fax + 49 (0) 29 02 7 64-12 56
info@eupec.com
www.eupec.com
Author: Wilhem Rusche