



概要

通常, Power IGBT在开关工作的Cut-off时 I_c 发生Tailing现象。因此目前, 当在开关电源或变频器等应用中使用IGBT时, 工作频率受限, 应用范围较小。

此次开发的FS-2 IGBT在开关时几乎不发生 I_c Tailing, 所以可使用于Interleave PFC电路, 尤其适用于输出功率超过1kW的空调PFC电路。

IGBT的开关性能评价

作为左右电路效率的IGBT的特性, 重要的项目为 $V_{CE(sat)}$ 特性和开关特性。但当频率超过15kHz时, 开关特性成为支配性的。我们比较了作为Power IGBT使用的NPT型与此次开发的FS-2型的开关特性。

当考虑适用于Interleave PFC电路的情况: 当负载轻时, 进入不连续模式或者临界模式, 而且由于Inductor的值低于1mH, I_c 波形有倾斜。作为开关损失, E_{off} (下降)的值的比 E_{on} (上升)具有支配性。

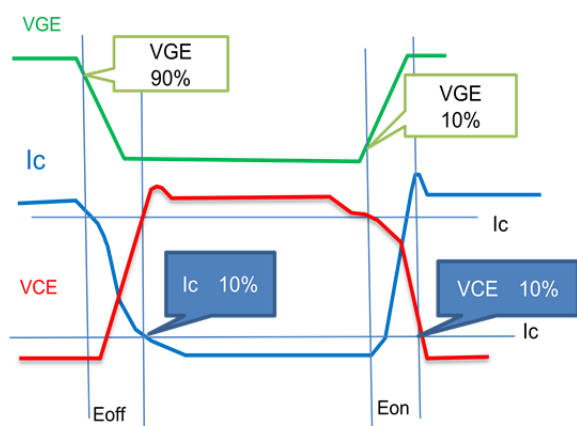


fig.1 开关波形与观测点

应用资料

L负载开关工作测试与比较

首先, 在L负载开关电路中进行了两者比较。关于开关时间(t_f , t_{on} 等), 开关损失(E_{on} , E_{off}), 观测点如图1所示。

调节 I_c 电流进行测定并确认了 NPT型(WP.1)在Cut-off时发生 I_c tailing, 而FS-2几乎没有发生 I_c tailing (WP.2)。由此可见, NPT在电流较低的领域有发生 I_c tailing, 而FS-2在广范围的电流领域显示了良好的下降特性。当比较两者的 E_{off} 的电流依存性时发现 (如图2所示), 在低电流领域的差较大, 在其他的电流领域两者的差很小。

使用该开关损失 E_{off} 的值来计算频率变化与开关损失。工作频率设定为 f [Hz], 则计算如下:

$$P(E_{off}) = f \times E_{off} \text{ [W]}$$

连续模式工作的场合, 还要加上 E_{on} 的项目。由于实际上波形具有倾斜, 故 $E_{on} > E_{off}$, 开关损失为 E_{off} 的影响变大。

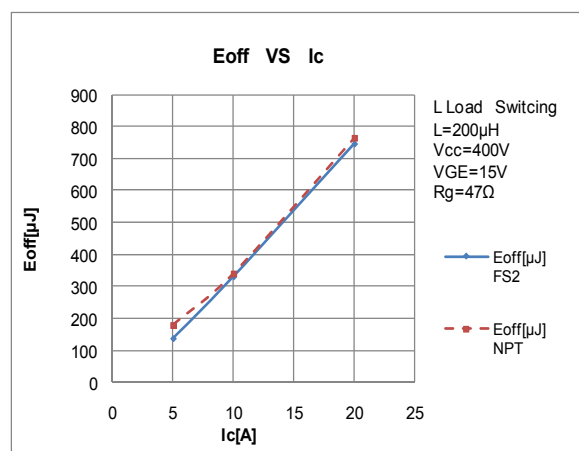
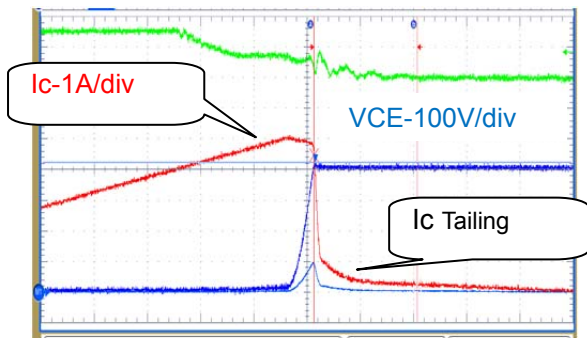
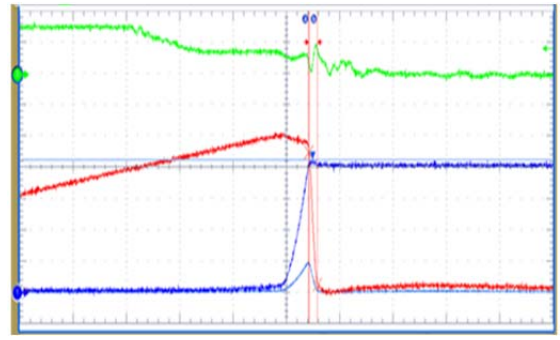


fig.2 Eoff VS Ic



WP.1 NPT IGBT Switching (5A)



WP.2 FS-2 IGBT Switching (5A)

Interleave PFC 电路与 IGBT 的适应性

Interleave PFC 电路为 Active PFC 电路的一种, 如 fig.3 所示, 2 个开关素子交换 ON/OFF.

在 Interleave PFC 电路中的 IGBT 的动态

在 Interleave 电路中比较了 NPT 与 FS-2 的工作特性(表.1)。

在 Interleave 电路中, 对电流的控制使之相似于输入电压, 因此 IGBT 的 I_c 也一直变化。

波形 WP.3 为 NPT 型, 该波形为 PFC 工作的峰值电流时的单侧 IGBT 的波形。可以观测到 I_c 波形有明显的 I_c Tailing。

通过使电流流经 2 系统, 可以降低 IGBT 的峰值电流, Inductor 的峰值电流以及电流 波纹。在电路电流大的室内空调的 PFC 电路等应用中被积极采用。

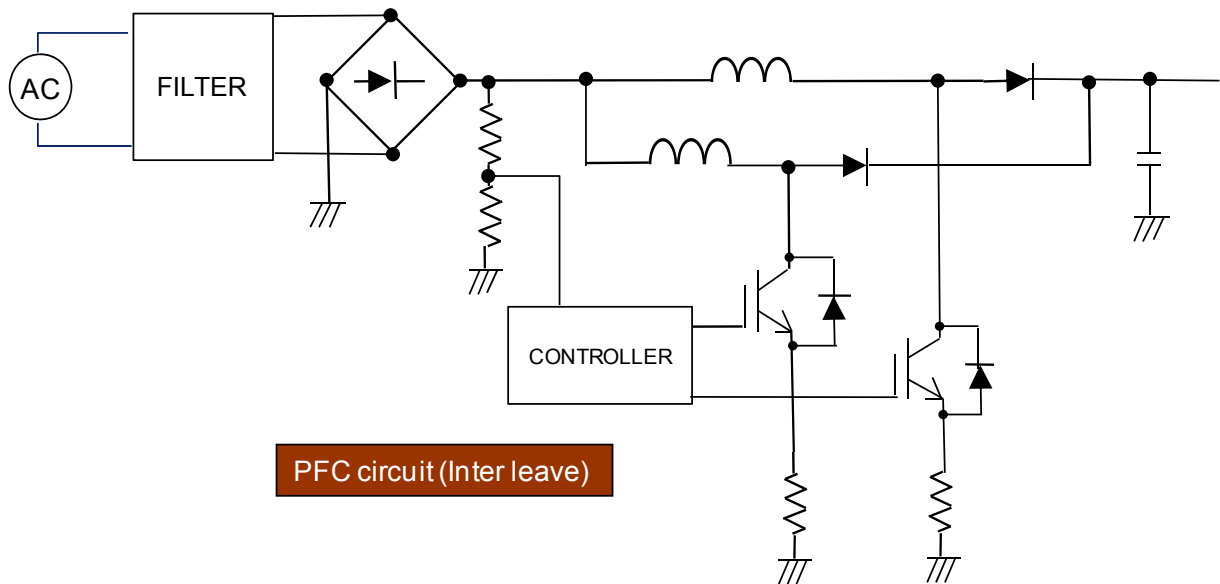


fig.3 Interleave PFC 电路

FS-2 与 NPT 型的工作比较

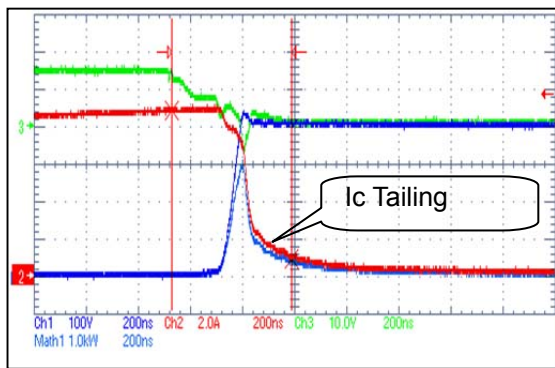
如下图所示, NPT 的工作效率 $\eta(\text{NPT}) = 92.2\%$. 而 FS-2 在同一工作条件下的效率为 $\eta(\text{FS-2}) = 94.4\%$, 比 NPT 高 2.2%. FS-2 的工作波形如 WP.5 所示, NPT 的工作波形如 WP.4 所示。

FS-2 的 I_c 几乎没有 Tailing, 因此损失小。可以得出: Tailing Loss 对损失有很大影响。工作频率为约 34kHz。

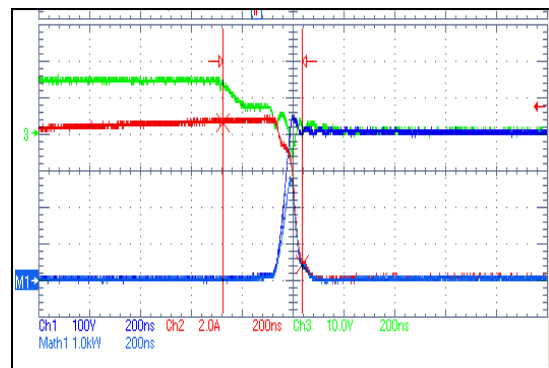
表.1 FS-2 与 NPT 的工作测试结果

@ Inter leave PFC circuit (par each) VAC=100V Iout=1.5A Vout=388V

	$\eta[\%]$	toff[nS]	Eoff[μJ]	tf[nS]	Pin[W]	VCEp[V]	IDp[A]
FS-2	94.4	313	161	93	619	444	8.9
NPT	92.2	461	309	253	631	440	9.0



WP.4 NPT IGBT Switching @PFC



WP.5 FS-2 IGBT Switching @PFC

其次, 我们取得了在该电路中改变频率时的特性(fig.4).

结果为: FS-2 在约 50kHz 以下工作情况较好, (50kHz 对 IGBT 而言是频率较高的). 因此可用于在以往不太可能的高频领域。

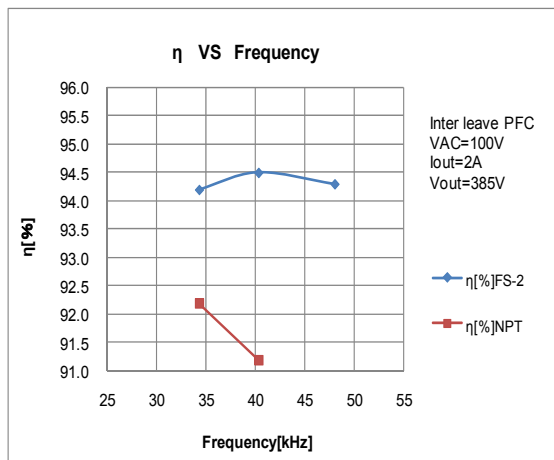


fig.4 效率 VS 频率

NPT 与 FS-2 的构造

NPT(Non punch through)对 wafer 的厚度有要求。理由: 确保 N 层的耗尽层以得到 I_c Cut-off 时 Collector-Emitter 间的耐压。另一方面, FS-2 为第2代的 Field Stop 构造的薄型工艺的 IGBT, 在 N 层与背面的 P 层间形成有相对高浓度的 N 层。

因此, 与 NPT 相比, 可以使 wafer 薄型化。

该工艺可以改善开关特性, 特别是 Cut-off 时的电流。开关的高速化与 $V_{CE(sat)}$ 值的低减存在权衡关系(Trade-off Relation)。FS-2 工艺可以改善该权衡关系, 同时降低 $V_{CE(sat)}$ 。(参照 fig.5,fig.6)。

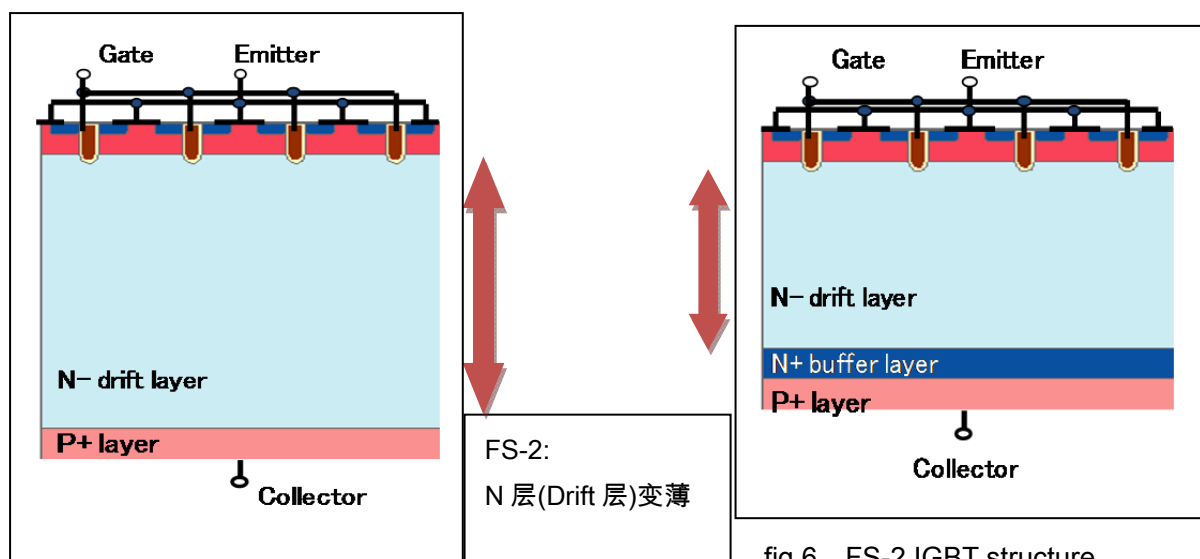


fig.5 NPT IGBT structure

fig.6 FS-2 IGBT structure

FS-2 的实际产品系列

600V/20A 品有:

FRD 内置的 NGTB20N60L2TF1G, 和

无 FRD 内置的 NGTG20N60L2TF1G.

600V/30A 品有:

FRD 内置的 NGTB30N60L2WG.

table.2 FS-2-IGBT Line UP

Type No.	Package	Absolute maximum ratings				Electrical characteristics /Ta=25°C/VGE=15V			FRD Electrical Characteristics / Ta=25°C		
		VCES	IC		PD	VCE(sat)		Cies	VF		trr(typ) 100A/μs
			@Tc=25°C	@Tc=100°C		typ	@IC		max	@IC	
			[V]	[A]		[V]	[A]		[V]		
NGTB20N60L2TF1G	TO-3PF-3L	600	40	20	64	1.45	20	2000	1.5	20	70
NGTG20N60L2TF1G	TO-3PF-3L	600	40	20	64	1.45	20	2000	—	—	—
NGTB30N60L2WG	TO-247-3L	600	60	30	130	1.4	30	4130	1.7	25	70

ON Semiconductor and the ON logo are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) or its subsidiaries in the United States and/or other countries. SCILLC owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of SCILLC's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.