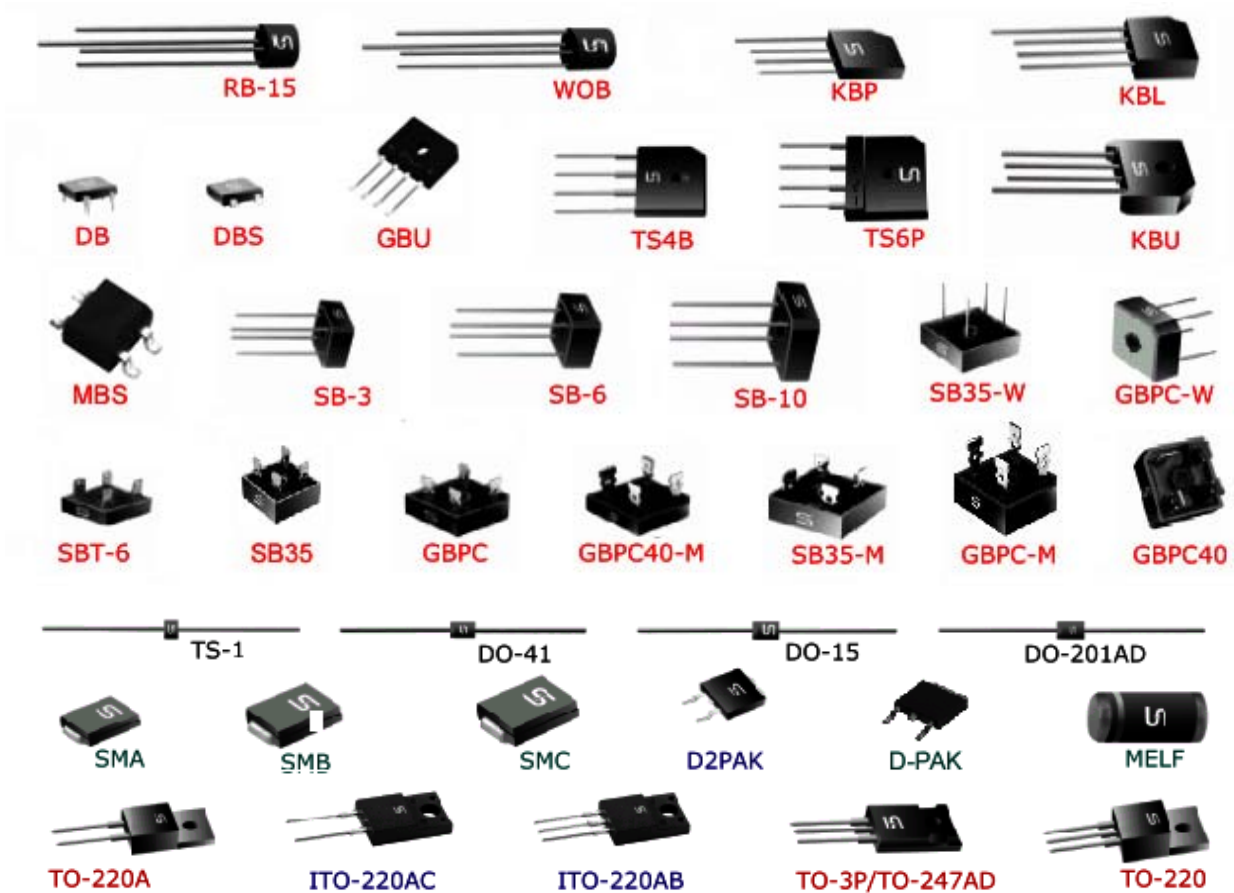


# 上海强微电子科技有限公司



专业代理 AAC、BSI、CIRRUSLOGIC、CYNTEC、DALLAS、EPCOS、FAIRCHILD、FUJITSU、GSI、HITACHI、IR、ISSI、JAE、K-OA、MAXIM、MICROCHIP、MOTOROLA、NEC、ON、PANASONIC、POWER INTEGRATIONS、RICOH、SEMTECH、SIPEX、SSS、ST、S-USUMU、TOKIN、TOSHIBA、QUICKLOGIC、UTRON、XICOR、XIL-INX 等知名品牌的集成电路、晶体管、铁氧体、阻容器、接插件、锂电池等各类电子元器件并专业代理相关进、出口业务。

地址：上海市北京东路 668 号科技京城 C 区 603 室

电话：(021)53081000\53084151\53084152\53084153 转 239

传真：(021)53082863

网址：<http://www.smes.cn>

电邮：[shine@smes.cn](mailto:shine@smes.cn)

$C_j$	.....	Junction Capacitance	结电容
$\eta_v$	.....	Rectification Efficiency	整流效率
$I_F$	.....	DC Forward Current	正向直流电流
$I_{(AV)}$	.....	Average Forward Rectified Current	正向平均整流电流
$I_D$	.....	Stand-off Reverse Leakage Current	关态反向漏电流
$I_{FSM}$	.....	Peak Forward Surge Current	正向浪涌峰值电流
$I_{FSM}$	.....	Non Repetitive Surge Peak on-state Current	不重复浪涌峰值开态电流
$I_{DM}$	.....	Maximum Reverse Leakage Current	最大反向漏电流
$I_{FRM}$	.....	Repetitive Peak Forward Current	正向重复峰值电流
$I_H$	.....	Holding Current	维持电流
$I_O$	.....	Mean Forward Current	正向平均电流
$I_R$	.....	Reverse Leakage Current	反向漏电流
$I_{rr}$	.....	Reverse Recovery Current	反向恢复电流
$I_{PFM}$	.....	Maximum Peak Impulse Current	最大脉冲峰值电流
$I_{RM}$	.....	Maximum Peak Reverse Current	最大峰值反向电流
$I_{RR(REC)}$	.....	Maximum Peak Reverse Recovery Current	最大峰值反向恢复电流
$I_{RSM}$	.....	Maximum Non-repetitive Reverse Peak Current	最大反向不重复峰值电流
$I_r$	.....	On-state Test Current	导通测试电流
$I_r^2$	.....	Rating for Fusing	正向浪涌电流的平方对电 流浪涌持续时间的积分值
$P_{M(AV)}$	.....	Maximum Steady State Power Dissipation	最大稳态功耗
$P_{PM}$	.....	Peak Pulse Power Dissipation	峰值脉冲功耗
$P_{tot}$	.....	Total Power Dissipation	总功耗
$Q_{rr}$	.....	Recovered Charge	恢复电荷
$R_{\theta JA}$	.....	Thermal Resistance(Junction to Ambient)	热阻(结到环境)
$R_{\theta JC}$	.....	Thermal Resistance(Junction to Case)	热阻(结到管壳)
$R_{\theta JL}$	.....	Thermal Resistance(Junction to Lead)	热阻(结到引线)
$T_A$	.....	Ambient Temperature	环境温度
$T_C$	.....	Case Temperature	管壳温度
$T_D$	.....	Time Duration	持续时间
$T_f$	.....	Fall Time	下降时间
$T_j$	.....	Junction Temperature	结温
$T_L$	.....	Lead Temperature	引线温度

$t_{fr}$	.....	Forward Recovery Time	正向恢复时间
$t_r$	.....	Rise Time	上升时间
$t_{rr}$	.....	Reverse Recovery Time	反向恢复时间
$T_{STG}$	.....	Storage Temperature	存储温度
$V_{BO}$	.....	Breakover Voltage	转折电压
$V_{(BR)}$	.....	Reverse Breakdown Voltage	反向击穿电压
$V_F$	.....	Instantaneous Forward Voltage	正向瞬态电压
$V_{FR}$	.....	Forward Recovery Voltage	正向恢复电压
$V_{DC}\backslash V_R$	.....	DC Reverse Voltage	反向直流电压
$V_{RM}$	.....	Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	最大重复峰值反向电压
$V_{RMS}$	.....	RMS Input Voltage	均方根输入电压
$V_{RRM}$	.....	Peak Repetitive Reverse Voltage	反向重复峰值电压
$V_{WM}$	.....	Working Peak Reverse Voltage	反向工作峰值电压
$V_C$	.....	Clamping Voltage	箝位电压
$V_{WM}$	.....	Working Stand-off Voltage	关态工作电压
$V_Z$	.....	Zener Voltage	齐纳电压
$Z_Z$	.....	Dynamic Zener Impedance	动态齐纳阻抗
$\alpha V_F$	.....	Temperature Coefficient of Forward Voltage	正向压降的温度系数
$\alpha V_Z$	.....	Temperature Coefficient of Zener Voltage	齐纳电压的温度系数
$\alpha V_{(BR)}$	.....	Maximum Reverse Voltage Temperature Coefficient	最大反向电压温度系数

硅整流二极管	SILICON RECTIFIERS
快恢复开关二极管	FAST RECOVERY RECTIFIERS
高效率二极管	HIGH EFFICIENCY RECTIFIERS
高反压二极管	HIGH VOLTAGE RECTIFIERS
照相闪光专用整流器	PHOTO FLASH RECTIFIERS
超快恢复二极管	SUPER FAST RECTIFIERS
小信号肖特基系列二极管	SMALL SIGNAL SCHOTTKY DIODES
肖特基系列二极管	SCHOTTKY BARRIER RECTIFIERS
小信号开关二极管	SMALL SIGNAL SWITCHING DIODES
表面贴装二极管	SURFACE MOUNT RECTIFIERS
表面贴装肖特系列二极管	SURFACE MOUNT SCHOTTKY BARRIER RECTIFIERS
玻璃内钝化二极管	GLASS PASSIVATED RECTIFIERS
硅双向触发二极管	SILICON BIDIERCTIONAL DIACS
稳压二极管	ZENER DIODES
瞬态电压抑制二极管	TRANSIENT VOLTAGE SUPPERSORS(TVS)
固态放电管	TELECOMMUNICATION PROTECTION ARRESTOR
双向电压触发二极管	SILICON BILATERAL VOLTAGE TRIGGERED SWITCH
固态过电压保护管	SOLID STATE OVERVOLTAGE PROTECTOR
桥式整流器	BRIDGE RECTIFIERS
整流模块	RECTIFIER MODULE
汽车整流器	AUTOMOBILE RECTIFIERS
三相桥式整流器	THREE PHASE BRIDGE RECTIFIERS

# SMD DIODES & RECTIFIERS



IF (A)	SOT-23	0805 1206	mini-melf	MELF	SMA	SMB	SMC	DPAK (TO-252)	D <sup>2</sup> PAK (TO-263)	Voltage Range V <sub>BR</sub> (V)	Comments	
											Type	t <sub>rr</sub> (ns)
150mA	BAV99 <sup>(1)</sup>									100	switching diodes	4
	BAV70 <sup>(1)</sup>		LL4148							100	switching diodes	4
	BAW56 <sup>(1)</sup>									100	switching diodes	4
	MMBD7000 <sup>(1)</sup>									100	switching diodes	4
200mA	MMBD4148									100	switching diodes	4
	MMBD914									100	switching diodes	4
	BAS16									100	switching diodes	4
	BAS19/20/21									120-150	switching diodes	50
250mA	MMBD4448									100	switching diodes	4
	MMBD4448H									100	switching diodes	4
300mA		TS4148-0805								100	switching diodes	4
		TST148-1206								100	switching diodes	4
1A			LL4933G-37G							50-600	standard recovery	
			LL4001G-7G							50-1000	standard recovery	
				S1A-M						50-1000	fast recovery	150-500
				RS1A-M						50-1000	high efficient recovery	50-75
				HS1A-M						50-1000	high efficient recovery	
1.5A				US1A-M						50-1000	high efficient recovery	
				ES1A-J						50-600	super fast recovery	35
					S2A-M					50-1000	standard recovery	
				S2AA-MA						50-1000	standard recovery	
					RS2A-M					50-1000	fast recovery	150-500
2A					RS2GA-MA					400-1000	fast recovery	150-500
					HS2A-M					50-1000	high efficient recovery	50-75
					HS2AA-MA					50-1000	high efficient recovery	50-75
2A							ES2A-J		50-600	super fast recovery	35	
3A								S3A-M		50-1000	standard recovery	
								RS3A-M		50-1000	fast recovery	150-500
								HS3A-M		50-1000	high efficient recovery	50-75
								ES3A-J		50-600	super fast recovery	35
4A							S4A-M		50-1000	standard recovery		
5A							SFAD501G-8G		50-600	super fast recovery	35	
6A							SFD601G-8G <sup>(1)</sup>		50-600	super fast recovery	25	
16A								SFS1601G-8G <sup>(1)</sup>		50-600	super fast recovery	35

**NEW PRODUCTS  
UNDER DEVELOPMENT**  
(1) Dual rectifier

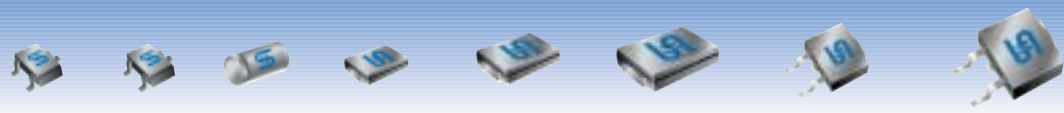
# AUTOMOTIVE RECTIFIERS



IF (A)	AR	ARS	Voltage Range V <sub>BR</sub> (V)	Comments
25A	AR25A-M	ARS25A-M	50-1000	
35A	AR35A-M	ARS35A-M	50-1000	
	TAR3525	TARS3525	20	load dump rectifier/Vc 24V min – 25V max
50A	AR50A-M	ARS50A-M	50-1000	
	TAR5025	TARS5025	22	load dump rectifier/Vc 24V min – 25V max

**NEW PRODUCTS**


# SMD SCHOTTKY RECTIFIERS



IF (A)	SOT-23 (single)	SOT-23 (dual)	MELF	SMA	SMB	SMC	DPAK (TO-252)	D2PAK (TO-263)	Voltage Range $V_{BR}$ (V)	Comments
200mA	BAT54	BAT54A/C/S							30	
500mA	BAT400D								40	ultra low $V_f$
1A			LL5817-19 LSR102-06	SS12-110 SSL12-14	SK12B-110B				20-40 20-60 20-100 20-40 20-100	ultra low $V_f$
2A				SK24A-26A		SS22-210 SSL22-24			40-60 20-100 20-40	ultra low $V_f$
3A				SK32A-310A	SK32B-310B	SS32-310 SSL32-34	SRAD320-360		20-100 20-40 20-60	ultra low $V_f$
5A						SK53C-56C			30-60	
6A							SRD620-660 <sup>(1)</sup>	MBRS645	20-60 45	
8A							SRAD820-860 SRD820-860 <sup>(1)</sup>		20-60 20-60	
10A							SRD1020-1060 <sup>(1)</sup>	SRS1020-60 <sup>(1)</sup>	20-60	
15A								MBRS1535CT-100CT <sup>(1)</sup>	35-100	
16A								SRS1620-60 <sup>(1)</sup> MBRS1635-60	20-60 35-60	
20A								MBRS2035CT-100CT <sup>(1)</sup> SRS2020-2060 <sup>(1)</sup>	35-100 20-60	
30A								MBRS2535CT-2560CT <sup>(1)</sup>	35-60	

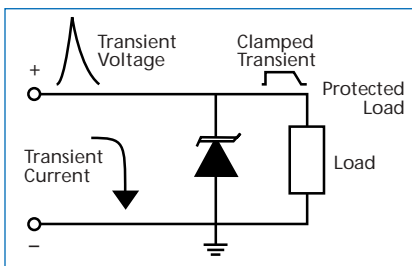
**NEW PRODUCTS**  
(1) Dual rectifier

# TRANSIENT VOLTAGE SUPPRESSORS

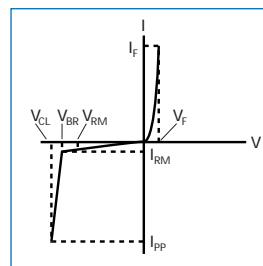


Power Dissipation $P_{MAX}$ (mW)	leaded			Surface Mount Device			Breakdown Voltage $V_{BR}$ (V)	Stand-off Voltage $V_{WM}$ (V)		
	D0-41	D0-15	D0-201	SMA	SMB	SMC				
300							530-550	477-495		
400	P4KE series			SMAJ530-550 <sup>(1)</sup>			6.4-209	5-170		
				SMAJ series			6.8-440	5.5-376		
				P4SMA series			6.8-200	5.5-171		
500	SA series SAC series <sup>(2)</sup>						6.4-209	5-170		
							7.6-68	5-50		
600	P6KE series						6.8-440	5.5-376		
							6.4-209	5-170		
					SMBJ series P6SMB series		6.8-200	5.5-171		
1500	1.5KE series						6.8-440	5.5-376		
								SMCJ series 1.5SMC series	6.4-209	5-170
									6.8-200	5.5-171


**NEW PRODUCTS**  
(1) Only unidirectional available  
(2) Low capacitance series



SYMBOL	DESIGNATION
$V_{RM}$	Stand off voltage
$V_{BR}$	Breakdown voltage
$V_{CL}$	Clamping voltage
$I_{RM}$	leakage current@VRM
$I_{PP}$	Peak pulse current
$V_F$	Forward voltage drop



# ZENER DIODES

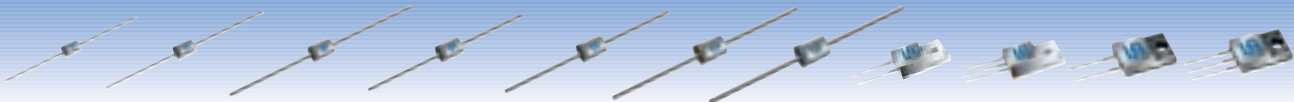


Power Dissipation $P_{MAX}$ (mW)	leaded D0-41	Surface Mount Device			Zener Voltage Range $V_z$ (V)
		single	SOT-23	SMA	
300			AZ23Cxx DZ23Cxx		2.7-51 2.7-51
350		BZX84Cxx			2.4-51
1000	1N47xx			1SMA47xx 1SMAxxxZ SML4736-64	11-100 110-200 6.8-100
1500				1SMA5926-45	11-68

NEW PRODUCTS

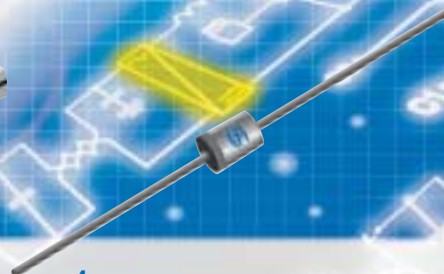


# STANDARD RECTIFIERS



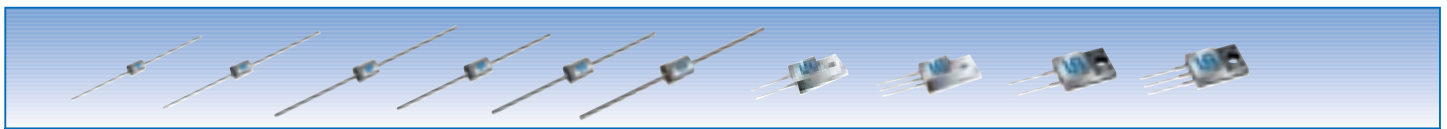
IF (A)	TS-1	A-405	D0-41	D0-15	D0-201AD	R-6	P-600	TO-220AC	TO-220AB (dual)	ITO-220AC	ITO-220AB (dual)	Voltage Range $V_{BR}$ (V)		
1A			BY133 1N4007-19 1N4001-7 1N4001G-7G 1N4001GP-7GP GP10A-M									1300 1600 50-1000 50-1000 50-1000		
1.5A				1N5391-99 1N5391G-99G GP15A-M								50-1000 50-1000 50-1000		
2A				2A01-07 2A01G-07G GP20A-M		TBYW56						1000 50-1000 50-1000 50-1000		
3A					1N5400-5408 1N5400G-5408G BY251-55 GP30A-M							50-1000 50-1000 200-1300 50-1000		
6A							6A05-100 6A05G-100G	TS750-8 P600A-M				50-1000 50-1000		
8A									GPA801-7		GPAF801-7	50-1000		
10A										GP1001-7		GPF1001-7	50-1000	
16A										GPA1601-7	GP1601-7	GPAF1601-7	GPF1601-7	50-1000

SILASTIC PASSIVATION  
GLASS PASSIVATION  
SUPERDIODE GLASS PASSIVATION  
NEW PRODUCTS



# FAST RECOVERY RECTIFIERS

$t_{rr} = 150\text{ ns to } 500\text{ ns}$

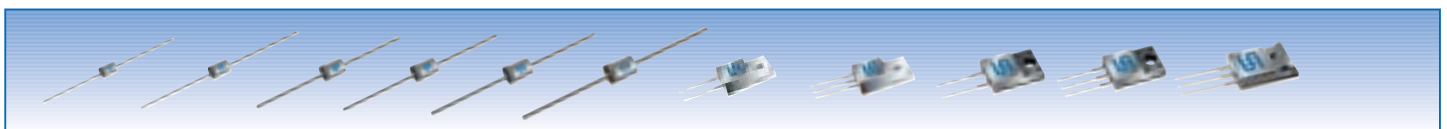


IF (A)	TS-1	A-405	D0-41	D0-15	D0-201AD	R-6	TO-220AC	TO-220AB (dual)	ITO-220AC	ITO-220AB (dual)	Voltage Range $V_{BR}$ (V)	$t_{rr}$ (ns)
1A	F1T1-7 SFR1T1-7 <sup>(1)</sup> F1T1G-7G	FR101S-7S SFR101S-7S <sup>(1)</sup> FR101SG-7SG	FR101-7 SFR101-7 <sup>(1)</sup> FR101G-7G	RGP10A-M BA157-9 1N4933-37							50-1000 50-1000 50-1000 50-1000 400-600 50-600	150-500 150-500 150-500 150-500 150-250 200
1.5A				FR151-7 SFR151-7 <sup>(1)</sup> FR151G-7G RGP15A-M							50-1000 50-1000 50-1000 50-1000	150-500 150-500 150-500 150-500
2A				FR201-7 SFR201-7 FR201G-7G RGP20A-M BY296-9							50-1000 50-1000 50-1000 50-1000 100-800	150-500 150-500 150-500 150-500 250
3A				FR301-7 SFR301-7 <sup>(1)</sup> FR301G-7G RGP30A-M BY396-9 MR850-8							50-1000 50-1000 50-1000 50-1000 100-800 50-800	150-500 150-500 150-500 150-500 250 100-150
6A						FR601-7 SFR601-7 <sup>(1)</sup> FR601G-7G					50-1000 50-1000 50-1000	150-500 150-500 150-500
8A							FRA801G-7G		FRAF801G-7G		50-1000	150-500
10A							FRA1001G-7G	FR1001G-7G	FRAF1001G-7G	FRF1001G-7G	50-1000	150-500
16A							FRA1601G-7G	FR1601G-7G	FRAF1601G-7G	FRF1601G-7G	50-1000	150-500

SILASTIC PASSIVATION  
GLASS PASSIVATION  
SUPERDIODE GLASS PASSIVATION  
(1) Soft recovery series

# HIGH EFFICIENT RECTIFIERS

$t_{rr} = 50\text{ ns to } 80\text{ ns}$



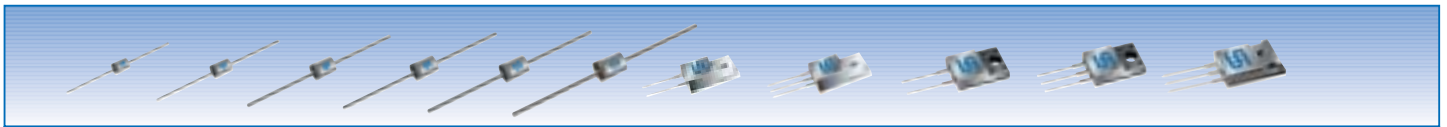
IF (A)	TS-1	A-405	D0-41	D0-15	D0-201AD	R-6	TO-220AC	TO-220AB (dual)	ITO-220AC	ITO-220AB (dual)	TO-3P/ TO-247AD	Voltage Range $V_{BR}$ (V)	$t_{rr}$ (ns)
1A	HT11-8 HT11G-8G	HER101S-8S HER101SG-8SG	HER101-8 HER101G-8G	MUR160 MUR190 UF1A-M UF4001-7 EGP10A-K								600 900 50-1000 50-1000 50-1000 50-1000 50-800	50 50 50-75 50-75 50-75 50-75 50-75
1.5A				HER151-8 HER151G-8G								50-1000 50-1000	50-75 50-75
2A				HER201-8 HER201G-8G EGP20A-K								50-1000 50-1000 50-800	50-75 50-75 50-75
3A				HER301-8 HER301G-8G EGP30A-K								50-1000 50-1000 50-800	50-75 50-75 50-75
4A				MUR440-60								400-600	50
6A						HER601-8 HER601G-8G						50-1000 50-1000	50-75 50-75
8A							HERA801G-8G		HERAF801G-8G			50-1000	50-80
10A								HER1001G-8G		HERF1001G-8G		50-1000	50-80
16A								MUR1620CT-60CT				200-600	50
30A							HERA1601G-8G	HER1601G-8G	HERAF1601G-8G	HERF1601G-8G	HER1601PT-8PT	50-1000	50-80
											HER3001PT-8PT	50-1000	50-80

SILASTIC PASSIVATION  
GLASS PASSIVATION  
SUPERDIODE GLASS PASSIVATION  
NEW PRODUCTS



# SUPER FAST RECTIFIERS

$t_{rr} = 15 \text{ ns to } 35 \text{ ns}$



IF (A)	TS-1	A-405	D0-41	D0-15	D0-201AD	R-6	TO-220AC	TO-220AB (dual)	ITO-220AC	ITO-220AB (dual)	TO-3P/TO-247AD	Voltage Range $V_{BR}$ (V)	$t_{rr}$ (ns)
1A	SFT11-8	SF11S-8S	UG1A-D SF11-8									50-200	15
	SFT1G1-8G	SF11SG-8SG	SF11G-8G									50-600	35
			TBYV26C									50-600	35
												600	30
2A				UG2D SF21-8								200	15
				SF21G-8G								50-600	35
												50-600	35
3A					SF31-8							50-600	35
					SF31G-8G							50-600	35
4A												200	20
												50-200	35
5A									SFAF504G			200	35
										SFF501G-8G		50-600	35
6A					SF61-8							50-600	35
					SF61G-8G							50-600	35
8A							SFA801G-8G		SFAF801G-8G			50-600	35
10A								SF1004G-Q1				200	25
								SF1001G-8G		SFF1001G-8G		50-600	35
16A							SFA1601G-8G	SF1601G-8G	SFAF1601G-8G	SFF1601G-8G	SF1601PT-8PT	50-600	35
20A											SF2004PT-05PT	200-350	35
30A											SF3001PT-8PT	50-600	35

SILASTIC PASSIVATION  
GLASS PASSIVATION  
UNDER DEVELOPMENT  
NEW PRODUCTS

# LEADED SCHOTTKY RECTIFIERS



IF (A)	TS-1	D0-41	D0-15	D0-201AD	TO-220AC	TO-220AB (dual)	ITO-220AC	ITO-220AB (dual)	TO-3P/TO-247AD (dual)	Voltage Range $V_{BR}$ (V)
0.5A		SR002-6								20-60
1A	SRT12-10	SR102-10								20-100
		1N5817-19								20-40
2A			SR202-10							20-100
3A				SR302-10						20-100
5A							MBR545			45
					SR502-10					20-100
					SR520					200
7.5A						MBR735-100	MBRF735-100			35-100
8A				SR802-10						20-100
					SRA820-60		SRAF820-60			20-60
					SRA8200					200
10A								MBRF10100CT		100
					MBR1035-100		MBRF1035-100			35-100
					SRA1020-60	SR1020-60	SRAF1020-60	SRF10100		100
								SRF1020-60		20-60
15A						MBR1535CT-100CT		MBRF1535CT-100CT		35-100
16A						MBR1635-100	MBRF1635-100			35-100
					SRA1620-60	SR1620-60	SRAF1620-60	SRF1620-60	SR1620PT-60PT	20-60
20A						MBR2035CT-100CT		MBRF2035CT-100CT		35-100
						MBR20200CT				200
						SR2020-60		SRF2020-60	SR2020PT-60PT	20-60
30A						MBR2535CT-60CT		MBRF2535CT-60CT		35-60
									MBR3035PT-60PT	35-60
								SR3020PT-60PT	20-60	
40A									MBR4035PT-60PT	35-60
									SR4020PT-60PT	35-60
60A									MBR6060PT	60

NEW PRODUCTS  
UNDER DEVELOPMENT





# BRIDGES



IF (A)	RB-15 (low profile)	WOB	KBP	GBL	DB & DBL (low profile)	SB-3	MB	DBS	DBLS (low profile)	Voltage Range $V_{BR}$ (V)
0.5A/0.8A							MBS2-12 RMB2S-6S <sup>(1)</sup>			200-1200 200-1000
1A	1W005-10 1W005G-10G	1W005M-10M 1W005GM-10GM			DB101-7G DBL101-7G HDB101-7G <sup>(2)</sup>			DBS101-7G HDBS101-7G <sup>(1)</sup>	DBLS101-7G	50-1000 50-1000 50-1000 50-1000 50-1000 50-1000 50-1000
1.5A	W005-10 W005G-10G	W005M-10M W005GM-10GM		D2SB05-80 D2SBA05-80	DB151G-7G DBL151G-9G			DBS151G-7G	DBLS151G-9G	50-800 50-800 50-1000 50-1000 50-1000 50-1000 50-1400
2A		2W005M-10M 2W005GM-10GM								50-1000 50-1000 50-1000
3A							SB305-100 SB305G-100G			50-1000 50-1000

(1) Fast recovery 150ns  
(2) High efficient recovery 50-75ns

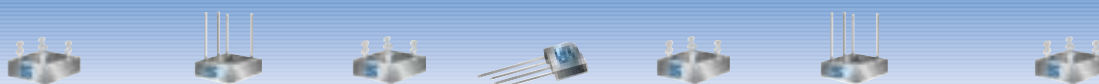
SILASTIC PASSIVATION  
GLASS PASSIVATION  
NEW PRODUCTS



IF (A)	KBL	KBU	GBU	GBL	TS-4B	TS-6P	SB-6	SBT-6	SB-10	Voltage Range $V_{BR}$ (V)
4A	KBL401-7 KBL401G-7G	KBU401-7 KBU401G-7G	GBU401-7	GBL005-1000 GBLA005-1000	TS4B01G-7G TSS4B01G-3G <sup>(3)</sup>					50-1000 50-1000 50-200
6A		KBU601-7 KBU601G-7G	GBU601-7		TS6B01G-7G	TS6P01G-7G	SB601-7 SB601G-7G	SBT601-7 SBT601G-7G		50-1000 50-1000
8A		KBU801-7 KBU801G-7G	GBU801-7		TS8P01G-7G				SB801-7 SB801G-7G	50-1000 50-1000
10A		KBU1001-7 KBU1001G-7G			TS10P01G-7G				SB101-7 SB101G-7G	50-1000 50-1000

(3) Super fast recovery 35ns

SILASTIC PASSIVATION  
GLASS PASSIVATION  
NEW PRODUCTS



IF (A)	SB35	SB35-W	SB35-M	TS-6P	GBPC	GBPC-W	GBPC40	GBPC40-M	Voltage Range $V_{BR}$ (V)
15A	SB1505-10 SB1505G-10G	SB1505W-10W SB1505GW-10GW	SB1505M-10M SB1505GM-10GM	TS15P01G-7G	GBPC15005-10	GBPC15005W-10W		GBPC15005M-10M	50-1000 50-1000
20A				TS20P01G-7G					50-1000
25A	SB2505-10 SB2505G-10G	SB2505W-10W SB2505GW-10GW	SB2505M-10M SB2505GM-10GM	TS25P01G-7G	GBPC25005-10	GBPC25005W-10W		GBPC25005M-10M	50-1000 50-1000
35A	SB3505-10 SB3505G-10G	SB3505W-10W SB3505GW-10GW	SB3505M-10M SB3505GM-10GM		GBPC35005-10	GBPC35005W-10W		GBPC35005M-10M	50-1000 50-1000
40A							GBPC40005-10	GBPC40005M-10M	50-1000
50A							GBPC50005-10	GBPC50005M-10M	50-1000

SILASTIC PASSIVATION  
GLASS PASSIVATION

## 技术文章

### MOSFET 的开关速度将决定未来 POL 电源的性能

Carl Blake, 国际整流器公司

一个采用 DirectFET MOSFET 并基于四相同步整流器的 VRM 能够于高达 2MHz/相位下工作，并提供 120A 电流，且满足负载点电源的瞬态响应要求。

与十年之前以单元密度和导通电阻作为器件设计的主要考虑因素相比，功率 MOSFET 技术在发展方向上正经历着一场重大的变革。如今，并在可以预见的未来，开关速度正在逐步成为负载点（POL）电源应用的决定性因素。对于工作电压为 1V 或以下且对时钟速度和电流需求更高的下一代微处理器而言，开关速度是满足其供电要求的关键因素。电源的性能将取决于功率 MOSFET 能否进行高效开关操作并提供所需的瞬态响应。自 1999 年至今，瞬态响应要求已经从 20A/ $\mu$ s 提高至 325A/ $\mu$ s 左右，预计将于 2004 年达到 400A/ $\mu$ s。

为了对上述的电源要求有所了解，我们先来看一下以往的转换器设计。一直以来，用于给微处理器供电的 POL DC-DC 转换器也包括单相标准或同步降压型转换器。直到不久以前，这些类型的转换器仍然能够满足需要，因为微处理器的工作电流一般都维持在 30A 以下。然而，当今处理器的工作电流已经突破了 30A，而且，电流需求仍在继续呈指数性增长。在这种情形下，单相降压转换器已不再能够对现今的处理器进行高效供电，原因是：

- 它们需要采用较高的电感值来最大限度地减小输出纹波电流。
- 增大电感值以减小纹波电流会使瞬态响应速度有所减缓。

- 集中式功率耗散要求采用散热器以进行适当的冷却。
- 通过 MOSFET 并联的方法来处理更高的电流，需要克服一些设计上的障碍，比如电流共享、提供足够驱动电流以及更高的封装寄生效应。

多相功率变换中的同步整流器采用了可在 1~2MHz 频率范围内进行高效开关操作的合适 MOSFET，能够减小滤波电感器和电容器的数值，并使得 POL 电源能够满足瞬态响应要求。为了获得合适的结果，必须对 MOSFET 的特性进行优化。优化处理的对象涉及多个对同步整流器的速度和性能有所影响的 MOSFET 因素：

- 栅-漏极电荷 ( $Q_{gd}$ )
- 栅-源极电荷 ( $Q_{gs}$ )
- 导通电阻 ( $R_{DS(ON)}$ )
- Cdv/dt 抗干扰
- 封装寄生效应
- 热阻

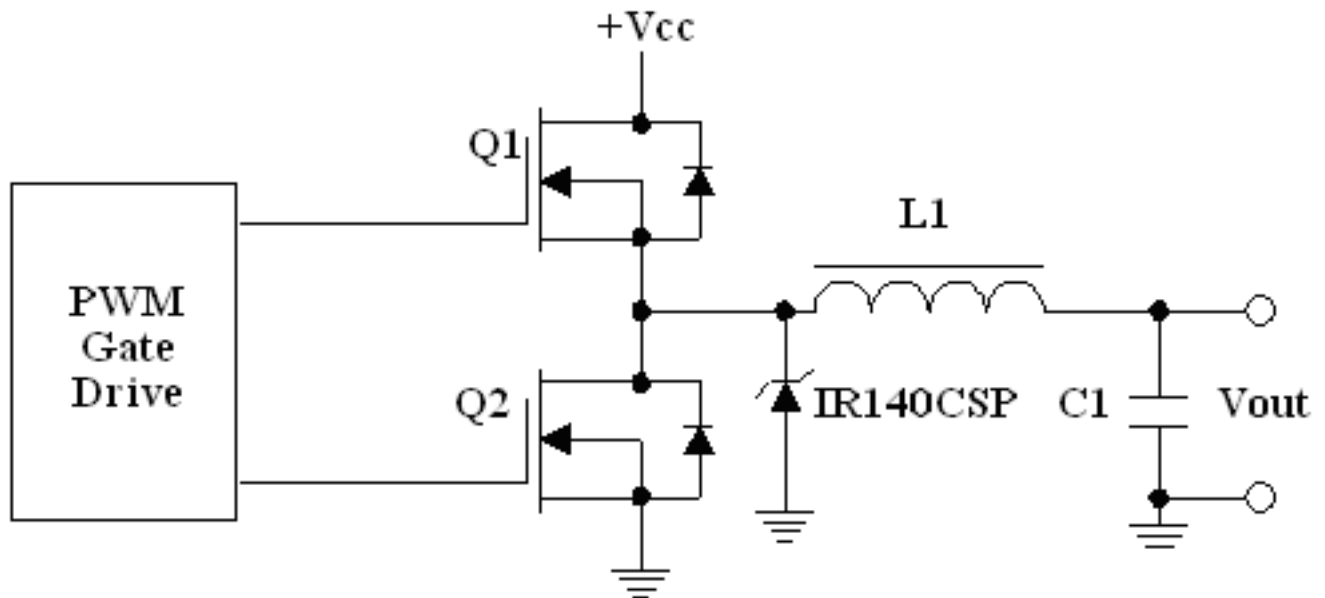
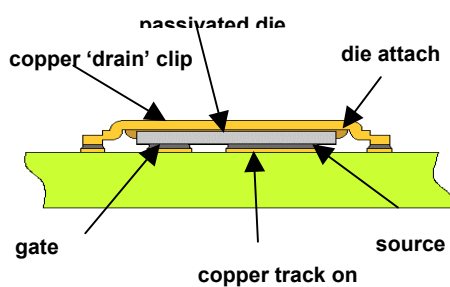


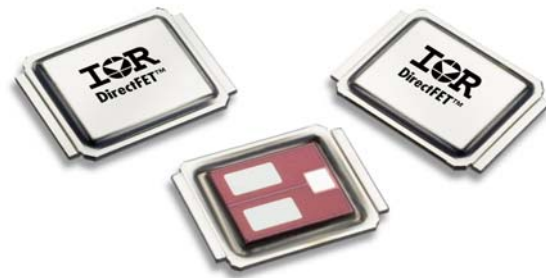
图 1 典型的同步整流器

图 1 示出了由一个高侧 MOSFET (Q1) 和低侧 MOSFET (Q2) 组成的典型同步整流器，为了实现最佳的同步整流器设计，这两个 MOSFET 需要具备不同的特性。一般来说，您可以通过搜寻一个具有最低  $Q_{\text{switch}} \times R_{\text{DS(ON)}}$  性能因数的器件来选择最佳的 Q1 MOSFET。 $Q_{\text{switch}}$  被定义为栅-源极电荷的后栅极极限部分与栅-漏极电荷之和 ( $Q_{\text{gs2}} + Q_{\text{gd}}$ )。相比之下，最佳的 Q2 MOSFET 必须拥有非常低的  $R_{\text{DS(ON)}}$  以及良好的  $\text{Cdv/dt}$  抗干扰。由于 Q2 的漏极与转换器的开关节点相连，因此，它承受着地电位与  $V_{\text{in}}$  之间的瞬变电压。随着 Q1 的导通和关断，漏极电压会以  $\text{dV/dt}$  的速率进行变化，该变化将被容性耦合至 Q2 的栅极，并能够引起一个足以使 MOSFET 导通的电压尖峰，从而产生击穿电流。因此，必须最大限度地减小  $Q_{\text{gd}}/Q_{\text{gs1}}$  (栅-漏极电荷/极限前栅-源极电荷) 之比率以降低  $\text{Cdv/dt}$  导通电位。

为了实现优化的高频开关操作，必须将封装寄生效应降至一个绝对最小值。为此，MOSFET 制造商推出了新型表面贴装型封装。其中之一是 DirectFET™ MOSFET，其独特的结构改善了封装寄生效应以及热解决方案，并减小占位面积和布局寄生效应。



横截面



钝化处理芯片的底端

图 2 DirectFET 封装

DirectFET 封装（图 2）在减轻封装寄生效应和提高散热性能方面取得了突破性进展，从而大大提升了器件的效率及电流传输能力。

DirectFET 的硅芯片封装在一个铜外壳中。封装的底部由一个特殊设计的芯片所组成，源极和栅极接触衬垫可以直接焊接到 PC 板上。硅芯片上的一个专有钝化系统将栅极和源极衬垫隔离以防止发生短路，并在器件安装于电路板之上时起一个焊接掩膜的作用。钝化层还能够保护端接点和栅极构造免受湿气和其他污染影响。一个铜“外壳”从芯片的另一面形成漏极连接至电路板。该设计省去了引线框架和金属线接点，并在占位面积与 SO-8 封装相同的 DirectFET 封装中将无芯片式封装电阻（DFPR）降至  $0.1\text{m}\Omega$ ，而标准 SO-8 封装则为  $1.5\text{m}\Omega$ 。

高速开关操作会影响器件的功率耗散，因此，热阻特性也必须有所改善。

DirectFET 具有大面积的接点以及铜外壳，比 SOIC 塑模封装显著改善散热性能。

DirectFET 将结点至 PC 板的热阻减小至  $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，而标准 SO-8 封装则达  $20^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。铜外壳还提供了散热面，从而将顶部结点至外壳热阻降至  $3^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，相比之下，标准 SO-8 封装则高达  $18^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

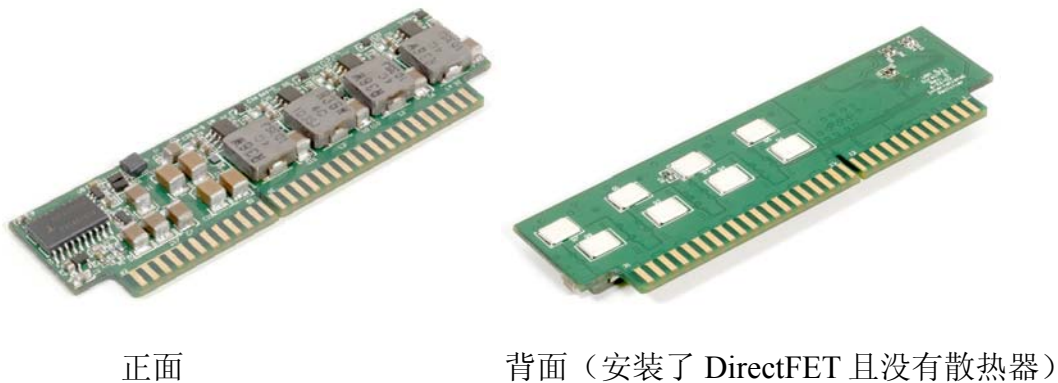
利用散热器和冷却气流，DirectFET 封装能够将更多的热量从封装的顶部排出，与 SO-8 解决方案相比，最多可将结温降低  $50^{\circ}\text{C}$ 。有效的顶端冷却意味着能够使散发的热量离开电路板，从而增大了器件所能安全传输的电流量。

### DirectFET VRM 设计

为了演示此项新型封装工艺在 VRM 设计中所带来的好处，我们利用 DirectFET MOSFET 设计了一个高电流四相 VRM。6 层电路板的每一层采用了 4 盎司铜箔。其四相控制器和驱动器的工作速度可高达  $2\text{MHz}/\text{相位}$ 。为减小外形尺寸，该设计的输入和输出滤波器均采用了陶瓷电容器，电感器则采用了一个  $400\text{nH}$  的高电流、小占位面积线圈 ( $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ )。

该转换器将很薄的 DirectFET MOSFET 安装于电路板的背部，并在它们的上方安装散热器，这种结构符合 VRM 9.1 外形规范。另外采用电绝缘的导热环氧树脂将  $3.75\text{英寸}\times 0.75\text{英寸}$  的铝制叶片式散热器安装于 DirectFET 的上方。

每相使用了一个高侧 (Q1, IRF6604) 和一个低侧 (Q2, IRF6607) DirectFET。两个不同的 MOSFET (其特性列于表 1) 优化了同步整流器的性能。为了提升效率，器件采用了一个与低侧 MOSFET 并联的芯片式封装肖特基二极管 (IR140CSP)。DirectFET 封装的低电感，再加上使用芯片式封装肖特基二极管，能够大大减小了环路电感，并降低了 MOSFET 死区期间的体二极管损耗。在室温以及空气流量为  $600\text{LFM}$  的条件下，该设计能够在占位面积为  $3.8\text{英寸}\times 1.1\text{英寸}$  时对  $120\text{A}$  ( $30\text{A}/\text{相位}$ ) 的电流进行高效处理 (图 3)。



正面

背面（安装了 DirectFET 且没有散热器）

图 3 采用 DirectFET 的四相 VRM 板

由于两个器件均具有高电流处理能力（ $I_D$ ），因而不再需要并联。

表 1: DirectFET 技术规格

器件型号	$R_{DS(on)}$ m $\Omega$ @10V <sub>GS</sub>	$Q_G$ (nC)	$Q_{GD}$ (nC)	$Q_{GS}$ (nC)	$I_D$ (A)
IRF6607	2.5	50	16	17	94
IRF6604	9	17	6.3	5.1	49

注：表中所有参数均为典型值， $T_{CASE}=25^\circ\text{C}$

我们在室温环境中对采用 600LFM 的空气流量以及在 500kHz 频率下工作的模块进行了内电路效率测量。如图 4 所示，模块在 120A 的满载条件下实现了 82% 的效率。根据工作频率来优化栅极驱动电压是很重要的。

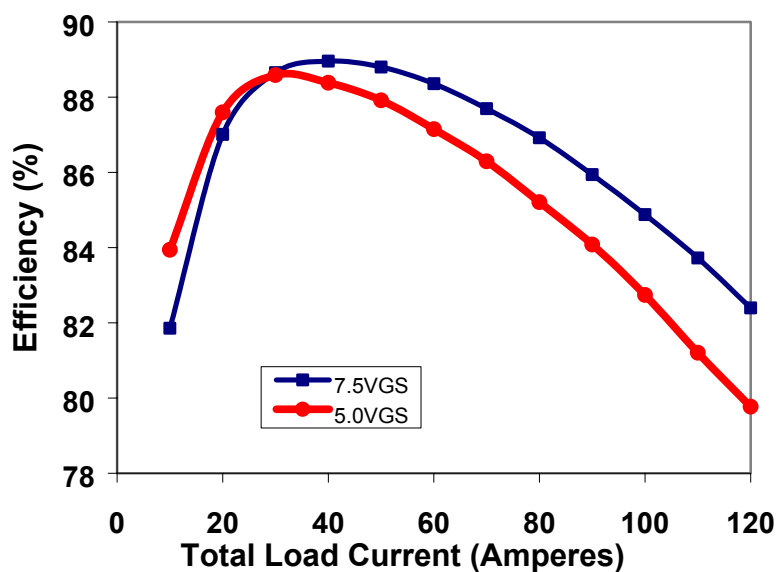


图 4 模块在 120A 的满载条件下实现了 82% 的效率

由图 4 可见，当负载电流较高时，于 500kHz 工作的 7.5V<sub>GS</sub> 栅极驱动电压能够提供比 5V<sub>GS</sub> 栅极驱动电压更高的效率。

为了测试电路板在工作速度为 2MHz/相位时的性能，电路板只提供了 VRM 的两个相位。图 5 示出了两相 VRM 板。



图 5 两相 1U VRM 设计，散热器安装于电路板的下侧



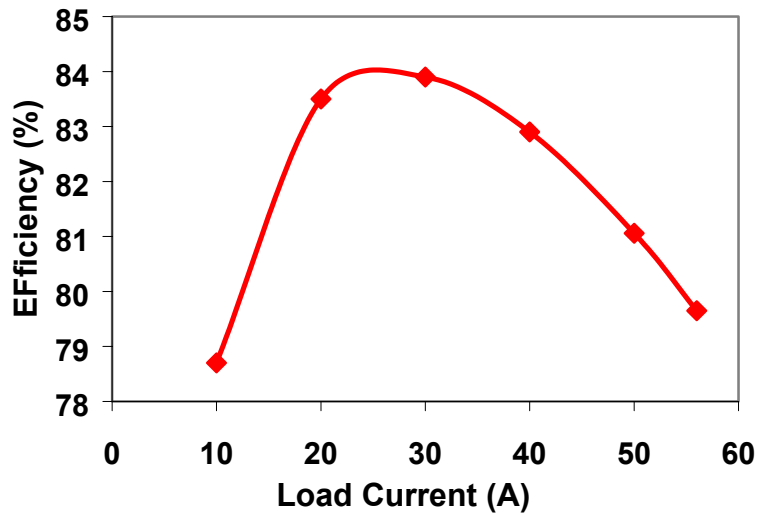


图 6 采用 DirectFET 的两相 VRM 的风洞效率测量

图 6 给出了当环境温度为 35°C、空气流量为 400LFM 时在风洞中测得的两相 VRM 板的效率曲线图。由图可见，VRM 在负载电流高达 25A/相位的情况下获得了 80%以上的效率。

### 效率比较

为了比较 DirectFET MOSFET 与 SO-8 两者在性能上的差异，特意制作了两个相同的 VRM，一个采用 SO-8 封装，另一个采用 DirectFET。两组器件所采用的硅片技术以及有效面积几乎保持相同。两个包含 SO-8 和 DirectFET 器件的电路均采用安装于电路板下侧的散热器来进行冷却。在效率数据的记录过程中，两个电路中均有一个 400LFM 的气流射向散热器。

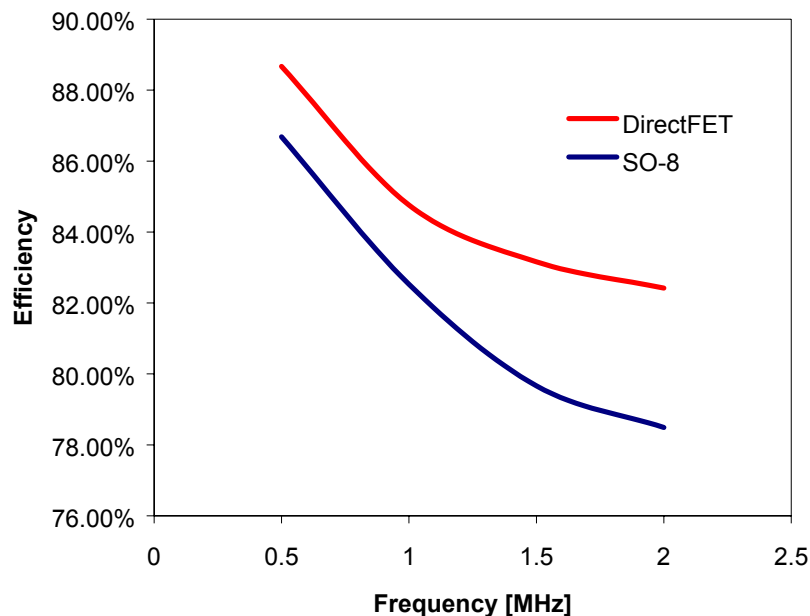


图 7 工作于两相 VRM 电路中的 DirectFET 和 SO-8 器件的效率与频率的关系曲线

图 7 示出了工作于两相 VRM 电路中的 DirectFET 和 SO-8 器件的效率与频率的关系曲线。两者的效率测量都是在 20A/相位的负载电流条件下进行。在整个频谱范围内，采用 DirectFET 的 VRM 电路表现出高于采用 SO-8 的 VRM 电路的效率水平。两种电路的效率差异还会随着频率的升高而增大。该结果反映出 DirectFET 器件的封装寄生损耗较 SO-8 器件低。DirectFET 封装器件还能够在更高的负载电流条件下工作。例如，在 1MHz 条件下，DirectFET VRM 电路能够对高达 30A/相位的负载电流进行开关操作，并同时保持电路板的温度维持在 100°C 以下。而在相同的工作条件下，SO-8 器件则只能对 20A/相位左右的负载电流进行开关操作。DirectFET VRM 电路较高的电流处理能力可归功于结合了更低的封装寄生效应以及更高的热性能。

图 8 和图 9 示出了封装寄生效应对 SO-8 MOSFET 和 DirectFET VRM 的开关性能的影响。

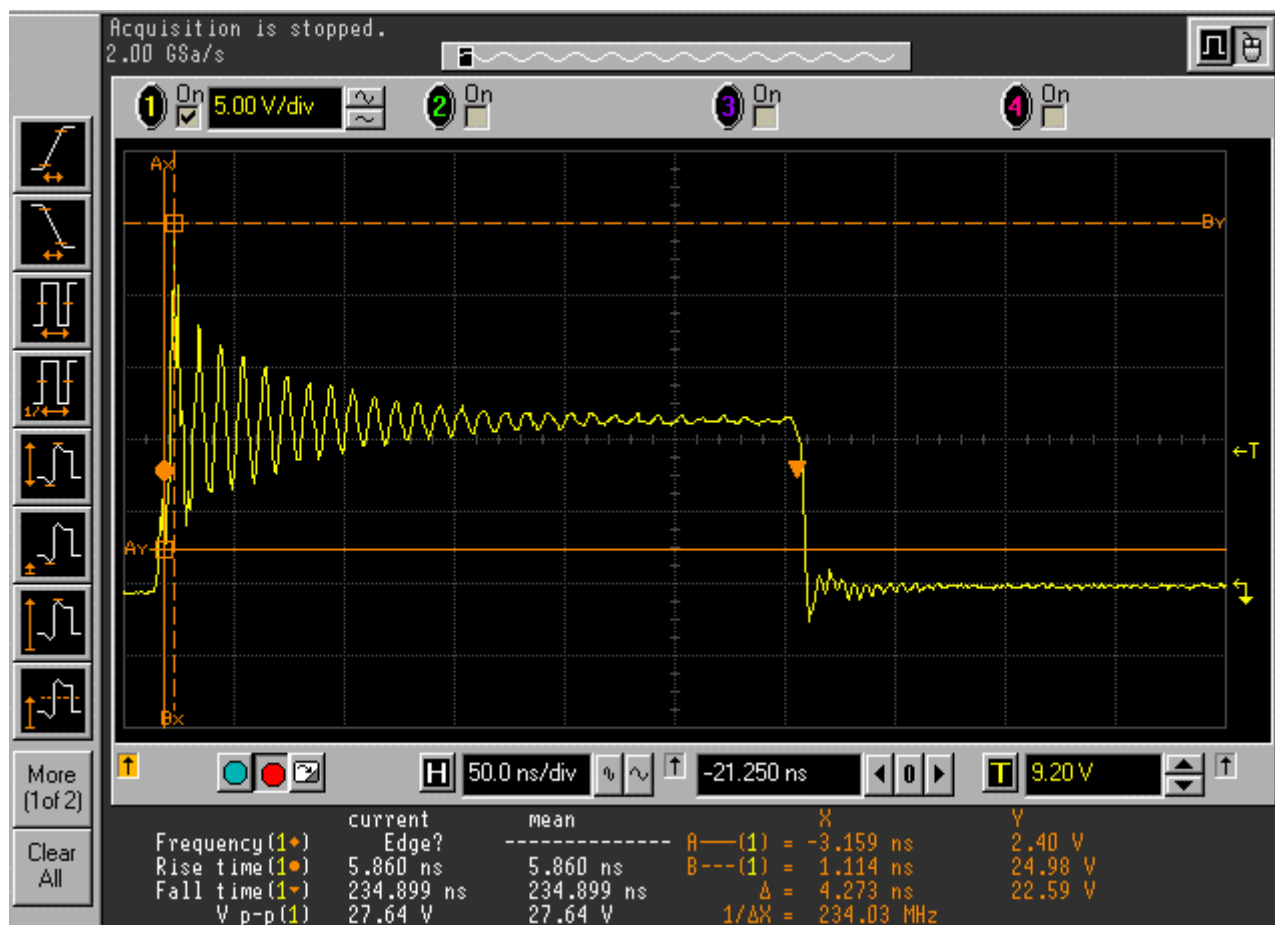


图 8 SO-8 封装器件的内电路 Vds 开关波形

图 8 示出的是 SO-8 器件对 30A 电流进行开关操作时的波形，

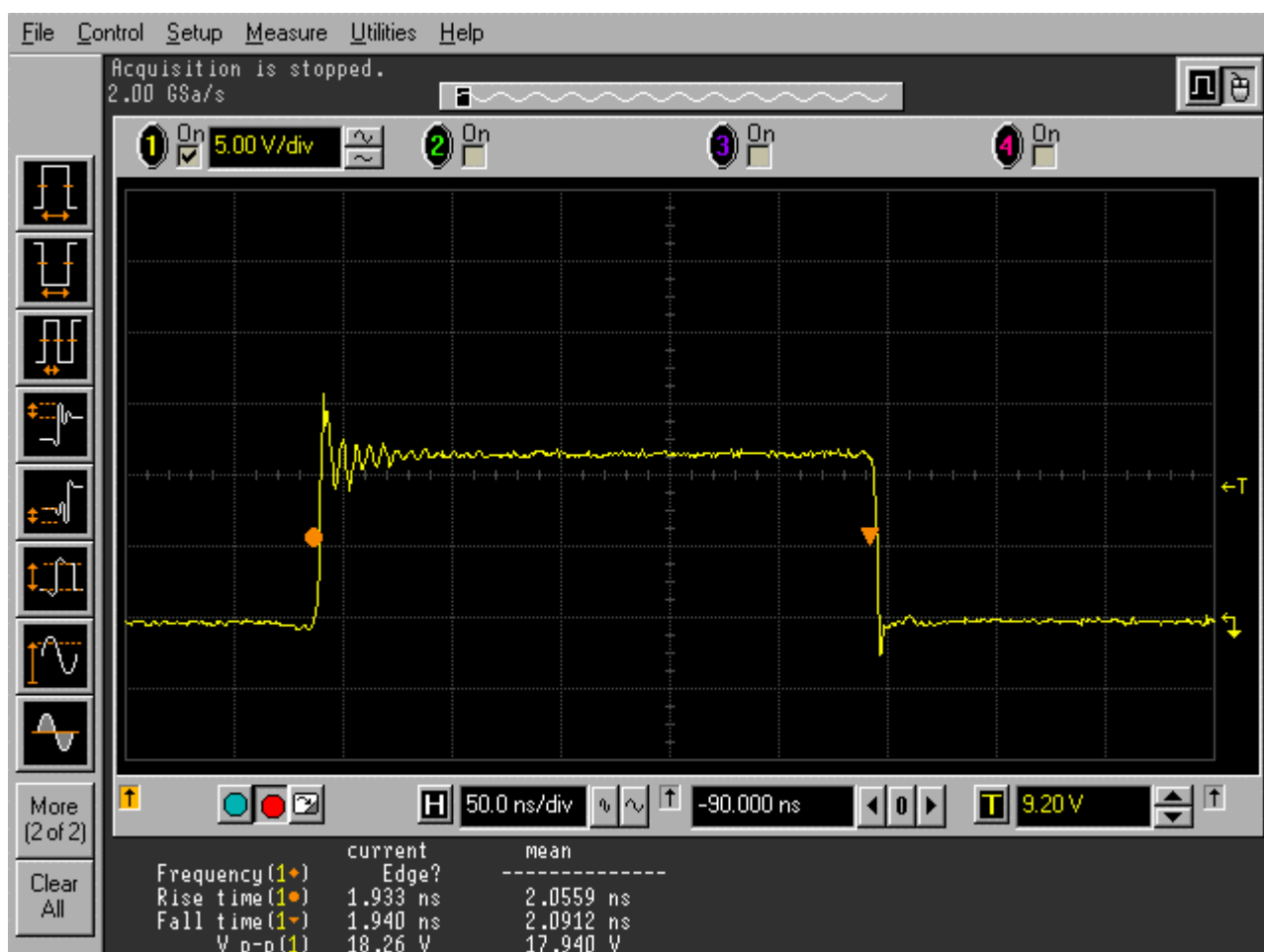


图 9 DirectFET 封装器件的内电路 Vds 开关波形

图 9 示出的是 DirectFET™ 器件对 30A 电流进行开关操作时的波形。

通过比较图 8 和图 9 的波形，我们可以得出结论：相比 SO-8 器件而言，DirectFET 器件在电路中产生的峰值振铃电压要小得多。由于这两种封装中的硅片具有相同的有效面积并采用了相同的技术，故可见产生差异的原因在于封装的寄生效应。SO-8 器件振铃电压较高的原因是其引线电感较高造成的。