

盛元灯用三极管应用指南

(2008 修订稿-1)

2008-9-1

本应用指南的适用范围是目前国内大量使用的半桥电路。

鉴于用户使用的线路及产品档次、使用习惯有很大的不同，本应用指南以通用性技术问题为主要内容。

一、 盛元灯用三极管的四个系列：

1、通用常压系列产品(13000 系列)

产品型号	封装形式	芯片尺寸 (mm*mm)	脚位排 列	Ic(A)	Pc(W) Tc=25	Bvceo(V)
EB13001S	T0-92	0.65*0.65	BCE	0.18	5	400
EB13001	T0-92	0.83*0.83	ECB	0.3	7	400
EB6822	T0-92	1.00*1.00	ECB	0.4	8	400
EB102	T0-92	1.00*1.00	BCE	0.4	8	400
EB102H	T0-92	1.18*1.18	BCE	0.8	10	400
EB202	T0-92	1.30*1.30	BCE	1.0	12	400
EB203	T0-92	1.42*1.42	BCE	1.2	13	400
EB13003C	T0-126	1.18*1.18	BCE	0.8	15	400
EB13003K	T0-126	1.30*1.30	BCE	1.0	20	400
EB13003F	T0-126	1.42*1.42	BCE	1.2	25	400
EB13003A	T0-126	1.63*1.63	BCE	1.5	30	400
EB13003B	T0-126	1.73*1.73	BCE	2.0	35	400
EB13003BM	T0-126	1.80*1.80	BCE	2.0	40	400
EB13003E	T0-220	1.42*1.42	BCE	1.2	35	400
EB13003S	T0-220	1.63*1.63	BCE	1.5	40	400
EB13003	T0-220	1.73*1.73	BCE	2.0	45	400
EB13003M	T0-220	1.80*1.80	BCE	2.0	50	400
EB13005S	T0-220	1.80*1.80	BCE	2.0	50	400
EB13005H	T0-220	2.25*2.25	BCE	3.0	60	400
EB13005	T0-220	2.52*2.52	BCE	5.0	75	400
EB13007S	T0-220	2.52*2.52	BCE	5.0	75	400
EB13007	T0-220	3.32*3.38	BCE	8.0	85	400
EB13009	T0-220	4.05*4.08	BCE	12.0	100	400
E3150	T0-220	1.82*1.82	BCE	1.5	\	600

E3150M	T0-220	2.40*2.40	BCE	1.0	\	800
B772	T0-126	1.06*1.06	ECB	3.0	10	30
D882	T0-126	1.06*1.06	ECB	3.0	10	30

MJE13000 系列是 Motorola 早期的产品型号，原来不是为节能灯、电子镇流器设计生产的（当时世界上还没有专门的灯用三极管），我们推出通用常压系列产品是专门为节能灯、电子镇流器设计生产的，对 MJE13000 系列进行了专门的改进，为了照顾到市场对产品型号的使用习惯，部分仍然沿用了 MJE13000 的代号习惯。

这是专门为节能灯、电子镇流器设计生产的灯用三极管系列产品，具有优良的开关特性，在保证电压指标够用的同时，对用户最有使用价值的电流特性，给予了充分的保证。

2、110V 出口灯用 L 系列产品

产品型号	封装形式	芯片尺寸 (mm*mm)	脚位排列	I _c (A)	P _c (W) T _c =25	B _v ceo(V)
EB102L	T0-92	1.18*1.18	BCE	1.2	10	200
EB202L	T0-92	1.30*1.30	BCE	1.5	12	200
EB203L	T0-92	1.42*1.42	BCE	1.8	13	200
EB13003KL	T0-126	1.30*1.30	BCE	1.5	20	200
EB13003FL	T0-126	1.42*1.42	BCE	1.8	25	200
BJT100S	T0-126	1.63*1.63	BCE	2.5	30	200
BJT100	T0-126	1.80*1.80	BCE	3.5	40	200
EB13003L	T0-220	1.80*1.80	BCE	3.5	50	200
EB13005L	T0-220	2.52*2.52	BCE	8.0	75	200

国内原来的灯用三极管的 BV_{CEO} 标准都是 400V，同样功率的灯，当不采用倍压整流时，三极管的电流规格必须加倍，这就要提高成本；而采用倍压整流时，要用两个电解电容，因为电解电容的可靠性低，越来越多的 110V 出口灯产品不再采用倍压整流。110V 出口灯用 L 系列，可以用原来 220V 灯同样的三极管成本，提供加倍的电流。

3、DL 系列产品(低压抗饱和系列)

产品型号	封装形式	芯片尺寸 (mm*mm)	脚位排列	I _c (A)	P _c (W) T _c =25	B _v ceo(V)
EB102DL	T0-92	1.20*1.20	BCE	1.5	11	200
EB203DL	T0-92	1.40*1.40	BCE	2.0	12	200
EB204DL	T0-92	1.50*1.50	BCE	3.0	15	200
EB13003FDL	T0-126	1.40*1.40	BCE	2.0	20	200
BJT100SD	T0-126	1.50*1.50	BCE	3.0	25	200

BJT100D	T0-126	1.80*1.80	BCE	4.5	40	200
BJT200D	T0-126	2.00*2.00	BCE	6.0	50	200
EB13003DL	T0-220	1.80*1.80	BCE	4.5	50	200
EB13005HDL	T0-220	1.90*1.90	BCE	6.0	65	200
EB13005DL	T0-220	2.20*2.20	BCE	7.0	70	200
EB13005BDL	T0-220	2.60*2.60	BCE	8.0	75	200
EB13007DL	T0-220	3.00*3.00	BCE	12.0	80	200
EB13009DL	T0-220	3.50*3.50	BCE	20.0	100	200

4、D 系列产品(抗饱和系列)

产品型号	封装形式	芯片尺寸 (mm*mm)	脚位排列	I _c (A)	P _c (W) T _c =25	B _v ce _o (V)
EB202D	T0-92	1.30*1.30	BCE	1.0	12	400
EB203D	T0-92	1.42*1.42	BCE	1.2	13	400
EB13003KD	T0-126	1.30*1.30	BCE	1.0	20	400
EB13003FD	T0-126	1.42*1.42	BCE	1.2	25	400
EB13003AD	T0-126	1.60*1.60	BCE	1.5	30	400
EB13003BD	T0-126	1.80*1.80	BCE	2.0	40	400
EB13003D	T0-220	1.80*1.80	BCE	2.0	50	400
EB13005HD	T0-220	2.20*2.20	BCE	3.0	60	400
EB13005B	T0-220	2.60*2.60	BCE	5.0	75	400
EB13007D	T0-220	3.30*3.30	BCE	8.0	80	400
EB13007AD	T0-220	3.70*3.70	BCE	8.0	90	400
EB13009D	T0-220	4.05*4.08	BCE	12.0	100	400

抗过驱动带 D 系列产品带有有源抗饱和网络。当 NPN 管临界饱和导通以后，能将过多的基极驱动电流分流，使 NPN 晶体管不会出现深饱和。这样，NPN 管选用大的 hFE 值，外电路元件的不一致性带来的过驱动，导致的过饱和现象得到自动抑止，改善了开关特性，提高了大批量生产时的工艺宽容度。采用抗过驱动带 D 系列产品，可以把线路的基极驱动加强，兼顾电子镇流荧光灯在各种复杂工作状态下的可靠性；但是又不会高温时因过驱动烧管。对解决低温时要求驱动很强，以利灯的顺利起辉，高温时不因过驱动烧管也很有效。

特别推荐在采用高频反馈的高功率因数双泵电路、火箭炮（大功率节能灯）等场合采用抗过驱动带 D 系列产品。

对于采用 CE 二极管的电路，由于二极管涨价（每个四-五分钱以上），而国产带 D 系列抗饱和产品的价格原则上是与相同规格普通三极管的价格是一样的，

也就是说，它的内置二极管是免费的；因此，内置二极管已经成为市场选择带 D 系列抗饱和产品 (H2BIP) 的又一个重要因素；

二、三极管适用功率范围的选择原则和用户的具体情况有很大的关系：

可靠性(失效率)是要求 0.1% 以下还是允许 1% 左右；灯的有效寿命 12000 小时还是 3000 小时；出口欧美还是出口要求相对低一点地区；灯管是粗管还是细管，是 T8 还是 T5；灯管回路是否采用 PTC 元件延时启动；是否采用逐流电路或双泵电路提高功率因素；是否有低温工作要求 (-10 以下)；工艺思路：用灯管、磁环讲究，三极管宽松还是三极管余量用得大，灯管、磁环用得粗放等等，都会对三极管规格的选择产生很大影响。经过行业各方面的共同努力，在三极管规格的选择方面，以低成本、高可靠为原则，已经取得了很大的进步。

三、盛元灯用三极管的特点及应用中的优点(产品设计依据)及使用注意事项：

1、电压够用就行了，电流特性、开关参数是主要指标：

对于目前广泛使用的半桥电路，电源电压 $V_{cc}=220V \times \sqrt{2}=310V$ ，当电网电压到 280V 时 $V_{cc}=396V$ ，对于目前节能灯、电子镇流器普遍采用的上、下管轮流导通的线路，电感负载产生的自感电动势是加在导通管上泄放的。

晶体管承受电压的能力有 BV_{ceo} 、 BV_{cbo} 两个指标。值得注意的是，在采用触发管 DB3 的线路中，晶体管 BE 之间有基极电阻、磁环次级绕组连通，它们的直流电阻很小，在这种情况下， BV_{ceo} 这个指标是没有实际意义的，真正有意义的是 BV_{cer} ，此时应接近 BV_{cbo} ，只要加在 CE 两端的实际电压不超过它，晶体管就是安全的，而 BV_{cbo} 值一般都大于 BV_{ceo} 。一个 BV_{ceo} 为 380V 的三极管，用在电子镇流器上，当电网电压上升到 300 伏时，镇流器仍在可靠地工作，就是一个例子。

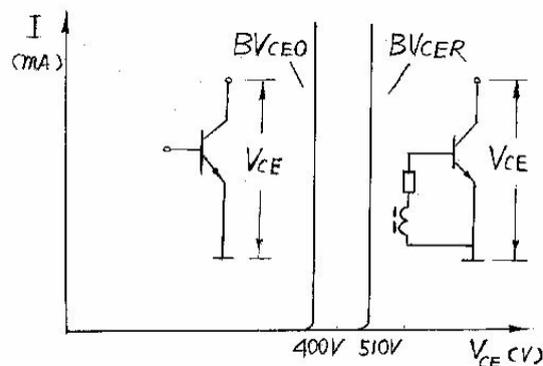


图 1 用图示仪测试 BV_{ceo} 、 BV_{cer}

根据实际试验，对于那种不用触发管、BE 间接有一电解电容的线路，因其 BV_{cev} (基极加了偏置电压的 CE 击穿电压) 的原因，其 BV_{ceo} 仍然有很大余量；即使其 BV_{ceo} 达不到 400V，在 220V 线路中仍然能可靠工作。我们将一个 $BV_{ceo}=270V$ 的三极管，连接在不用触发管、BE 间接有一电解电容的线路中实际使用，在线路状态下连接晶体管图示仪测试其耐压，可达到 380V 以上。

电压的选择， $BV_{CEO}=400V$ 已广泛被人接受， $BV_{CBO}=500V$ 的国产 MJE13001 也已被广泛接受。也就是说，在目前绝大部分电子镇流器线路中，没有必要过高选择三极管电压参数这一理念已被广泛接受。我们还建议用户使用 $BV_{CEO}=380-400V$ 的产品，同样规格的产品电流特性特别好。

2、三极管损坏原因分析之一：

最终损坏是功率击穿，即加在三极管上的电压、电流超过了三极管的功率容限，即安全工作区（SOA）（图 2）。由于三极管的功率容限是随着温度上升而下降的（图 3），为此，为防止三极管的损坏，必须控制三极管的发热（即自身功耗）。

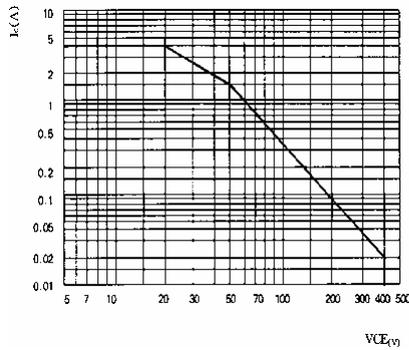


图 2

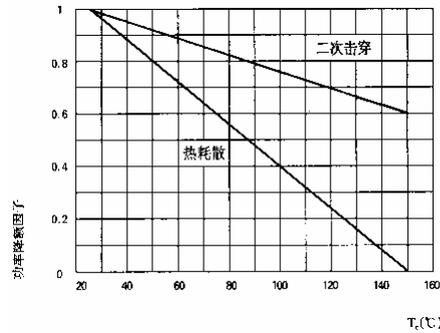


图 3

三极管因耐压不够而击穿损坏的说法已被业内人士抛弃，比较认同的说法是功率击穿，而且是因为三极管发热造成三极管功率耐量降低后的功率击穿是灯用三极管损坏的重要原因。

降低三极管本身的发热损耗是提高三极管使用可靠性的重要措施。

初期曾经听到有人说“40W 的镇流器应选 40W 的功率管”，这显然有误，晶体管在镇流器中的作用是“阀门”而不是“蓄水池”。

在开关工作状态下，在晶体三极管上消耗的发热损耗功率由以下三部分组成：

$$W_{\text{OFF}} = V_{\text{CE}} \times I$$

$$W_{\text{ON}} = V_{\text{CES}} \times I_{\text{C}}$$

$$W_{\text{过渡}} = V_t \times I_t \times t / (\int_0^t V_t I_t dt / t)$$

晶体管截止时，显然 V_{CE} 很大（等于直流电源电压），但是由于晶体管的漏电流非常小，所以这部分功耗是极小的；晶体管导通时， I_{C} 由负载所需电流决定， V_{CES} 是晶体管在负载电流条件下的饱和压降，这部分耗散功率占有一定比例，但变化余地不大；

晶体管由饱和转为截止的过渡时期。这部分的耗散功率所占的比重较大，而且与线路参数的选择及三极管的下降时间 t_f 有很大的关系。

图 4 为三极管的开关损耗波形图，由于三极管 CE 电压有 300V，饱和电压只有 0.1-0.2V，限于现有示波器的测试精度，实际测试的功率曲线（=三极管集电极电流乘以三极管 CE 电压）当线路调试比较理想的时候，基本上是一条直线，看不出开关损耗的明显变化；这里借用了损耗比较严重的一个手机充电器三极管 V_{CE} 、 I_{C} 波形及功率曲线（图 4）。比较直观地显示了以上三部分功率损耗数量的关系。

图 4 中上部的黄色曲线 F1，是三极管功率损耗曲线，它等于三极管集电极电流（红色曲线 2）乘以三极管 CE 电压（蓝色曲线 1）；可以清楚地看到在三极管截止和饱和时是接近于零的直线，过渡时期（左右交叉）有相当数量的功率损耗。

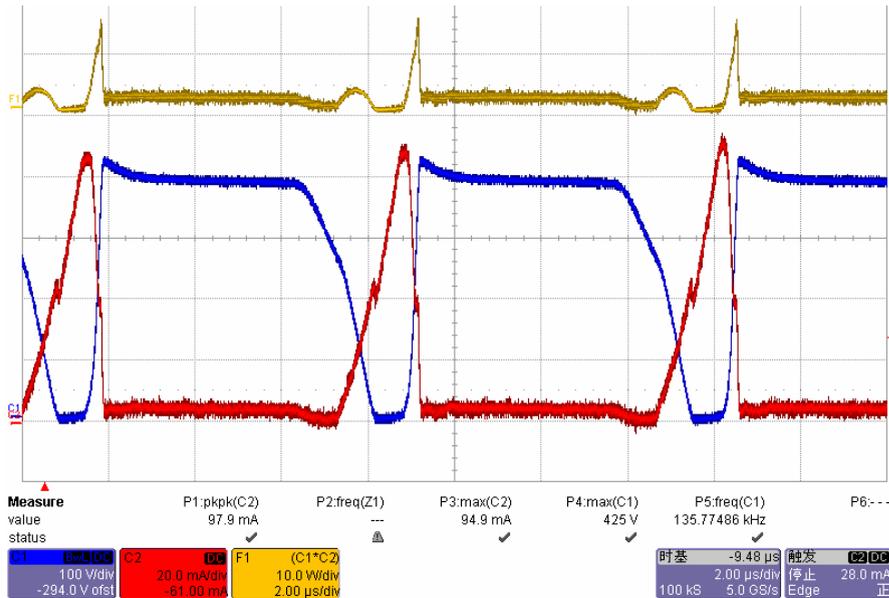


图 4 手机充电器三极管开关损耗波形图

图 5 线路调试不理想的灯用三极管开关损耗波形图：图中上部的绿色曲线 F1，是三极管功率损耗曲线，它等于三极管集电极电流（红色曲线 2）乘以三极管 CE 电压（蓝色曲线 1）；可以清楚地看到在三极管截止和饱和时是接近于零的直线，过渡时期（左右交叉）和毛刺有相当数量的功率损耗。

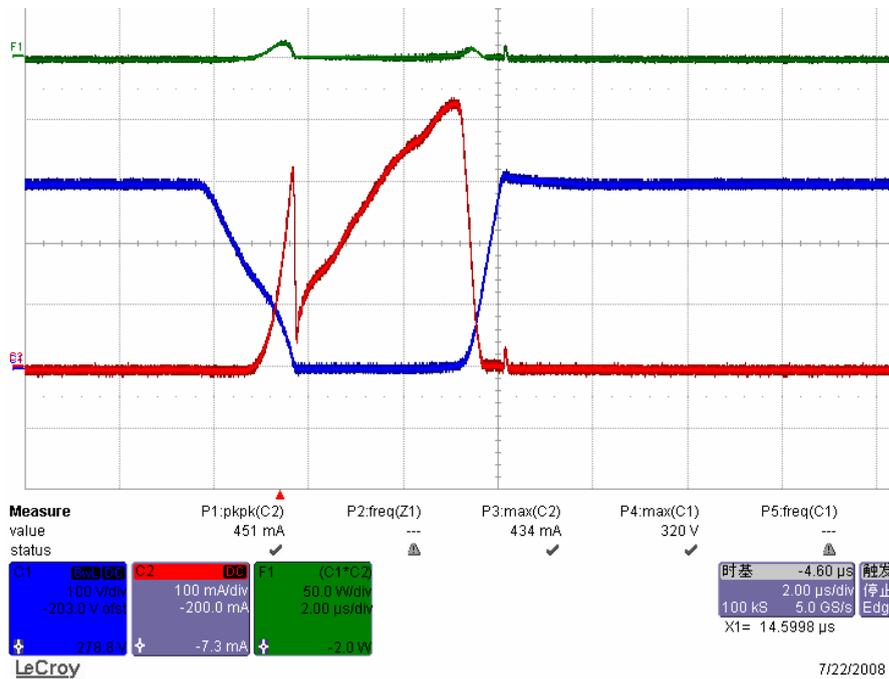


图 5 灯用三极管开关损耗波形图

根据灯用三极管这一使用特点，行业共同对节能灯、电子镇流器用三极管作了针对性的改进，开发出节能灯、电子镇流器专用三极管，大幅度提高了产品性能。国产三极管逐步占据国内电子镇流荧光灯生产行业供货的主导地位。

大电流特性小封装产品(TO-92 封装大芯片产品)：三极管的芯片面积、功率大小和封装大小之间是有一定的科学关系的，但是，在节能灯这个特定的应用场合，由于三极管的功率损耗大多数情况在 mW 级别，大电流特性小封装产品在

不影响使用的前提下，可以较多地降低成本；还有利于缩小节能灯的体积。我们的大电流特性小封装产品已经大量用于国产节能灯，为国产节能灯进一步提高竞争能力做出了贡献。

3、110V 出口灯用 L 系列产品使用注意事项

一般 220V 50W 的卤钨灯（射灯）应该用 MJE13005 作为开关管，电压降为 110V，不采取倍压整流，所用的三极管 I_C 应加倍。1999 年，一家台湾企业原来用 C4242 生产 110V 50W 射灯， I_C 有 8A 以上，后来用 13005L，即用电压达不到 400V 的 13005 ($BV_{CEO}=300V\sim 400V$) 成功地替代了 C4242。在非常恶劣的老化环境中，电压升高 15%，环境温度为 70 的房间里老化冲击，仍然可靠工作。

目前出口美洲等 110 V 电压地区的主流节能灯产品(上海、福建、浙江)已经全部不再采用倍压整流电路,而采用国产灯用 L 系列产品。

使用注意事项：

- 、由于 BV_{CEO} 电压参数控制的精度达不到 400V 产品，其电流特性也就达不到相应的程度；所以在使用三极管的时候需要比 220V 产品余量要多留一点；

- 、电源电压低，启辉困难，必须采用电容电感谐振升压，否则三极管电流电压波形也会很差；采用电容电感谐振升压后，流过三极管的电流会比灯管电流大，这也要求在使用三极管的时候需要比 220V 产品余量要多留一点；

- 、三极管电流电压波形会很差（图 3-1）及相应的措施：可以采取电感 L4 在前,震荡线圈 L3 在后,谐振电容 C17 居中的电路结构,灯管任一引线断路即停振。不必增加开路保护

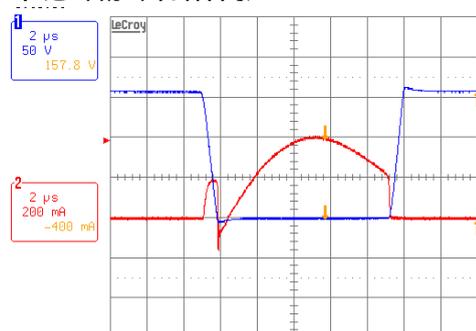


图 3-1

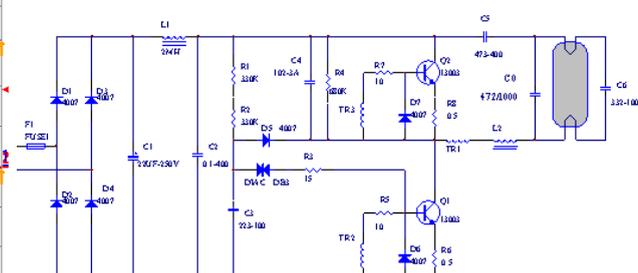


图 3-2

灯丝电阻：为了有利于启辉灯丝电阻最好小一点；

工作频率：在一般情况下，110V 灯电路工作频率高一点有利于启辉；

4、防过驱动及驱动临界

三极管“瞬态冷爆”：

随着“为防止三极管的损坏，必须控制三极管的发热”这一思想逐步深入人心，三极管的发热越来越低，三极管越用越小，线路对三极管的驱动也越来越临界。但随之而来的三极管“瞬态冷爆”的问题也开始越来越突出。在大批量生产中，有少量产品开机即爆三极管——三极管并没有发热，一通电就炸了。由于出问题的比例太低，问题又在瞬间发生，这种问题采用稳态分析的方法是很难找到原因的，三极管“瞬态冷爆”的时候，能量很大，有的时候 TO-220 封装的三极管都炸裂了。很多业内技术人员为此而感到困惑。

三极管在电子镇流器中工作在开关工作状态，必须保证在任何情况下三极管在该饱和的时候充分饱和，该截止的时候彻底截止。三极管饱和的条件是 $H_{fe} \times I_b = I_c$ ，但是，在大批量生产中线路对三极管的驱动越来越临界的情况下，遇

到环境温度低，个别灯管启辉特性较差、磁环参数偏小、三极管 T_s 、 H_{fe} 偏小等情况就可能出现个别三极管驱动不足，进入放大区而瞬时爆管。

国外应用研究成果：

“在负载很大的情况下，例如短路保护、灯冷态启动，三极管的 I_c 很大，无法满足饱和导通的条件， $V_{ce} > V_{cset}$ ，三极管的导通损耗增大，一般持续数百微秒。——MOTOROLA”

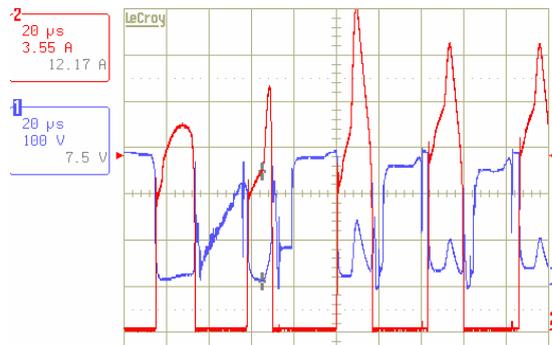
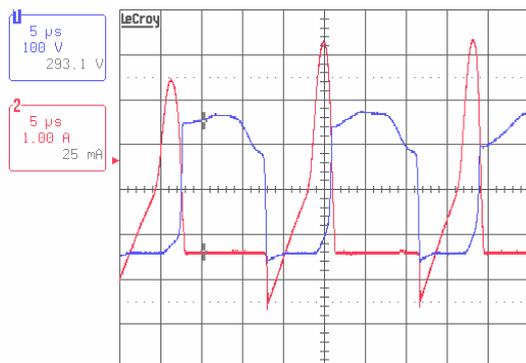
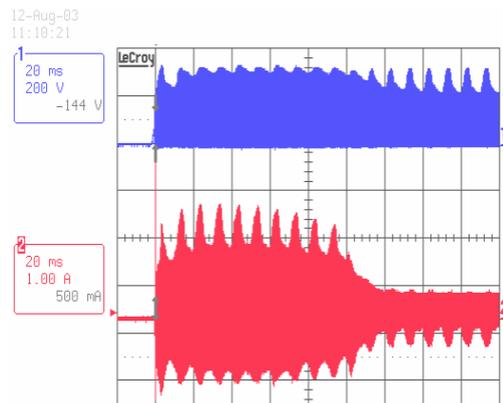


图 4-1 是开关电源短路保护瞬间三极管的瞬态工作状态：上面部分是三极管集电极-发射极之间的电压 V_{ce} ，下面部分是三极管集电极电流 I_c 。工作原理和灯启辉时类似。

图 4-1 短路保护瞬间三极管 V_{ce} 、 I_c 波形图

电路进入短路工作状态以后， I_c 急剧上升，达到 $3.55 \times 7 = 24.85A$ ， V_{ce} 已达到超过 $1.3 \times 100V$ 。三极管驱动不足脱离饱和区进入放大区。三极管脱离饱和功率损耗惊人， $24.85A \times 130V = 3000W$ (13007)

但是，在荧光灯电子镇流器中，我们尚未看到过这种波形，而只看到在灯启



辉过程中 I_c 很大的时候，三极管 I_c 、 V_{ce} 严重交叉。

图 4-2 灯启辉过程三极管波形图

图 4-3 三极管 I_c 、 V_{ce} 严重交叉波形图

左图 4-2 为灯启辉时的波形，上面蓝色 1 是三极管 CE 两端电压 V_{ce} 的波形，下面红色 2 是三极管集电极电流 I_c 的波形，右图 4-3 为展开后的波形，可以清楚地看到三个 I_c 电流尖峰最大值已达 5A，其下对应时刻的 V_{ce} 电压波形有一个向上跳的圆弧，其最大值超过 100V，第三个 I_c 电流尖峰最大值下面的 V_{ce} 电压最大值达到 120V 以上，三极管瞬时功率 = $120V \times 5A = 600W$ ，对于 40W 电子镇流器所用的 MJE13005 来说，也已经是一个惊人的数值。

图 4-3 三极管 I_c 电流波形表明扼流电感磁芯已经饱和。

防过驱动及驱动临界

电源网 2007 年初的讨论摘录（关于带 D 系列抗饱和产品的部分）：

题目：话题：仙童 13005-1 产品开始停产了

仙童 13005-1 产品开始停产了。大家认为最好的替代品是哪个型号

zdgm888: 第 26 帖 2007-01-15 15:09:

谈点专业的！你先了解一下抗饱和产品再谈

nullpunkt: 第 27 帖 2007-01-15 15:18:

恩 那我就说说抗饱和作用：

晶体管集成二极管后，有寄生 PNP 三极管，如下图。寄生的 PNP 横向三极管能够工作的条件在实际线路中是基本不存在的，从电路的搭建或等效电路来看，的确具备 PNP 横向三极管能够工作的硬件条件，但从器件的内部来看，是不具备的，抗饱和的作用的提法很牵强。

晶体管饱和时： $I_B = I_C / h_{FE} + I_{B'}$

$I_{B'}$ 为过驱动的基极电流。

过驱动电流的作用是维持超量存储电荷。超量电荷的存储与 I_C 无关，与负载回路有关。即超量存储电荷不会通过集电结抽走而减少，超量存储电荷因复合而损失。过驱动电流只是补充超量电荷复合用的。

在抗饱和的作用的提法中将此电流作为寄生的 PNP 横向三极管基极偏置电流是不合适的。

在灯常用电路中的晶体管的 I_E 、 I_C 的波形中。即使晶体管中未集成二极管也有此电流，晶体管中集成二极管时 I_E 波形也未有更高的上冲电流。

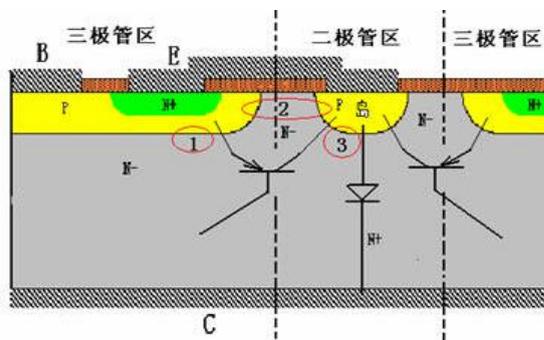


图 4-4

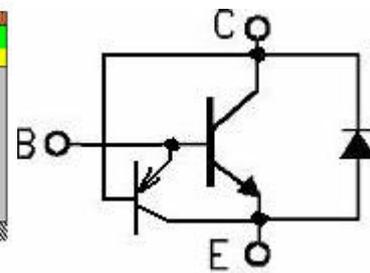


图 4-5

本应用指南在这里回答这个问题：

关于带 D 系列抗饱和产品

我们从来没有说过“超量存储电荷通过集电结抽走而减少”，也没有说过“（在线）超量电荷的存储与 I_C 有关”。我们更没有说过“将此电流（过驱动的基极电流）作为寄生的 PNP 横向三极管基极偏置电流”。

⑤ 我们只是说在外电路提供过强的基极驱动电流时，由于 NPN 管趋向深饱和，其集电极电压降低，PNP 横向三极管导通，将外电路提供过强的基极驱动电流分流，使 NPN 晶体管不会出现深饱和。

⑤ （nullpunkt:说的观点并不是我们学术界的主流观点）

具体解释如下：

为了兼顾电子镇流荧光灯在各种复杂工作状态下的可靠性，适当增强三极管的基极驱动，并采用我们的抗过驱动三极管（图 4-6）就是比较好的方法。

图 4-6 中，NPN 是主晶体管，D 为续流保护二极管，PNP 型晶体管作为有源抗饱

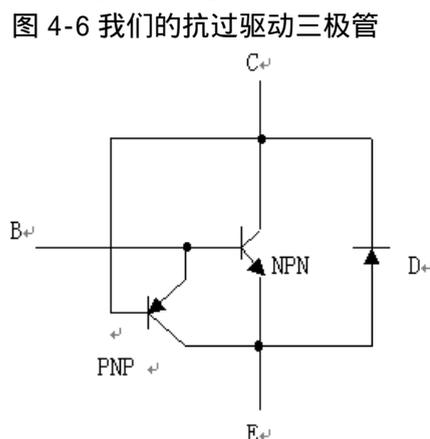


图 4-6 我们的抗过驱动三极管

和网络。当 NPN 管饱和导通以后，当基极驱动电压满足 $V_{be}(npn) > V_{be}(PNP) + V_{ces}(NPN)$ 时，PNP 管导通，将基极驱动电流分流，使 NPN 晶体管不会出现深饱和，当外电路驱动电流减弱时，仅减小分流电流，不影响 NPN 管饱和导通。这样，NPN 管选用大的 h_{FE} 值，外电路元件的不一致性带来的过驱动，导致的过饱和现象得到自动抑止，改善了开关特性，提高了大批量生产时的工艺宽容度。采用抗过驱动带 D 系列产品，可以把线路的基极驱动加强，避免三极管 I_c 、 V_{ce} 严重交叉而发热烧管；不会高温时因过驱动烧管。对解决低温时要求驱动很强，以利灯的顺利起辉，高温时不因过驱动烧管也很有效。

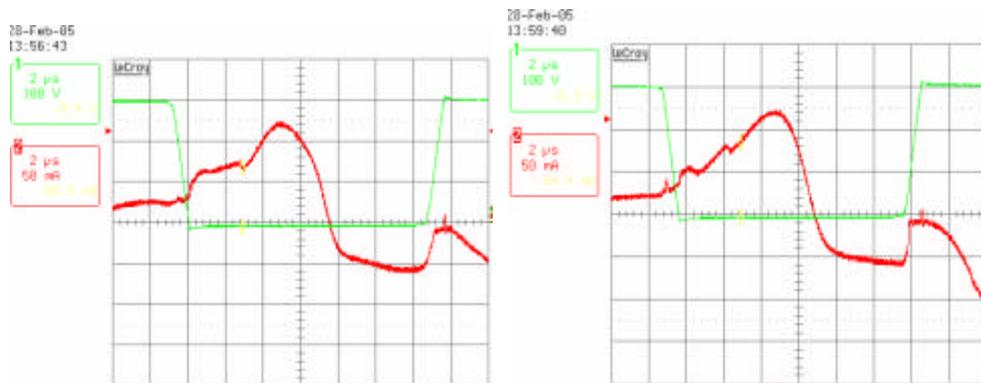
在同一线路，只更换三极管，比较发热的下降交叉，可以非常清楚地看到采用抗过驱动带 D 系列产品降低发热的作用：

驱动强 ($I_B = 120mA$)

图 4-7 13003 (I_B 、 V_{CE})

与

图 4-8 13003D (I_B 、 V_{CE})



13003 (I_B 、 V_{CE})

与

13003D (I_B 、 V_{CE})

驱动强 ($120mA$) (I_C 、 V_{CE})

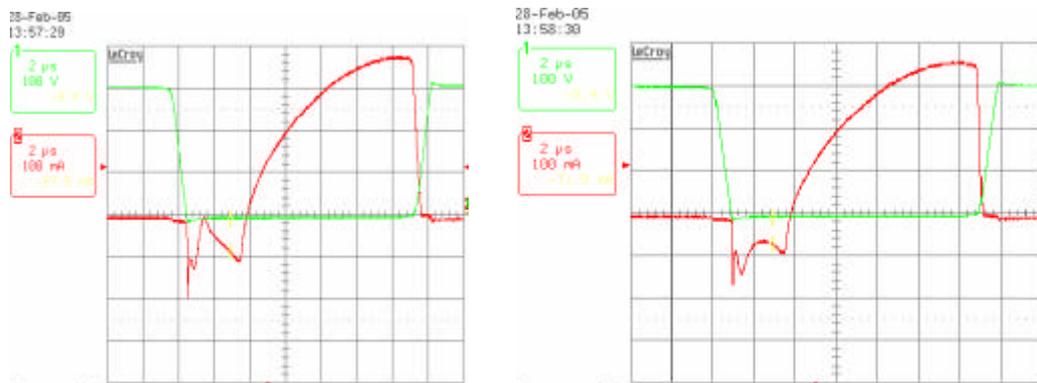


图 4-9 13003 (I_C 、 V_{CE})

与

图 4-10 13003D ($360mA$) (I_C 、 V_{CE})

13003D 的发热下降交叉 (在线 t_f) 明显减小。

“瞬态冷爆”问题，其实质还是灯管谐振回路启辉工作不正常。我们说，电子镇流器必须与灯管匹配，最根本的是除了稳态工作时镇流器必须保证灯管合适的管压、管流外；更重要的是灯管有和谐的启辉过程；其核心是电子镇流器的工作频率，必须与灯管谐振回路的工作协调。带 D 系列抗饱和产品的作用，很大程度上也是要通过这一点体现的。

磁环参数、磁环绕组圈数和三极管存储时间 t_s 参数的重要性，其实质还是对灯管谐振回路工作的影响，这已经是目前行业进一步提高技术水平的关键。

对于采用高频反馈的高功率因数双泵电路，由于三极管工作条件变化比

较大，采用带抗过驱动电路的抗饱和三极管，具有很好的效果。

在火箭炮（大功率节能灯）中，由于标准对 25W 以上灯的功率因素和谐波的要求，必须采取相应的措施；采用带 IC 的 APFC 电路，由于火箭炮灯的头空间有限，而且温度很高，采用带 IC 的 APFC 电路在高温下难以稳定可靠工作，已经有比较成功的高功率因数双泵电路火箭炮（大功率节能灯），采用带抗过驱动电路的抗饱和三极管，长期大批量稳定生产。

在使用中，三极管 CE 两端不应再外接续流保护二极管。

5、带D系列抗饱和产品（H2BIP）内置CE二极管在荧光灯半桥逆变电路中的作用

H2BIP 是为了解决功率三极管在半桥逆变电路中过饱和的问题而开发的，目前国内灯用三极管厂家也已经大批量推出各种规格的带 D 系列抗饱和产品（图 5-1），但是本文只专门讨论 H2BIP 内置 CE 二极管的作用。

带电感负载的开关三极管，在三极管关断时因电感产生反电动势会受到一个高电压。图 5-2 是手机充电器输入 220V 电源，三极管 VCE=600V（兰色 1）

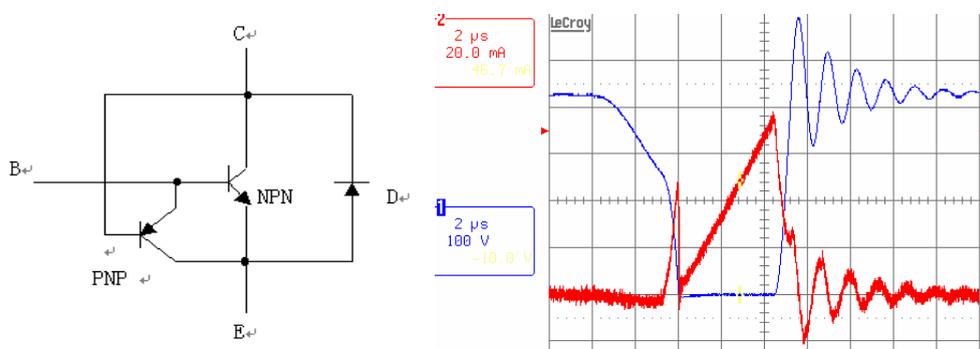


图 5-1 带 D 系列抗饱和电路(H2BIP) 图 5-2 手机充电器三极管 V_{CE}、I_C 波形

在目前国内大量采用的电子镇流荧光灯半桥电压反馈电路中，开关三极管电压的选择，是不考虑这个反电动势的；对于灯用三极管设计生产厂家来说，三极管的电压参数选取得是否合理，关系到如何真正做到“低成本、高可靠”；如果不切实际地把三极管的电压参数选高了，用户最需要的电流特性就会受到影响。

“电压指标够用就行，电流特性是用户最有使用价值的指标”这是灯用三极管低成本高可靠的重要前提，但是要真正做到“电压指标够用就行”就必须使电感产生的自感电势反峰电压有畅通的泄放渠道。CE 二极管就是重要的保障之一。

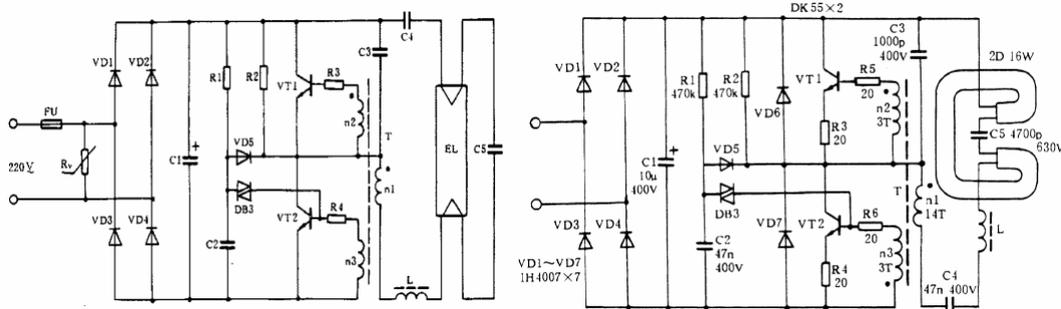


图 5-3 不采用 BE、CE 二极管的电路 图 5-4 采用 CE 二极管的电路

电压够用就行的硬件保障：自感电势反峰电压在导通管上泄放
输入 220V 电源，三极管 VCE=310V（兰色 1），上管不加 CE 二极管，下管三极管 V_{CE}、I_C 有很大的“毛刺”，这是另一个引起发热的功率交叉（图 5-3、图 5-5 红色 2 兰色 1）。

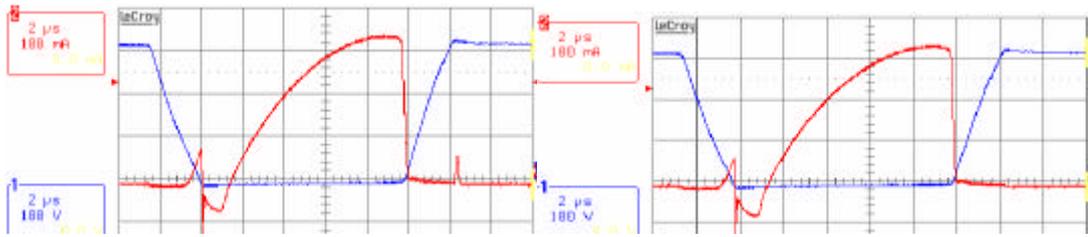


图 5-5 上管不加 CE 二极管，下管三极管 V_{ce} 、 I_c 图 5-6 上管加 CE 二极管，下管三极管 V_{ce} 、 I_c

产生“毛刺”的理论分析：续流电容 C3 充放电结束，下管三极管已经关闭，上管 BE、CE 无二极管，电感内的电流继续通过上管磁环次级绕组、 R_b 、上管 bc 结（成为上管的负电流）；当 ce 电压比较高的时候，电感内的能量大，“上管磁环次级绕组、 R_b 、上管 bc 结”这条通道不够通畅，只能把下管三极管再次打通。

、如果在上管加 CE 二极管，这时就导通，下管三极管不再打通，也就没有这个毛刺了（图 5-4 图 5-6）。流过上管 CE 二极管的电流见图 5-8 图 5-9。

、对于采用 CE 二极管的电路，由于二极管涨价（每个四-五分钱以上），而国产带 D 系列抗饱和产品的价格原则上是与相同规格普通三极管的价格是一样的，也就是说，它的内置二极管是免费的；因此，内置二极管已经成为市场选择带 D 系列抗饱和产品（H2BIP）的又一个重要因素；

图 5-3 不采用 BE、CE 二极管的电路，在采用带 D 系列抗饱和产品（H2BIP）后，下管三极管不再打通，同样没有这个毛刺了（图 5-7）

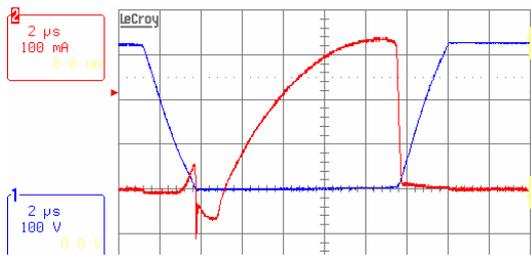


图 5-7 上管 BLD128D（H2BIP）不外加 CE 二极管，下管三极管 V_{ce} 、 I_c 无毛刺

、反向恢复时间（频率特性）的问题：

但是，带 D 系列抗饱和产品的内置 CE 二极管是采用普通双极型工艺制造的，国际照明巨头 OSRAM、锐高等厂家的开发工程师都向我提出了带 D 系列抗饱和产品内置 CE 二极管反向恢复时间的问题。

我们首先来分析采用分立元件 1N4007 和 FR107 二极管的情况：

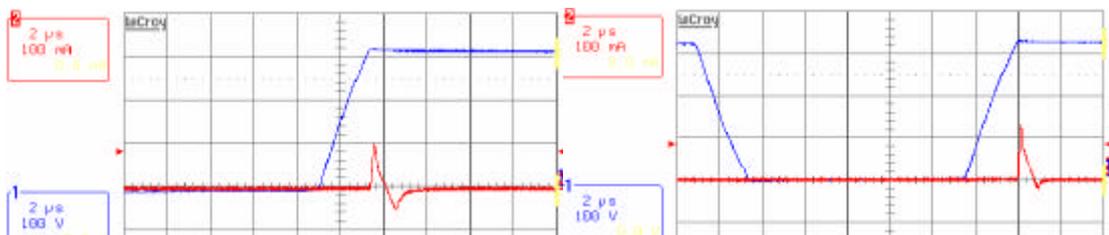


图 5-8 流过上管 CE 二极管 4007 的电流 图 5-9 流过上管 CE 二极管 FR107 的电流

对比图 5-8 图 5-9 中 1N4007 和 FR107 的工作波形，1N4007 有明显的反向恢复时间（图 5-8）

影响分析：上管 CE 二极管用 4007 有反向恢复时间，这时上管是通过“上管磁环次级绕组、 R_b 、上管 bc 结”的负电流（实际上加了 CE 二极管 1N4007 后，绝大

部分本来应该通过三极管的负电流变成了通过二极管的正向电流，方向从下向上)，这个反向恢复电流是从上到下，相当于三极管的正向电流。这时下管三极管已经关闭，只能说通过二极管的正向电流抵消了大部分通过“上管磁环次级绕组、 R_b 、上管 bc 结”的负电流，1N4007 的反向恢复负电流与流过三极管的正向电流合成成为整个正向电流。应该对线路工作没有影响。



图 5-10 13005 加 CE 二极管 1N4007 图 5-11 13005 加 CE 二极管 FR107

再对比采用 1N4007 和 FR107 的三极管 13005 I_c 波形（图 10 图 11），只有负电流时候的差别，这个负电流是不影响三极管的正常工作的。

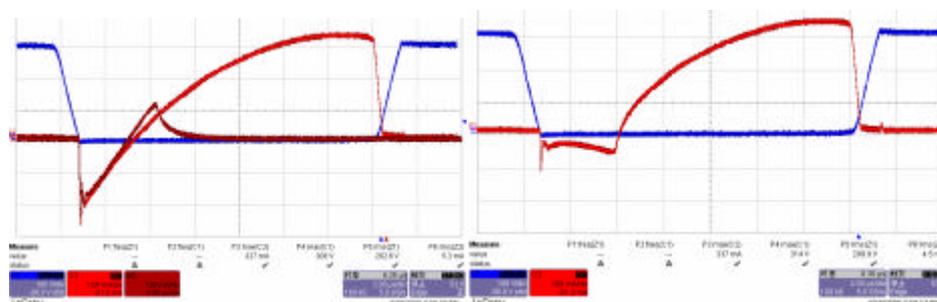
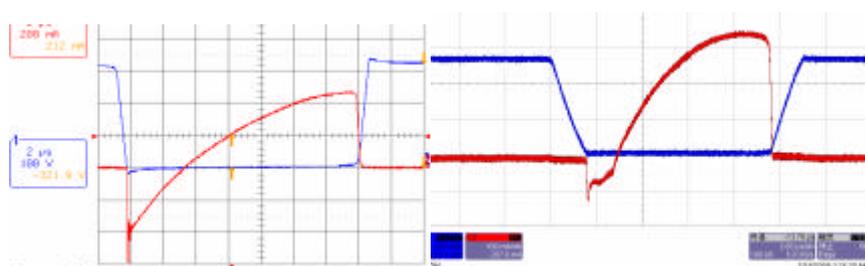


图 5-12 红色为 13003 I_c + 分立二极管电流（蓝色）（合成） 图 5-13 13003 I_c （红色）（分立）

从图 5-12 也可以看到：合成的总电流是正常的，并没有因为分立二极管 1N4007（蓝色 A）反向恢复时间的负电流而受到影响。

所以我们可以认为分立二极管 1N4007 反向恢复时间的负电流不影响半桥逆变电路二个三极管的工作。

再看采用带 D 系列抗饱和产品（内置 CE 二极管）的工作波形：



5-14 13003D (H2BIP) I_c

图 5-14 中上管 13003D 不外加 CE 二极管其 I_c 有一个明显的尖角，说明 13003D 内部 CE 二极管已经起作用，图 5-12 红色 13003 I_c + 分立二极管电流（蓝色）（合成）（上管）与图 14 13003D (H2BIP) I_c 的波形一致；另外图 5-14 三极管 I_c 的右毛刺已经消失也说明 128D、13003D 内部 CE 二极管已经起作用了。

、对比三极管 BE、CE 同时并联反向二极管采用分立元件 1N4007 和 FR107 二极管和带 D 系列抗饱和产品的内置 CE 二极管

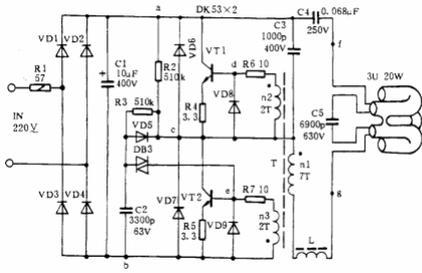


图 5-15 三极管 BE、CE 同时并联反向二极管电路图

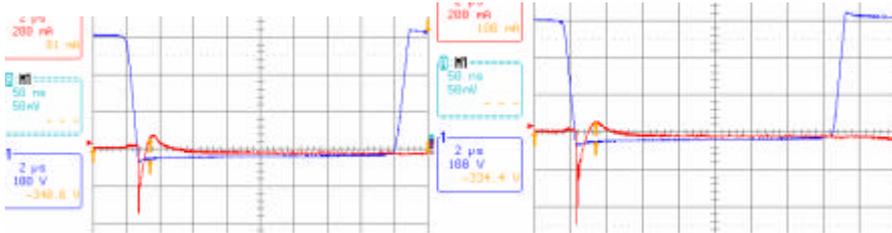


图 5-16 采用分立二极管时 BE 二极管内电流波形 图 5-17 采用 13003D 时 BE 二极管内电流波形

图 5-16 采用分立二极管时 BE 二极管内电流波形，三极管截止时还有反向通道作用；图 5-17 采用 13003D 时 BE 二极管内电流波形，三极管截止时也有反向通道作用，对比两个波形，无明显区别。

可见采用分立二极管和采用 13003D (H2BIP) 时，BE 二极管内电流波形是一样的，在这里 我们也可以看到，不论是采用分立 CE 二极管还是采用 13003D (H2BIP)，BE 二极管内电流都是不大的。

这里提醒注意，不能随便去掉原来有的 BE 二极管，因为 BE 二极管提供了磁环次级绕组变为负电压后的反向电流通道，对磁环的工作产生影响，从而影响电路工作频率，CE 二极管没有这个作用；如果希望去掉原来有的 BE 二极管，则要重新调整电路工作状态。

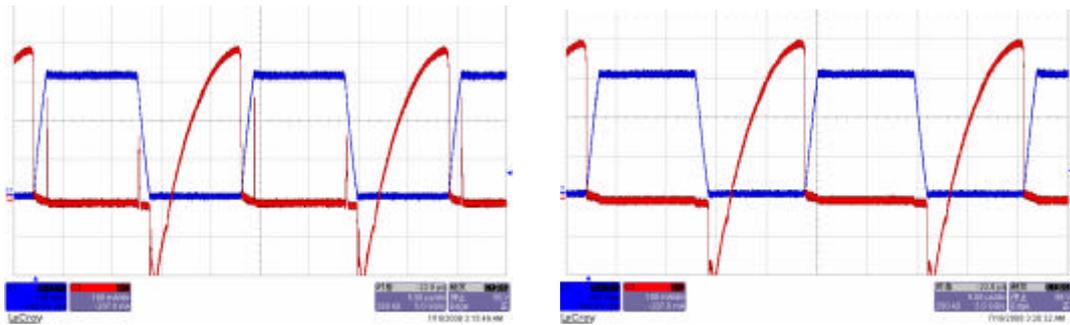


图 5-18 去掉原来有的 BE 二极管，出现毛刺，发热；图 5-19 恢复 BE 二极管，毛刺消失，温度降低

还必须补充说明：在电容触发电路中是不能去掉 BE 二极管的。

带 D 系列抗饱和产品内置 CE 二极管对基区载流子有分流作用，直接替换原来不带 D 的产品，发现个别影响启振的例证；在电子变压器中，直接替换原来不带 D 的产品，也发现因为基区载流子分流产生对工作的影响；这个影响可以是有利的。

、带 D 系列抗饱和产品内置 CE 二极管电流值的讨论：

在采用分立二极管时，不管是 9W 灯，还是 100W 灯，一般都是 1N4007 (FR107) 用到底，那么实际上流过的电流是多少？

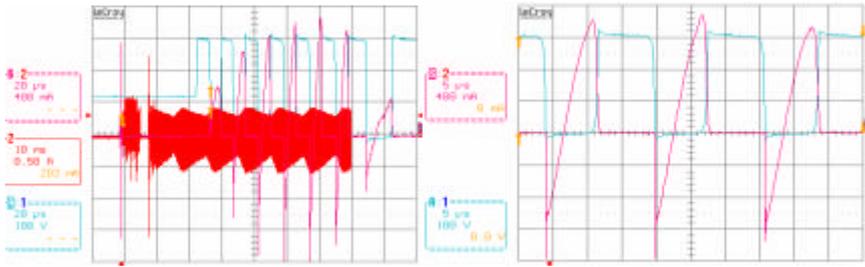


图 5-20 图 5-21 启辉时 CE 二极管电流与 I_c 混合 :幅度与正向电流相等时间短试验波形不到 1/3

启辉 13003D

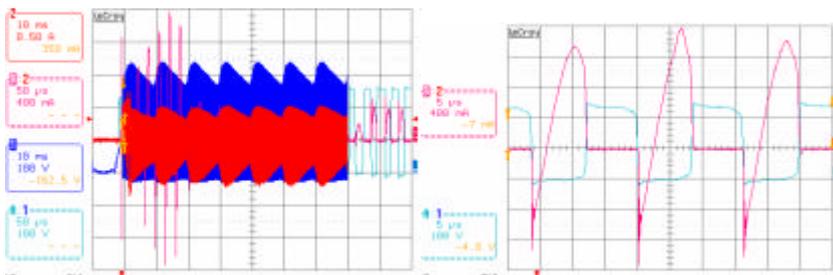


图 5-22 图 5-23 启辉 13003D 幅度与正向电流相等、时间短，试验波形不到 1/4

流过带 D 系列抗饱和产品内置 CE 二极管的电流与相位角的大小有关，相位角越大电流也越大，相位角为零，内置 CE 二极管的电流也为零。（图 22）

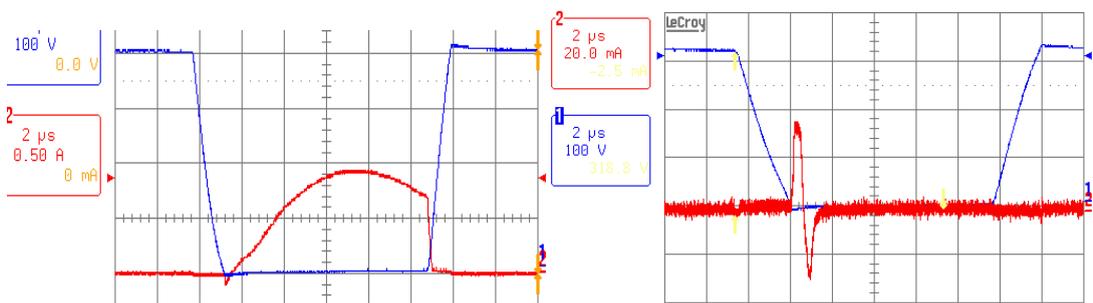


图 5-24 相位角为零的 I_c 波形

图 5-25 零电压导通

、内置 CE 二极管的电流会引起发热问题的回答：

a、零电压导通；内置 CE 二极管的电流流通期间二极管两端电压属于零电压导通；功率接近于零 图 5-14 图 5-21

b、错开工作（分时工作）：内置 CE 二极管的电流是与三极管正常的正向电流错开工作的；分时工作有利于均衡；

c、这一部分的发热，与其它影响三极管工作的因素相比是微不足道的，（目前三极管在电路中的状态还远远还没有工作在理想状态，焊锡融化了，掉下来，三极管还没有坏，可以正常工作，说明其它影响三极管工作的因素方面还有很大潜力。）

这里还有一点要提出来讨论：从上面分析带 D 系列抗饱和产品（H2BIP）内置 CE 二极管的工作情况，可以发现，在带 DB3 的电路中，“三极管磁环次级绕组、 R_b 、三极管 bc 结”这条通路和“内置 CE 二极管”这条通路是并联的，电流怎样分配是根据两边电压降的情况来的，当一边电压比较高的时候，电流会自动向另外一边多分配一些，最后达到平衡。

综上所述，采用带 D 系列抗饱和产品（H2BIP）内置 CE 二极管代替分立元件

1N4007、FR107 二极管在理论上是有根据的，在实践上也是可行的。

现在已经有越来越多的荧光灯半桥逆变电路产品采用了带 D 系列抗饱和产品内置 CE 二极管代替分立元件 1N4007、FR107 二极管，取得了非常明显的技术经济效益，进一步增强了我国荧光灯半桥逆变电路产品的市场竞争能力，为推动行业发展作出了贡献。

国内灯用三极管带 D 系列抗饱和产品是在国外 ST、motprola 的 H2BIP 产品基础上发展起来的，但是由于国内灯用三极管带 D 系列抗饱和产品注意了性能成本的关系，所采用的方案受到了市场的充分肯定，得到了广泛推广，反而国外 ST、motprola 的 H2BIP 产品却没有得到广泛推广。同样，110V 出口灯用 L 系列产品也是国内自主发展的新产品。

这说明国内灯用三极管产品进入了一个自主发展的新阶段。

6、三极管放大倍数 h_{FE} 的选取及 t_s 对使用的影响

有资料介绍：“理论上， h_{FE} 应尽可能高，以使用最小的基极电流得到最大的工作电流，同时给出尽可能低的饱和电压，这样就可以同时在输出和驱动电路中降低损耗。但是，其它方面的折衷考虑，例如开关速度和电流容限，则限制 h_{FE} 的最大值（荧光灯电子控制 AN1049 JNAPPE T SPANGLEX MOTOROLA 美国）。

国内厂家早期曾经倾向于选用 h_{FE} 较小的，一度 $h_{FE}=10-15$ ，甚至 $h_{FE}=8-10$ 的三极管很受欢迎（后期由于基极回路采用电容触发线路的流行， h_{FE} 值的选用又有所上浮），因为 h_{FE} 大的三极管一般其下降时间 t_f 也长，三极管容易发热，采用较小的 h_{FE} 其目的是为了降低晶体管的发热，进一步从理论上分析是为了降低晶体管的饱和深度。实际上，晶体管的饱和深度受 I_b 、 h_{FE} 两个因素的制约，因此不一定要过分靠选择 h_{FE} 参数，通过磁环及绕组参数、基极电阻 R_b 的调整，也可以解决这一问题。

这里说的 h_{FE} 指的是工作电流下的 h_{FE} ，小电流下的 h_{FE} 一般会小于工作电流下的 h_{FE} 。小电流 h_{FE} 如果太小会在某些场合影响节能灯的启辉，但可以用调整电路参数的方法适当解决。三极管的 h_{FE} 特别是小电流 h_{FE} 对启振有比较大的作用。

由于三极管的 h_{FE} 参数与贮存时间 t_s 有一定的相关性，一般 h_{FE} 大的三极管 t_s 也较大。当时人们对 t_s 的认识以及 t_s 的测试仪器均较欠缺，人们更依赖于对 h_{FE} 参数选择作为控制节能灯、电子镇流器参数的手段。在三极管的贮存时间得到控制以后，人们对 h_{FE} 参数的依赖将进一步淡化。

三极管的 $H_{fe}-I_c$ 曲线是一个开口朝下的弓形，大电流和小电流时的放大倍数都比正常工作电流时小。把三极管放大倍数适当用大，可以提高小电流 H_{fe} ，有利于灯的启辉。我们认为，在现阶段三极管放大倍数用在 20-30（必要时 25-35），就可以保证在绝大多数情况下三极管在该饱和的时候充分饱和，该截止的时候彻底截止。对解决低电压及低温启辉炸管、因灯管参数偏差启辉炸管等都很有效。实际上，这几年来行业整体选用三极管放大倍数参数在逐步往大的方向发展，从以 10-15 为主，逐步发展到目前以 15-25 为主，20-25 更偏重一些。这种变化是有其科学道理的，一是基极回路电容触发电路的大量使用，需要三极管 H_{fe} 大一些；另一方面是因为对过驱动发热损坏三极管理论认识的普及，对驱动不足损坏三极管的一种本能补偿。初期日立的 C2611、 $H_{fe}=80$ 在节能灯中被大量使用；三星的灯用三极管 $H_{fe}=25-35$ ，也是这方面的实际例证。

三极管在电路工作状态下的贮存时间，是电路工作周期的一部分，它影响电路的振荡频率。三极管贮存时间过长，电路的振荡频率将下降，整机工作电流增

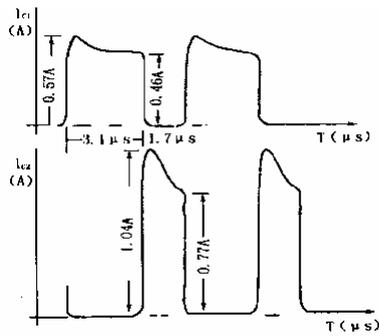


图 6-1 两个不同 t_s 的三极管用于同一线路的 I_C 波形图

间相差太大，整机工作电流的上下半波将严重不对称（图 4），负担重的那个三极管将容易损坏，线路也将产生更多的谐波，产生更多的电磁干扰。

磁环有效导磁率、磁环绕组圈数和三极管存储时间 t_s 参数的配合，已经成了三极管能否可靠工作的重要因素。除了灯管，磁环有效导磁率和三极管存储时间 t_s 参数的离散性是目前使用中的主要矛盾。世界各国磁环有效导磁率的出厂标准都是 $\pm 25\%$ （两头相差 50%），TDK（厦门）的技术人员说要做到有效导磁率 $\pm 5\%$ （两头相差 10%），生产合格率就会下降；三极管存储时间 t_s 参数的一致性，进口的三极管比国产的好一些，但也有一定的离散性（ST 认为双极型三极管的 t_s 是不可能做得很一致的）。可以将国产三极管 t_s 参数的离散性和磁环有效导磁率的离散性相互配合，用三极管 t_s 大的配磁环有效导磁率小的，用三极管 t_s 小的配磁环有效导磁率大的，照样可以使节能灯电子镇流器可靠工作。

t_s 到底是大好还是小好？在现阶段，在某一个范围内，不能说 t_s 到底是大好还是小好，例如 13005 的 t_s ，2.5、3.5、4.5，都有与之适应的灯电路，可以使用，不能说一定哪个好。但是，对于已经确定了相应元件参数的某一线路，则一定有一个与其相适应的参数范围，例如 2.5-3.5。从整个行业来说，在某一时期，三极管生产厂家与用户会形成一个通行的参数范围。

随着低成本双极型三极管应用范围的进一步扩大，使用频率的提高，双极型三极管存储时间 t_s 参数的矛盾将会进一步突出。

注意三极管供货渠道 t_s 参数的连续性和可预约性；不能在不调整线路参数的情况下更换三极管供货渠道（多个实例证明会提高损坏率）。

7、关于三极管的功率容限，即安全工作区 SOA：

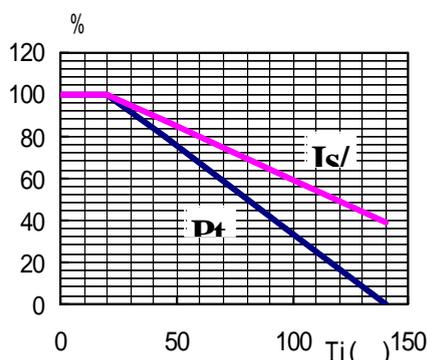
对于目前节能灯、电子镇流器普遍采用的上、下管轮流导通工作的线路，电感负载产生的自感电势反峰电压是加在导通管上泄放的，所以目前普遍感到三极管常温下 SOA 值在节能灯、电子镇流器线路中不是十分敏感。而降低三极管的发热损耗却引起了业内人士的普遍关注，这是因为三极管的二次击穿容限是随着温度的升高而降低的。

在荧光灯电子镇流线路中，我们希望避免出现用三极管的 SOA 去硬抗，但是，这并不等于在任何情况下三极管的 SOA 值都不需要关注，当用户的线路出现大的电流、电压同时冲击的情况时，用 SOA 值高的三极管就不容易损坏。由于三极管制造工艺的原因， BV_{CEO} 高的三极管一般 SOA 也高，在用户无法直接测试三极管的 SOA 值时，可以选用 BV_{CEO} 高的三极管解决。石英灯电子变压器选用 BV_{CEO} 高的三极管就是这个原因。

8、灯用三极管的高温特性：早期国产三极管质量很差，常温漏电流都是 mA

大易导致其损坏。虽然，可以调整扼流圈电感及其他元器件参数控制整机功率（工作电流），但三极管 t_s 的离散性，将使该产品的整机参数严重偏离、可靠性下降。在石英灯电子变压器线路中，存储时间太大的晶体管可能引起电路在低于输出变压器的工作极限的频率振荡，引起每个周期的末端磁芯饱和，这使得晶体管 I_C 在每个周期引出尖峰，最后导致器件过热损坏。如果同一线路上的两个三极管的贮存时

级的，高温漏电流就更差，引起人们对此高度关注，2993 这类仪器就是用来对付它的。现在，国产三极管质量有了很大提高，常温漏电流已可以忽略不计，高温漏电流也仅为 μA 级，所造成的功耗可以忽略不计。国外同类产品的常温 I_{ceo} 标准为 $100\ \mu\text{A}$ ，但还有人用 2993 对此提出脱离实际的过高要求。相反，比正规国产三极管高温漏电流大很多的飞利浦灯用三极管在大批量使用中并没有发生什么问题，这还因为电路中实际使用的是 I_{cev} ，而 I_{cev} 比 I_{ceo} 小很多。可见在此问题上已经有人走进了误区。而且，还因此引出两种因为不正确使用 2993 使合格三极管损坏的问题。其一是用 2993 测三极管耐压，该仪器是用逐级提高所加 C-E 电压的办法，通过检测漏电流大小的反馈信号来停止升高 C-E 电压，测得耐压值。由于其所加电压可达到 1024V，而其最小保护电阻值只有 4K，当三极管 B_{vceo} 具有负阻特性时，就可能出现瞬时大电流将合格三极管损坏。其二是测 I_{ceo} 、 I_{cbo} 、 H_{fe} 高温变化率时，所加功率和时间过大（TO220 三极管的稳定工作耗散功率仅 1.5W），使三极管超过允许结温 150°C ，将合格三极管损坏。体现在 V_{be} 上，超过仪器推荐的 V_{be} 一般应在 100-200 之间，不得超过 200mV 的规定。以理论上三极管结温升高 1°C ， V_{be} 下降 2mV，200mV 相当于 100°C 。由于该仪器价格成本所限，其测出的 V_{be} 与进口同类产品相比，在 200mV 时有 30-40mV 的误差，测出的 200mV 相当于实际的 230-240mV，相当于结温升高 $115-120^\circ\text{C}$ ，当三极管初始温度为 35°C 时，加温后的三极管结温就超过 150°C 了，下图 中 Pt 曲线表明当结温达到 150°C 时，三极管允许耗散功率接近于零，这时再加功率，三极管很容易损坏。有的时候三极管当时并没有损坏，只是由于当时所加应力过大



造成了内伤，给三极管留下了隐患，这就更危险。我们认为：三极管的高温 H_{fe} 变化率应予以适当关注，但高温漏电流问题已经不是国产正规灯用三极管参数的主要矛盾。使用 2993、9600 的高温功能必须注意要“无损检测”。高温特性的相互补偿：半导体本身的特性决定了三极管的高温 t_{s} 和放大倍数比常温要大；磁性材料有也温度变化曲线，除了常温时的正确调整外，必须注意高温特性的相互补偿。

9、电子镇流荧光灯用三极管开关参数的测试仪器和标准：灯用三极管开关参数对电子镇流荧光灯的重要性已被整个行业所共同接受，但是目前行业内正在大量使用的开关参数测试仪器却是不能经计量部门鉴定的。这首先带来的问题是供需双方使用上的不方便，同一个产品供需双方测试的结果是不一样的，有较大误差，只能作为参考，需要进行修正。另外一个重要问题是，根据《合同法》，供需双方的供货合同、技术协议上有关开关参数的条款是没有法律效率的，因为无法取证鉴定。这首先需要解决的是制订标准的问题，其中还有一个很重要的问题是标准的可操作性问题。比较方便的方法是直接借用国外同类产品的标准，但国外的开关参数测试仪器的价格昂贵，国内绝大多数用户目前还难以承受；目前国内生产的各种开关参数测试仪器，包括参照国外同类产品标准研制的仪器，还有进口仪器，相比之下好象还是目前国内使用比较多的 9600 型与上机情况符合一些。这个问题的关键是在于仪器设定的测试条件必须符合三极管的实际工作情况；仪器的精度必须经过国家计量部门的鉴定。

目前我们建议采取的权宜之计是供需双方用双方商定的样品在各自的仪器上

分别测试，根据测试结果的误差对标准进行修正。

10、关于“双泵”、“单泵”“复合泵”类高频反馈式电路：

“双泵”、“单泵”“复合泵”类高频反馈式电路被认为是高功率因素低谐波的低成本实现方式，但是这类电路难度相当大。首先是难以同时做到线路参数高指标和使用高可靠性；其次，由于线路相互牵扯，电网电压、使用环境温度、灯管老化等高频回路的变化都会引起线路整体参数的变化，偏离正常工作状态，影响电路各部分之间的能量传递与转换，易在三极管等关键元件或部位出现能量集中与冲击，使之损坏。已多次发生在实际生产过程中，已经大批量稳定生产很长时间的的产品，突然发生莫名其妙的损坏。已经有用户采用带抗过驱动电路的抗饱和三极管，在这类电路上使用，利用其自动调节作用应对这类电路工作状况的复杂变化，取得非常明显的效果。

11、关于三极管大批量使用中损坏率分析的“通带理论”(电子镇流荧光灯生产的工艺控制)：

目前，国产三极管已经占据国内电子镇流荧光灯生产行业供货的主导地位，其产品质量也已经完全能够满足使用要求。OSRAM、GE、PHILIPS 三大照明巨头在国内的工厂也已经大批量使用国产三极管。但是，不同的用户使用中的损坏率却是不一样的。同样的三极管，使用得最好的，损坏率可以控制在万分之一以下，也有在 1‰左右、1%左右的，而在产品试制阶段，3%、甚至 20%的损坏率也并不罕见。同样的一批三极管，送给 A、B 二个用户使用，用于生产同样规格的节能灯，使用同样档次的原材料。A 单位说不能用、烧管；B 单位却说用得很好。怎样来解释这些现象？

三极管本身是不是本来就是坏的——极少；三极管本身是不是不够可靠；软击穿、双线、漏电流大……也很少，而且正规企业的合格产品一般不影响使用，但参数的变化影响使用；三极管本身没有问题，但还是损坏了——没有满足它应有的条件。这是目前存在的主要问题。——国产三极管的离散性是产生问题的原因之一。要选择各种配合元器件合理的、安全的通带；通带中心线对准；各种配合元器件在某一确定的电路中都有各自允许能可靠工作的参数误差范围——即“通带”，参数误差范围的中心值是最佳值。以磁性材料的有效磁导率的大小以及它的变化速率和三极管 T_s 之间的合理配合为例，两者都有 $\pm 10\%$ 的离散性，通过合理的分档、分组配合，解决离散性带来的问题。 $\pm 10\%$ 变成 $\pm 5\%$ 。

12、大面积同时使用时的相互干扰问题；滤波与隔离(EMI)，单个使用不坏，大面积同时使用坏：

生产企业在降低成本的过程中，把滤波与隔离(EMI)电路省掉了，这样的产品，在单个使用或者小批量使用的场合，一般是发现不了问题的；但是大批量使用就不一定了。我们已经遇到太多的实际例子：

一家企业生产 40W 电子镇流器，一直很稳定，大面积同时使用最多到 500 只也没有出问题；但是有一次在一个商场大面积同时使用 1000 只，就不行了，不停地坏。最终还是采用了滤波与隔离(EMI)措施才下了台。

一家企业生产石英灯电子变压器，没有采用滤波与隔离(EMI)，在工厂老化的时候，就发现损坏；而且，要坏就在同一个老化架上坏，这个老化架上不坏，另一个老化架上坏得很厉害。

低功率因素，也是电子镇流器大面积同时使用时损坏的一个原因。

13、其他

灯管质量差，管压、管流的偏差太大；灯管老化，电路参数偏离，造成灯

较长时间不能启辉，均会造成三极管损坏。灯管启辉时，工作电流很大，且远远偏离三极管正常工作状态。灯的启辉过程是一个特别需要关注的重要环节；即使在灯管稳定工作期间，电路对灯丝温度的影响、每一个半周期灯管气体放电电流的重新建立过程，都需要认真关注。在灯管、磁环、三极管、电解四要素中，灯管是第一位的。

此外，有关电容等元件的高频特性也应引起足够注意，凡是在 20-50KHz 下工作的元件，必须在 20-50KHz 下测试合格。普通电解电容用在通过高频电流的场合，必须具有高频工作的能力；其参数一致性也必须在高频条件下测试。

叶文浩

13823155720

Yewh861@126.com

深圳市盛元半导体有限公司 网址：www.sy-semi.com
地址：深圳市宝安区福永镇凤凰第三工业区创业工业园 E 栋
电话：0755-61109808 61109806 传真：61109800
邮编：518131 邮件：w9303@126.com
浙江上虞办事处联系人 何建军
电话：0575-2126193
手机：13325958079
中山古镇办事处联系人 伍玉吉
电话：0760-2399536
手机：13652223776
深圳力多盛 雷 鸣 电话：13828816686