

测试与可靠性

音响用低压大电流器件功率容量研究

叶新民

(无锡华晶微电子股份有限公司, 江苏 无锡 214061)

摘 要: 本文介绍了一种提高晶体管二次击穿耐量的方法, 并从理论上作了探讨。

关键词: 功率容量; 二次击穿; 等效镇流电阻

中图分类号: TN32.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-0147 (2001) 02-36-03

Study on Power Capacity of Audio Transistors Used in Low Voltage and High Current

YE Xin-min

(China Huajing Microelectronics Co., LTD, Wuxi Jiangsu 214061, China)

Abstract: A method to improve the secondary breakdown characteristics of transistors is introduced in the paper, and theoretical discussion is also given.

Key words: Power capacity; Secondary breakdown; Equivalent ballast resistor

提高二次击穿耐量的方法。

1 前言

随着人民生活水平的提高, VCD、家庭影院逐渐普及, 对高保真大功率器件的市场需求越来越大, 对器件性能的要求也越来越高。为了适应市场需要, 结合产品开发, 我们进行了音响用低压大电流器件功率容量这一课题的研究。

晶体管的功率主要受集电极最大电流、最高电压、最大耗散功率和二次击穿的限制, 晶体管上的功率如果超过了允许的限度就会失效。在理论和实践中对提高集电极最大电流、最高电压、最大耗散功率的手段和途径已广泛认同, 但尚无一种理论能圆满解释二次击穿现象。在一定条件下, 二次击穿成为影响器件功率容量的罪魁祸首, 本文介绍一种

2 二次击穿现象简介

图 1 给出了晶体管的二次击穿特性曲线。首先, 我们对该曲线作一个说明: 当电压 V_{CE} 增大到达 A 点, 集电极发生雪崩击穿, 可以称之为一次击穿。由于雪崩效应, V_{CE} 稍有增大, 晶体管的电流迅速上升并趋近于 B 点, 电流在 B 点短暂停留后, 电压突然减小到 C, 同时电流急剧增大到 D, 如果继续测试, 晶体管将完全损坏。这种从高压小电流向低电压大电流的瞬变并伴随着电流急剧增大的现象就是所谓的二次击穿。随着发射结电压由反偏、零偏、正偏变化, A 点电压由大变小, 而电流则由小变大, 相应的二次击穿则分别称为反偏二次

收稿日期: 2000 - 07 - 25

击穿、零偏二次击穿、正偏二次击穿。

音响用低压大电流器件工作在放大区、发射结电压为正偏压，因此正偏二次击穿是我们研究的重点。

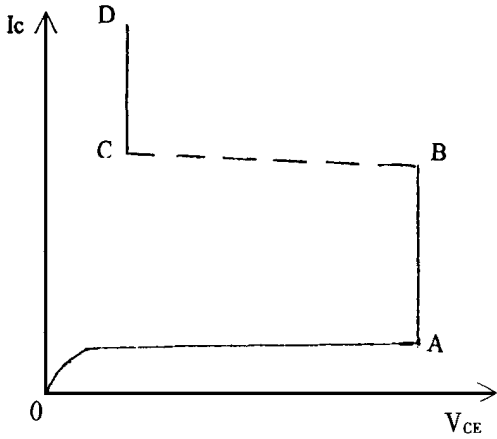


图 1 二次击穿特性曲线

3 防止正偏二次击穿的措施

关于晶体管二次击穿的主要理论有二种：热不稳定性理论和雪崩注入理论，一般认为，热不稳定性理论可以比较好地用于说明正偏二次击穿。

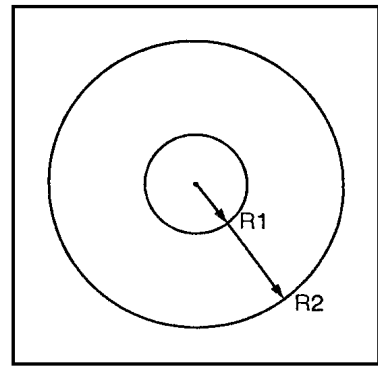
热不稳定性理论认为晶体管的二次击穿是由热不稳定性引起的，如果由于某种原因使局部温度升高，这部分发射极电流将迅速增加，电流增加又进一步引起结温升高，如此循环形成“过热点”，引起二次击穿。

采用发射极镇流电阻是解决正偏二次击穿的一个有效方法，该方法是利用发射极镇流电阻的分压作用控制发射结电压，不使器件局部单元的电流过大，从而防止二次击穿的发生。但这种方法仅发射极图形结构为梳条时可用，如为覆盖结构或反覆盖结构就难以应用了。

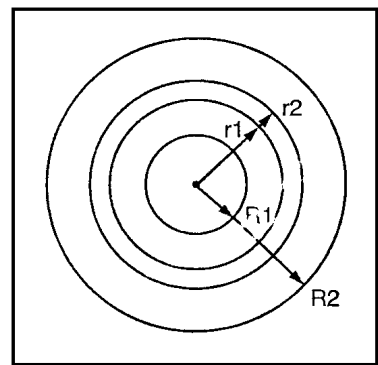
如何在覆盖结构、反覆盖结构等非梳状结构发射极图形上采取措施防止正偏二次击穿呢？因为这种图形结构是许许多多的小单元，在每一个发射极单元上做一个镇流电阻是不现实的。但是，可以顺着这条思路，在设计图形时，设计出一个等效的镇流电阻。

图 2 (a) 是普通的反覆盖结构的一个单元，图 2 (b) 则是引进等效镇流电阻概念设计的一个单元，图中以 R_1 为半径的圆是基极引线孔，以 R_2 为半径的圆外是发射区，图 2 (b) 中以 r_1, r_2 为半径的环所起的作用就等效于一个镇流电阻，它是

在发射区光刻时一起刻出的。



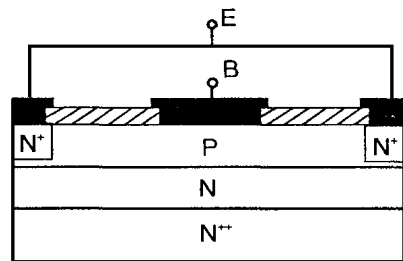
(a) 无环



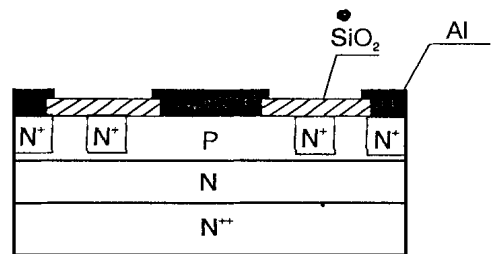
(b) 有环

图 2 反覆盖结构发射区示意图

为了便于说明问题，将与图 2 (a)、(b) 对应的单元的剖面结构示于图 3 (a)、(b) (以 NPN 管为例)。



(a) 无环



(b) 有环

图 3 反覆盖结构发射区剖面图

图3 (b) 与图3 (a) 相比, (b) 中 EB 结之间 B 区一侧多了一个 N^+ 环, 该环缩小了基区电流的通道, 增大了电阻, 其作用与场效应管中的沟道相似, N^+ 越深, 沟道越窄, 电阻越大。采用这种方法设计的器件正偏二次击穿耐量都明显提高, 其中一种器件无 N^+ 环时只能加 30W 左右的功率, 加了 N^+ 环后可达 60W 以上, 可见其作用之明显。

那么这个 N^+ 环是如何起作用的呢? 作为电流控制器件, 其发射极电流 I_E 是由基极电流 I_B 决定的; $I_E = \beta I_B$, β 是放大倍数。 I_E 过大结温过高将使发射极铝条熔断或向 PN 结扩散, 使 PN 结失效, 这是晶体管二次击穿现象引起的后果。

防止二次击穿的主要措施是围绕着使晶体管内部电流、功率分布均匀, 防止电流、功率密度过大的热点出现。造成功率管内部电流分布不均的因素是很多的, 而扩散结深不均匀和铝层电阻不均匀造成电流分布不均可能是造成正偏二次击穿的主要因素。我们分析认为, N^+ 环的作用就是限制这种因工艺等原因造成的电流分布不均匀, 从而提高抗二次击穿耐量。

以 N^+ 环改善铝层电阻不均匀造成的电流分布不均匀为例子来说明 N^+ 环是如何起作用的: 由于铝层电阻不均匀, 首先造成基极电流在芯片上的分布也不均匀, 进而造成发射极电流分布的不均匀 ($I_E = \beta I_B$), 设由于铝层电阻不均匀造成某一单元基极电阻异常为 $R_b + R_n$ (R_n 可正可负), 而正常单元电阻为 R_b , 设 B、E 两极之间的电压为 V_{BE} , 未加 N^+ 环时:

正常单元上基极电流为 $I_b = V_{BE} / R_b$

异常单元上基极电流为

$$I_b - I_b = V_{BE} / (R_b + R_n)$$

$$I_b = V_{BE} \cdot R_b / [R_b (R_b + R_n)]$$

加了 N^+ 环后, 设 N^+ 环所增加的电阻为 R_n ,

正常单元上基极电流为 $I_b = V_{BE} / (R_b + R_n)$,

异常单元上基极电流为 $I_b - I_b = V_{BE} / (R_b + R_n + R_n)$,

$$I_b = V_{BE} \cdot R_b / [(R_b + R_n) \cdot (R_b + R_n + R_n)]$$

可见加了 N^+ 环后, 异常单元上电流的变化量比不加 N^+ 时减小了。这说明, 加了 N^+ 环后改善

了由于铝层电阻不均匀造成的基极电流分布不均匀性, 进而也减小了发射极电流分布的不均匀性。 N^+ 环起作用的程度取决于其所带来的基极附加电阻 R_n 的大小, R_n 越大, 电流分布越均匀。 R_n 的大小由 N^+ 环的环宽和深度决定, 环越宽越深 R_n 越大。

同样, N^+ 环也可以改善因为扩散结深不均匀造成的电流分布不均匀: 扩散结深不均匀的综合效果就是基区宽度不一样, 从而造成放大不一样, 同时也造成基区电阻不均匀, 基区电阻不均与由铝层电阻不均引起的电流不均匀原理是相同的, 这里只对 N^+ 环改善扩散结深不均匀造成的不一样引起发射极电流分布不均匀性作一讨论: 设基区宽度为 W 时放大为:

无 N^+ 环时发射极电流 $I_e = I_b = \beta \cdot V_{BE} / R_b$

有 N^+ 环时发射极电流 $I_e = \beta \cdot V_{BE} / (R_b + R_n)$

基区宽度由 W 到 $W - \Delta W$ 时放大为 β :

无 N^+ 环时发射极电流 $I_e + \Delta I_e = (\beta + \Delta\beta) \cdot V_{BE} / R_b$

有 N^+ 环时发射极电流 $I_e + \Delta I_e = (\beta + \Delta\beta) \cdot V_{BE} / (R_b + R_n)$

基区宽度由 W 到 $W - \Delta W$ 发射极电流变化量:

无 N^+ 环时 $I_e = \beta \cdot V_{BE} / R_b$

有 N^+ 环时 $I_e = \beta \cdot V_{BE} / (R_b + R_n)$

可见, 加了 N^+ 环后, 因不均匀造成的发射极电流的不均匀性减小了。

综上所述, 加了 N^+ 环后, 因铝层电阻不均或因扩散结深不均等造成的电流不均匀性都得到了改善, 根本原因则在于 N^+ 环在基极引进了一个附加电阻, 通过控制基区某些参数来减小发射极电流变化量, 其作用类似于发射极镇流电阻的作用, 因而可以称这为等效镇流电阻。

4 结束语

我们以音响用低压大电流器件的功率容量为研究对象, 以提高正偏二次击穿耐量为突破口, 引进了等效镇流电阻的概念, 在 NPN 管、PNP 管基区设计一个 N^+ 环、 P^+ 环, 大幅度提高了器件抗二次击穿的能力。