

半桥式功率输出级中高速低功耗低侧管的实现

杨洪强, 陈星弼

(电子科技大学微电子所, 四川成都 610054)

摘要: 本文提出了一种动态地控制 IGBT 阳极短路的结构, 并把这种结构用于具有高低侧驱动和半桥式功率输出级的功率集成电路低侧管中. 这种结构使得功率输出级低侧管导通时工作于 IGBT 模式, 关断过程中工作于 MOS 模式, 因而具有导通压降小、关断速度快的优点, 有效地解决了功率管导通电阻和关断速度之间的矛盾. 在不改变工艺, 不降低耐压, 不增加电路元件的前提下, 实现了低侧管的高速低功耗.

关键词: 功率集成电路; 动态控制阳极短路; 高低侧驱动; 半桥式功率输出; 低侧管; 关断时间; 导通压降
中图分类号: TN322+.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112(2001)06-0814-02

Realization of a Low-Side Device with High Speed and Low Power Dissipation in Half-Bridge Power Output Section

YANG Hong qiang, CHEN Xing-bi

(Research Institute of Micro Electronics, University of Electronic Science and Technology, Chengdu, Sichuan 610054, China)

Abstract: A structure with dynamically controlled anode short is brought forward, and can be used in the low side device of power IC with high side and low side drive and half bridge output section. By using this structure the low side device can operate in IGBT mode while on and in MOS mode while turning off. This makes it a low forward voltage drop and high switch speed, and resolves the contradiction between on resistance and turning off time effectively. Then a low side device with high speed and low power dissipation is realized without depressing breakdown voltage, changing process and additional circuit devices.

Key words: power IC; dynamic controlled anode short; high side and low side drive; half bridge power output; low side device; turning off time; forward voltage drop

1 引言

功率集成电路在马达控制、电子镇流器、汽车电子、平板显示、开关电源等领域有广泛应用, 而功率输出级是其中一个很重要的部分. 目前功率输出管多采用功率 MOS 或 IGBT. 在 BCD 技术中常采用的垂直型功率 MOS, 其击穿电压 V_B 与比导通电阻 R_{on} 之间有着固有矛盾, 由前人的工作可知, 在最佳的条件下, 比导通电阻 R_{on} 为: $R_{on} = 8.3 \cdot 10^{-9} \cdot V_B^2 \cdot \Omega \cdot \text{cm}^2$. 两者的这种极限关系限制了 MOS 器件在高压、大电流领域的应用. 值得注意的是, 作者之一提出的新型复合耐压层结构专利^[5]突破了上述极限, 使两者的关系变为^[4]:

$$R_{on} \propto V_B^{3.2}$$

Siemens 制造出的 COOLMOS^[6] 也从实验上验证了这一思想的正确性. 另一种常用的功率管 IGBT 实际是一个 MOS 控制的双极晶体管, 靠电导调制作用导电, 因此不存在耐压和导通电阻之间的矛盾. 但是, IGBT 正向导通期间, 阳极向漂移区注入大量少子, 在降低导通电阻的同时也造成器件关断时明显的电荷储存效应, 大大延长了关断时间. 目前减小 IGBT 关断时间较有效的措施是阳极短路, 为非平衡载流子提供一个抽取通道. 这种方法虽然减少了关断时间, 但也增加了导通电阻.

有没有一种方法能同时减小导通电阻和关断时间呢. 前面所述的利用复合耐压层降低功率 MOS 比导通电阻、提高耐压的方法, 一般在工艺上与 CMOS 不兼容, 不利于控制电路和功率输出级的集成. 本文提出一种关于横向器件导通电阻, 耐压和开关时间的解决方案. 功率集成电路结构的特殊性为这一问题提供了一条解决途径. 我们可以利用功率集成电路中驱动信号的特点, 在工艺与 CMOS 全兼容, 不增加电路元件, 不改变耐压的前提下, 实现半桥式功率输出级低侧管的高速低功耗.

2 半桥式输出级驱动信号的特点

半桥式输出级驱动信号由两路构成: 低侧 V_{GL} 和高侧 V_{GH} . 如果不考虑过压过流保护, 死区控制等, 驱动电路原理图如图 1 所示. 其中 $PM1$ 、 $PM2$ 是构成半桥式功率输出级的两个 N 沟管. 高低侧驱动信号 V_{GH} 、 V_{GL} 及输出端 V_{out} 的波形如图 2 所示.

仔细分析 V_{GL} 和 V_{GH} 的波形之后, 我们提出了如下解决方案: 用 V_{GH} 实现低侧管的动态控制阳极短路, 使之导通时工作在 IGBT 模式, 关断过程中工作在 MOS 模式, 这样就实现了低侧管的高速低功耗.

