

飞兆半导体特稿

2009年6月

汽车功率密度推动封装技术的创新

作者: Sergio Fissore

随着市场对大功率应用的需求增长,功率电子产品封装技术的发展呈现出新的发展趋势,而汽车市场正是这一趋势的强大推动力量。汽车内部各种功能不断地电气化(electrification),比如电动助力转向系统(Electric Power Steering)、起动机和发电机、空调、水泵乃至牵引电机驱动等,致使对功率的需求日益增加,因此需要能够利用功率模块而非分立式组件来实现的新型解决方案。虽然在理论上大功率逆变器和DC/DC转换器均可以采用并联分立式组件来设计,但在实际的实施却存在着巨大的困难,因此设计人员必须寻找替代方案。将功率器件并联不但会增加系统体积,而且最严重的是制造工艺的变异性会导致扩散性热破坏。此外,并联器件中存在电气参数和热阻抗的差异。

替代解决方案的目标是限制并联器件的数量,或者采用功率模块以避免器件并联。替代方案还有助于解决功率器件并联的若干其它限制问题,(例如本身晶元尺寸的限制),散热能力限制与安装方法有关(散热器上的夹子和贴片是利用夹片固定在散热片,或利用散热器上的导孔与PCB焊接等)。对于低压应用,电流处理越来越多地受到封装而非硅器件的限制。这是一种与过去不同的新现象,但由于技术的进步降低了导通阻抗,乃至芯片本身的电流处理能力,故限制因素开始向封装转移。这些器件与用于保护的热敏电阻的热耦合受限。其电路更复杂,导致寄生阻抗和电抗增加,从而使得EMI更高。此外,EMC滤波器的功效也可能受限,因为它们无法放置在开关的正对面。

功率模块具有的灵活性能够克服或减少许多限制,并足以证明其物有所值。汽车效率的提高可以补偿油价的攀升,这推动了对混合动力车辆(HEV)和电动车辆(EV)的需求。这些应用不但对功率电子的要求更严苛,而且还对上述分立式组件的诸多限制提出了挑战。新的解决方案必须采用功率模块,而传统技术已不敷所用。近年来,大尺寸和大散热量的要求已催生了功率模块封装技术的一次革命,推动了巨大的创新。这些新兴的技术必须解决可靠性和成本方面的难题。

这些带有特大尺寸器件的功率模块需要更低的相关材料间热膨胀系统 (CTE) 失配，需要全新的合金和焊接工艺，以提供出色的可靠性。大尺寸器件包含缺陷的可能性也越大，这会造成良率降低，单位面积价格上升。晶圆制造工艺必需不断提升以进一步加强这种缺陷密度的能力。例如，如果每块晶圆有10 个缺陷，且晶圆包含 10000 个器件，那么良率损耗为 0.1%；但若晶圆只包含 100 个大器件，良率损耗则为 10%，因此必须减少每块晶圆上的平均缺陷数量。

对于这么大的器件，其在尺寸和成本方面的限制要求较高，所以在改进功率模块的热设计和电气设计方面的投资无疑是正确的。硅器件的尺寸取决于它在最差工作条件下能够耐受的最大温度，因此，能够提高热传输性能、降低瞬间温度峰值的封装设计会变得越来越受欢迎。例如，同时具备电气连接和散热用途的双面冷却和互连技术将获广泛采用。

寻找新解决方案的动力将会持续一段时间，并将推动轻便的新材料、新基板 (如 AlN、SiN 以及通过采用纳米技术增大导体厚度的厚膜基板) 和新焊接技术的出现，从而进一步缩小尺寸，改善散热性能，并增强可靠性。随着 HEV 的数量不断增多，规模经济将大大降低这些新材料的成本，使其成为当今汽车应用更高成本效益的解决方案。