

# 功率半导体:新封装新材料提升能效

本报记者 陈炳欣

随着世界各国对节能减排的需求越来越迫切,如何降低电子电器产品的高能耗成为眼下的热点话题之一。5月16日,国务院常务会议安排265亿元资金,对符合节能标准的平板电视、空调、冰箱、洗衣机等产品进行补贴,就体现出国家在此问题上的政策导向。而要想实现家用电器等电子电器产品的节能降耗,功率半导体是不可缺少的元器件产品,如IGBT(绝缘栅双极晶体管)、MOSFET(金属-氧化物-半导体场效应晶体管)和FRD(快恢复二极管)等均属于该领域的重要产品。作为半导体产业中仅次于大规模集成电路的另一大分支,功率半导体在降低电路损耗和提高电源使用效率中,发挥着重要的作用,可说是信息技术与先进制造之间的桥梁。

随着世界各国对节能减排的需求越来越迫切,功率半导体器件正从传统的工业控制和4C领域向新能源、轨道交通、智能电网、变频家电等诸多产业迈进。因此关注功率器件行业的技术发展趋势,促进相关行业的发展至关重要。而从近日召开的PCIM ASIA 2012(电力电子、能源管理、可再生能源、智能运动)展上可以看出,当前行业内主流公司在产品开发上越来越多体现出小型化、高可靠的特点,此外采用先进封装技术和新型SiC材料也是主要关注对象。

## 产品开发关注可靠性与散热性

家电中应用的功率半导体,小型化、更高的可靠性和散热性将是非常重要的特性。

“如何在保证温升小(功耗小)的基础上,实现更高的能源转换效率是功率半导体技术开发的主题。”这是北京工业大学教授亢宝位在向记者讲解时重点提出的。不过,从近两年功率半导体产品开发趋势上看,由于变频家电越来越普及,越来越多的IGBT等产品被应用其中,特别中国现已成为全球家电产品的生产基地,家电业在年产值达到6000亿元的同时,家电产品的耗电量也超过了中国总耗电量的15%,家电节能成为节能减排首当其冲的对象。而功率半导体在家电中应用,小型化将是一个非常非常重要的特性。为此,很多功率半导体企业近年来在产品的小型化上,下足了功夫。

对此,三菱电机董事技术总监谷口丰聪即指出,在功率半导体最新的技术发展方面,IGBT芯片技术一直在进步。三菱电机开发的第三代IGBT是平板型的构造,第四代是沟槽型的构造,第五代成为CSTBT,第六代实现超薄化,目前正在开发的第七代IGBT,试图把CSTBT的构造进一步微细化和超薄化,以改善关断损耗对饱和压降的折中比例,提高功率半导

## 专家观点

### 三菱电机董事技术总监谷口丰聪博士

## 智能功率模块体积将与iPhone看齐

功率半导体器件的一个技术趋向是朝薄型化发展。比如DIPIPM是家电变频器的核心部件。目前,大量应用在空调、洗衣机、地热、洗碗机等产品之中。以空调为例,用了变频器以后,室内的温度可以发出信号给室外机进行调节,可以使室温保持在一定的温度,同时又达到节能的效果。而我们不断将半导体的厚度越做越薄,称为薄型化,这样日后的IPM厚度可能跟iPhone差不多。

### 北京工业大学教授亢宝位

## 功率器件慎走设计与代工分开路线

功率半导体器件是指能承受较大电流和电压的半导体器件,它可调整电机的工作速率,在降低电路损耗和提高电源使用效率等方面具有非常重要的作用,可说是信息技术与先进制造之间的桥梁。IGBT(绝缘栅双极晶体管)VDMOS(垂直双扩散金属-氧化物半导体场效应晶体管)和晶闸管等均是功率



体的性能。此外,三菱推出的应用于变频家电的第五代DIPIPM,特点之一即为超小型。DIPIPM为变频家电功率转换部分的核心元件,通过集成功率器件及其驱动保护芯片,可减少电力损耗,达到节能效果。以变频家电为例:变频空调比定速空调节电20%~30%;变频冰箱比常规冰箱节电50%左右;变频洗衣机比常规洗衣机节电50%左右,在节水方面变频洗衣机比常规洗衣机节水30%~50%左右。

高可靠性也是近年来业界产品开发中关注的重点。因为受环保意识提高的影响,混合动力汽车(HEV)和电动汽车(EV)等市场不断扩大。而汽车有着很高的安全性要求,因而对于汽车马达驱动的功率半导体模块的可靠性要求超出普通工业用途,为此很多企业在此市场时,也非常强调可靠性。如日前博世公司即推出用于混合动力汽车和纯电动汽车的逆变器的IGBT半桥模块MH6530C和MH6560C。

博世公司工作人员告诉记者,这两款产品是为混合动力汽车和纯电动汽车而设计的,HEV和EV都需要处理高强度电流,而空间是有限的,因此散热是至关重要的,可确保其可靠性。MH6530C和MH6560C比传统的工业功率封装体积小很多,热接触性能非常出色。

在大电流功率模块中,良好的散热性与可靠性也非常重要。如三菱电机最新开发的新MPD系列IGBT模块,在PCIM ASIA 2012中亮相,受到业界关注。新MPD系列IGBT模块外型紧凑,采用新型无焊接Al基板,提供更高的温度循环能力。

针对大电流专用的内部结构采用专门的封装,内部封装电感低。采用低损耗的CSTBT硅片技术制成的第6代IGBT模块,有更宽的安全工作区,其硅片最高结温可达175℃,硅片运行温度最高可达150℃。为了提高散热效率,新MPD专为水冷散热系统设计,从而提高产品的性能。适用于大电机驱动、分散式电力发电(如风力发电)及大功率UPS等场合。

多。而在里面加载更多功能,从以往的功能单一化转成多样化。

目前功率半导体器件在新能源汽车中的运用也被不断探索。在三菱新成立的汽车元件开发部门中,集中了公司最擅长汽车元件开发的人才,同时把封装、产品检验、产品制造技术开发的人才也都接给新的部门,在公司的地位得到提高,形成了有利于开发新汽车器件的体制。

面对电动汽车市场,日前三菱推出

## 功率器件慎走设计与代工分开路线

功率半导体器件是半导体产业中仅次于大规模集成电路的另一大分支,但是在产业发展过程中,若像集成电路产业一样,走设计与代工分开路线,这在功率器件行业是不恰当的。从国际经验来看,集成电路行业设计与代工分工非常普遍,世界上存在着大量的IC设计公司,它们在完成电路设计后,把产品交到代

### 封装技术将摒弃绑定线

SKiN技术摒弃了绑定线、焊接和导热涂层,采用柔性箔片和烧结连接。

封装是功率半导体器件中一个非常关键的技术,它关系到功率半导体器件是否能形成更高的功率密度,能否适用于更高的温度、拥有更高的可用性、可靠性,更好地适应恶劣环境。功率半导体器件的封装技术特点为:设计紧凑可靠、输出功率大。其中的关键是使硅片与散热器之间的热阻达到最小,同样使模块输入输出接线端子之间的接触阻抗受到损害。过去25年中,绑定线一直是连接芯片和DBC基板的主要方法。但据赛米控公司相关人员向记者介绍,正因绑定线连接达不到技术进步所带来的更高电流密度要求,意味着产品的可靠性受到损害。目前该公司开发出一种革命性的功率半导体封装SKiN技术,它摒弃了绑定线、焊接和导热涂层,采用柔性箔片和烧结连接。与采用标准绑定线连接技术所实现的1.5A/cm<sup>2</sup>电流密度相比,新技术的电流密度实现了倍增,达到3A/cm<sup>2</sup>。因此,采用该技术的逆变器体积可以减少35%。

赛米控公司表示新技术带来了更高的电流承载能力和10倍的功率循环能力。这对于过去使用限制性绑定线连接的电力电子技术来说是不可想象的。新的封装中,烧结金属箔片取代了芯片上的绑定线,芯片的下部烧结在DBC基板上。此封装具有更佳的芯片热连接和电气连接性能,因为烧结层比焊层的热阻小。烧结层的整个表面与芯片相连,而接合线只在接触点与芯片相连。得益于新封装技术提供的高负载循环能力,器件可以运行在更高的温度下。有了SKiN技术,现在有可能将一个3MW的风力发电转换器放进一个开关柜中。另一个例子是用于混合动力汽车和电动汽车的90kW转换器,该转换器的体积比当今市场上最小的转换器还小35%。

三菱电机的产品不断更新换代。关于换代产品的创新与继承,从硅器件的第一代到第六代甚至第七代,都没有超出改进范围。通过对上一代产品的改进,可为客户带来更多新价值。比如第三代J系列IPM,在上面搭载驱动和保护电路。如果客户有自行开发驱动电路的能力,我们就提供没有驱动跟保护电路的功率器件的J系列T-PM,其特点是紧凑、体积小。

三菱电机的产品不断更新换代。关于换代产品的创新与继承,从硅器件的第一代到第六代甚至第七代,都没有超出改进范围。通过对上一代产品的改进,可为客户带来更多新价值。比如第三代

### 2011年全球主要地区 IGBT 市场份额

亚洲(除日本)	37%
日本	29%
欧洲	25%
美洲	9%

### SiC 功率器件脚步临近

硅材料的节能能力已接近极限,部分企业把注意力放到碳化硅材料上。

SiC材料的采用也是功率半导体器件的主要技术趋势之一。以前功率半导体器件都采用硅材料,但业内人士认为硅材料的节能能力已经接近极限,因此部分企业开始把注意力放到碳化硅材料的开发上。对此,谷口丰聪即指出,碳化硅功率器件有四大优点:第一,工作温度范围比较大,在高温下也可工作;第二,低阻抗、耐高破坏性;第三,可高频工作;第四,散热性好。碳化硅的功率器件用在系统上有很多好处,功率的密度可以更高,体积可以更小,更加耐高电压,设计容易,总体来讲可以提高功率半导体的效率,运用的领域可以更加广泛,更为方便。因此,三菱电机利用碳化硅生产出来的第一个产品,就是使用在高铁上的变频器、家用空调上的DIPIPM和风力发电逆变器上的MOSFET器件。三菱电机在2010年在世界上首先开发成功搭载驱动电路和保护电路的全碳化硅IPM,与采用硅材料的IPM相比,电力消耗减少70%、器件体积减少50%。另外,三菱目前也将搭载碳化硅二极管的功率器件用于家用空调,并使之商品化,已在日本销售。

罗姆半导体也于2010年4月开始SiC-SBD的量产,2010年12月开始SiC-MOSFET的量产。罗姆认为,SiC器件应用会在2012年走热。一直以来,罗姆积极推进沟槽型SiC-MOSFET等产品的研究开发,通过将其量产化,早于其他公司率先推出领先一步的SiC元器件。罗姆认为电动汽车、混合动力汽车等也是SiC可以发挥的领域,对于新能源汽车来说,在控制方面电气不可或缺。总之,碳化硅有着优良的物理和电气特性,可期待在电力变换容量、低耗等方面超越硅材料。

## IC 观察

功率半导体在产品节能中发挥着巨大的作用。在可预见的将来,无论是水电、核电、火电还是风电,甚至各种电池提供的化学能,将是人类消耗的最重要能源。但是75%以上的电能应用需由功率半导体进行变换以后才能供电子设备使用,而且功率半导体还能使电能的利用更高效、更节能、更环保,给使用者提供更多的方便。因此,功率半导体的发展应用前景将非常广阔。应用范围正从传统的工业控制领域——4C领域(计算机、通信、消费类电子产品和汽车电子)扩展到国民经济与国防建设的各个领域。

尽管我国拥有国际上最大的功率半导体市场,但是目前国内功率半导体产品的研发与国际大公司相比还存在很大差距,特别是高端器件差距更加明显。以IGBT为例,核心技术均掌握在发达国家企业手中,IGBT技术集成度高的特点又导致了较高的市场集中度。跟国内厂商相比,英飞凌、三菱电机、富士电机和日立等国际厂商占有绝对的市场优势。形成这种局面的原因,一是国际厂商起步早,研发投入大,尤其是在传统的硅半导体领域形成了专利壁垒。二是国外高端制造业水平比国内要高很多,一定程度上支撑了国际厂商的技术优势。中国功率半导体产业的发展必须改变目前技术处于劣势的局面,特别是在产业链上游层面取得突破,改变目前功率器件领域封装强于芯片的现状。

总体来看,当前功率半导体的技术发展方向是:第一,碳化硅芯片的采用;第二,功率半导体里面搭载的各种功能;第三,在封装技术上,通过摒弃了绑定线,使功率半导体的寿命更长、稳定性更好、功率密度更大。因此,我国功率半导体企业需要认清技术发展趋势,加强技术力量的引进和消化吸收,以市场带动设计,以设计促进芯片,以芯片壮大产业,加大国内功率半导体技术的创新力度和提高产品性能,从而满足市场需求,促进功率半导体市场的健康发展以及国内电子信息产业的技术进步与产业升级。

### 2007-2011年全球功率器件市场规模与增长

	销售额(亿美元)	增长率
2007	253	3.10%
2008	259.2	2.40%
2009	220.8	-14.8%
2010	293.2	32.80%
2011	305.5	4.20%

2011年全球功率器件市场与2010年相比,市场规模增长4.2%,增速在经历了2010年爆发式增长后有所放缓,主要是受到日本地震、泰国洪水以及欧洲债务危机和全球经济不景气等因素影响。

### 2007-2011年中国功率器件市场规模与增长

	销售额(亿元)	增长率
2007	762.3	13.30%
2008	821.8	7.80%
2009	780.4	-5.0%
2010	1015.1	30.10%
2011	1067.9	5.20%

中国目前是全球最大的功率器件应用市场,但2011年中国电子信息产品的出口较2010年有所下滑,功率器件市场较2010年同期增长5.2%,在市场增速放缓的情况下,市场规模再创新高,达到1067.9亿元。

### 2011年中国功率器件市场产品结构

产品分类	所占比例	增长率
电源管理IC	38.5%	6.2%
大功率晶体管	12.6%	3.2%
MOSFET	30.0%	5.3%
IGBT	5.1%	7.8%
其他	13.8%	3.4%

从产品结构上看,电源管理IC和MOSFET是两类最大的产品,二者所占市场比例达68.5%。从增长速度看,IGBT和电源管理IC的增速相对较快,分别为7.8%、6.2%。

(数据来源:赛迪顾问)

## 国产功率半导体芯片亟待突破

万林