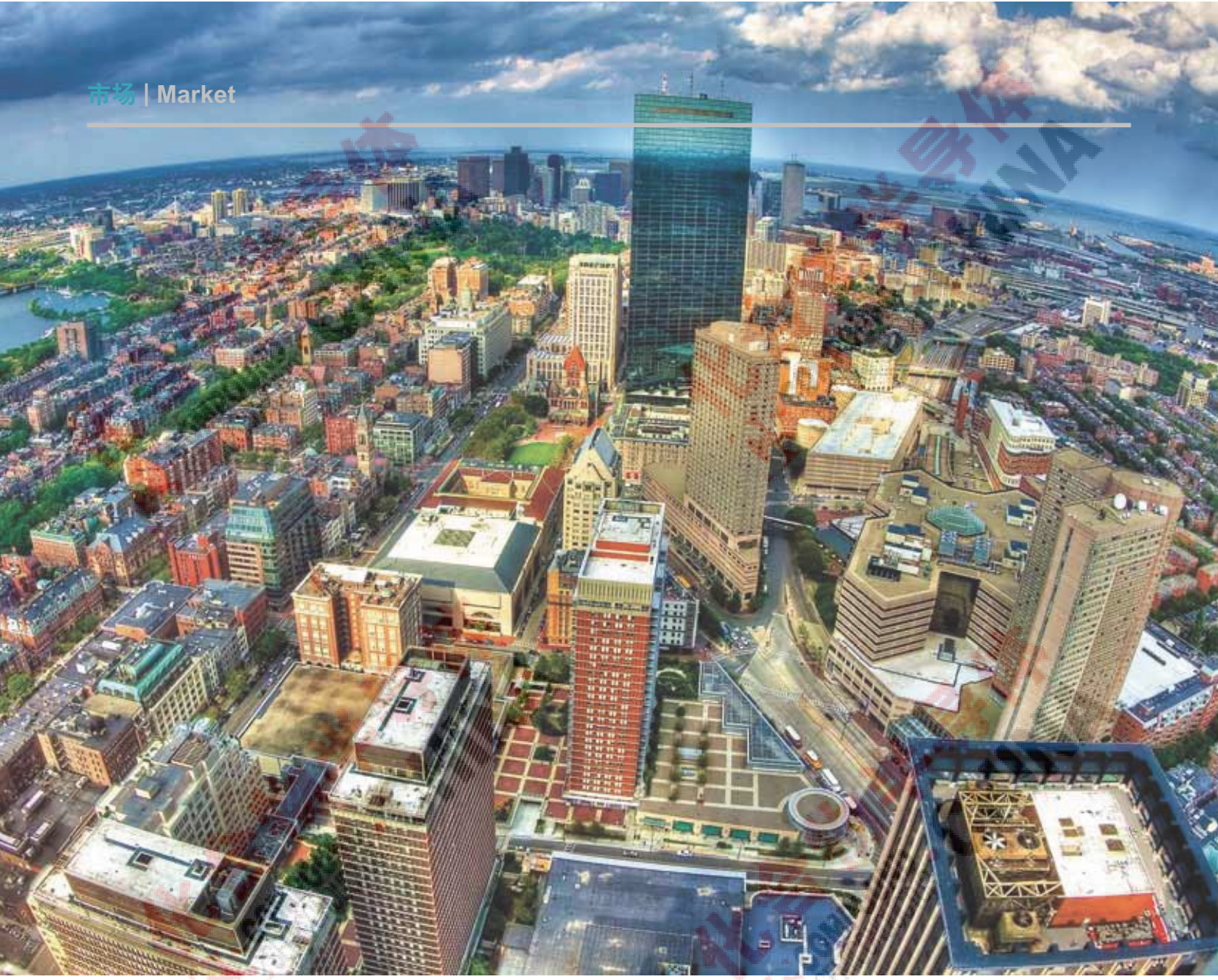

改变 GaAs 行业的格局

在今年的化合物半导体制造技术国际会议 (CS Mantech) 上，给与会者突出的印象是：主要 GaAs 芯片制造商市场份额的起伏不定、外包业务量的增长、新型 BiHEMT 和 HBT 制造工艺的推出，以及 pHEMT 的黯淡前景。Richard Stevenson 报道。

想要准确地描绘今年 CS Mantech 会议的基调是一件很费脑筋的事。对于专程于 4 月 23-26 日间前往美国波士顿的与会代表来说，“平静的乐观”很可能是反映其感受的最佳词汇了。他们了解到，GaAs 器件销售令人难以置信的强劲增长近期已经结束了，不过，在未来几年里 GaAs 器件的出货量应继续保持稳步小幅增长的态势，相关厂商可从中得到一定的安慰。支持这种观点的数据由来自 Strategy Analytics 公司马萨诸塞州 Newton 办事处的 Eric Higham 提供。按照他的说法，GaAs 器件市场规模于 2010 年惊人地跃升了 35%，总值达到了近 50 亿美元。自 2000 年以来，全球 GaAs 芯片销售如此大幅度的增长这还是第一次，当时的情况是困难局面接踵而至。新千年之际的互联网经济泡沫破灭造成了销售收入的大幅下挫，产品库存大量积压，直到 2008 年全球 GaAs 器件的销售收入才恢复到接近 2000 年时的峰值水平。

然而这一次的繁荣之后则不太可能是泡沫。占 GaAs 器件营业收入大部分的手机其销售状况良好并有望继续增长，而且预计手机中此类芯片的使用量也将增加。上述情况使 Higham 和他的同事们做出了一种初步的预测：以 2011 年的

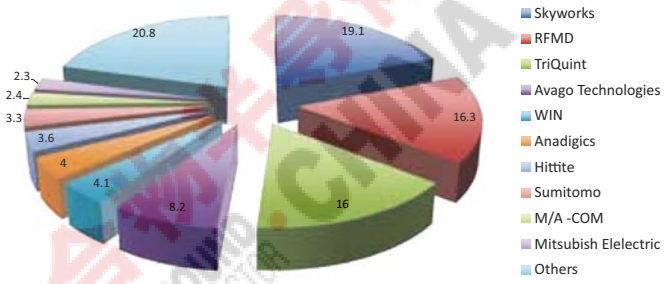

图1: Strategy Analytics提供的数据显示：2010年，美国三大GaAs芯片制造商Skyworks、RFMD和TriQuint在总市场中所占的份额超过了50%，价值达到了54.5亿美元（包括芯片代工厂的销售收入）。

52 亿美元收入为起点，一直到 2015 年，GaAs 器件的销售收入将以 6% 的复合年增长率持续攀升。

多年以来，RFMD 和 Skyworks 两家公司一直在为占据 GaAs 器件销售收入的首位而竞争。Strategy Analytics 先前提供的数据显示：Skyworks 在 2008 年有了迅猛的发展，而 Higham 在其谈话中公布的最新数据则表明：这家芯片制造商目前已取得了明显的领先。根据他提供的数字，2010 年 Skyworks 的市场份额为 19.1%，而 RFMD 则为 16.3%(见图 1)。时间很快到了去年 (2011 年)，这个排名发生了重大的变化，Skyworks 的市场份额窜升至 22%，而 TriQuint 则以 15.1% 的市场占有率取代 RFMD 居第二位，RFMD 这家总部位于格林斯伯勒 (Greensboro) 的公司其市场份额只有 12.4%。Higham 还重点提及了磊晶晶圆外包生产的发展趋势。2011 年间，这个目前被 WIN Semiconductors 公司所垄断的市场其规模增长到了 6 亿美元。

在手机行业中，迄今为止最大的变化就是智能手机销售的惊人增长。在 2010 和 2011 年中，此类高级手机的出货量暴涨了 68%，季度环比的变化量差异显著。

Higham 解释说：“在 2011 年当中，上半年的增长率的确达到了 80%，下半年则降至仅有 40%。”虽然这种快速增长是不可持续的，但 Higham 仍然预计：智能手机的出货量将继续保持两位数的百分比增长到 2014 年。而到 2015 年，这种高级手机的销售量将占到各类移动电话总销量的一半以上。

无线基础设施为 GaAs 芯片销售的增长提供了另一个契机。Higham 和他的同事们通过追踪调查后发现：发送功率为 0.25W 到 10W 的微蜂窝和毫微蜂窝基站的部署量呈上升之势。传统基站市场采用具有 40W 至 80W 输出功率的发送器，居主导地位的是硅 LDMOS 脉冲功率器件。不过，Higham 断言：在功率较低的情况下 GaAs 器件更具吸引力。

实现全面集成

Skyworks 公司总裁兼首席执行官 David Aldrich 在 CS Mantech 大会上就手机市场发表了自己的观点。他与 Hignam 的意见一致，认为手机中 GaAs 芯片的平均使用量正在不断增加：一部 2G“功能型”手机其内含的 GaAs 芯片的总价值或许不到 1 美元，而一部智能手机所使用的 GaAs 芯片的总价值则有可能超过 10 美元。据 Aldrich 称，后一种手机销量的节节攀升将推动 RF 芯片的整个潜在市场以每年 15% 的速度增长。

市场上的这种成长势头对于标准的融合并没有产生任何的促进作用。Aldrich 解释说：“每个基带伙伴对于其希望的前端配置都有着不同的观点。”

与此同时，手机制造商们的愿望一如既往地“执着”，简单地说就是：获得功能更多、占板面积更小的芯片产品。而且，根据 Aldrich 和 Prismark Partners 公司提供的数据，他们的愿望似乎正在逐步地得以实现。3G 手机用功率放大器 (PA) 自 8 年前面市以来，其占板面积以 13% 的复合年递减率不断缩小，而基带芯片的尺寸缩减速度则更快，每年的降幅达到了 16%。

Aldrich 指出：多频段、多模式 PA 将成为智能手机中用量日渐增加的产品之一。Skyworks 已开发出一款能使用多达 17 种频段并支持诸如包络跟踪等新功能的此类产品。这项能够延长电池续航时间的技术对输送至功率晶体管最后 RF 级的电压进行动态调节，因而可以跟踪信号包络。预计该技术的运用能够节省 200 mW 至 500mW 的电池功率，同时降低散热量并改善每个基站的 3G/4G 网络覆盖率。

涡轮增压晶体管 (Turbo-charging transistors)

来自中国台湾的芯片代工厂 WIN Semiconductors 在 CS Mantech 大会上详细介绍了两项新工艺：一项用于制造面向多模式、多频段 PA 的坚固型 InGaP/GaAs HBT，另一项则用于生产具有低导通电阻 pHEMT 且适合 LTE 应用的 Bi-HEMT。

WIN Semiconductors 正在开发的多模式、多频段 PA 将面向下一代手机和平板电脑，可支持各种不同的无线标准。它们将使用 3G WCDMA/HSPA 和 4G LTE 允诺的较高数据速率，同时还可后向兼容现有的 2G GSM 和 2.5G GPRS/EDGE 标准。此外，它们还将采用坚固型 HBT，因而能够耐受由高电压、驻波比失配所引起的应力。

通过调整集电极设计以整合高的断态击穿电压和较大的通态击穿电压，WIN 改善了其 HBT 的坚固性。为了提供更好的防潮和防振动性能，用 SiN 薄膜取代了由聚酰亚胺制作的厚度较薄的薄膜。

还有一项变化就是从“金属指环绕发射极台面”的传统布局转向一种“去除了外部基本金属指”的配置。这通过缩小基极台面面积和提高功率增益而修整了基极 - 集电极电容 (见图 2)。

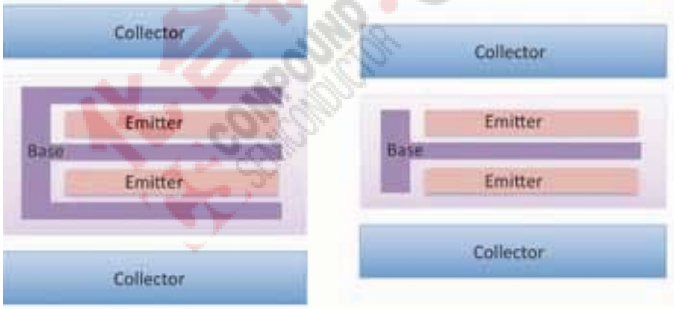

图2：WIN能够通过去除外部基本金属指(这道工序减小了基极-集电极电容并调整了基极台面面积)来提高由其HBT产生的功率增益。传统的HBT架构依靠微调基极台面面积。图中靠左侧的是传统型HBT架构；右侧的是先进的较高功率版本。

试验揭示了所有这些改变所带来的好处。针对集电极所做的改进并未影响功率增益或功效，却在坚固性评估中发现其可实现 50% 的集电极 - 发射极电压改善幅度（对于 360° 的全相旋转，电压驻波比固定在 10:1，而集电极 - 发射极电压则从 3.6 V 增加至器件失效电压，对于采用新工艺制造的 HBT 为 7.5 V，而使用标准方法制造的器件则为 5V)。同时，基极指面积有所减小的新型架构可在低于 3GHz 的频率条件下（用于手机的频谱范围）使增益略有提升。

更好的 BiHEMT

WIN 最新的 BiHEMT 工艺整合了 pHEMT 和 HBT，其设计用于具有两种状态的新一代 PA，一种是高功率模式；另一种则是手机最常见的工作状态，即低功率模式。通过优化这两种模式中的性能即可改善 PA 的功效。

这家单一业务的台湾芯片代工厂拥有两项已进行过商业发布的 BiHEMT 工艺（被称为 H2W 技术），与同类的独立型工艺相比，运用 BiHEMT 生产的 pHEMT 具有高得多的插入损耗。这一劣势必须克服，从而为双功率状态 PA 赢得市场——在低功率模式中，高插损会拉低放大器的功效，这反过来又将阻碍 H2W 工艺满足新兴标准（比如：4G 和 LTE）中的高线性度要求。为了调整插损，WIN 的工程师们开发了一种 H2W 工艺（此工艺运用了该公司最新的 BiHEMT 结构及其 HBT4 工艺），并将其与一种信号栅极凹槽工艺和优化的 pHEMT 磊晶结构设计配合使用。与前文所述经过改良的独立型 HBT 相似，这种新工艺也用较厚的 SiN 层替换了较薄的聚酰亚胺薄膜，并且有机会定义多个栅极，从而可满足高隔离度、高线性度开关应用的要求。

BiHEMT 的 HBT 部分的特性包括：1.27V 的典型接通电压、数值为 130 的 DC 电流增益以及分别为 28V 和 14V 的基极 - 集电极间击穿电压和发射极 - 集电极间击穿电压。同时，pHEMT 具有 0.95 Ωmm 的导通电阻，较之采用早先的 H2W 工艺时减小了 50%。为了评估 RF 开关的性能，WIN 的工程师们构建了一款采用 9 μm x 125 μm 单栅极器件的完整外围设计。插入损耗仅为 0.1 dB，比采用最初的 H2W 工艺时低了 0.05 dB。

pHEMT 的黯淡前景

一场讨论 pHEMT 未来前景的扫尾会议未能在浓重的失望气氛中发现一丝希望。与会者一致认为：手机中的开关将越来越多地采用某种形式的先进硅工艺（而不是 GaAs）来制作，而且这种趋势根本无法阻挡。尽管 GaAs 开关可提供最佳的性能水平，但它们的价格较为昂贵，而且当前向多掷开关发展的趋势有利于使用绝缘体上硅器件。

代表们在这次讨论中也研究了 pHEMT 的新商机，不过似乎没有哪一种商机是具有广阔前景的。例如：pHEMT 可用于制造 WiFi 产品，但其将不得不与各种各样的硅工艺展开竞争，而在化合物与硅的“交锋”当中，最终胜出的往往是后者。在汽车雷达市场上情况也很相似，这里，pHEMT 有了相当的用量（用于制作工作频率为 77GHz 的收发器），但其市场份额很可能会输给具有更高集成度的 SiGe 型芯片。

幸运的是，手机制造商并不会在一夜之间就突然停止生产采用 pHEMT 开关的手机款型，所以此类晶体管的销售量将在几年的时间里缓慢下降。在许多情况下，这些芯片制造商同时也采用 HBT 工艺，因此如果顺利的话，任何由此造成的收入损失都可由功率放大器销量的增长而得到补偿。在今后的几年里，使用此类晶体管制造的产品的销售的增长似乎是确定无疑的。CSC