

### 解读下一代视频压缩标准 HEVC(H.265)

在数字视频应用产业链的快速发展中，面对视频应用不断向高清晰度、高帧率、高压压缩率方向发展的趋势，当前主流的视频压缩标准协议 H.264(AVC)的局限性不断凸显。同时，面向更高清晰度、更高帧率、更高压缩率视频应用的 HEVC(H.265)协议标准应运而生。本文重点分析了下一代视频压缩协议标准 HEVC(H.265)的技术亮点，并对其在未来应用中将给整个产业带来的深刻变化予以展望。

H.264(AVC)从2003年5月草稿发布以来，凭借其相对于以往的视频压缩标准在压缩效率以及网络适应性方面的明显优势，逐步成为视频应用领域的主流标准。根据 MeFeedia 的数据，由于 iPad 以及其它新兴设备大多支持 H.264 硬件加速，至2011年底，80%的视频使用 H.264编码，并且随着支持 H.264解码的设备不断增多，这一占有率还将进一步增长。

但是，随着数字视频应用产业链的快速发展，视频应用向以下几个方向发展的趋势愈加明显：

I 高清晰度(Higher Definition)：数字视频的应用格式从720 P 向1080 P 全面升级，在一些视频应用领域甚至出现了4K x 2K、8K x 4K 的数字视频格式；

I 高帧率(Higher frame rate )：数字视频帧率从30 fps 向60fps、120fps 甚至240fps 的应用场景升级；

I 高压压缩率(Higher Compression rate )：传输带宽和存储空间一直是视频应用中最为关键的资源，因此，在有限的空间和管道中获得最佳的视频体验一直是用户的不懈追求。

由于数字视频应用在发展面临上述趋势，如果继续采用 H.264编码就出现的如下一些局限性：

(1) 宏块个数的爆发式增长，会导致用于编码宏块的预测模式、运动矢量、参考帧索引和量化级等宏块级参数信息所占用的码字过多，用于编码残差部分的码字明显减少。

(2) 由于分辨率的大大增加，单个宏块所表示的图像内容的信息大大减少，这将导致相邻的4 x 4或8 x 8块变换后的低频系数相似程度也大大提高，导致出现大量的冗余。

(3) 由于分辨率的大大增加，表示同一个运动的运动矢量的幅值将大大增加，H.264中采用一个运动矢量预测值，对运动矢量差编码使用的是哥伦布指数编码，该编码方式的特点是数值越小使用的比特数越少。因此，随着运动矢量幅值的大幅增加，H.264中用来对运动矢量进行预测以及编码的方法压缩率将逐渐降低。

(4) H.264的一些关键算法例如采用 CAVLC 和 CABAC 两种基于上下文的熵编码方法、deblock 滤波等都要要求串行编码，并行度比较低。针对 GPU/DSP/FPGA/ASIC 等并行化程度非常高的 CPU，H.264的这种串行化处理越来越成为制约运算性能的瓶颈。

为了面对以上发展趋势，2010年1月，ITU-T VCEG(Video Coding Experts Group) 和

ISO/IEC MPEG(Moving Picture Experts Group)联合成立 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)了联合组织，统一制定下一代编码标准：HEVC(High Efficiency Video Coding)。

HEVC 协议标准计划于2013年2月份正式在业界发布，目前整个框架结构已基本确定。截至2012年4月份，JCT-VC 联合工作组已经召开了第八次会议，并于2012年2月17日发布了第一版内部草稿《High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 6》，计划2012年7月发布第一版公开版草稿，在 H.264标准2~4倍的复杂度基础上，将压缩效率提升一倍以上。

下表列出了 HM4.0(HEVC 参考代码)相对于 JM18.0 BD-Rate 对比：

Video Sequence <sup>+</sup>	HM 4.0 HE Bit Rate Savings for Equal PSNR <sup>+</sup>		
	Random Access <sup>+</sup>	Low Delay <sup>+</sup>	All Intra <sup>+</sup>
Class A <sup>+</sup>	43% <sup>+</sup>		29% <sup>+</sup>
Class B <sup>+</sup>	44% <sup>+</sup>	48% <sup>+</sup>	26% <sup>+</sup>
Class C <sup>+</sup>	34% <sup>+</sup>	41% <sup>+</sup>	23% <sup>+</sup>
Class D <sup>+</sup>	32% <sup>+</sup>	38% <sup>+</sup>	18% <sup>+</sup>
Class E <sup>+</sup>		51% <sup>+</sup>	29% <sup>+</sup>
Average <sup>+</sup>	39% <sup>+</sup>	44% <sup>+</sup>	25% <sup>+</sup>
Average Encoding Time <sup>+</sup>	110% <sup>+</sup>	175% <sup>+</sup>	103% <sup>+</sup>
Average Decoding Time <sup>+</sup>	43% <sup>+</sup>	59% <sup>+</sup>	80% <sup>+</sup>

表1 HEVC 相对于 H.264的压缩效率提升数据列表

由表中数据可见，在 Low Delay 的情况下，HEVC(HM4.0)相对于 H.264比特率平均下降44%。

## 二、 HEVC(H.265)的技术亮点

作为新一代视频编码标准，HEVC(H.265)仍然属于预测加变换的混合编码框架。然而，相对于 H.264，H.265 在很多方面有了革命性的变化。HEVC(H.265)的技术亮点有：

### 1. 灵活的编码结构

在 H.265中，将宏块的大小从 H.264的16x16扩展到了64x64，以便于高分辨率视频的压缩。同时，采用了更加灵活的编码结构来提高编码效率，包括编码单元(Coding Unit)、预测单元(Predict Unit)和变换单元(Transform Unit)。如图1所示：

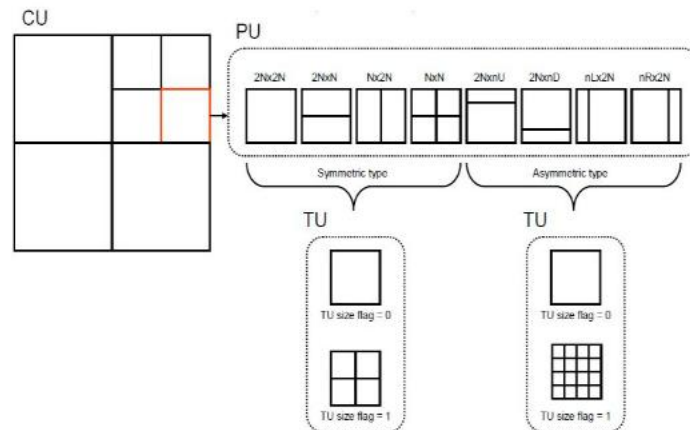


图1 编码单元(CU)、预测单元(PU)、变换单元(CU)

其中编码单元类似于 H.264/AVC 中的宏块的概念，用于编码的过程，预测单元是进行预测的基本单元，变换单元是进行变换和量化的基本单元。这三个单元的分离，使得变换、预测和编码各个处理环节更加灵活，也有利于各环节的划分更加符合视频图像的纹理特征，有利于各个单元更优化的完成各自的功能。

## 2. 灵活的块结构----RQT(Residual Quad-tree Transform)

RQT 是一种自适应的变换技术，这种思想是对 H.264/AVC 中 ABT(Adaptive Block-size Transform)技术的延伸和扩展。对于帧间编码来说，它允许变换块的大小根据运动补偿块的大小进行自适应的调整；对于帧内编码来说，它允许变换块的大小根据帧内预测残差的特性进行自适应的调整。大块的变换相对于小块的变换，一方面能够提供更好的能量集中效果，并能在量化后保存更多的图像细节，但是另一方面在量化后却会带来更多的振铃效应。因此，根据当前块信号的特性，自适应的选择变换块大小，如图2所示，可以得到能量集中、细节保留程度以及图像的振铃效应三者最优的折中。

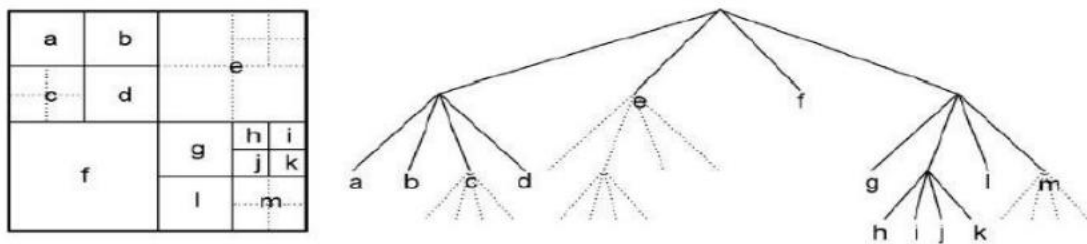


图2 灵活的块结构示意图

## 3、采样点自适应偏移(Sample Adaptive Offset)

SAO 在编解码环路内，位于 Deblock 之后，通过对重建图像的分类，对每一类图像像素值加减一个偏移，达到减少失真的目的，从而提高压缩率，减少码流。

采用 SAO 后，平均可以减少2%~6%的码流,而编码器和解码器的性能消耗仅仅增加了约2%。

## 4、自适应环路滤波(Adaptive Loop Filter)

ALF 在编解码环路内，位于 Deblock 和 SAO 之后，用于恢复重建图像以达到重建图像与原始图像之间的均方差(MSE)最小。ALF 的系数是在帧级计算和传输的，可以整帧应用 ALF，也可以对于基于块或基于量化树(quadtree)的部分区域进行 ALF，如果是基于部分区





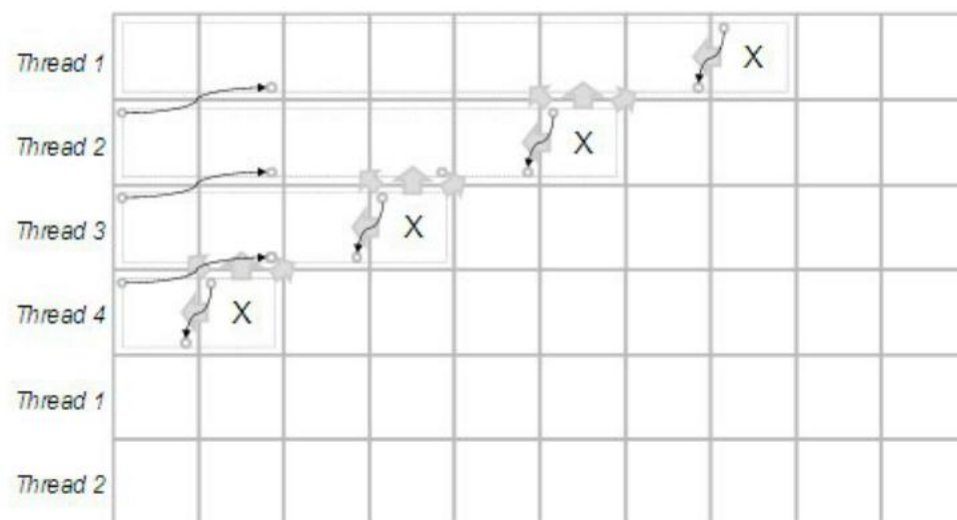


图5 WPP 示意图

## 6、H.264中已有特性的改进

相对于 H.264，H.265标准的算法复杂性有了大幅提升，以此获得较好的压缩性能。

H.265在很多特性上都做了较大的改进，如表2所示：

+	H.264 +	H.265 +
MB/CU 大小 +	$4 \times 4 \sim 16 \times 16$ +	$4 \times 4 \sim 64 \times 64$ +
亮度插值 +	Luma-1/2 像素 $[1, -5, 20, 20, -5, 1]$ + Luma-1/4 像素 $[1, 1]$ +	Luma-1/2 像素 $[-1, 4, -11, 40, 40, -11, 4, -1]$ + Luma-1/4 像素 $[-1, 4, -10, 57, 19, -7, 3, -1]$ + Luma-1/4 像素 $[-1, 3, -7, 19, 57, -10, 4, -1]$ +
MVP 预测方法 +	空域 MVP 预测 +	空域+时域 MVP 预测 + AMVP\Merge +
亮度 Intra 预测 +	$4 \times 4 / 8 \times 8 / 16 \times 16$ : 9/9/4 模式	34 种角度预测 + + Planar 预测 DC 预测 +
色度 Intra 预测	DC, Horizontal, Vertical, Plane +	DM, LM, + planar, Vertical, Horizontal, DC, diagonal +
变换 +	$DCT4 \times 4 \times 8 \times 8$ +	$DCT4 \times 4 \times 8 \times 8 / 16 \times 16 / 32 \times 32$ + $DST4 \times 4$ +
去块滤波器 +	$4 \times 4$ 和 $8 \times 8$ 边界 Deblock 滤波 +	较大的 CU 尺寸， $4 \times 4$ 的边界不进行滤波

表2 H.264和 H.265关键特性对比

## 三、 HEVC(H.265)技术应用前景展望

H.265标准是在 H.264标准的基础上发展起来的，结合 H.264在视频应用领域的主流地位可以预见 H.265协议在未来广大的发展前景。

世界的一些主流电视组织以及媒体运营商已经选择 H.264作为媒体格式标准，一些主要的编解码设备厂商也一直积极参与到 H.265标准的研究当中。华为是 ITU-T 视讯标准的主要 Reporter(报告人)和 Editor(编辑者)。作为国际电信联盟(ITU-T)成员单位，华为牵头并参与制订了多项国家标准和行业、企业标准。在 H.265协议制定期间，华为提交了多项相关提案、

建议，并提供了非常典型的应用场景测试序列，得到 ITU-T 的高度认可和接纳。华为提供的 ChinaSpeed 序列已经被标准组织采纳作为 Class F 的标准测试序列。

随着芯片处理能力越来越强，算法复杂性对应用的影响因素越来越小。相反，在算法实时通讯应用以及 IPTV 应用中，业务的不断扩展和需求的增加使得有限的带宽资源逐渐成为瓶颈，高压缩率的编码是解决这一难题的有效技术手段，这也为 H.265在基于 IP 进行流媒体服务领域的应用奠定了坚实的基础。目前很多电信运营商使用 H.264标准作为其媒体格式，也有很多厂商推出了基于 H.264标准的机顶盒以及基于 H.264标准的视频会议解决方案。

华为作为全球领先的电信解决方案供应商，是国内目前最大的视频会议研发机构，从1993年华为正式推出 ViewPoint 系列视频会议产品以来，已经发布了五代视频会议产品，在视频通信领域目前获得600多项专利受理，其中国际专利100多项。华为能够提供全系列的视频会议产品，包括智真视频会议系统、高清视频会议系统、标清视频会议系统以及基于 IPTV 的解决方案。根据 Frost& Sullivan 咨询报告，2011年华为视频会议解决方案市场占有率全球排名前三，智真的市场占有率全球排名第二。华为作为研究 HEVC 的第一梯队企业，密切关注 H.265标准的发展，并将率先推出 H.265相关的视讯产品。

#### 四、 结束语

HEVC(H.265)标准预计2013年2月发布正式版本，由于其在压缩效率、并行处理能力以及网络适应性方面的极大改进，它的发展和应用必将把视频编解码理论和应用推向一个新的高度。

#### 五、 参考文献

1. Gary J. Sullivan and Jens-Rainer Ohm, "Recent developments in standardization of high efficiency video coding (HEVC)", SPIE Applications of Digital Image Processing XXXIII, Andrew G. Tescher (editor), Proceedings of SPIE Volume 7798, Paper number 7798-30, August, 2010.
2. <http://phenix.int-evry.fr/jct>
3. ON RESIDUAL QUAD-TREE CODING IN HEVC, Yih Han Tan, Chuohao Yeo, Hui Li Tan, Zhengguo Li, 978-1-4577-1434-4/11 ©2011 IEEE
4. 从H.264向H.265的数字视频压缩技术升级，刘国梁，铁路通信信号工程技术(RSCE) 2011年6月，第8卷第3期
5. High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification draft 6, JCTVC-H1003
6. 陈清.H.265 标准现状和发展应用趋势[J].中国多媒体通信，2008(10):12-15.

# 数字音视频技术是我国产业发展的重大核心技术

## ——国家关键技术研究报告之六

### 技术预测与国家关键技术选择研究组

摘要:音视频技术领域的发展方向是数字化、高集成化、多功能化。我国目前应重点研发数字高清晰电视产业化中的关键技术,以此为龙头,带动我国数字音视频技术的发展。有机发光二极管 (OLED)属下一代显示技术,是显示技术发展的重要方向之一,加强此方面技术的研究有助于带动相关行业的发展。

《技术预测与国家关键技术选择》研究组是科技部发展计划司领导,由中国科学技术促进发展研究中心组织全国相关科研机构、大学、企业等方面的专家组成的课题组织。本报告是在中国技术前瞻报告的基础上,综合领域研究报告和各方面专家意见撰写的。

#### 一、国外发展趋势

音视频技术是信息通信领域的重要分支。以音视频技术为代表的消费类产品产量大、覆盖面广、利润高,可以带动相关产业迅猛发展。音视频技术领域的发展方向是数字化、高集成化、多功能化。音、视频产品的数字化可以提高产品的技术含量。与传统模拟技术相比,数字技术有如下特点:

①不会产生噪波和失真的累积。

②数字信号的检错、容错、纠错能力很强,在数字信号传输放大过程中如出现误码,很容易实现检错与纠错。

③数字信号便于存储、控制、修改,存储时间与信号特点无关,存储媒体的存储容量大,存储媒体可以是CMOS型半导体存储器,也可以是计算机的硬盘、高密度激光盘等。

④可以提高传输信道的效率。音、视频数字信号经压缩后,可以在6—8MHz的传输信道内传输2—4套标准清晰度电视(SDTV)节目或一套高清晰度电视(HDTV)节目。

⑤便于实现加密/解密技术和加扰/解扰技术,便于专业应用(军用、商用、民用)或条件接收、视频点播、双向互动传送等。

⑥数字音、视频信号具有可扩展性、可分级性和可操作性,便于在各类通信信道和网络中传输。

⑦便于与其它数字设备融合。因为它们的信号语言是相同的,只要有一套数字信号传输、编码、调制协议,就可以作到互联、互通,以音、视频数字化为代表的消费类电子,将逐渐与电子计算机、通信技术相融合。

目前,国外音视频技术领域正在发展的主要技术包括:

①压缩码率更高、算法更先进的音、视频数字信号压缩编码、解码技术;

②传输效率更高,传输质量更优的数字信号调制、解调技术;

③加快已成熟的数字音、视频技术产品的商品化,推广、普及高清晰度电视(HDTV)技术,通过卫星电视直播接收、有线电视传输系统、地面广播等三个途径实现模拟电视向数字电视的过渡;

④发展存储容量更大的存储媒体,例如高集成度的CMOS半导体存储器,固体存储器,蓝光技术的高密度光盘等;

⑤发展新型显示器件,提高显示器件的清晰度、对比度、亮度,降低成本,提高重显彩色色域,寻求新型平板显示方式和新型发光材料,除目前比较成熟的平面型阴极射线管之外,还有等离子显示屏(PDP)、液晶显示(LCD),有机发光二极管(OLED)型显示器等;

⑥发展新型电声器件和数字音频技术,包括微传声器,基于传声器阵列的语言增强和说话定位技术、多声道回声抵消技术等。

#### 2、我国的现状与差距



我国音、视频技术通过引进、消化吸收、创新、国产化，走出了一务发展高、新技术的成功道路，不仅缩小了与国外先进国家的差距，提高了广大人民群众的生活质量，满足了人们日益增长的物质文明和精神文明的需要，而且带动了国民经济持续、稳定和健康发展。2002年我国彩色电视机产量达到5200万台，出口达到1881.8万台，DVD 激光视盘机产量达到5000万台，出口4000万台，在国际市场上我国已成为以彩色电视机、DVD 激光视盘机、彩色显像管等为代表的音、视频产品的重要生产基地。音、视频产品对电子信息产业的生产增长贡献率达到45%以上。此外，音、视频技术领域的飞速发展，带动了模具制造、精密机械制造、微电子、光机电、冶金及化工等相关产业的发展。

目前，我国音、视频行业基本掌握了产品的设计技术和生产制造技术，能自行设计、制造出具有先进水平的音、视频产品，成为名符其实的生产、制造和出口大国，产品价廉物美，具有一定的国际竞争能力。但与先进国家相比，仍有一定差距。首先，健全的科技创新体制尚未成熟。我国在音、视频技术领域的专利技术很少，关键技术大多掌握在国外大公司手中，制约了我国产品进入国际市场的利润空间。以 DVD 激光视盘机为例，我国每出口一台 DVD 激光视盘机就要向外国大公司交一定的专利费，2002年出口达到4000万台，但利润很低，高档彩色电视机也面临专利技术的困扰。其次，音、视频产品的某些关键器件仍然依靠进口，特别是专用超大规模集成电路、关键的显示器件（例如 PDP 屏、LCD 屏等）我们仍不能自主开发、生产，其中音、视频产品中的专用集成电路95%以上要进口，PDP 和 LCD 显示屏等仍被国外几个大公司垄断。

### 3、建议优先发展的技术项目

根据国内、外数字音、视频技术的发展现状和方向，特别是我国数字音、视频技术与国外先进国家的差距，专家建议，重点研发我国数字高清晰电视产业化中的关键技术，以此为龙头，带动我国数字音视频的发展。根据国家广电总局的规划，我国广播电视将于2015年全面实现数字化。预计在“十一五”期间，我国数字电视及相关产品的市场需求将达到每年1000亿-1500亿元的规模。预计2010年后将会进入大发展期，2015年市场规模将达到5000亿元以上。

另外，有机发光二极管(OLED)属下一代显示技术，是显示器发展方向之一，加强此方面的技术研究有助于带动整个行业的发展。专家建议国家适当投资，给予优惠政策，支持推动企业协同攻关。

#### 1)我国数字高清晰电视产业化中的关键技术。

##### ①地面数字电视广播关键技术研究。

目前各国在数字卫星电视和有线电视系统的发射传输方式上已取得一致，卫星电视采用 DVB — S 方式，即差分正交相移键控调制 (QPSK)，有线电视系统采用 DVB — C 方式即正交幅度调制(QAM)，而地面广播则有美国的8— VSB 方式，即8电平残留边带调制方式，欧洲的 COFDM 方式，即编码的正交频分复用，以及日本的 ISDB，即综合业务数字广播。我国是世界最大的彩色电视机生产国和消费市场，拥有3.5亿台以上的彩色电视机，在模拟电视与数字电视转型时，我们应该有自己的地面数字电视广播制式，既有自主知识产权的技术标准，又有相应的专用集成电路，就可以全面掌握数字电视的关键技术，防止受制于人的局面。我国数字电视地面广播制式正在制订，在借鉴国外经验的基础上，研制出更为先进的数字信号地面传输方式。

在数字电视地面广播标准制订中，应主要解决以下关键技术：合理的数字传输帧结构；较高的频谱利用率；先进的前向纠错码技术；研究 QPSK/mQAM 调制技术；支持分级调制和编码，可提供分级服务；支持多媒体业务，特别是数据业务；支持移动、便携式接收；具有可扩展性，便于将来实现交互、天线分集和数字信号控制天线等；低功耗；支持单频网，以利于频率规划；便于集成化，降低整机成本等。

##### ②数字电视系统转换编码技术。

目前国际上各种音/视频系统的图像扫描格式、空间分辨率、时间分辨率、码率的压缩方式很多，为了实现各种音/视频编、解码之间的互联、互通，必须研究数字电视系统转换变码技术。主要研究内容也括：隔行/逐行转换；各种图像扫描格式变换：1920\*1080i, 1280\*720p, 720\*576i, 720\*576p, 640\*480i, 640\*480p 等；场(帧)频50/60Hz 变换；幅型比变换：16:9/4:3；视频信号打也码流 (PS)/基本码流 (ES)之间的转换；音频 MPEG/AC3之间的变换等。



数字电视系统转换编码技术的研究,可以尽快实现产业化,可用于演播室和接收机内不同扫描格式、不同压缩标准、不同图像格式节目源的交换、转换和编辑,不同传输记录媒体、不同传输网络、不同标准码流的资源共享,丰富音、视频产品的节目内容,例如彩色电视广播系统节目、DVD 激光盘节目、互联网的内容等。

### ③数字电视检测设备研究。

数字电视检测设备主要用来调试、监视、检测数字电视系统的运行质量和产品质量,是提高广播电视系统从数字信号的“编码→调制→接收→解调→解码→显示”等过程运行质量的主要手段。模拟电视调试、测试设备大多被国外几家大的仪器制造商垄断。但在数字电视领域,由于数字信号处理的特殊性,我国与国外差距不大。国内几家大企业、研究所完全有能力承担研究、制造适合中国制式标准的调试仪器和检测仪器,打破国外企业的垄断地位。建议通过国家推动和企业为主的共同努力,形成数字电视测试设备产业群体,提升国内数字电视系统的运行质量,吸纳国内科技人才,进一步向国外出口具有中国特色的数字电视生产调试系统和检测仪器,并能带动相关产业发展。

### 2)有机发光二极管 (OLED)显示技术研究。

OLED 又称 OEL,是一种大有潜力的新型平板显示器件。OLED 是利用有机半导体材料及发光材料,在电场驱动下通过载流子的注入和复合作用,导致发光原理制成的一种新型平板显示器件。可以使用小分子材料或高分子有机材料,且品种繁多。

OLED 具有如下主要特点:全固态化,可以作到小型化,低成本;自身发光,而 LCD 显示器件是被动发光,不但需要背光源而且亮度提高受限制,OLED 自身发光,克服了 LCD 等显示器件因被动发光造成的缺点;响应时间快,OLED 的响应时间只有几微秒,而液晶显示则在几十毫秒,对重显快速运动物体较有利,不会造成拖尾现象;薄型化,OLED 的板材只有 1mm,比液晶显示方式更薄,甚至可以弯曲,实现软屏显示;制造工艺简单,相同显示尺寸的成本比 LCD 低 20%-30%;投资少,所需投资大约为几千万美元。

在几乎所有传统的显示领域,OLED 显示技术都具有竞争力,并有逐步取代其它显示产品的趋势。在通讯终端、壁挂电视、笔记本电脑、GPS、数字相机、PDA、消费电子及工业仪表等方面已崭露锋芒,而且在军用战斗机、陆军武器等严酷环境的条件下得到应用。OLEE 显示技术以其独有的技术优势和良好的市场潜力,使它成为当之无愧的纸张型显示方式,在平板显示技术中发展最快,成为世界各大公司竞相追逐的焦点。

美国、日本和韩国等国家都投入巨资开展 OLFT 的研发和产业化。日本先锋公司、TDK 公司和韩国三星等公司目前均有数款商品化无源型全色 OLED 显示器面世,日本先锋公司已向摩托罗拉公司手机显示屏与建伍车载显示器供货,三星公司的彩屏手机就是该公司生产的彩色 OLED 显示器。预计未来 5 年内,将主要发展中、小尺寸的 OLED,2007 年以后,15 英寸以上的 OLED 将时逐级迈入计算机、电视等应用市场。今后 10 年 OLFTD 将以年增长率 85% 的速度发展。

由于 OLFTD 面世时间不长,国内、外技术水平相差不大。目前已有 3(多家单位从事研究,其中有 8-9 家从事 OLFTD 产品研发和产业化。国内有关单位已基本掌握核心技术,从小分子和大分子材料到显示器件生产技术和应用,仅清华大学和北京维信若公司就有 30 多项专利技术。已完成了国家发改委“有机发光平板显示器生产试验线”项目和国家“863”计划“高清晰度平板显示”重大项目,还建成了 OLED 中试线并筹建产业化项目。OLED 的生产、制造工艺也比其它显示方式简单,只要联合国内研发能力,在国家支持下,有可能开辟一种全新的显示器件。

资料来源:科技部中国科技促进发展研究中心《调研报告》  
第 11 期(总第 712 期)