

LED 投影显示技术

刘颖、池勇、陈守龙、蔡振荣

(香港应用科技研究院有限公司, 中国香港)

摘要: 相较于传统的投影光源, LED 具备瞬时操作、点光源、高亮度、低压操作等特性, 加上高演色性与环保等附加价值, 极其适合应用于微型投影这一个新兴产业, 尤其在个人多媒体产品正处于发展蓬勃阶段。三种主要的微显示器(LCD, DLP 与 LCoS)各有其由于其工作原理的不同, DLP 在光使用率上有绝对的优势, 但考虑价格与技术成熟性, LCoS 应为目前开发的主流。香港应用科技研究院亦在此领域着墨已久, 目前有多款样机已经开发完成, 并已进入技术转移阶段。

关键词: LED; 微型投影; LCD; DLP; LCoS

一 引言

个人多媒体市场不断攀升, 仅局限于“听觉”享受的 MP3 已不能满足人们的需求, 目前多数数码产品如 MP4、PDA、手机、游戏机等都更加注重带给用户“视听结合”的完美享受。然而由于携带式电子产品一直朝着轻薄短小方向发展, 导致其显示屏的尺寸大受限制, 也因此限制了用户在视觉方面的享受。要想同时兼顾电子产品的小型化趋势与大尺寸显示, 采用微型投影模块不失为一种两全其美的方案。依目前产业的反馈, 无论是在手机、MP4 或其它携带式电子产品都有极大的兴趣整合微型投影模块。

目前全世界众多研发机构如德国 Sypro Optics、英国 Optoma、美国 3M 和 Microvision、日本三菱和东芝、韩国三星和 LG 电子、台湾富士康、深圳红蝶、香港 iView 以及本研究院等都在对微型投影技术进行大力研发^[1-11]。就目前的研究现状来看, 微型投影模块主要有两种不同的显示方式: 激光扫描式和微显示器件式。激光扫描式是扫描振镜反射激光而形成影像; 而微显示器件式光源照射具有一定影像调制的二维微显示阵列, 从而投射出影像。激光扫描式采用的半导体激光器发光效率较高, 但是正因为单束激光的光强极高, 如若直视光源则对使用者的眼睛造成伤害, 而且半导体激光器的体积和价格目前而言, 应用在微型投影机还需要相当长的时间。微显示器件目前则有 LCD、LCoS 和 DLP 三种技术共存, 各代表公司均在竞相研发推广。

近年来 LED 技术发展势头迅猛, 其超小型的体积为微型投影创造了机会, LED 发光效率也在迅速提高, 目前可达到 100lm/W 左右, 产业预期 2012 年有望达到 150lm/W。加上原本就具备的寿命长、高演色度、低压操作与环保等优势, 由于 LED 具有点光源特性, 是非常理想的投影光源, 产业界对 LED 在投影领域的应用一向都投以热烈的期待, 背投电视是最早的产品切入点, 但碍于背投电视的整体市占率是呈逐步下滑的趋势, 目前在投影产业最具产业前景的新世代明星产品是在“微型投影模块”上, 以展现小型化与高亮度投影光源的优势。

本文将就 LED 作为投影光源, 采用微型显示器件的微型投影显示技术进行具体阐述和分析。主要涉及高亮度 LED、微型显示器件、主要竞争对手以及本研究院目前的研究现状。

二 微型投影之光源--高亮度 LED

LED 要应用于微型投影光源, 一定要有足够的亮度和发光效率。自 1968 年 LED 商品问世以来, 研究人员就在不断提高其效能, 扩展其应用领域。70 年代, 以磷化镓(GaP)、磷化砷镓(GaAsP)为材质的 LED, 波长约在 550nm 以上, 主要发红、黄、橘、绿等光, 由于亮度尚低, 初期仅作为指示灯、数字显示等用途。随着材料科学日益突飞猛进, LED 的材料

开发亦不断演进，在 1991 年 HP(后 LED 部门独立为今日的 Lumileds)与东芝共同开发出以磷化铝镓铟(InGaAlP)制成之 LED，具备高亮度的特性，使得 LED 产业开始朝向高亮度发展。1993 年日本日亚公司成功开发出较高效率的蓝光 LED；1995 年日本日亚公司公司以双异质结构的 InGaN 族，成功将蓝光 LED 的亮度推升至一个烛光以上，并于 1996 年量产白光 LED；1998 年 Lumileds 开始释出的第一个商业化之高亮度 LED；2005 年 Osram 推出 Hyper TOP 白光 LED 发光效率 22lm/W，2006 年推出 TOP LED 发光效率 50lm/W。目前 LED 可达到 100lm/W 左右，LED 的亮度效率如同摩尔定律，每 24 个月提升一倍。

目前各大 LED 厂商均在对大功率高亮度 LED 进行大力研发，并已有大量产品上市，如图 1 所示。Lumileds 推出的 LUXEON Rebel 系列高亮度 LED，正向电流 350mA 时亮度高于 100lm，且体积小。OSSTAR 推出的 LE ATB S2W，正向电流 700mA 时亮度 280lm。Cree® 推出的 XLamp® XP-E LED 正向电流 350mA 时亮度达 100lm。亿光电子推出的高功率 LED，功耗 5W、正向电流 700mA 时亮度为 200lm。

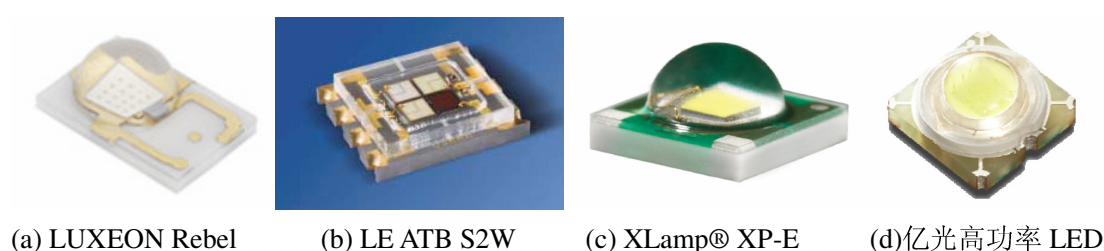


图 1 各厂商推出的高亮度 LED

LED 材料技术的不断突破的同时，LED 的功耗也越来越高，散发的热量越来越大，要求 LED 的封装技术也不断进化更新。从早期单芯片的炮弹型封装逐渐发展成扁平化、大面积式的多芯片封装模组；其工作电流由早期 20mA 左右的低功率 LED，进展到目前的 1/3 至 1A 左右的高功率 LED，单颗 LED 的输入功率高达 1W 以上，甚至到 3W、5W 以上，LED 封装模块的热阻抗(Thermal Resistance)则由早期的 250 至 350K/W 大幅降低至现在的 5K/W 以下，使得高亮度 LED 成为现实。随着 LED 发光材料、发光层结构、芯片结构，结晶生长控制等方面的改善与进一步提高，LED 发光效率和亮度将会进一步提升，在微型投影显示光源领域将会突现出越来越大的优势，也势必为微型投影的低成本化带来新的机遇。

三 微型显示器件

现有微显示器件主要有 LCD (Liquid Crystal Display)、DLP (Digital Light Processing)和 LCoS (Liquid Crystal on Silicon)三种技术，各有优缺点，LCoS 售价比较低廉，但 DLP 在影像品质和光能利用率上则略胜一筹，目前 LCoS 生产商主要有：Himax、DisplayTech、Ijin 等，而 DLP 则由美国德州仪器(TI) 独占市场，因此，作为 PDA、手机、MP4 等便携消费产品的一个内置配件，LCoS 在价格上则有很大的优势。

(一) LCD 技术

LCD 是目前最流行的显示技术。白色光源被分光镜分解为红、绿、蓝三色光，或者采用场序制彩色成像技术。每种颜色图像经两极化后传送到液晶，根据图像颜色控制像素的“开”或“闭”。然后进入光学系统，重组三色光信号并将图像投影到屏幕上。

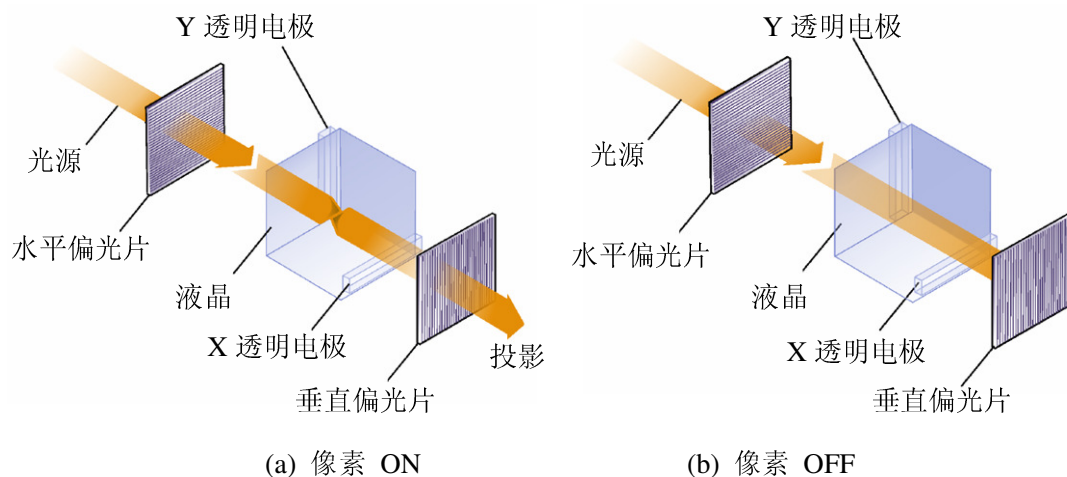


图 2 LCD 显示示意图

液晶面板由偏光片、玻璃面板以及透明电极组成，其中透明电极是一个电子矩阵的晶体管 and 液晶材料，两个偏光片的极轴的相互垂直。晶体管用来改变液晶材料每一个像素的偏振特性。要使光线通过，液晶材料将其旋转偏振轴 90 度，使光线通过第二偏光片(如图 2-a)。反之，通过改变偏振特性，光线未经偏振而不能通过第二偏光片，该像素则相当于“关闭”状态(图 2-b)。

LCD 显示技术具有高粒度及优良的模拟性能，该技术成熟且成本低，可采用 RGB 三色面板，可使显示效果拥有优良的色彩保真度和亮度。但由于是一种透射技术，光透效率有限，从而降低了整体的亮度。所幸采用三色基板可以弥补这一不足。此外，由于极化过程并非百分之百有效，对比度通常低于 DLP 技术。

(二) DLP 技术

DLP 光学引擎是由德州仪器(TI)开发的一项专利技术。其核心是数字微镜装置 DMD(Digital Micromirror Device)。如图 3 所示，光线首先通过一个色轮进入 DMD，然后进行光学投影。

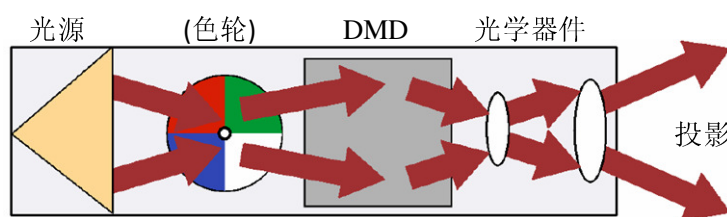


图 3 DLP 显示示意图

白色光源透过红、绿、蓝、白四色过滤器的色轮，实际上目前 RGBW 四色 LED 的广泛应用可以替代现有的色轮，实现各种颜色的快速切换。DMD 是一个微镜阵列，如图 4 所示。每个微镜对应一个离散像素。微镜向光源倾斜+10°时，光反射到镜头上，相当于光开关的“开”状态。微镜向光源反方向倾斜(即-10°)时，光反射不到镜头上，相当于光开关的“关”状态。要显示某像素的特定颜色，颜色切换过程中 DMD 将该像素开关几次。通过这种方式，DLP 引擎将颜色混合成特定颜色。由于该过程极为迅速，观众只能看到最终混合的颜色图像。

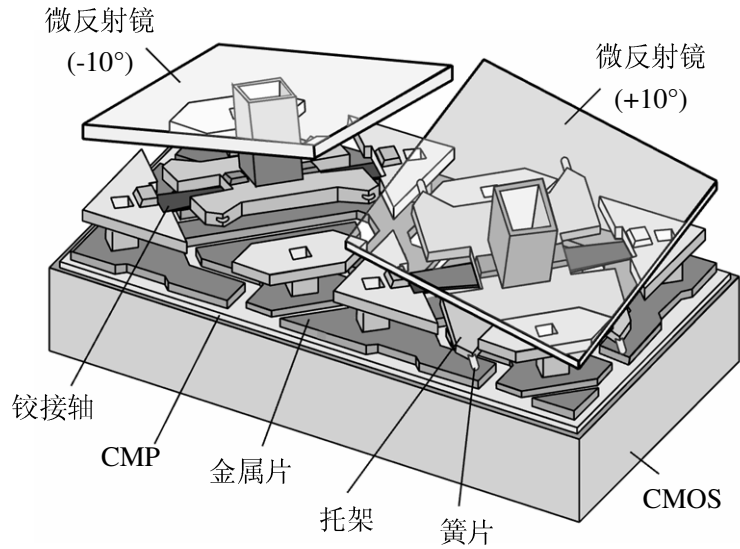


图 4 DMD 结构示意图^[12]

DLP 技术主要优势在于其尺寸、对比度及像素结构。由于采用 DMD 和色轮，仅需一组光学器件，从而使投影设备较为紧凑；由于微镜处于 off 位置时该像素的光基本不能进入光学器件，所以对比度比 LCD 技术好；DLP 是一种反射技术，机构在微镜后面，不会阻碍光，因此光效更高；另外，为了进一步提高对比度，TI 增加了一个黑色 DMD，减少微镜背后装置的反光。如果采用色轮，当一种颜色透过 DMD 时，其它两种颜色就损失了，亮度较原始光源损失了近 2/3；另外由于 DLP 是一个复杂的机械装置，制造费用较高。

(三) LCoS 技术

LCoS 即硅基液晶，是一种全新的数码成像技术，也被称为“反射式液晶显示器”。它采用半导体 CMOS 集成电路芯片作为反射式 LCD 的基片，CMOS 芯片上涂有薄薄的一层液晶硅，控制电路置于显示装置的后面，可以提高透光率，从而实现更大的光输出和更高的分辨率，其结构如图 5 所示。

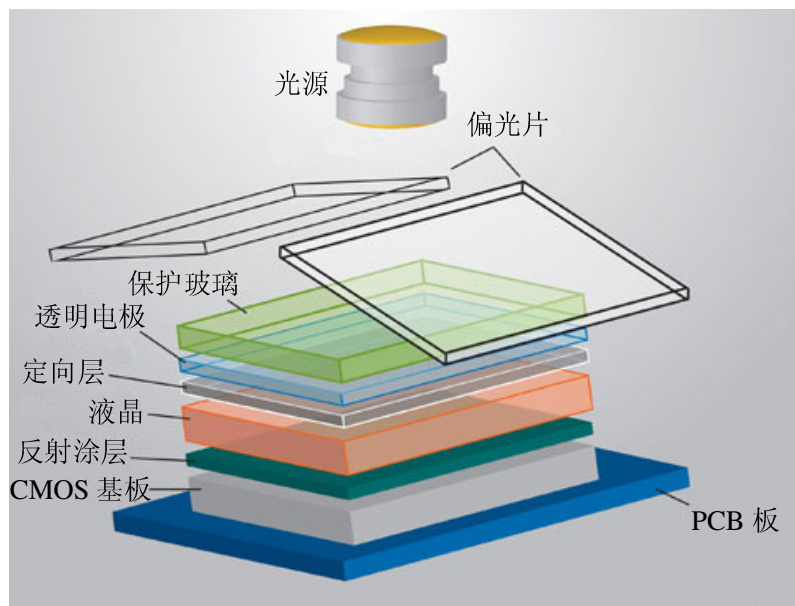


图 5 LCoS 结构示意图

LCoS 的成像原理类似于 LCD 技术，与 TFT-LCD 面板不同的是，TFT 二面都以玻璃作为基板，但 LCoS 仅有上面采用玻璃，底下的基板是以半导体材料硅为主，因此 LCoS 制程其实是结合 LCD 与半导体 CMOS 制程技术。因此采用 LCoS 技术其光线不是穿过 LCD 面板，而是采用反射方式形成彩色图像。它采用涂有液晶硅的 CMOS 集成电路芯片作为反射式 LCD 的基片，用先进工艺磨平后镀上铝当作反射镜，形成 CMOS 基板，然后将 CMOS 基板与含有透明电极之上的玻璃基板相贴合，再注入液晶封装而成。LCoS 可采用 FSC (Field Sequential Color) 场序制彩色成像技术，利用 LED 提供 RGB 色源，可有抛弃目前应用较多的三色 LCoS 面板结构，有效缩小其结构尺寸。与其它投影技术相比，LCOS 技术最大的优点是高分辨率 (有可能达到 QXGA 甚至更高)、高对比度，而且利用反射而非透射，光损失少，光利用率高。采用该技术的投影机产品在亮度和价格方面也有一定优势。

与 LCoS 同样可作为投影光学引擎的关键零组件有高温多晶硅面板 (HTPS) 与数字微型影像芯片 (DMD)。不过由于高温多硅主要供应的日本厂商产量严重不足；而 DMD 的唯一生产者 TI，但面临良率、价格和货源等问题。和透射式 LCD 技术相比，LCoS 可以很容易地实现高分辨率和充分的色彩表现，而且可以较大地降低成本。相形之下，LCoS 将成为未来市场最具竞争力的技术。表 1 是 LCD、DLP、LCoS 三种技术的对比^[13]。

表 1 三种微显示器件的对比

	LCD	DLP	LCoS
对比度	低于 DLP、LCoS	高于 LCD、LCoS	高于 LCD
光效率	透射，光效率较低	反射，光效率高	反射，光效率中
色彩保真度	模拟，色彩保真度高	数字，色彩保真度较低	模拟，色彩保真度高
亮度	高于 DLP	低于 LCD	高于 LCD
体积重量	小	较大	中
分辨率	SXGA	SXGA	QXGA 或更高

四 微型投影机的研发现状和市场前景^[14]

(一) 微型投影仪研发现状

口袋式投影仪现状

目前很多采用微型显示器(LCD 、DLP、LCoS)的便携式投影机尚在开发阶段。要成功推广，须融合微显示、紧凑投影光学引擎、LED 光源多种技术。表 2 列出了各厂商最新开发的以 LED 为光源的口袋投式影仪及其性能比较。三菱在 2005 年第四季度推出了 PK-10，成为首家推出该类产品的公司。输出亮度约为 10lm，最新版的 PK-20 提升至 25lm。2006 年 1 月，东芝和三星分别推出 TDP-FF1A、SP-P300。2007 年，三星发布新型号 P-P310，由于采用的 LED 模块性能加强，亮度从 30lm 提高到 50lm。该三款口袋式投影均采用电池作为电源，尺寸超过 600cc。索尼公司开发的样机使用 3 色液晶微显示技术来提高亮度和缩小投影尺寸。台湾鸿海集团旗下富士康公司 2008 年 6 月在台湾 Computex 2008 展览会上展出了两款小型投影机，光源均采用 LED，显示器件则采用美国德州仪器(TI)的 DLP，投影机输出亮度分别为 25lm 和 55lm，像素数为 HVGA (480 x 320)。这两款投影机的尺寸均超过 100cc，属于外接独立式便携投影机，对于如此体积的外接式投影机来说，目前的亮度用于较小尺寸画面可以接受，如若用在较大尺寸的投影，则需要更亮的输出。目前商业化的口袋式投影仪还存在许多不足：

- (1) 尺寸较大 (~300-600cc)，算不上真正的便携式投影仪。
- (2) 能耗过高 (~ 20-30W 或更高)，它很难使用电池供电及便携，便携应做到小于 5 - 10W。
- (3) 成本高 (~US\$ 500-800)，无明确的市场定位。

表 2 各款商业化口袋式投影仪比较

厂商	三菱	东芝	三星	索尼	富士康
显示器件	DLP (SVGA)	DLP (SVGA)	DLP (SVGA)	3LCD(SVGA)	DLP (SVGA)
光源	Lumileds	OSTAR×1	OSTAR×2	n/a	n/a
亮度	25 ANSI lm	15 ANSI lm	50 ANSI lm	50 ANSI lm	55 ANSI lm
功耗	23W (LED) +14W	18W	30W	20W (LED) +10W	n/a
尺寸	600cc (12×5×10)	840cc (14×6×10)	650cc (13×5×10)	410cc	315cc (10×3.5×9)
图片					

其它超微型研发现状

目前，微投影技术的研发工作主要集中在欧美和台湾，其中台湾鸿海集团旗下富士康公司 2008 年 6 月在台湾 Computex 2008 展览会上展出了两款小型投影机，光源均采用 LED，显示器件则采用美国德州仪器(TI)的 DLP，投影机输出亮度分别为 25 流明和 55 流明，像素数为 HVGA (480 x 320)。这两款投影机的尺寸均超过 100cc，属于外接独立式便携投影机，对于如此体积的外接式投影机来说，目前的亮度用于较小尺寸画面可以接受，如若用在较大尺寸的投影，则需要更亮的输出。

德国 SyproOptics GmbH 在 2008 年 6 月中于美国拉斯维加斯举行的投影仪相关讨论会“Projection Summit 2008”上，公布了正在研发的超小型投影机的性能指标。光源采用红绿蓝 LED，外形尺寸为 90mm x 50mm x 15mm (67 cc)，显示器件采用美国德州仪器的 0.17 英寸 DLP，像素数为 HVGA(480x320),亮度目前为 7 流明，耗电量为 4 瓦，投射尺寸为 12 英寸，预计下一个样机亮度最小为 12 流明，耗电量为 3 瓦。这款投影机因体积仍较大，依然属于独立型便携投影机。

奥图码科技(Optoma)于 2008 年 10 月在台北发表其首款 DLP 掌上型投影机，全机含电池重 108 克，体积为 49.9mmx105.1mmx17.1mm (90cc)，该产品已于 10 月 25 日在台湾上市。

3M 公司在美国举行的 2008 CES 上展示了一款嵌入式投影机的光机设计，光机外形尺寸为 38mm x 30mm x 12.6mm (12cc)，显示器件采用台湾奇景光电(Himax)的红绿蓝滤光片式 0.44 英寸 LCoS，像素数为 VGA (640 x 480)，正因为采用 LCoS 作为显示器件，光路相对于 DLP 来说可以做得更紧凑，所以尺寸可以做到更小。光源采用白光 LED，目前投影机输出亮度为 12 流明，耗电量为 3 瓦，在 400mm 距离可投射 10 英寸画面。由于光源采用高光电转换效率的白光 LED，此投影机的亮度较高，但是色域范围只有 50% NTSC^[15]。台湾华硕发行了一款概念笔记本电脑，整合了 3M 的投影光机在电脑 LCD 显示屏的上方，为第一台有投影功能的笔记本电脑；台湾天瀚在 2008 在德国举行的 IFA 上展示了口袋型多媒体投影机 PocketCinema V10，亦采用 3M 的光机设计，整机外形尺寸为 125mm x 55mm x 23mm，包含电池、扬声器、内建记忆体等。

香港广景科技(iVIEW)在美国洛杉矶举行的 SID 2008 上展示了一款嵌入式投影机, 显示器件同样采用台湾奇景光电的滤光片式 0.44 英寸 LCoS, 分辨率为 VGA (640 x 480), 光机外形尺寸为 52.3mm x 35mm x 13mm (23 cc), 亮度为 8 流明, 功耗为 2.5 瓦。这款投影机设计已经进行小批量生产, 因尺寸缘故, 目前主要用于作为移动电子产品配件的独立式微型投影机。

红蝶科技联合江西井冈山盛泰通讯、网讯科技在 2008 年 6 月天津国际手机产业博览会推出 CKING 盛泰投影手机, 此款手机采用红蝶科技的微型内置式投影模块, 显示器件采用台湾奇景光电滤光片式 0.44 英寸 LCoS, 模块的外形尺寸为 34 mm x 32mm x 14mm, 亮度为 4-7 流明, 功耗为 0.9-1.5 瓦。

因尺寸大于 100cc 的投影机规格因使用的不同差别较大, 故仅将国内外体积小于 100cc 的同类产品的性能指标作以比较,如下表所示:

表 3 国内外微型投影机性能指标对比

厂商	Sypro Optics	奥图码	3M	iView	深圳红蝶	香港应科院
光源	红 绿 蓝 LED	红 绿 蓝 LED	白光 LED	白光 LED	白光 LED	红绿蓝 LED 白光 LED
显示器件	DLP	DLP	LCoS	LCoS	LCoS	LCoS
尺寸	67cc	90cc	12cc	23cc	16cc	<10cc/20-30cc
亮度	7 lm	--	12 lm	8 lm	4-7 lm	>7 lm/>15 lm
功耗	4 瓦	--	3 瓦	2.5 瓦	0.9-1.5 瓦	1.5 瓦/3 瓦
分辨率	480 x 320	480 x 320	640 x 480	640 x 480	640 x 480	640 x 480
色饱和度	110% NTSC	110%	50% NTSC	50% NTSC	50% NTSC	110% NTSC
样机照片						

(二) 市场发展预测

嵌入式投影模块面向的是会随身使用的便携式电子产品, 如手机、PDA 等, 而整合式(独立式)投影模块面向的是非随身使用的便携式电子产品, 如笔记本电脑、DVD 播放器等。以美国调研机构 Insight Media 之资料为例(如图 6 与图 7), 预计自 2009 年起, 相关产品在市场上的比重会开始成长, 进入真正的市场阶段(2009 以前, 应仍为发展期), 依一般的估计, 其年销售量可由 2009 年的 3.1 百万台成长至 2012 年的 31.5 百万台, 成长约十倍, 而以年销售额来看由 2009 年约近 1 亿美金成长至 2012 年约 36 亿美金之多, 可见此项市场潜力之雄厚, 深具技术市场化之前景。

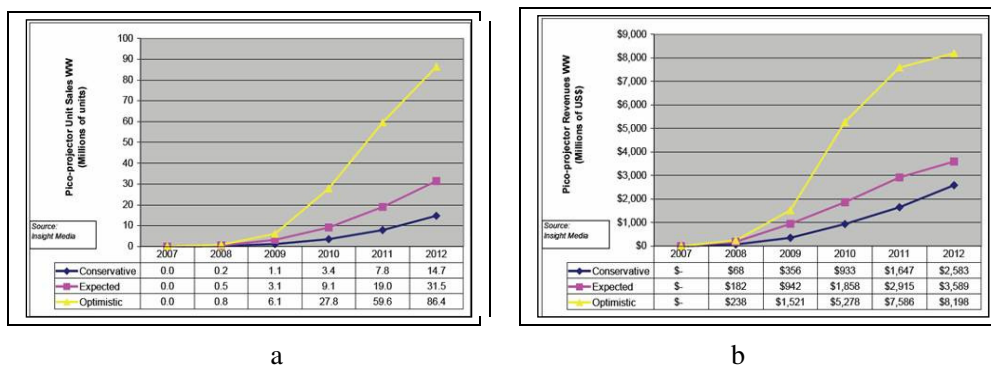


图 6. (a)含有投影功能之手持式系统市场预测-销售量(b)含有投影功能之手持式系统市场预测-销售额 (ref: Insight Media)

图. 7 为法国市场研究所 Yole Development 对于不同应用的投影光机的市场预测, 预计 2009 年后手持式投影机占全部投影机光机市场最大比例, 而嵌入式微型投影机也将在 2009-2010 年逐渐进入移动产品市场。

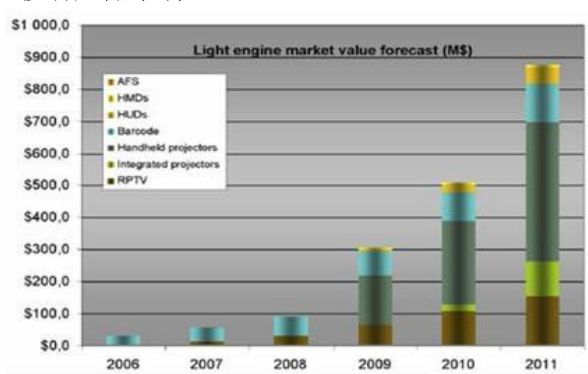


图. 7 法国市场研究所 Yole Development 投影光机的市场预测

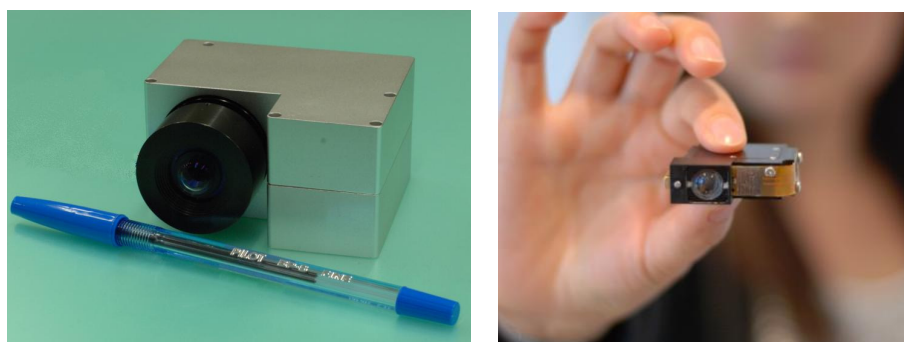
五 香港应用科技研究院的研发现状

应科院于 2007 年 10 月开始微型投影机的研发, 主要采用 LCoS 作为显示组件, 同 DLP 相比较, LCoS 封装尺寸更小, 容易实现光机的小型化, 且因 LCoS 采用 CMOS 的生产工艺, 成本上较 DLP 有很大优势。DLP 则在系统光学效率上占有绝对的优势, 但随着采用铁电液晶的时序驱动 LCoS 技术的产品化, LCoS 缩小了在光能利用率上同 DLP 的差距, DLP 则因其较高的价格和相对较大的尺寸在短时间内较难应用到手机等移动式产品中^[16]。在研发过程中, 应科院致力于解决采用 LED 光源之 LCoS 微投影仪会面临的几个技术难点^[17]:

1. LED 的光源展度(Etendue), 光源的展度很大程度决定系统的光学效率, 需要在光学系统的前段乃至从光源端控制光源的展度的增加, 从而增加整个系统的光能利用率。
2. 光能利用率和整体尺寸的缩小, 因为 LED 光源的发散角较大, 对于整个光学系统的光效传输的控制来说比较困难, 加上嵌入式投影机的尺寸局限 (一般在 10cc 左右), 对于系统的光能利用率来说就更加棘手, 需要平衡的参数更多。光路设计出发点须因应小尺寸的要求而减少系统的镜片数, 并且保持一定的光能传输效率和成像质量。
3. 微显示器的驱动与颜色调较。目前所使用的微显示器以色序法 LCoS 及彩色滤光片 LCoS 为主, 在颜色的表现上, 色序法可达到较大色域范围, 但亦容易出现特定颜色过于突出上的问题, 另外, 彩色滤光片式所采用的 LED 色温或颜色亦需要与滤光片特性做结合甚至做出适当的颜色调较, 才能正确的显示出所要演绎的色彩。
4. LED 模块与热管理设计。LED 模块的发光效率与节温(Junction Temperature)高低息息相关,

过高的结温，除了会大幅降低发光效率外，亦会造成 LED 本身芯片寿命的降低、或特性上的偏移等。但是对于微型投影机来讲，体积较大的散热片会增加整体尺寸而无法采用，小而有效的散热设计才能满足系统对体积和光能效率的要求。

着眼于上述技术关键点，应科院目前已有两款口袋型投影机和两款嵌入式投影机样机，其中口袋型投影机(图 8a)和时序驱动红绿蓝 LED 嵌入式投影机(图 8b)在 SID2008 展出，两款嵌入式投影机在中国半导体照明展览(SSL 2008)展出。嵌入式投影机其中一款为红绿蓝 LED 加时序驱动 LCoS，光机尺寸为 15cc，亮度为 4 流明，功耗 1.3 瓦；另一款为白光 LED 加滤光片 LCoS，光机尺寸为 8cc，亮度为 5 流明，功耗 1.4 瓦。



a 口袋式微型投影机

b 嵌入式微型投影机

图 8 微型投影机样机

应科院会进一步致力于微型投影机的尺寸微型化、光学系统的优化和产品的多样化，未来主要发展三类微型投影机：超小型口袋投影机、整合式投影机和嵌入式投影机，表 4 为预期技术指标。

表 4. 应科院未来技术开发目标

主要参数	微型投影机		
	超小型口袋投影机	独立式投影机	嵌入式投影机
光机尺寸 (cm ³)	<100	20-30	<10
LED 功率	10-15W	3-5W	<1.5W
分辨率	>SVGA	SVGA-VGA	VGA-QVGA
亮度 (ANSI lm)	>100	>30	7-10
应用	-便携式投影机	-便携式个人电脑配件 -DVD 播放机配件	- 嵌入手机 嵌入 PDA 嵌入数码相机

六 结语

由目前业界开发的状况与市场调研机构的相关预测，微型投影仪的未来市场是相当令人期待的，无论在嵌入式于手机的应用、独立式与笔记本计算机的结合、亦或是超小型口袋投影仪，都是相当吸引人的产品，另外，在建立相关技术后所衍生的新产品或新兴产业更是充满着想象空间(如 3D 立体投影显示或车载抬头显示器)。香港应科院作为香港政府资助的研发单位，以香港、珠三角乃至大中华企业之共同技术研发单位为己任，在技术转移的同时，缩小我国企业与国外企业在技术上的差距，并达到知识产权自主化之目标。

参考文献

- [1] <http://www.syprooptics.de/optical-solutions-for/digital-projectors/home-entertainment/led-pocket-imager/>
- [2] <http://www.3m.com/mpro/index.html>
- [3] http://www.microvision.com/pico_projector_displays/index.html
- [4] http://www.symbian-freak.com/news/008/09/led_pico_projector_from_toshiba_almost_ready.htm
- [5] <http://www.phonemag.com/samsung-pico-projector-could-launch-q2-2008-021036.php>
- [6] <http://blog.wired.com/gadgets/2008/10/lg-mini-project.html>
- [7] <http://gizmodo.com/5017516/optoma-to-launch-worlds-first-pico-projector-in-2008>
- [8] <http://gizmodo.com/5013268/foxconn-rolls-out-the-latest-pico-projector-prototype>
- [9] <http://www.butterflytechnology.com/cn/product.asp>
- [10] <http://www.iviewdisplay.com/nano.html>
- [11] <http://www.astri.org/big5/news/show.php?id=1065>
- [12] Larry J. Hornbeck. From cathode rays to digital micromirrors: A history of electronic projection display technology. *TI Technical Journal*, 1998.9
- [13] Rob Sabin. DLP vs. LCoS: Two of today's hottest displays go side-by-side in our third HDTV technology face-off. *Sound & Vision magazine*, 2006.4
- [14] Matt Brennesholtz. Pocket and Pico Projectors at Projection Summit. *Display technologies*, 2008.6
- [15] Patrick R. Destain, Jennifer L. Grace, John E. Duncan, Tomasz A. Pol, William E. Phillips III, O'Keefe, Alexander A. Glinski, Stephen J. Willett. Optical projection subsystem (3M). United States Patent Application Publication. US 2008/0049190 A1. 2008.2
- [16] Richters, D., & Eskew, R. (2004). Evaluation of a liquid crystal on silicon (LCOS) display for vision research [Abstract]. *Journal of Vision*, 4(11):78, 78a, <http://journalofvision.org/4/11/78/>, doi:10.1167/4.11.78.
- [17] Shu Yuan, Chen Jung Tsai, Ming Lu, Benson Liaw, Enboa Wu, Light Emitting Diode development at ASTRI in Hong Kong, IEEE LEOS. August 2008, Vol.22, No.4, www.i-LEOS.org