

智能终端续航技术发展趋势

冯翔¹, 杨照坤¹, 张强¹, 苏亚龙¹, 乔赞², 刘莎¹, 杨瑞智¹, 孙晓¹, 邱云¹, 王丹¹

1. 北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176

2. 鄂尔多斯市源盛光电有限责任公司, 鄂尔多斯 400714

摘要 锂离子电池材料技术发展缓慢, 导致商用化锂离子电池能量密度的提升难度较大。移动互联网时代的到来, 使得智能终端设备的外形向超薄、超轻的便携式发展, 为智能终端电池容量和设备续航带来了挑战。为了研究移动智能设备的续航能力, 针对智能终端设备所广泛采用的锂离子电池技术, 分析了锂离子电池中各个部分的技术情况; 通过对智能手机设备的功耗分布和各硬件要素的技术迭代研究, 分析了未来智能终端整机的功耗趋势和空间设计趋势。分析表明, 智能终端设备显示屏的功耗占整机功耗的主要部分, 采用像素渲染技术可以有效降低显示屏模组的逻辑功耗和背光功耗, 同时整机印制电路板(PCB)上硬件元素的不断集成, PCB走线工艺能力越来越精细化为电池的体积留出更多的空间。智能终端产品中的多种硬件元素协同优化, 可以有效实现可靠的续航能力。

关键词 智能终端; 锂离子电池; 功耗; 整机设计

手机、个人数字助理(PDA)、笔记本、平板电脑等行动型设备使人们的办公、娱乐、通信越来越便捷, 这离不开电池技术的发展。同时, 电子设备越来越小型化的设计, 也驱使电池技术向大容量和小型化进行演变。

1973年, 摩托罗拉公司的马丁·库珀依靠美国电信电报公司的无线蜂窝通信技术, 发布了世界上第1台手机DynaTAC, 它需要充电10 h, 仅能通话35 min^[1]。如今手机可以轻松放入口袋, 一次充电便可续航10~20 h, 而电芯也与设备融为一体, 成为不可拆卸的组成部分。

二次电池的发展为移动设备的持续性能源供给提供了帮助, 从铅酸电池、镍镉电池到绿色的镍氢电池、锂离子电池等, 能量密度不断提高^[2-3]。

然而电池技术的发展并不能满足人们对移动设备

续航能力的需求, 特别是手机产品。随着智能手机的普及, 手机不再是单纯的移动通信工具, 它已经变成人们娱乐、社交、简易办公的多媒体手持终端, 导致手机电池续航的能力无法跟上用户的需求。

在电池能量密度提升缓慢的技术背景下, 智能手机激进的轻薄化工业设计, 又给电池容量的提升带来了难度。

本文结合锂离子电池的技术要素分析, 概述目前电芯能量密度提升的具体措施和难点, 再结合智能手机中各种硬件组份如芯片、屏幕的功耗分析和手机主板工艺的技术演变, 分析未来智能终端整机的功耗趋势和空间设计趋势, 展望未来可能出现的其他类型的用于智能终端的电池技术。

收稿日期: 2017-07-20; 修回日期: 2017-10-17

作者简介: 冯翔, 高级研究员, 研究方向为显示技术及显示周边技术, 电子信箱: fengxiang@boe.com.cn

引用格式: 冯翔, 杨照坤, 张强, 等. 智能终端续航技术发展趋势[J]. 科技导报, 2018, 36(6): 97-104; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.06.012

1 锂离子材料正极体系的变化趋势

经过多年的发展,锂离子电池已经成为目前综合性能最好的可充电电池^[4],而正极材料的性能决定了锂离子电池的整体性能^[5],是锂离子电池中最为关键的材料。目前应用最多的锂离子电池正极材料为钴酸锂(LCO)、尖晶石状锰酸锂(LMO)、镍钴锰酸锂(NMC)、镍钴铝酸锂(NCA)、橄榄石状磷酸铁锂(LFP/LFPO)等,其

性能对比如表1所示^[6-7]。其中,比容量体现了电芯可以提供的电量,比容量与电压平台的乘积则体现了电芯所能提供的功率。因此,高电压平台、高比容量的正极材料是电芯正极材料的最优选择。对于计算机(computer)、通信(communication)和消费类电子产品(consumer electronics)3C产品,由于整机的空间有限,正极材料的压实密度也是选择的关键因素。

表1 4种常见的锂离子电池正极材料性能
Table 1 Performance of four common LIB cathode materials

正极材料	理论容量/ (mA·h·g ⁻¹)	实际容量/ (mA·h·g ⁻¹)	压实密度/ (g·cm ⁻³)	电压平台/V	倍率性能/C	寿命/次	成本	安全	应用
LCO	274	130~150	4.2	3.6	0.5	≥300	高	差	3C产品
LMO	148	100~115	2.9~3.2	3.7	1.0	≥500	低	中等	动力
NMC/NMA	278	155~165	3.6	3.5	0.5	≥800	中	中等	动力、3C产品
LFP	170	130~140	2.1~2.4	3.2	1~15	≥2000	低	好	动力、储能

目前市面上绝大多数的3C产品电池选用的是钴酸锂材料。实际比容量为130~150 mA·h·g⁻¹,电压平台为3.6 V^[8],并且,钴酸锂的压实密度可达到4.1~4.2 g/cm³,在相同的体积内可以容纳更多的材料,迎合了3C产品工业设计轻薄化的特点。但钴的价格较贵^[9],使得钴酸锂正极的电芯成本较高。

三元材料(NMC)的电压平台、比容量、循环次数上都已经超过了钴酸锂,有取代钴酸锂材料的趋势^[10-13],首次放电容量高达140~200 mA·h·g⁻¹,放电范围2.5~4.6 V^[14]。但三元材料的高温稳定性不好,容易产生热胀气,特别是提升正极材料中镍(Ni)元素含量提升时,三元材料的热分解温度逐渐下降^[15-16]。这就意味着,出于安全性考虑,用于3C市场的三元正极材料要对正极中镍(Ni)含量做适当的调整。比较常见的三元正极材料为:镍钴锰酸锂532(LiNi_{0.5}Mn_{0.3}Co_{0.2}O₂, NMC532)、镍钴锰酸锂111(LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂, NMC111)、镍钴锰酸锂811(LiNi_{0.8}Mn_{0.1}Co_{0.1}O₂, NMC811)、镍钴铝酸锂(LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂, NCA)等。

面对三元材料能量密度不断提升,即将超越传统的钴酸锂材料能量密度的现状,一些电池研究机构将钴酸锂正极电池的电压平台提升至4.2V以上,进一步提高了电芯的能量密度^[17](提高电压平台后的钴酸锂即为HV-LCO)。相对于三元材料,钴酸锂的优势在于压实密度,仍将在高端旗舰3C产品中作为主要的锂离子电池正极材料使用。

图1为各种正极材料在性能和价格上的优势分析,可以看到三元材料具有很高的性价比。

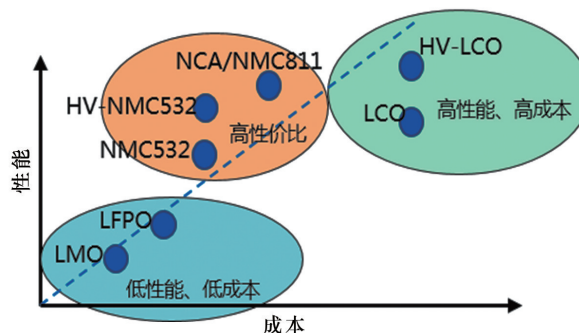


图1 各种正极材料的性能与成本关系

Fig. 1 Performance and cost of a series of materials of anodes

锂离子电池正极体系继续向高电压平台和高比容量的方向发展,如图2所示^[7]。其中LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄有着与LMO材料相同的尖晶石结构,但不会产生三价态的锰,保持了体系的结构稳定性,可以支持4.7~5.0 V的工作电位。过锂材料(OLO)的优势在于250 mA·h·g⁻¹的比容量和4.0~4.5 V的工作电压,但其材料初始工作会产生LiO₂,影响Li⁺的可逆性。以上2种材料的工作电压较高,也增加了寻找合适的电解质材料的难度。

磷酸锰锂材料(LMPO)是基于LFPO的理论进行研究的,其工作电压要远高于LFPO,目前阶段磷酸锰锂主要用于实验室阶段的新一代锂离子电池正极材料研发,不同于磷酸铁锂,由于磷酸锰锂大批量合成的难度

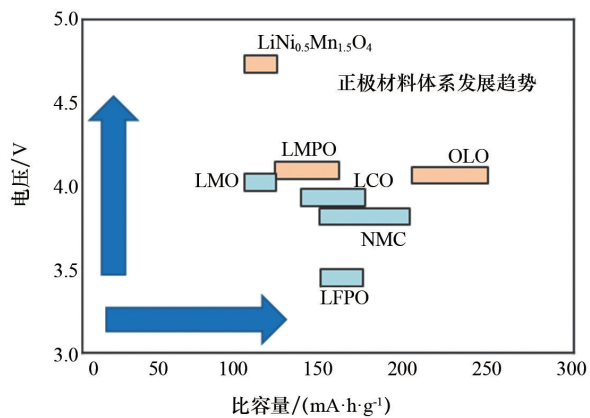


图2 锂离子电池正极材料体系电压与比容量分布

Fig. 2 Specific capacity and voltage for cathode materials

大以及电导率的改善困难等原因,国内目前还没有商业化的磷酸锰锂出售。

固然锂离子电池正极材料体系在不断演变,但满足市场需求,能够商业化的材料体系一定要满足性能、安全、成本、工艺成熟等多方面考虑的前提,特别是近20年,电池每年能量密度稳定提高3%~6%,已实属不易。正极材料的实际容量始终徘徊在100~180 mA·h·g⁻¹之间,正极材料比容量低已经成为提升锂离子电池比能量的瓶颈^[18]。

2 移动智慧产品功耗分析及电池续航

以手机产品为例,手机整机的组成主要以整机印刷电路板(PCB)为基础,电池直接为PCB供电,PCB承载基带芯片、射频芯片、系统级芯片SOC、随机存取存储器RAM和只读存储器ROM及其他功能模块,显示器、摄像头、指纹识别及其他硬件模块以柔性电路板FPC的形式与PCB板相连。

以数字逻辑电路为主的芯片性能随着半导体技术的发展而提高,同时其功耗逐渐降低。这得益于工艺制成的进步、硬件行业标准的更新、芯片架构的升级、晶体管器件结构的优化等。如:高通骁龙835处理器的功耗是早期骁龙801芯片的1/2^[19],苹果A10处理器是早期A5处理器功耗的1/5;同理,RAM和ROM会不断提升数据的传输速率,降低功耗;互补金属氧化物半导体(CMOS)图像传感器芯片也会随着器件的结构设计,在提升分辨率的同时降低芯片功耗^[20]。

但以模拟电路为主射频芯片,随着通信技术的发展以及信号频率的提升,射频芯片的功耗呈上升趋势,

未来第五代移动通信技术(5G)时代到来,射频芯片的功耗将会进一步提升^[21]。

此外,显示屏分辨率的提高直接影响了显示模块的功耗,液晶显示器由背光和液晶显示面板组成,所以其功耗主要由液晶面板的逻辑功耗与背光功耗组成,若显示屏的尺寸增大,就要提升背光的亮度满足整体面板的光强,若显示屏的单位英寸像素个数(ppi)提高,则面板的像素开口率下降,也需要提升背光的亮度来满足整体面板的光强。

表2列举了5.5英寸低温多晶硅背板液晶显示器在不同分辨率下的功耗,可以看出分辨率由1920×1080过渡到3840×2160,逻辑功耗提升了2.3倍,背光功耗提升了1.4倍(92% National Television Standards Committee (NTSC)标准,亮度450尼特)。针对市面上50款安卓智能手机的不同应用平均功耗研究^[22],可以看出手机中凡是与屏幕开启有关的应用场景的平均功耗都超过了1.5 W,如表3所示。

表2 各分辨率下显示屏的逻辑功耗与背光功耗

Table 2 Logic and BLU power consumptions for different display resolutions

分辨率	逻辑功耗/mW	背光功耗/mW
1920×1080	110	690
2560×1440	150	870
3840×2160	250	960

表3 50款安卓手机在各个应用场景下工作4 h的平均功耗

Table 3 Average power consumptions in 4 hours of 50 android phones for different applications

应用场景	平均功耗/W	该应用下屏幕是否开启
本地游戏	3.7	是
摄像	3.6	是
照相	3.1	是
在线游戏	2.7	是
微博浏览	2.5	是
本地视频	2.0	是
微信浏览	1.7	是
在线视频	1.6	是
通话	0.9	否
音乐播放	0.7	否

随着通信信号载波频率的增加,射频模块功耗增加不可避免,但手机进行通话的应用场景是高度独立的,很少伴随其他功能模块的协同作用,再加上射频技

术本身的发展和系统端的不断进步,手机在通话时的功耗已经被大大优化。然而手机屏幕作为手机一切内容展现的窗口,其在工作时不可能不伴随其他功能模块的协同作用,如观看视频时图形处理单元GPU在工作,拍照和录像时图形信号处理器ISP在工作,特别是进行3D渲染时,当GPU的利用率达到90%时,整机的功耗超过了10 W^[23]。

可见,显示屏模组在工作时作为实时的信息呈现和内容展示的窗口,让它成为了手机整机功耗输出的重点。

若手机电池以3000 mA·h、3.8 V为基准,能够提供11.4 W·h的能量,若平板电脑电池以8000 mA·h、3.8 V为基准,能提供的能量为30.4 W·h。以屏幕的功耗输出作为参照,则各个屏幕规格的手机、平板电脑的近似工作时间如表4所示。

表4 手机与平板电脑的近似工作时间计算
Table 4 Approximate operation time of mobile and TPC

产品形态	尺寸、分辨率	屏幕功耗/mW	工作时间/h
手机产品	5.5英寸、1920×1080	800	14.25
	5.5英寸、2560×1440	1020	11.18
	5.5英寸、3840×2160	1210	9.42
平板电脑	10.1英寸、1920×1200	2800	10.86
	10.1英寸、3840×2160	3800	8.00

以此电池基准为参照的手机产品和平板电脑,若不计其他硬件的工作状态,仅屏幕的分辨率或尺寸提升,就会导致工作时间显著下降。如表4所示,5.5英寸的手机产品,若分辨率从1920×1080提升至2560×1440,工作时间下降了近3 h,若要2560×1440维持1920×1080级别显示屏的工作时间,额外需要825 mA·h的电量,3840×2160显示屏则额外需要1537 mA·h的电量,同理这种现象在平板电脑中也可以估算。

自2007智能手机开始向3C市场渗透以来,手机屏幕的平均ppi逐年提升,如图3所示据埃士信研究机构(IHSMarkit)的数据分析,2007年全球手机平均ppi只有130,预计到2022年将达到376。而平板电脑的平均ppi在2007年的数值是104,预计2022年将上升至190。终端用户对显示器视觉体验要求的不断提升,驱使面板制造商不断提高面板的分辨率。

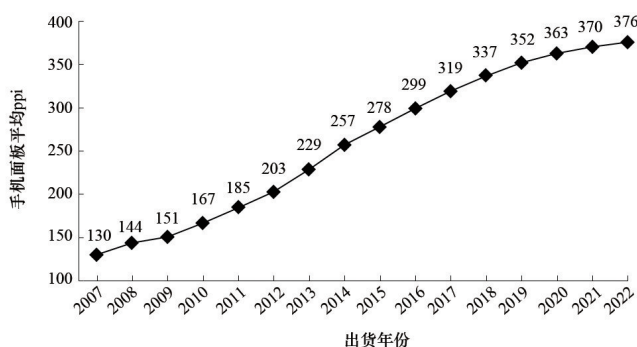


图3 2007—2022年智能手机显示屏ppi发展趋势
Fig. 3 Display ppi of smart phones from 2007 to 2022

另一方面,3C品牌厂商不断提升整机的外形科技感,将设备的屏占比(屏幕面积与整机面积的比例)设计得越来越大,2017年第4季度,小米、唯沃(vivo)、夏普(Sharp)等手机品牌都推出了屏占比超过80%的全面屏手机,苹果也发布了iphone X全面屏手机,预计2018年全面屏手机的市场渗透率将大幅提高。同时,终端用户也希望在屏幕上浏览更多的信息,这种市场需求造成面板的尺寸逐渐增大。根据IHS Markit的数据分析,2010年市面上99%的智能手机都在4英寸以下,随后面板尺寸逐渐向4~5英寸和5~6英寸过渡,2018年预计80%的智能手机尺寸在5~6英寸(图4)^[24]。

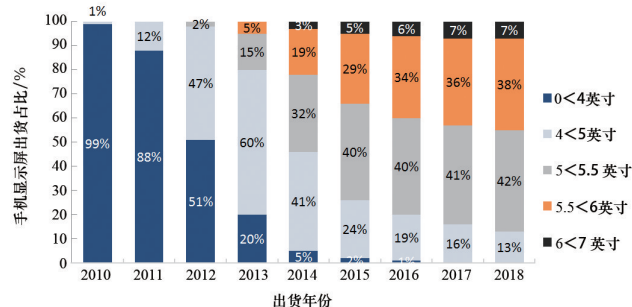


图4 2010—2018年智能手机显示屏尺寸发展趋势
Fig. 4 Smart phone display sizes from 2010 to 2018

屏幕向高端规格的趋势发展,与锂离子电池技术的缓慢的发展形成了矛盾,手机电池的续航问题已经成为用户抱怨的头号问题^[25]。

3 移动智慧产品的功耗优化措施

3.1 降低显示屏模组

移动智慧产品的功耗主要由整机的芯片和屏幕功耗组成,因此同时降低这2部分的功耗是降低整体功耗

的首要任务。以手机产品为例,处理器等功能模块芯片的功耗会随着设计能力的提升而降低,只有通信模块的功耗会增加。后者是无法避免、必须接受的,所以降低整机功耗的重点落在了降低显示屏模组的功耗上。

3.2 采用像素渲染技术

像素渲染技术可以降低像素中子像素的个数,通过子像素渲染的方式实现高分辨率显示的效果。这样可以提升面板的像素开口率,从而提高了整体面板的透过率,在实现相同面板发光强度的同时,降低了背光的亮度。同时,子像素个数的减少也减少了数据写入的数据量,降低了逻辑功耗^[26],如图5所示。

图5(a)RGB标准排列的像素设计中,1个像素中有3个子像素,而图5(b)子像素渲染技术中,平均1个像素只有1.5个子像素,通过算法实现与图5(a)相同的显示效果,在水平方向上,图5(a)与(b)的信号输入量相同,但在垂直方向上,可以减少50%的信号输入量。

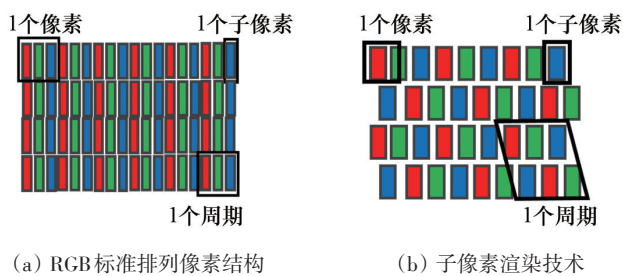


图5 RGB标准像素排列与子像素渲染技术
Fig. 5 RGB standard pixel arrangement and sub pixel rendering technology

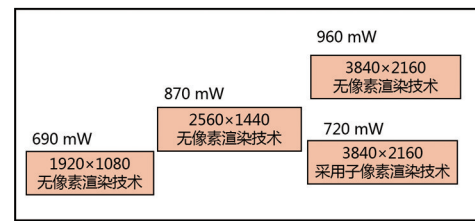
采用子像素渲染技术后,以分辨率3840×2160面板为例,可以降低25%的背光功耗和28%的逻辑功耗,甚至经过子像素渲染后的3840×2160面板的背光功耗比标准2560×1440的还要小,如图6所示。

3.3 采用低频驱动方式

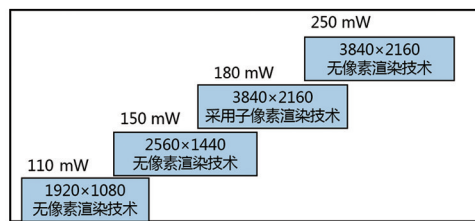
降低薄膜晶体管的漏电流可以让电容更久地维持电量,从而达到低频驱动的效果。目前一些公司已经克服突破了低温多晶硅薄膜晶体管的制作流程难度,降低了漏电,提高了器件的稳定性,实现了30 Hz的低频驱动,未来还会实现15 Hz。氧化物薄膜晶体管也因其低漏电的特性受到了业界广泛的关注^[27-29]。

通过低频驱动技术,当面板的驱动频率为30 Hz时,面板逻辑功耗为60 Hz驱动时的60%;若可以降低至1 Hz,则功耗仅为60 Hz时的21.5%,如图7所示。这

样就可以让终端设备在静态画面显示时大大地节省面板的逻辑功耗。



(a) 背光功耗对比



(b) 逻辑功耗对比

图6 子像素渲染技术和标准像素技术的功耗对比
Fig. 6 Comparison of power consumptions between SPR and Standard pixel arrangements

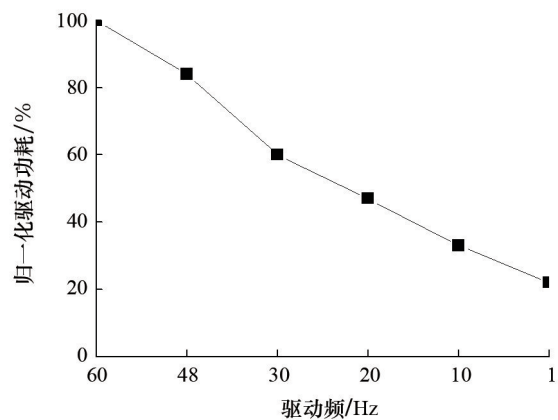


图7 子像素渲染技术和标准像素技术的功耗对比
Fig. 7 Comparison of power consumptions between SPR and Standard pixel arrangements

3.4 自适应分辨率调节功能

当手机操作对分辨率要求不高,如文本浏览、少图网页浏览、菜单主界面等时,可以将分辨率降低至少通道的级别,这样可适当起到降低功耗的作用。当运行图片详细浏览、电影播放等对分辨率较高的应用时,再将分辨率提升至面板最大分辨率。通过自适应分辨率调节的功能,可以合理分配面板的通道负载。

无论是低频驱动,还是自适应分辨率调节的模式,都只能降低面板的逻辑功耗,不能降低背光功耗。

3.5 指向性背光技术

如果液晶显示屏显示一个局部黑色的图像,若能适当关闭或降暗黑色区域背后的背光,则可节省一定的背光功耗,这需要研究每一颗背光所影响的亮度区域,对背光的驱动进行一定的算法优化,达到权衡功耗和画质的效果^[30]。但是现在的手机产品都采用单面侧面背光技术,而不是直下式背光技术,这种动态背光调节的方式对于手机产品来说意义并不大。

3.6 面板制造工艺优化

当面板的分辨率和面积提升时,背板电路走线长度会增加,从而提高了总体电阻值,采用铜工艺走线技术取代铝-铝-铝走线技术,可以降低电阻;采用高精度细线化工艺,可在一定程度上提升像素开口率;在彩膜玻璃基板上采用颜料和染料混合的色阻材料,利用染

料材料的高透过率优势,可以有效提升面板的透过率。

3.7 整机空间设计优化以提升电池体积

整机的空间设计决定了设备可以容纳的电池体积,从一定程度上也影响了设备的续航。以手机为例,目前手机的整机越来越追求超薄设计。2010年旗舰手机的厚度规格在10 mm,2014年则下降至6.1 mm,这在一定程度上影响了手机的厚度。如此看来,未来手机的厚度即使不进一步下降,也将停留在6~7 mm。

若按照屏占比80%,屏幕长宽比16:9,整机厚度6.5 mm,电池厚度占整机厚度1/2,电池的体积能量密度为 $637 \text{ W}\cdot\text{h}\cdot\text{L}^{-1}$ (由魅族MX4的电池容量与体积计算而来),锂离子电池工作电压3.8 V为基准。则在不同的电池底面积与整机底面积之比、屏幕的尺寸与设备可安装电池容量的关系如表5所示。

表5 手机屏幕尺寸、电池底面积占整机底面积比例与设备电池容量的关系
Table 5 Relationship between display size, battery projected area ratio and battery capacity

尺寸/英寸	电池容量/(mA·h)				
	2/5	1/2	2/3	4/5	5/6
5.0	1877	2347	3145	3755	3896
5.2	2031	2538	3401	4061	4213
5.5	2272	2840	3805	4543	4714
5.7	2440	3050	4087	4880	5063
6.0	2703	3379	4528	5407	5610
6.5	3173	3966	5314	6346	6583

可见,电池在整机中的体积占比,直接影响了电池的电量,而在手机厚度追求超薄的趋势下,电池的体积只能依赖电池的长和宽。所以,提升手机主板的元件集成度、缩小PCB的面积,是提升手机电池体积占比的有效手段。

2003—2013年,PCB板上走线的精度提高,从走线精度由100 μm 提升至40 μm ,PCB板的面积大幅度减少。但40 μm 已经是传统PCB工艺的极限精度,若要进一步提升走线精度,就要选择改良型半加成法(mSAP)工艺,以此工艺制备的PCB称为类载板(substrate like PCB,SLP),SLP的走线精度能提升至30 μm ,PCB的尺寸会进一步被缩小。

未来,随着走线精度进一步提升至15 μm ,mSAP工艺也不能满足,PCB的生产将直接采用载板所用的半加成法工艺(SAP),故PCB板与IC载板的工艺接点相同,即PCB板可以与IC载板融合在一起。此时采用SiP封装,可将PCB板制作为一颗芯片,实现了PCB板的终极

形态^[21]。

在这种终极形态下,可以把更多的整机设计空间留给电池。若采用20层的SLP制作手机主板,与传统的PCB相比,可以提升20%~30%的电池容量。

4 结论

锂离子电池技术的发展依赖于材料体系的进步和发展,巨大的消费电子市场需求和用户对锂离子电池续航的要求推动着锂离子电池技术的发展,也显露出了锂离子电池作为3C产品电池的不足。钴酸锂材料依然是3C产品主要的锂离子电池正极材料,三元材料有渗透进入3C市场的可能;显示屏作为3C产品最主要的能量消耗单元,也在不断研究降低其功耗的方案,其中最有效的方案当属像素渲染技术;半导体芯片制造商也在不断优化芯片的制程和设计,在提高芯片性能的同时降低芯片的功耗;在整机结构方面,PCB板走线的精细化、PCB的面积压缩都将为整机电池设计出更大

的空间。因此,电池、屏幕、芯片、整机结构设计要针对不同的产品功耗需求发挥自己的长处,才能制造出满足终端用户续航需求的智慧移动产品。

参考文献(References)

- [1] 周颖, 沈燕秋. 手机发展史[J]. 科技信息, 2010, 30(33): 599-600.
Zhouying, Shen Yanqiu. Mobile phone development history[J]. Science & Technology Information, 2010, 30(33): 599-600.
- [2] 李求忠, 陈燕君. 镍氢与镍镉电池的性能及其影响因素[J]. 宁德师专学报(自然科学版), 2010, 22(2): 132-136.
Li Qiuzhong, Chen Yanjun. Study on performance and influence factors for Ni-MH and Ni-Cd batteries[J]. Journal of Ningde Teachers College (Natural Science), 2010, 22(2): 132-136.
- [3] 黄学杰. 锂离子电池及相关材料进展[J]. 中国材料进展, 2010, 29(8): 46-52.
Huang Xuejie. Li-ion battery and its key materials[J]. Materials China, 2010, 29(8): 46-52.
- [4] 李卫, 田文怀, 其鲁. 锂离子电池正极材料技术研究进展[J]. 无机盐工业, 2015, 47(6): 1-5.
Li Wei, Tian Wenhui, Qi Lu. Technology research progress of cathode material of lithium ion battery[J]. Inorganic Chemicals Industry, 2015, 47(6): 1-5.
- [5] 安洪涛. 全球锂离子电池正极材料产业发展分析[J]. 矿业工程, 2015, 35(6): 149-158.
An Hongtao. Industry development analysis for the global Li-ion battery cathode material [J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2015, 47(6): 1-5.
- [6] 贾冬梅. 锂离子电池正极材料市场分析[J]. 精细与专用化学品, 2012, 20(4): 37-41.
Jia Dongmei. Market analysis of cathode materials for lithium ion batteries[J]. Fine and Specialty Chemicals, 2012, 20(4): 37-41.
- [7] Kim T H, Park J S, Chang S K, et al. The current move of lithium ion batteries towards the next phase[J]. Advanced Energy Materials, 2012, 2(7): 860-872.
- [8] 郭红霞, 乔月纯, 穆培振. 锂离子电池正极材料研究与应用进展[J]. 无机盐工业, 2016, 48(3): 5-8.
Guo Hongxia, Qiao Yuechun, Mu Peizhen. Progress in research and application of cathode materials for lithium-ion battery[J]. Inorganic Chemicals Industry, 2016, 48(3): 5-8.
- [9] 蔡奕茗, 蔡奕荃. 锂离子电池正极材料研究[J]. 广东化工, 2017, 44(5): 136-137.
Cai Yiming, Cai Yiquan. Study on cathode materials for lithium ion battery[J]. Guangdong Chemical Industry, 2017, 44(5): 136-137.
- [10] 王健, 钟胜奎, 刘乐通. 锂离子电池正极材料 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ 研究进展[J]. 化工新型材料, 2009, 37(9): 18-21.
Wang Jian, Zhong Shengkui, Liu Letong. Research progress of $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ as cathode materials for Li-ion battery[J]. New Chemical Materials, 2009, 37(9): 18-21.
- [11] Deng C, Liu L, Zhou W, et al. Effect of synthesis condition on the structure and electrochemical properties of $\text{Li}[\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}]\text{O}_2$ prepared by hydroxide co-precipitation method[J]. Electrochim Acta, 2008, 53(5): 2441-2447.
- [12] Ding C X, Meng Q S, Wang L, et al. Synthesis, structure, and electrochemical characteristics of $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ prepared by thermal polymerization[J]. Materials Research Bulletin, 2009, 44(3): 492-498.
- [13] Li H J, Chen G, Zhang B, et al. Advanced electrochemical performance of $\text{Li}[\text{Ni}_{1/3-x}\text{Fe}_x\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}]\text{O}_2$ as cathode materials for lithium-ion battery[J]. Solid State Communications, 2008, 146(3/4): 115-120.
- [14] 徐群杰, 周罗增, 刘明爽, 等. 锂离子电池三元正极材料 $[\text{Li-Ni-Co-Mn-O}]$ 的研究进展[J]. 上海电力学院学报, 2012, 28(2): 143-148.
Xu Qunjie, Zhou Luozeng, Liu Mingshuang, et al. Research progress in cathode material of Li-Ni-Co-Mn-O for lithium ion battery[J]. Journal of Shanghai University of Electric Power, 2012, 28(2): 143-148.
- [15] 陈玉红. 锂离子电池 $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ 正极材料及安全性的研究[D]. 天津: 天津大学化工学院, 2006.
Chen Yuhong. Investigation on $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ cathode material and safety of lithium-ion battery[D]. Tianjin: School of Chemical Engineering and Technology, Tianjin University, 2006.
- [16] Lu D. Problems of ternary materials[EB/OL]. (2017-02-20) [2017-07-10]. http://www.eeworld.com.cn/qcdz/article_2017022016975.html.
- [17] 雷雨. 高电压钴酸锂正极材料包覆改性的研究进展[J]. 化学工业, 2016, 34(3): 31-35.
Lei Yu. Research progress in coating modification of cathode materials for high voltage lithium cobalt oxide[J]. Chemical Industry, 2016, 34(3): 31-35.
- [18] 尚怀芳, 李彪, 马进, 等. 锂离子电池富锂正极材料表面包覆的研究进展[J]. 新材料产业, 2013(6): 45-49.
Shang Huaifang, Li Biao, Ma Jin, et al. Research progress in surface coating of Li rich cathode materials for lithium ion batteries[J]. Advanced Materials Industry, 2013(6): 45-49.
- [19] 万南. 骁龙 835 正式公布: 8 核 2.45 GHz 10 nm 功耗暴降 25% [EB/OL]. (2017-01-04) [2017-07-10]. <http://news.mydrivers.com/1/514/514407.htm>.
Wan Nan. Snapdragon 835 officially announced: 8 core 2.45 GHz 10 nm power consumption dropped 25% [EB/OL]. (2017-01-04) [2017-07-10]. <http://news.mydrivers.com/1/514/514407.htm>.
- [20] A slimmer yet more powerful mobile[R/OL]. [2017-07-20]. http://www.samsung.com/semiconductor/global/file/insight/2016/03/SolutionBrief_for_Smartphone-0.pdf.
- [21] 方竞. 消费锂电行业深度报告[EB/OL]. (2017-06-22) [2017-07-10]. <http://www.yangqiu.cn/ICshare/2922834.html>.
Fang Jing. The consumption of lithium industry depth report [EB/OL]. (2017-06-22) [2017-07-10]. <http://www.yangqiu.cn/ICshare/2922834.html>.

- [22] 邱鑫. 直击最痛点——50款手机续航横评测试结果[EB/OL]. (2016-06-30)[2017-07-10]. <http://mobile.zol.com.cn/590/5903346.html>.
Qiu Xin. Direct hit the most painful point: 50 mobile phone life assessment test results[EB/OL]. (2016-06-30)[2017-07-10]. <http://mobile.zol.com.cn/590/5903346.html>.
- [23] He S T, Liu Y X, Zhou H C. Optimizing smartphone power consumption through dynamic resolution scaling[C]//Proceedings of the 21st Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York: ACM, 2015: 27-39.
- [24] 数据告诉你手机屏幕越来越大的发展趋势[EB/OL]. (2015-01-20)[2017-07-10]. <http://cd.qq.com/a/20150120/018645.htm>.
The data tell you the growing trend of mobile phone screens [EB/OL]. (2015-01-20)[2017-07-10]. <http://cd.qq.com/a/20150120/018645.htm>.
- [25] 续航已成智能手机用户抱怨的头号问题[EB/OL]. (2013-11-30)[2017-07-10]. <http://tech.sina.com.cn/mobile/n/2013-11-30/10138963934.shtml>.
Standby Time has become the number one complaint for smartphone users[EB/OL]. (2013-11-30)[2017-07-10]. <http://tech.sina.com.cn/mobile/n/2013-11-30/10138963934.shtml>.
- [26] 郭仁炜, 董学. 显示方法和显示装置: CN 103886808 A[P]. 2014-06-25.
Guo Renwei, Dong Xue. Display method and display device: CN 103886808 A[P]. 2014-06-25.
- [27] Pang H, Rajan K, Silvernail J, et al. Recent progress of flexible AMOLED displays[C]//SPIE Proceedings Advances in Display Technologies; and E-papers and Flexible Displays. Bellingham, WA: SPIE, 2011, doi: 10.1117/12.880144.
- [28] Shih T H, Tsai T T, Chen K C, et al. 9.3: A 32-inch active-matrix organic light-emitting diode television panel driving by amorphous indium-gallium-zinc oxide thin-film transistors [J]. SID Symposium Digest of Technical Papers, 2012, 43(1): 92-94.
- [29] Lee H N, Kyung J, Kang S K, et al. 68.2: 3.5 Inch QCIF+AM-OLED panel based on oxide tft backplane[J]. SID Symposium Digest of Technical Papers, 2007, 38(1): 1826-1829.
- [30] Nadernejad E, Burini N, Korhonen J. Adaptive local backlight dimming algorithm based on local histogram and image characteristics[C]//Proceedings of SPIE Color Imaging XVIII: Displaying, Processing, Hardcopy, and Applications. Bellingham, WA: SPIE, 2013, doi: 0.1117/12.2003119.

Smart devices battery life technology trends

FENG Xiang¹, YANG Zhaokun¹, ZHANG Qiang¹, SU Yalong¹, QIAO Yun², LIU Sha¹, YANG Ruizhi¹, SUN Xiao¹, QIU Yun¹, WANG Dan¹

1. Beijing BOE Display Technology Co., Ltd., Beijing 100176, China

2. Ordos Yuansheng Optoelectronics Co., Ltd., Ordos 400714, China

Abstract The slow development of the lithium ion battery material technology hampers the growth of the energy density of commercial lithium ion batteries. The form of smart devices develops in the direction of portability e.g. ultra-thin and ultra-light along with the arrival of the mobile internet era, which poses a great challenge to the battery capacity and the device stand-by time. This paper reviews the methods of improving the stand-by ability of smart devices, focusing on the technology of the lithium ion battery widely used in smart device and the technical status of the key elements in the lithium ion battery cell. The tendency of the device power consumption and the machine structure design of smartphones are analyzed, including the power consumption distribution and the technical upgrading of the hardware in the smartphone field. The display module is shown to consume most power of a smart device. The logic power consumption and the BLU power consumption could be reduced effectively by using the pixel rendering technology. With the integration in the PCB and the processability of the PCB layout developments of the hardware elements, a larger space in the device will be used for a larger volume battery. The battery life will be prolonged with the multiple coordination and optimization of hardware elements of the smart devices.

Keywords smart device; lithium ion battery; power consumption; machine structure design ●



(责任编辑 刘志远)