

照相手机与数码相机中的关键技术

作者 吴腾奇

照相手机和数码相机还是有差距,问题是差距有多大。在手机拍照功能日新完善的今天,特别是在各种技术的支持下,拍照功能对于手机来说绝不仅仅是一个花销,可以说,只要不是太苛刻的专业投影要求,照相手机的摄影画质已经足以满足用户的普通需求了。

不同的照相手机由于定位不一样,在配置拍照组件的时候会考虑到成本的问题,所以会采用不同的拍照元器件,这样就造成手机拍照水平的参差不齐,那么影响手机拍照质量的因素是什么?它又有哪些为人称道的技术呢?本文将作描述。

一、电子防抖有效,更佳的稳定成像还要看光学防抖

照相手机要取代替数码相机,主要的瓶颈是体质上的限制。因为照相手机不可能安装更大的相机模组,这决定了手机拍出的相片不会有太过出色的画质,不能安装更大模组,这决定了手机拍出的相片不会有太出色的质量。不能安装更大模组,所带来的难以弥补的缺憾首先是光学防抖上的缺失。这也就是为什么现在流行的照相手机普遍都采用的是电子防抖,而不是光学防抖的原因。加上照相手机的定位是给用户提简易的操作体验,只要具体一定的成像效果即可,因此目前手机制造商们多数还是采用电子防抖。即便是对于未来 iPhone5,业界预测也不会搭载光学

防抖功能,不过对于视频抓拍摄而言,电子防抖有时候也能起到不错的效果。

电子防抖是利用相机内部的处理在后期进行处理,普遍认为其效果没有光学防抖好,因光学防抖在拍照过程中实时对镜头或者其他部件进行调整。无论是对于拍摄动态视频还是暗光下的摄影,无论是对于拍摄动态视频还是暗光下的摄影,光学防抖均可以提供非常大的帮助。不过暂且放下采用防抖方式不说,该不该采用防抖技术也有待斟酌。防抖会增加电池负担降低相机续航能力,增加器材的造价和重量,某些时候防抖还会对图像质量产生负面影响,也就是特殊情况下产生的越防越抖现象。防抖也不是万能的,防抖只能克服拍摄者本身的抖动而不能克服被拍摄对象的位移,这时候因为被拍摄者本身是轻微移动的,所以即使开了防抖也不会对提高画面质量有帮助。

1. 光学防抖

光学防抖技术并不是让机身不抖动,而是依靠特殊的镜头模组或者 CCD 感光元件的结构最大程度的降低操作者在使用过程中由于抖动造成影响不稳定。光学防抖是通过镜头内部的特殊浮动透镜组的位移来纠正抖动引起的“光轴偏移”。其原理是通过镜头内的陀螺仪检测镜头的微小位移,并将检测到的信号传至微处理器,处理器立即计算需要补偿的位移量。然后有效的克制因抖动产生的影响模糊。这种抖动技术对镜头设计

制造要求比较高,而且成本也相对高一些。

不仅对于照相手机,对于专业的数码相机来说,光学防抖功能的效果是各种防抖技术中最强劲的。一般情况下,数码相机如若开启该功能可以降低 2-3 档快门速度进行拍摄,能大大减轻手持拍摄时模糊不清的现象,其效果是非常明显的。

在这一领域,香港应用科技研究院有限公司(应科院)早前已经研发出“防抖动摄影模块”堪称全球最微型的手持震动及自动对焦设计,并且获一手国际手机品牌使用,其防震功能比一般手机更佳。在乘坐交通工具的震动环境下,亦可进行清晰拍摄。获授权该模块技术的爱佩进行行政总裁林小军表示,该模块设计微型化,只有 $8.5 \times 8.5 \times 6.8 \text{ mm}^3$,今年年中更可推出更小的 $8.5 \times 8.5 \times 3.8 \text{ mm}^3$ 的模块,而其它对手只能做到 $12.5 \times 12.5 \times 7 \text{ mm}^3$ 的大小。他指出,在 15Hz 或以下频率,该模块也可以 0.1 合计内激活防震功能,在乘坐巴士或地铁时亦有良好防震效果,现时其它手机防震功能只能为影像提供补偿效果,而且未必成功,防震功效不及该模块,而影像解像度高度 500 万像素,若放大 8R 或 4R 大的相片时,图像也是清晰的,日后更可研发推至 1200 万像素。该模块每粒造价约 4.5 美元(约 35 港元),大量生产后可降至 1.5 美元,而对手则卖 4 美元;林小军估计,手机生产商将为设有该模块的手机价格提升数百港元。

现时已有一间国际著名手机品牌兴爱佩仪签约,在今年第三季度投产,可在2012年第一季度在国际市场上发售。约1200万部。林小军指出,现时亦正与约十间电子生产商洽谈中,其中约有四间是手机生产商;他指出该模块亦可应用在数码相机,卡片机内,更有用于医疗的药丸型摄影机生产商,希望可使用该模块技术,但需要进一步研究。他又指出,每年有11亿部手机出产,该公司的目标是,日后有一亿部手机都拥有他们的模块设计。

2. 电子防抖

电子防抖实际上是一种通过降低画质来补偿抖动的技术,此技术试图在画质和画面抖动之间取得一个平衡点,与光学防抖比较,此技术成本要低很多,效果也要差,电子防抖使用数字电路进行画面的处理产生防抖效果。当防抖电路工作时,拍摄画面只有是实际画面的90%左右,然后数字电路对摄像机抖动方向进行,进而用剩下的10%左右画面进行抖动补偿。这种方式的特点是成本低,但欲降低了图像传感器的利用率,对画面清晰度会带来一定的损失,也就是说电子防抖是针对图像传感器上的图像进行分析,然后利用边缘图像进行补偿,就像光学变焦和数字变焦一样,它只是对采集到的数据进行后期处理,治标不治本,并没有什么实际作用,相反,对于画质有一定程度的破坏。就数码相机而言,目前市场上有卡西欧、柯达、富士等采用的是电子防抖技术。电子防抖的实现原理和数码变焦相类似,通过像素插值来补偿震动,也就是说像素的大小就决定了电子防抖的效果,试想一下,如

果只有80W像素的图像传感器,再分出一部分的像素来进行防抖,会造成画质下降。

二、客观看待FSI兴BXI图像传感器

按结构来分,目前便携设备常用的图像传感器有背照式传感器(BSI)和前照式传感器(FSI)两种,它们的设计不同之处在于BSI把与感光无关的走线与光电二极管分开到芯片的两面或者底部,这样不仅可以增加光电元件曝光面积(开口率增加),而且减少光线经过布线层时的损失。

由于光波长不变,像素不断缩小,FSI技术存在其物理局限性,为了解决这个问题,BSI有效去除了光路径上的读取电路和互连。BSI技术拥有得到更高量子效率(QE)的潜在优势,前景十分诱人。但同时也带来了更高成本,更大串扰和制造挑战等问题,这意味着只要FSI图像传感器还能够满足当年市场的性能要求,还是保持一定的市场地位。如今,BSI技术不仅开始用于制造对传感器成本提高并不是特别敏感的高端消费类相机等产品,已有数款手机开始采用这种技术。BSI技术起初用于高端相机中,同时,它的性能将会继续提升,不久将在主流大批量应用中得到广泛使用尤其是那些需要1.1微米及以下尺寸的应用。

未来,由于市场对不同应用需求的分化,有理由相信FSI和BSI技术将会共存,FSI图像传感器技术的提升将满足对于出色图像和视频性能的不断增长的需求。同时,BSI技术的进步将支持极小像素尺寸,以驱动

体系更小的高分辨优选法相机和手机的应用。

1. FSI技术概述

传统上,图像传感器按照制造流程而设计。因此,对最终器件而言,光线是从前面的金属控制线之间进入,然后再聚集在光电检测器上,一直以来,对于较大的像素,FSI都十分有效,因为像素堆叠(pixel stack)高度与像素面积之比很大,致使像素的孔径也很大。日益缩小的像素需要一系列像素技术创新解决FSI技术在材料和制造方面的局限性。比如,FSI已经采取众多创新技术和工艺改进,如形态中变化微透镜、色彩变化滤光、凹式像素阵列、光导管和防反射涂层等技术,以变化FSI像素的光线路径。

进入FSI像素的光最初被带有防反射涂层的微透镜(microlens)聚集,该微透镜也作为孔径使用。在手机中,微透镜的设计必需能够满足镜头质量和更大主光角(chief ray angle)要求。光通过微透镜,聚在针对微光反应和信噪比(SNR)变化而设计,具有最佳密度和厚度的彩色滤光器上,确保被完全分离为三原色分量。微透镜的曲率和厚度必须精心选择,以使色彩滤波器传输的光尽可能多地为光导管所接收。虽然光导管是设计用于聚集从微透镜发出的光,并使其以窄光束形成通过互连金属和隔离堆叠,但它仍然能够有效缩短光堆叠高度,使平等光束被导入光电二极管区域。

光导管必须聚由孔径确定的光锥和主光角(CRA)范围内的任何光线。更先进的制造工艺采用更小的特殊尺寸,并从铝工艺转向铜工艺,能

够提供更窄的金属宽度,实现更宽的光导管。结合这些改进,像素陈列可以是凹式,把像素陈列之上的堆叠高度降至仅两个金属层的厚度。

一旦光导管把光子传送到矽片表面,光电二极管开始工作。鉴于矽片的光吸收特性,光电二极管的区域应该延伸至几个微米的尝试。在设计光电检测器时,可把耗尽深度(depletion depth)延伸入矽晶圆,使光子收集与保存的空间分辨率最大化。其关键在于份量增大相邻光电二极管之间的隔离,并形成深结(deep junction),以消除较大波长光子产生的,没有在光电二极管中被吸收的任何光电荷。

(1)FSI 的优点

先进的 FSI 像素采用设计优化光导管,可降低串扰。这些光导管还能够增大入射光的接收角,从而允许相机采用主光角更大的镜头,并为相机模块设计提供更大的灵活性,比如模块高度可以更小。在 1.4 微米像素下对 BSI 和 FSI 技术进行比较可看出,FSI 能以更低的成本获得同等的性能。这种成本优势可能源于其需要更少的工艺步骤,以及其因制造工艺更成熟而获得的更高良率。考虑到 FSI 串扰更小,BSI 的 QE 更高,两者的成像性能和信噪比(SNR)基本相等或接近。

图像传感器公司 Aptina Imaging Corporation 开发了 Aptina A-Pix FSI 技术,采用新的宽型光导管,采用新的宽型光导管,更先进的微透镜和光学层,以及深度光电二极管,提升了 FSI 技术的能力。利用 65nm 像素设计规则的先进半导体制造工艺,可以实现更宽的金属开口,从而能够在像

素中插入更大的光导管,使更多的光子通过互连层,并在深度光电二极管中有效捕捉这些光子。这些改进实现了最先进的 1.4 微米像素,可获得 50~60%的 QE,而串扰为 5~15%。这种高 QE 接近 BSI 的 QE,然而 FSI 的串扰一般更小,净总量图像质量堪比 1.4 微米像素,上述改进就可以实现高性能的 1.4 微米像素商用图像传感器,无需从 FSI 转向 BSI。

虽然需要 1.1 微米像素传感器的未来应用预计将采用 BSI 技术,但是 FSI 也有望促进下一代产品的发展。FSI 非常适用于需要“更大”像素的应用,在这些应用中,微光和总体成像性能比更高的分辨率更重要。视频类应用,特别是高清(HD)视频,将推动 HD 分辨率下性能的提高。对于高质量 HD 视频应用,采用 FSI 技术的 1.4 微米,1.75 微米或更大的像素预计还将在市场持续很长一段时间。

(2)FSI 的缺点

从一开始,FSI 就面临着使入射光通过矽片金属层到达光电检测器的挑战,要加大孔以提高光聚集度,可采用共享元件来设计像素,以质量减少光电二极管上的电路。这种方法在提高 QE 的同时,也带来了不对称性,其后必须予以补偿,此时,这种孔径又产生衍射效应,而且更大的像素堆叠高度使用串扰抵制变得更为困难,虽然光导管可以减轻这些效应,但光导管本身也存在损耗。像素从 1.4 微米缩小至 1.1 微米,有开光导管的设计挑战大幅度增加。随着像素的不断缩小,即使采用光导管,衍射效应也会妨碍光的接收。此外,FSI 无法利用所有可用金属互连层来推进片上处理,在 1.1 微米像素下,这

个缺陷可能更为突出。

2. BSI 技术概述

采用 BSI 构建像素,光线无需穿过金属互连层。然而,这仍然对光路径带来一些限制,幸运的是,促使 FSI 技术不断改进的许多知识和技术进步可以直接应用于 BSI 技术,从而为提高 BSI 性能打下了坚实的基础。

BSI 技术的第一步是汇集进入光电二极管光学区域的入射光,其光学要求与 FSI 相同,不过现在微透镜的位置更接近光电二极管,需要更厚的微透镜材料层以获得更短的焦距。与由互连层创建的自然孔径的 FSI 技术不同,BSI 需要最大限度地减少串扰,因而必须通过在光电二极管上垫上金属栅格(METAL GRID)来增加一个孔径。

由于 BSI 晶圆是翻转(INVERT-ED)的,故入射到临近的矽体材料。这时,由于漫射到临近像素或在背面界面的漫射与重新汇合,光线会形成串扰而产生汇合。蓝光尤其容易发生这种现象,导致蓝光 QE 减少,而串扰增加。可喜的是,通过利用先进的背面处理和更深的光电二级管来捕获蓝光,可以解决这些问题。

(1) BSI 的优点

BSI 的主要优势是能够使电气组件与光线分离,使光路径能够被独立优化。而且,这无需在金属层或光导管中创建一个孔径,从而消除了入射光的损耗机理。其最终结果是 BSI 能够获得更高的 QE。

BSI 图像传感器超越传统 FSI 器件的另一个主要优势是像素的光堆叠高度更低。但应当注意的是,相比具有光导管的 FSI 架构,这一优势并不明显,这是因为对于后者,由于

光线在互联堆叠的顶部聚集,并由光导管限制和引导到光线检测器表面,有效光堆叠高度也会减少,对于1.4微米BSI像素,QE范围通常为50~60%,而串扰范围为15~20%。在1.4微米下,BSI的高QE结合略微受影响的串扰。带来可与1.4微米FSI像素的相媲美的总体图像质量。应该注意的是,1.4微米BSI技术虽然刚刚进入市场,但正如以往的像素技术一样,其性能预计也将逐渐提升。今天,1.1微米BSI像素尚处于早期发展阶段,不过一旦他们能够投入生产,预计QE将达到50~60%,串扰为10~30%。届时这些1.1微米BSI像素将会胜过1.1微米FSI像素,因为FSI像素在缩小至1.1微米时存在制造难题。

(2) BSI的缺点

BSI器件架构本身带来串扰挑战,导致无法精确地收集光子,因而减少了色彩修正矩阵的性能,并引起SNR下降。BSI还需要额外的晶圆贴片和减薄处理(mounting and thinning),背面对准处理(alignment for backside processing)以及背面界面钝化(passivation)对准等制造处理工艺,所有这些工艺都会增加成本和误差。此外,以往在前端(front side)进行的CFA和微透镜处理,现在必须在背面进行。这时,由于晶圆翘曲以及材料背面结构对准存在的挑战,对准获得更加困难。

BSI的相关成本较高,导致某些BSI传感器制造商瞄准成本较不敏感的高端相机应用,业界权威人士认为BSI技术的平均销售价格较高。总之,影响销售价格的因素包括成本较高,更先进的工艺技术等等。

BSI的另一个缺点是需要背面钝化,相比前表面处理,背面处理比较麻烦。从而使处理工艺优化非常有限。此外,晶圆的前表面已有载具晶圆键合(carrier wafer bond)和金属化。这也限制了处理工艺优化。因而,钝化层需要沉淀而不是生长在背表面上。而且,钝化层中的缺陷将会影响背表面的缺陷,导致更高的暗电流和更大的热像素缺陷可能性。创建BSI图像传感器还需要新工艺的开发,而且新技术成熟和良率提升需要一定的时间,大多数图像传感器销售商都正在投资BSI工艺开发,克制这些障碍只是时间问题。

三、软件作用基于硬件,典型代表为HDR

苹果在IOS4.1手机操作系统中为IPHONE4增加了一项新功能:HDR拍照。虽然目前市场上支持HDR功能的数码相机已经不在少数,但能够让普通消费者注意到这一功能,IPHONE4依然居功至伟。

HDR即High Dynamic Range高动态范围,被用来补偿大多数数码相机成像传感器有限的动态范围。开启该功能后,IPHONE4在拍照时,实际上会连拍3张照片,分别对应欠曝,正常曝光和过曝,再合成为一幅照片,提升暗部和亮部的细节表现。由于大多数情况下HDR照片更加接近人所见,再加上IPHONE4可以设置手机同时保存原版和HDR版照片。因此除了占用存储空间稍多,以及HDR照片合成需要等待几秒钟外,似乎再也没有关闭HDR的理由了。照片的动态范围是指最暗的色彩与

最亮的色彩之间的亮度范围,值得特殊说明的是HDR是一种软件技术,该功能在亮度反差较大,尤其是户外,逆光等场景中能够自动将多重曝光结合到一张HDR图像中,从而可以拍摄出更加清晰的影像。而这项技术所能实现的效果即使使用最先进的单反相机,也无法在一次曝光中捕捉很多场景的宽广色调。

在了解什么是HDR技术之后,再看看苹果的这项技术是怎么来的,从目前各方信息来看,苹果的这项技术应当来自于其收购的一家名为ImSense的公司,该公司总部位于英国剑桥,是一家从East Anglia大学独立出来的小型技术企业,专门研发HDR校正技术,其名称为Eye-fidelity的算法可以对准照片或HDR照片进行处理,恢复欠曝或者过曝照片中的细节,同时保持整体色彩平衡,使最终照片尽可能贴近于人眼所见。总而言之,由于HDR在拍摄过程中是同时生成高光,平光 and 低光,其三者的最佳色彩比例生成的,所以在色阶的明亮上具有很大的优势。

四、照相手机的闪光:LED与XEON

疝灯和白光LED用于照相手机闪光灯的主要差别是:疝灯可提供比白光LED更高的亮度,其光源输出更容易获得均匀的亮度,但驱动电路较复杂,须产生千伏电压触发和300V的闪光灯驱动,具体实施具有较高的复杂度,而且需要考虑安全规范问题。一般白光LED的闪光灯亮度受限于它的点输出特性,需要多个LED并联和串联来增加有效亮度,也

可以使用亮度的 LUXEON LED ,但目前它的价格对于商用照相手机来说略高一些。

氙灯是充满氙气的柱状灯管 ,其阳极、阴极直接接触气体。触发电极分布在灯管外表面 ,通过玻璃外层传送一个较高的电压脉冲来将灯管内惰性气体离子化 ,使其阻抗降至一欧姆以下 ,并容许产生高亮度光源的电流在阴极和阳极之间流动。随着电流脉冲衰减 ,灯管电压下降 ,最终再次恢复到高阻状态 ,等待另一冷色触发。

LED 类似于小型灯泡 ,与白炽灯不同的是 ,它们没有灯丝且温度不会很高。LED 利用电子半导体内部的移动产生光源。导致 LED 发光的是加入矽中的能杂质 ,如镓、砷化物、镓和氮化物等。电流通过 LED 时会发出光子。新开发的 LED ,亮度足以与传统的照明技术竞争 ,因此在大部分应用中 ,现代的 LED 已经能够取代白炽灯。LED 用作照相手机闪光灯时有两种不同的连接方式 ,也即并联和串联。串联方式中所有 LED 流过相同的电源 ,可得到均匀的亮度和键盘背光 ,达到于较大尺寸的 TFT 面板。但是 ,该方案的照相手机闪光只应用

中需要一个大尺寸储能电容 ,容量与所需闪光灯电流 ,升压转换器的最大输出电流 ,串联 LED 的数量以及闪光时间有关 ,选用 LED 并联方式时 ,我们能得到更高亮度 ,虽然每个 LED 亮度略有不同。

五、上网分享

如今 ,人们已经开始习惯于使用照相手机来摄影 ,而不是数码相机 ,使用手机拍照后可以通过社交网站或电子邮件方便快捷地与朋友分享图片 ,使用数码相机拍照则需要将其与电脑连接才能上传图片 ,人们更倾向于舍繁就简。

自从数码相机面世以来 ,它一直是许多用户家庭必备产品。但从目前的形势看来 ,其地位岌岌可危 ,和电话答应机 ,计算器、名片管理等单一用途产品的命运类似 ,数码相机的地位正逐渐被拍照智能手机这种多功能产品所取代 ,照相手机的种种新制式使其在抓拍方面表现更胜一筹。美国消费电子协会的数据显示 ,仍有 82% 的美国家庭拥有相机 ,其中绝大部分为数码相机 ,但对于不少消费者来说 ,目前拥有的数码相机将是他们

的最后一台 ,因为他们更偏爱使用智能手机的拍照功能。相关销售数据能够在一定程度上说明问题。

另外 ,从分析机构的报告来看 ,虽然经济危机的影响在 2009 年已经有所缓和 ,与此同时 ,具有更换镜头 ,菜单设定等更强大功能的单反相机销量则有所上升 ,来自市场调查公司 NPD 的数据显示 ,自 2009 年以来 ,单反相机的销售额增幅已达到 29% ,分析师指出 ,上述灵气表明市场已经出现分化。智能手机拍照及分享的便捷足以使随便拍拍的用户感到满意 ,而摄影发烧友则将不断追求功能更加强大的高级相机。分析师预谋 ,未来数码相机市场将进一步缩水。

对习惯于通过网络分享海量图片的群体来说 ,智能手机便捷易用的魅力令人无法抗拒。Facebook 称 ,自其 2004 年成立以来 ,用户累计共上传超过 500 亿张图片。图片共享网站 Flickr 则表示 ,每日用户新上传的图片数量越过 300 万张。来自 Flickr 的数据显示 ,最受其 5500 万用户欢迎的相机是 iPhone3G 手机的附带相机 ,人气前五名中的其他位置由佳能和尼康的单反相机占据。没有任何一款数码相机挤进五百强。