应用于智能可穿戴显示器的兼有超低功耗和高画质

　　日本显示器公司运用低温多晶硅（LTPS）技术，在像素内嵌入内存，从而大幅降低了显示图片时的功耗。此外还解决了反射型LCD模块以往存在的画质问题，最终实现量产。本文是该公司研发本部系统开发部的福永容子和仲岛义晴撰写的相关论文。

　　日本显示器公司已开始面向可穿戴设备用途量产供货实现了超低功耗的反射型LCD模块。采用不使用背照灯的低功耗反射型LCD，为了进一步降低功耗，采用了利用嵌入像素的内存来保存图像信息的“MIP（MemoryinPixel，像素内存储器）”技术。显示图片时几乎不消耗电力，这样用户就可以长时间使用可穿戴设备。至于反射型LCD原来存在的低画质问题，我们通过采用新开发的光散射层，提高了亮度和视认性。

**低功耗和室外视认性十分重要**

　　目前的智能手机等主流移动设备的显示器最为重视高画质。尤其是在室内浏览显示器时，画质会变得十分重要。但如果是可穿戴设备的话，优先次序就会改变。比如，手表式终端要求一直显示时钟。尽管如此，人们仍希望电池至少能够待机一周。因此，低功耗性能就变得非常重要。低功耗性能对生物传感器类终端也很重要。其原因是，如果为了充电而频繁摘下佩戴在身上的终端，易用性就会变差。如果是运动类终端，虽然低功耗性能也很重要，但还要求在室外具备较高的视认性。这是因为运动类终端经常在用户进行跑步等户外活动时使用。

**反射型LCD是最佳解决方案**

　　什么样的显示器可以满足可穿戴设备的要求呢？如果从室内的画质要求来考虑，智能手机等使用的透射型IPSLCD及自发光型有机EL都非常出色。但是，从能够实现可穿戴设备所要求的室外视认性及电池持久性的潜在能力来看，这些显示器均无法充分满足要求。

　　关于低功耗型显示器，目前，被称为电子纸、具备存储性能的显示元件已被电子书等产品采用。因为可保存改写后的图像，所以显示图片时不会消耗电力。但是，具有存储功能的显示元件与不具备存储功能的显示元件相比，改写图像所需要的功耗要大一些。而且，原理上很难显示彩色视频。虽说以图片显示为主，但如果是手表式终端的话，通常还需要显示秒针，有时可能还想让其显示彩色视频。这样的话，电子纸就很难满足要求了。虽然也有反射透射并用型（半透射型）LCD技术，但因为是半透射半反射，所以会牺牲作为反射型LCD的性能，从而导致无法满足可穿戴设备的低功耗要求。

　　我们认为反射型LCD是最佳解决方案。由于不需要使用耗电量在LCD中占80％的背照灯，所以功耗非常低。而且还使用了MIP技术，因此在显示静止图片时，可进一步使功耗降至1/10。但是，由于以前画质较为逊色，因此用途很难扩大。

**功耗和画质俱佳**

　　于是，我们以超低功耗和高画质兼顾为目标，一直在开发反射型LCD。作为开发成果，我们在2012年的“FPDInternational2012”展会上公开了采用MIP技术的超低功耗反射型LCD注1）。当时展示了高反射率和高色纯度两种产品。

　　注1）屏幕尺寸为7.03英寸（对角线为17.9cm），显示图片时的功耗仅为3mW。

　　高反射率品使用颜色较淡的彩色滤光片，以亮度为优先。反射率高达40％，可与EInk公司的电子纸（电泳显示器）抗衡。尽管色彩表现范围按NTSC比只有5％，但比电子纸出色。

　　高色纯度品在红（R）、绿（G）、蓝（B）三色之外增加了白色（W）子像素，并使用了色彩较浓的彩色滤光片。通过增加白色子像素获得了较高反射率，虽加深了彩色滤光片的颜色，但显示效果并没有变暗。色彩表现范围按NTSC比为36％，反射率为28％注2）。

　　注2）水平方向的分辨率是高反射率产品的3/4。

　　篇首提到的我们已开始量产的可穿戴设备用反射型LCD的基础技术就是那时开发出来的。下面就详细介绍一下这项技术。

***通过导入光散射层来提高画质***

　　如上所述，反射型LCD以前存在的课题是画质较低。我们以下面三点为目标提高了画质。（1）没有炫光，看起来像纸张一样；（2）反射率高、亮度大；

　　 （3）没有彩虹干扰光斑。

　　发生炫光和彩虹光斑的原因在于以前的反射电极结构。以前的反射电极为了扩散反射，在电极表面形成了有规则的微细凹凸图案。这是出现炫光和彩虹光斑的主要原因。而且，显示器与纸张不同，稍微倾斜一点就会变亮或变暗，这同样是反射电极的结构造成的。于是，我们将反射电极改成了平坦的表面。

　　但若只是这样，会导致反射电极变得像反射镜一样。要想呈现纸张一样的白色，还必须让光线发生散射。于是，我们新开发了光散射层，并将其配置在反射电极的前面。该光散射层的详情还不能公开，只能说，采用的是让光线向特定方向散射的设计。从特定方向观看时，比使用让光线均匀散射的散射层时更加明亮注3）。

　　注3）从斜向或较偏的角度观看时，显示比较暗淡，但由于是用于个人使用的可穿戴设备，便采用了这样的设计。

**利用像素内存实现超低功耗**

　　反射型LCD的功耗本来就很低，但为了使功耗降低一个数量级，我们导入了MIP（MemoryinPixel）技术。当显示图片时，若将图像信息写入像素 内存一次，就可以持续使用，不需要再逐帧（一般为1/60秒一次）写入。因无需对源极线加载高频率数据信号传输至各像素，源极线周围的充放电会骤减。其结 果，面板功耗便可降至1/10以下。

　　采用MIP技术的反射型LCD的系统，像素的各个子像素中均嵌入了两个SRAM。这必须要有CMOS电路，只能通过低温多晶硅（LTPS）TFT来实现。 图像显示以开/关二值显示为基础，采用了面积灰阶方式。由主机发送至显示器的信号会以提高面积灰阶方式的画质为目的，进行Dithering（误差扩散， 也较抖动显示）所需运算。其结果会被发送至行内存。而改写信号的显示行则会被V解码器和门控缓冲器选中，并由信号缓冲器发送对应于该显示行的数据信号。

**采用新像素结构和误差扩散技术**

　　我们开发的反射型LCD模块，使用写入子像素内2bitSRAM的图像信息，并在分割为三部分的子像素的各区域内进行白色或黑色显示，从而实现了4灰阶表 现能力。对于2bit的图像信息，通常是以2比1的面积比例将子像素分成两部分，把前者用于高位显示，把后者用于低位显示。但是，这种方法会因为灰阶层次 不同而导致子像素内的浓淡（黑白）重心上下错位。这可能会造成线状显示缺陷。为了解决这一问题，我们把子像素分成了三部分，把上下区域分配给了高位显示， 把中间区域分配给了低位显示。采用这种方法，浓淡的重心就会一直位于中间。

　　由于各子像素均为4灰阶，因此由RGB子像素构成的各像素均可进行64色显示。但是，要顺畅地显示自然景色，灰阶还不够，因此我们采用了刚才提到的误差扩散技术。要防止误差扩散特有的点状不均或闪烁变得明显，误差扩散法需要根据具体的图片和视频内容灵活运用。

**确保在昏暗处的视认性**

　　反射型LCD的缺点是在没有外部光线的昏暗处看不到显示。在像素内设置外部光线反射区域和背照灯透射区域的反射透射并用型（半透射型）技术可解决这个问 题。可为反射电极设置开口部，将其用作透射区域。不过，设置透射区域会导致反射区域的面积缩小，因此会造成反射率降低。由于智能手机更重视透射性能，因此 这不是什么大问题，但对于经常在户外浏览屏幕的可穿戴设备而言，这是一个很重要的问题。

　　于是，为了不牺牲反射率，我们开发出了将像素和像素之间的区域作为透射区域（开口部）的技术。该开口部没有下部电极，但液晶分子会像非开口部一样移动，因此显示没有问题。我们对比了明亮处的反射显示和昏暗处的透射显示，确认了视认性。

　　另外，我们还开发出了基于模拟灰阶的高画质高精细度反射型LCD。这种显示屏不使用像素内存，而是通过与普通LCD相同的方式来驱动。虽然比不上使用像素 内存的产品，但因为是反射型，所以功耗较低，只有普通显示屏的1/5左右。设想用于不需要像可穿戴设备那样的超低功耗，但非常重视画质的用途。这种显示屏 已在“FPDInternational2013”展会上公开。

　　对于使用像素内存的面积灰阶方式反射型LCD，其精细度与灰阶数或显示色数量之间存在此消彼长的关系。原因是，采用面积灰阶方式时，为了增加灰阶数或显示 色数量，必须缩小子像素的尺寸，并把像素分割得更小。但是，要使用像素内存，就要将内存集成到子像素内，这样就限制了子像素的小型化（高精细化）。因此， 使用像素内存的面积灰阶反射型LCD试制品的精细度仅为182ppi，灰阶数为4，显示色数只有64色。

　　而2013年公开的高画质产品的各色的模拟灰阶为6bit，因此可实现64灰阶、26万色显示。屏幕尺寸为7英寸，像素数为1200×1920，精细度高达321ppi。将RGBW子像素改成了2×2配置，反射率高于采用条纹配置的产品。