

改变封装技术可让 LED 照明可靠性大增

随着蓝光和白光发光二极管(LED)在1990年大举迈向实用化阶段后,无论是利用LED所进行的全彩显示,或是在近年来社会大众对节能议题所展现的高度重视下,LED所普及到的智能手机、个人电脑(PC)、电视背光、照明、白色家电产品或交通号誌等多样化的产品应用领域愈来愈广。为满足市场需求,业界针对各种产品系列,包括能够实现高演色性与高可靠性的照明用LED、以PICOLED为代表产品的小型薄型LED,以及车用客製化色彩LED等倾注了相当的研发资源。

照明用白光LED产值急速成长

受到世界节能趋势以及日本东北大地震所引发的节能意识高涨,日本市场对于照明用白光LED的需求量大增,促使LED照明市场产值正不断急速成长,然而,若要让照明光源完全从传统的白炽灯泡照明方式转换为LED照明,在产品特性上仍有些亟待解决的问题存在,其中,业界研发重点尤以LED灯的高演色性与高可靠性为主,以下将分别就业者针对高Ra值与发光效率的技术做分享。

兼顾高Ra值与发光效率

平均演色性评价指数(Ra)就是光源使物体表现或重现真实颜色的一种指数,指数愈高,代表颜色重现性愈佳(太阳光的Ra为100),市场上期盼照明用白光LED能够兼具高发光效率与高演色性($Ra \geq 80$),但发光效率与Ra值两者之间却存在着效益权衡(Trade-off)特性(图1)。由于市场上对于发光效率有更高的要求,因此目前市场上多为 $Ra \approx 70$ 的高发光效率LED。

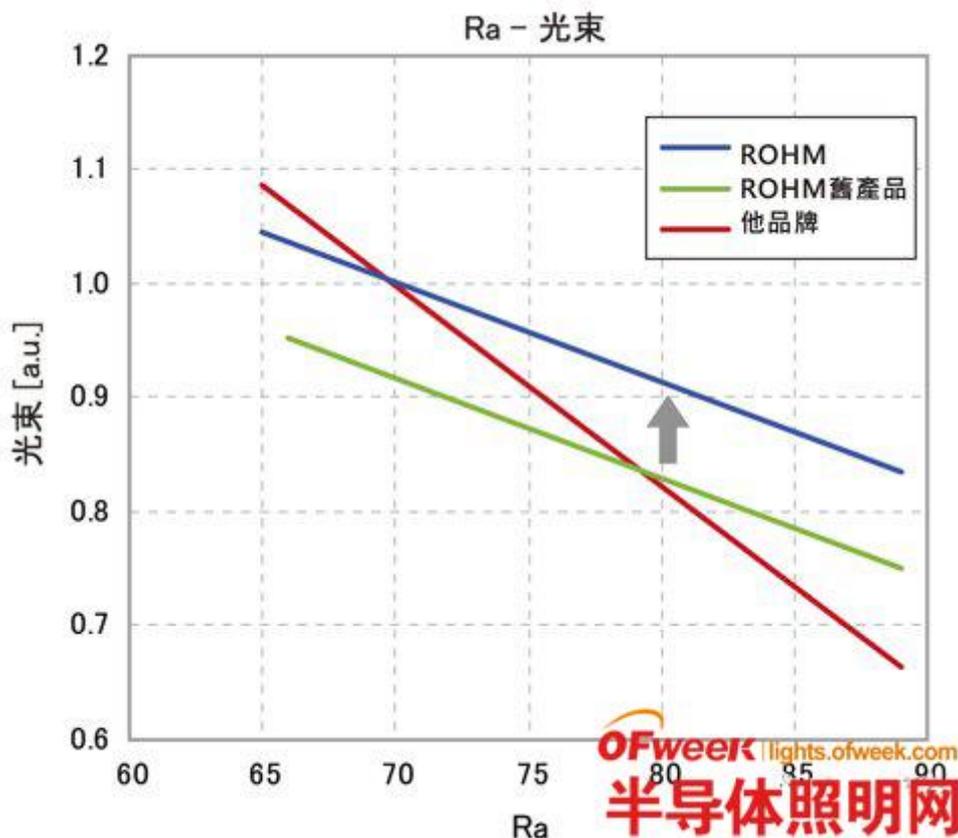


图 1 发光效率与 Ra 值间具效益权衡

一般白光 LED 灯的封装结构是将蓝光 LED 晶片安装在基板上，再以含有荧光体的树脂进行封装。在 LED 元件的发光色（蓝色）与荧光体的发光色（黄色、红色或绿色等）混合后，便会形成白光。

从发光效率的观点上来看，一般大多以蓝光+黄光来形成白光，但这样会造成红光的重现性不佳，因此不适合照明用途。一般所采用的解决方法就是增加红光的成分，藉此改善红光的重现性，但如此会有导致发光效率不理想的问题。

为兼顾高发光效率与高 Ra 值，业者将荧光体有效率地配置于封装内部，以两全其美的技术做为解决对策，成功地研发出 $Ra \geq 80$ 且发光效率极高的产品（图 2）。该系列产品无论在 Ra 或 R9（红色）指数上的表现均十分良好，与 Ra 值相同的其他厂牌产品相较之下，该系列产品的 R9 值更高，红色的重现性也更佳（图 3）。随着此项技术的突破，LED 灯不但能降低色度的不均，还能因应更细緻的色度等级。

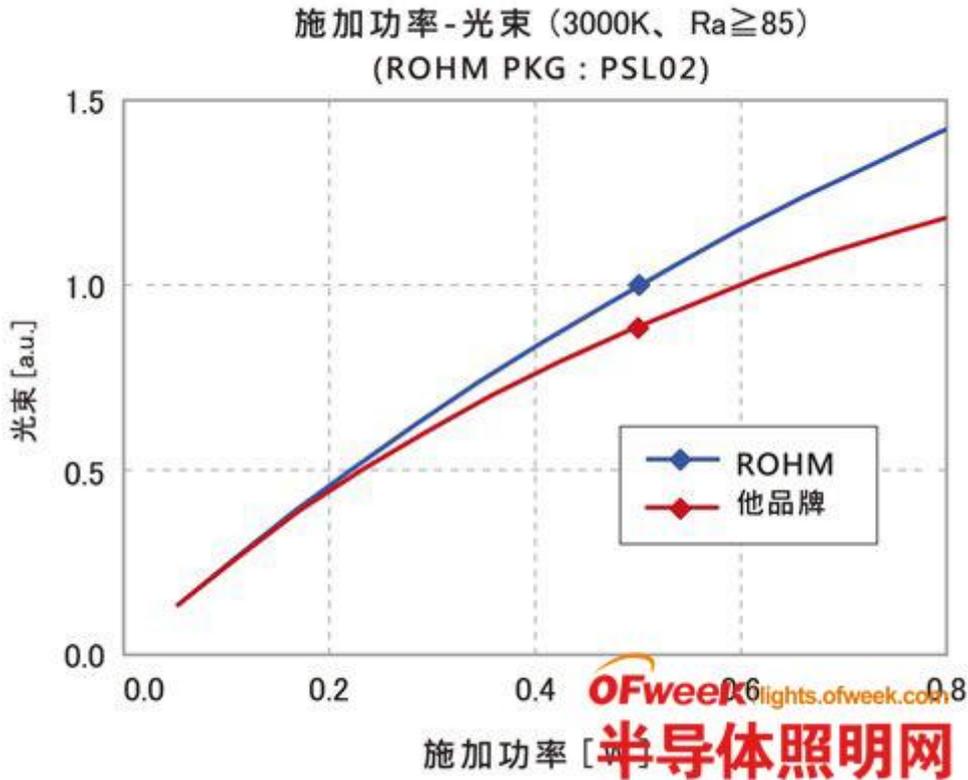


图 2 业界已研发出兼顾高发光效率与高 Ra 值的产品。

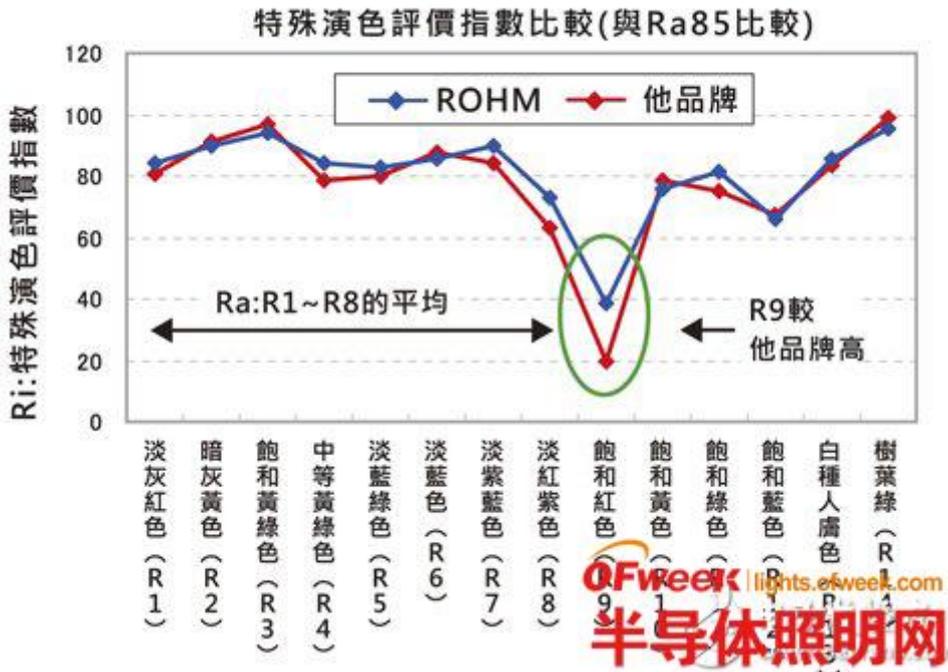


图3 新一代LED的红色(R9)值表现已大幅提高。

高可靠度

近年来，市场上对于可靠性的相关需求也变得日益高涨。尤其是由于LED封装反射率较高，一般大多采用镀银的方式，不过银会因为硫化（因与硫磺产生反应而变黑的一种现象）而造成LED光束劣化，该现象对于户外LED灯造成严重问题，因此各家厂商莫不提出各种镀银方案的因应对策，但目前此问题仍无法完全获得改善。

有鑑于此，业界捨弃镀银方式，改採镀镍/镀金的方式。将LED封装镀银改为镀镍/镀金后，虽然会导致成本增加，并因反射率的降低而造成发光效率不佳，但经由封装结构的改善后，目前这些问题都已成功地被克服。

新封装结构既能维持高发光效率，又能实现高可靠性的LED发光表现，该系列产品即使在硫化试验中也展现出绝佳的表现，可完全避免光束劣化的现象。

LED小型/薄型化

随着行动装置体积轻薄短小化，市场上对于小间距产品的需求逐年强烈，零件也面临着更多降低高度及缩小尺寸之要求。此外，由于户外全彩显示装置大多採用LED，为提高表现效果，全彩型LED封装亦朝向更高密度发展（图4）。

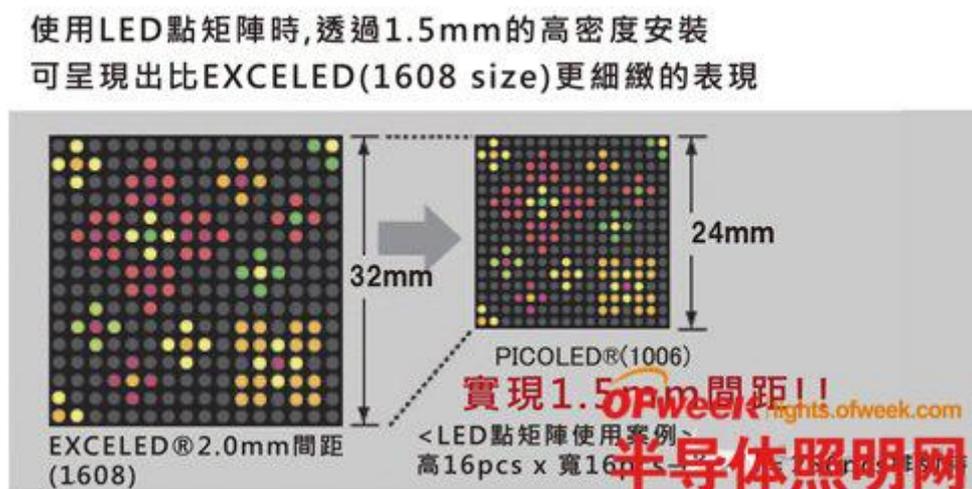


图4 全彩型LED封装朝向更高密度发展。

以 ROHM 为例，其自 1996 年开始生产 SMD 型 LED 以来，每年不断地朝向产品小型与薄型化迈进，2007 年成功地展开世界最小最薄产品-1006（0402 英寸（inch））（ $t=0.2$ 毫米（mm））尺寸「PICOLED 系列」量产，目前更成功地研发出 0603（0201 英寸）尺寸的「PICOLED-mini」（图 5）。以下详述 LED 照明产品以小型薄型封装的重要关键技术。



图 5 微型化 LED 晶片

元件技术

为让封装更小、更薄，内部的 LED 元件也必须同时采用小型薄型规格。因此，业者从晶圆上的发光层成膜到晶片化均采用自行研发的製程技术，终于成功地将磷化铝镓铟（AlGaInP）发光 LED 的元件尺寸缩小至边角 0.13 毫米（mm）、厚度 $t=50$ 微米（ μm ），一举实现小型化目标。

铸模技术

为确保产品的强度，业者提出针对半导体元件进行树脂封止的加工方法。树脂封止加工係採用移转成形（TransferMold）法，但铸模模具的模穴会愈来愈薄（模穴厚度 0.10 毫米），因此必须确保树脂的流动性。此外，为确保 LED 的光

学特性，无法对其添加用来确保零件强度的填充材料，如此一来，便会造成产品在机械性强度上的降低，但上述问题目前皆已解决。

组装技术

在LED晶片的製作上，必须在厚度 $t=0.10$ 毫米的封止树脂中对LED元件进行焊线，因此业者採用自行研发的焊线机，成功缩小间距并降低迴路。

目前，世界最小的超小型LED体积仅1006尺寸，厚度仅0.2毫米，此产品不受设置空间的限制，并採用高亮度LED元件，透过LED发光，能够让光线从行动电话的外壳内部进行穿透照明。

不但如此，超小型LED还可适用于点矩阵显示器。传统的1608尺寸产品最小间距为2毫米，而超小型LED却能以最小间距1.5毫米进行高密度安装，因此能展现出更细緻的表现效果。

在其他特色方面，由于该方案的封装尺寸极小，因此可以用在七段显示器、点矩阵显示器模组上，并省略在晶片直接封装（COB）技术上所必须的晶粒黏着（Die-bonding）、焊线、树脂接合（Bonding）等製程。

车用LED照明受瞩目

随着LED灯泡及照明用途急速普及化，车用LED照明较以往更受到市场的青睐。在车辆内装用途上，无论是汽车音响、汽车导航系统或是空调面板等主要背光，目前几乎已全面採用LED光源。接下来，像是目前仍採用传统灯泡的室内灯及警示灯，以及採用冷阴极管的仪表板背光等也将渐渐地面临汰换的命运。

在车辆外装上，近年来像是尾灯、转向灯、定位灯等传统灯泡也已逐步被汰换，甚至连头灯也都由传统的卤素灯、高亮度放电（HID）灯转而被LED灯所取代。若从环境辨识性的观点上来看，採用LED灯作为昼行灯（Daytime Running Lamps, DRL）的趋势更是值得关注。

为因应多样化的车用需求，业界在车用LED技术研发上，将以下列两项为研发重点。

色度及亮度之客制化需求

在汽车内装方面，像是空调面板等仪表板周边的光源大多由车厂来指定颜色。业者所推出的磷化铝镓铟元件型LED系列产品，挟元件自製优势，无论是色彩、光度皆可依客户要求自行客制化。

其他像是利用氮化镓（InGaN）及含有萤光体的树脂所成功创造出的白光及粉色LED系列，也能提供色彩客制化功能。像是主要按键的背光等使用频率较

高的按键，即可藉由微妙的颜色差异突显其与相邻按键之相异性，藉此唤起使用者的注意。这种磷化铝镓铟元件采用在磊晶成长（Epitaxial Growth）阶段上抑制波长差异的技术，因此能够满足客户严格的规格要求。

研发耐硫化对策/扩充新品

另一方面，市场对于尾灯等车辆外装用途的 LED 灯最大要求莫过于耐热性及对严苛气候的耐受性，但由于传统的 LED 封装的导线架为镀银材料，容易产生硫化及光束劣化问题，目前这个问题也开始受到重视。

鉴于此，业界改镀镍/镀钯/镀金做为导线架材料，成功解决因硫化所造成的光束劣化问题。另外，对于镀镍/镀钯/镀金所引起的光度降低缺点，业者亦研发出新的一系列产品（图 6），藉由提高元件本身输出效率的方式来解决，展现出毫不逊于镀银产品的光束强度。未来，业界将採镀镍/镀钯/镀金做为封装硫化改善对策，并积极扩充新的产品系列，以满足客户的多样化需求。

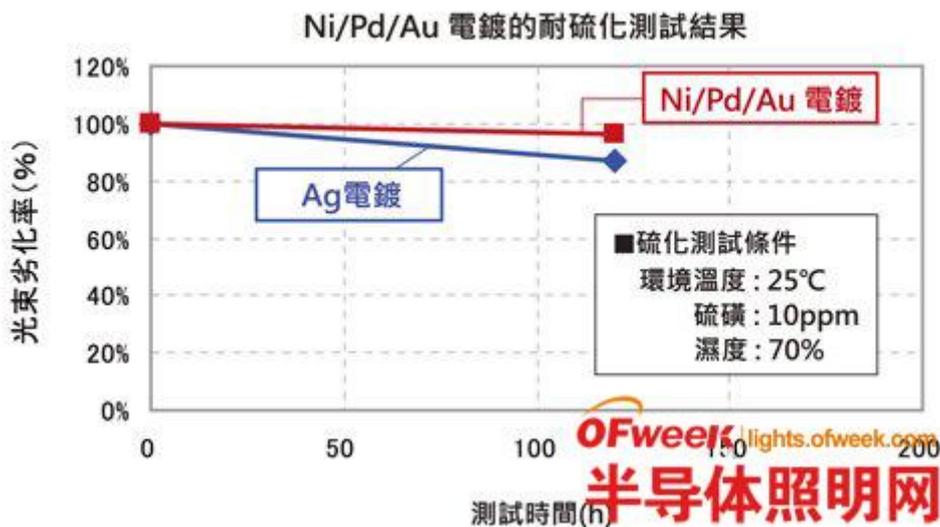


图 6 业者利用提高 LED 光输出效率，来降低封装材料替换所引发的光度降低缺点。