

文章编号:1007-2780(2006)05-0539-06

# 大尺寸液晶电视用 LED 背光源的设计与制作

刘敬伟, 王 刚, 马 丽, 张凯亮, 张丽蕾, 王庆江, 万丽芳

(京东方科技集团股份有限公司 中央研究院, 北京 100016, E-mail:liujingwei@boe.com.cn)

**摘 要:** 设计和制作了一款 66 cm(26 in) 液晶电视用 LED 背光源。模拟出 LED 的光学分布, 以此为基础模拟出 LED 阵列的光强和颜色分布, 得到适合的背光源厚度尺寸。在实际制作中, 采用高效的驱动电路对 LED 阵列进行驱动, 利用铝制散热片为背光源提供必须的散热。测试的结果, 在整体背光源功耗为 150 W 时, 中心亮度达到 13 390 cd/m<sup>2</sup>, 均匀度为 84.1%, 色彩还原性达到 NTSC 标准 102%, 远远超过 CCFL 背光源的 70%。

**关 键 词:** LED; 背光源; 液晶电视

**中图分类号:** TN312.8; TM923.01

**文献标识码:** A

## 1 引 言

由于液晶显示屏本身并不发光, 所以为液晶显示器件提供所有光源的背光源扮演着十分重要的角色<sup>[1~2]</sup>。虽然, 由于成本低廉、技术成熟等原因, 冷阴极灯管(CCFL) 仍将是未来几年内液晶显示器件(LCD) 背光源绝对主要的光源。但人们也逐渐认识到 CCFL 本身存在的若干致命弱点, 比如含有对人体有害的汞蒸汽, 色彩还原性差等。因此, 随着环保意识的提高以及用户对画面质量越来越高的要求, 出现了 CCFL 灯管被其他光源所取代的趋势, 这些替代者包括发光二极管(LED)、电极外置荧光灯(EEFL)、场致发光平面光源(EL Flat Lamp) 和有机电致发光(OLED)<sup>[3]</sup> 等。其中具有环保、色彩还原性好、寿命长等优点的固体光源 LED 是最被看好的下一代绿色背光源, 被普遍认同为大势所趋<sup>[4,5]</sup>。

与其他光源相比, LED 背光源最显著的优点是可以提供前所未有的色彩还原性。通过选择适当波长的 LED 和与之相匹配的彩膜, LED 背光源的色彩还原范围可以达到美国国家电视系统委员会(NTSC) 标准的 105% 甚至 120% 以上。相比较而言, 传统的阴极射线管(CRT) 电视只有 85% 左右, CCFL 背光源的液晶电视更是只有 65% ~ 75%。在画质就是生命的显示行业, 具有更加鲜

艳的色彩将是压倒性的优势。依传统观念而言, 液晶显示器尤其是液晶电视, 由于色彩和响应速度不如 CRT 甚至 PDP 而屡遭诟病, 液晶显示器件可以通过瞬间背光闪烁和扫描技术<sup>[6]</sup>, 消除普通液晶显示在显示快速移动物体时出现的拖尾模糊现象, 画面质量将显著提升, LED 纳秒量级的响应速度为上述技术的实现提供了坚实的保证。点阵式的 LED 背光源可以将整个屏幕分成若干区域, 根据显示的影像信号, 单独控制每个区域的亮度和颜色, 所以影像暗的部分能够做到更暗, 亮的部分能够更亮, 可以获得超过 10 000:1 的动态对比度, 同时, 这种 LED 背光源比通常用的背光源省电 48% 左右<sup>[7,8]</sup>。在使用寿命上, LED 可以达到 10 万小时以上, 相当于每天看电视 8 h, 可以观看 30 多年。与 CCFL 内含有致命的汞蒸汽不同, LED 是半导体固体光源, 完全是一种理想的绿色光源。综上所述, 具有诸多不可比拟之优势的 LED 背光源必将在不久的将来, 成为 LCD 重要, 甚至是主要的背光光源。

虽然 LED 背光源已然成为国际研究的热点, 但是在中国内地的研究才刚刚开始。在与背光源结合最为紧密的液晶面板厂家中, 京东方成为中国内地第一个研究和开发出 LED 背光样品的液晶面板厂家。研发的目标, 就是希望在不远的将来能够为业界提供带 LED 背光源的液晶模组产

收稿日期: 2006-07-19; 修订日期: 2006-07-31

基金项目: 北京市科委科技计划资助项目(No. D0306006000091)

品。本文设计和制作了一款 66 cm(26 in)液晶电视用 LED 背光源。模拟出 LED 的光学分布,以此为基础模拟出 LED 阵列的光强和颜色分布,得到适合的背光源厚度尺寸。在实际制作中,采用高效的驱动电路对 LED 阵列进行驱动,利用铝制散热片为背光源提供良好的散热。在整体背光源功耗为150 W时,中心亮度达到 13 390 cd/m<sup>2</sup>,均匀度为84.1 %,色彩还原性达到 NTSC 标准 102 %,远远超过 CCFL 背光源的 70 %。

## 2 设 计

本文以一款 66 cm LED 背光源为目标进行设计。考虑到背光源所需要的亮度较大,使用 LED 的数目较多,而且需要大的散热面积,所以采用直下式背光结构。图 1 是直下式 LED 背光源示意图,包括一个光学反射腔作为整体结构的支撑、和散热片结合的 LED 阵列、由扩散板和光学膜组成的背光源出光面,最后和液晶面板构成液晶面板模组。

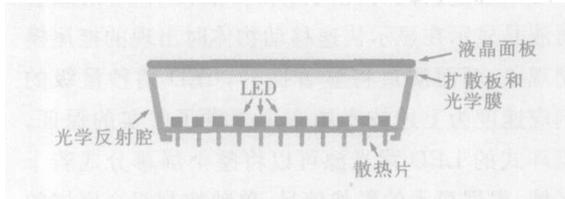


图 1 直下式 LED 背光示意图

Fig. 1 Layout of down-up LED BLU

在设计 LED 背光源的时候,首先要做的就是对所选用的 LED 进行光学模拟,即根据 LED 的说明书,还原出 LED 的结构模型,再以逼近说明书上的光学分布为目标,确认各项物理(折射率、反射率等)参数。当然,这项工作最好在 LED 提供商的帮助下完成。本文采用经过特殊光学设计的大功率(~1 W)LED 作为背光光源。该 LED 的光学分布呈现如图 2 所示的马鞍形,顶部发射出的光经过特殊的光学设计后向四周发散,形成和垂直方向呈 70° 的光轴带,大部分的光集中在光轴带 ±20° 左右的范围内。由于背光源是一种均匀的面光源,相对于普通顶部发射 LED,采用这种 LED 能够更有效地混光和混色,不容易产生灯影光斑,能够有效降低背光源厚度。为使各色 LED 发出的光能够充分混合,将红绿蓝(RGB)4 颗 LED 紧密排列在一起成为如图 3 所示的

一个单元。对于 66 cm 背光源,共使用了 40 个上述单元,以 5 × 8 的矩阵进行排列。

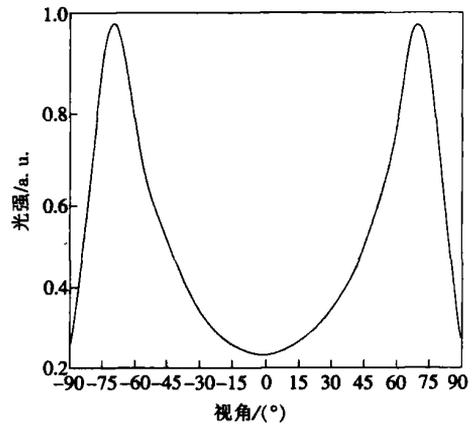


图 2 LED 的光分布示意图

Fig. 2 Light distribution of LED

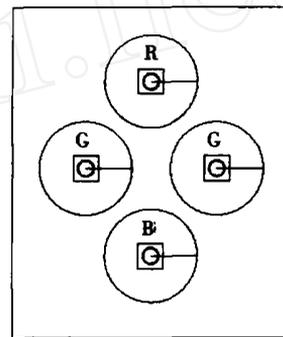


图 3 由 RGB 4 颗 LED 组成的阵列单元

Fig. 3 RGB LED unit for LED array

LED 所发出的光,需要一定的空间完成混色和混光,所以需要确定在保证光学特性的前提下背光源的最小厚度。以 LED 到扩散板的距离为变量,模拟了出光面的光学特性。不同距离对应的亮度均匀性如图 4 所示。当距离达到 40 mm 和 50 mm 时,光基本散开,亮度均匀度分别达到 89.2 %和 91.8 %。为获得 90 %以上的理论亮度均匀性,我们选择 45 mm 的距离。同样,在该距离下,模拟结果显示红绿蓝三色也混合均匀。

根据对色温和亮度的计算,设计 LED 的电流为红色 235 mA,绿色 280 mA,蓝色为 450 mA。将 5 × 8 的 LED 单元阵列分成 5 × 2 的 4 个组,再将各组内每 10 个红色 LED、蓝色 LED 和绿色 LED 进行串联。为了高效稳定地驱动每串 LED,实验选用了美国国家半导体(NS)公司的 LM3478

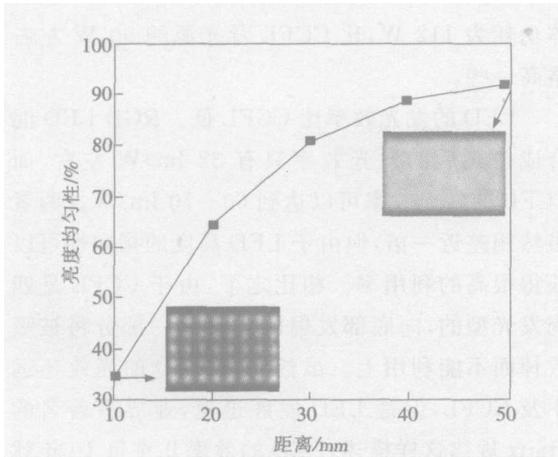


图 4 不同距离(LED 到扩散板)对应的亮度均匀性(最小辉度/最大辉度)

Fig. 4 Brightness uniformities (min/ max) at different distances

作为驱动器,该芯片是专门为多个大功率 LED 的驱动而设计的芯片。该芯片为升压控制,输入电压范围为 2.97 ~ 40 V,外挂晶体管开关控制,开关频率可调,输出电流最大可达 2 A。由于容易产生 EMI 问题,所以选用与该芯片匹配的电感和电容非常重要。串联 LED 驱动电路设计原理见图 5。

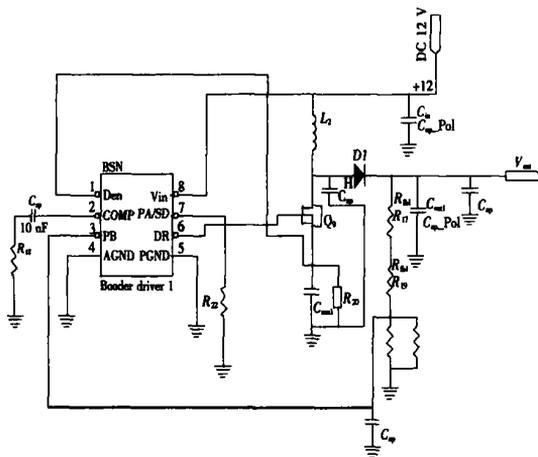


图 5 LED 驱动单元原理图

Fig. 5 LED driver circuit design

### 3 制 作

LED 的安装如图 6 所示。为了获得良好的散热性能,将 LED 安装在金属基印刷电路板 (MCPCB) 上,然后将 MCPCB 固定在铝制散热片

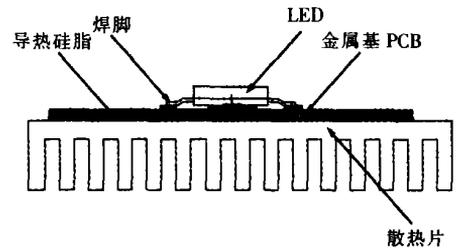


图 6 LED 安装截面图

Fig. 6 Cross section of LED mounting structure

表面,为了 MCPCB 和散热器表面良好的平面接触,接触面上均匀地涂敷上厚度小于 0.1 mm 的导热硅脂。硅脂的热导率高达 2.9 W/(m · K)。

图 7 是 LED 背光源的正 (a) 背 (b) 面内部结构图。整个 LED 阵列分成 4 块,分别安装在 4 块散热片上。在 LED 阵列上方是一层抗高温抗紫外的反射膜,上面挖有小孔使 LED 的发光面能够完全探出。在背光源底部安装有细锥形支柱来支撑出光面上的反射板,这些支撑可以有效地避免散光板因自身重力下凹而导致光场变形。整个内部结构的四壁都同样贴有抗高温和紫外的反射膜,这样就形成一个四面反射的发射腔体。

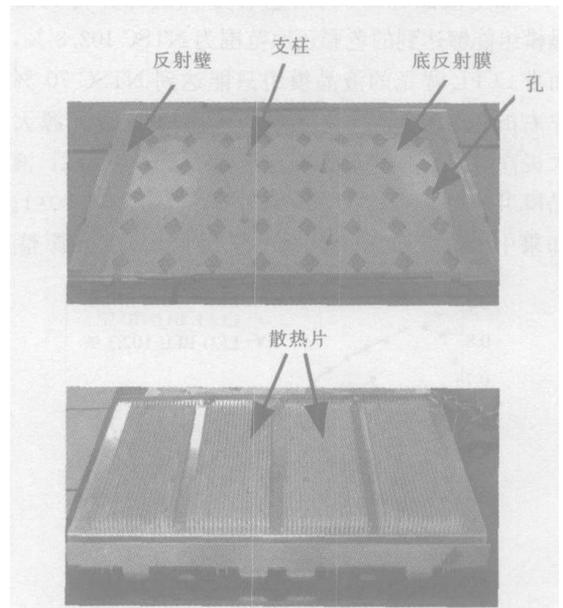


图 7 背光源内部结构图。(a) 正面;(b) 背面。

Fig. 7 LED BLU structure. (a) Top view; (b) Back view.

### 4 结果与讨论

图 8 是 LED 背光源点亮之后,获得的亮度高,

颜色均匀性好的出光效果实拍图。利用 BM-7 进行标准 13 点测试后得到,中心亮度为  $13\ 390\ \text{cd}/\text{m}^2$ ,亮度均匀性为 84.1%,白色坐标为 (0.27, 0.24),为高冷色温。此时背光源整体功耗为 150 W,其中 LED 阵列消耗 138.5 W,驱动电路额外消耗 11.5 W,驱动电路效率高达 92.3%。利用 CCD 得到整体色坐标分布的均方差值 ( $\text{duv}$ ) 小于 0.010,这说明制作的背光源色彩分布比较均匀。

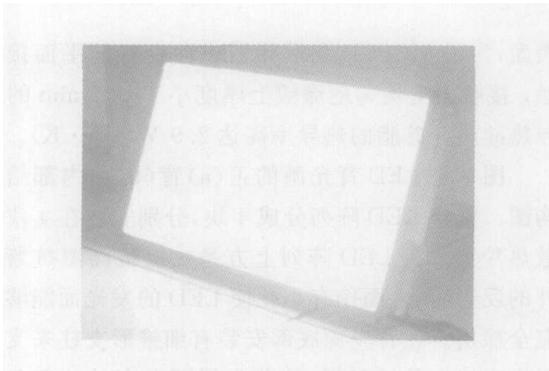


图 8 背光源出光效果

Fig.8 Lighting LED BLU sample

加上液晶屏后,利用色彩分析仪计算得到液晶模组能够达到的色彩还原范围为 NTSC 102.3%,而带 CCFL 背光的液晶模组只能达到 NTSC 70%左右的色彩还原性,如图 9 所示。LED 背光源大大提高了显示器件的色彩还原性。透过屏幕后,液晶模组的中心亮度为  $710\ \text{cd}/\text{m}^2$ ,对比度为 800:1。如果中心亮度降为  $10\ 000\ \text{cd}/\text{m}^2$ ,LED 背光源整

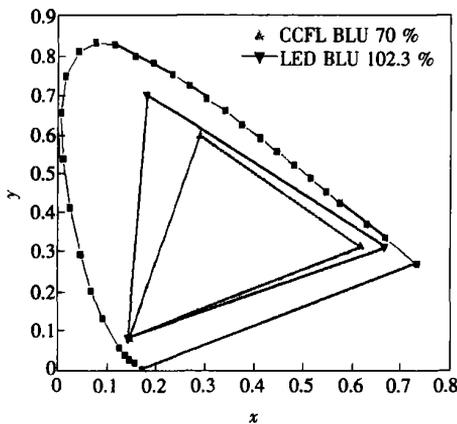


图 9 透过液晶屏后的色彩还原性测试结果

Fig.9 Test result of color gamut of LCD panel with the LED BLU

体功耗为 112 W,比 CCFL 背光源的 90 W 左右略高一些。

LED 的发光效率比 CCFL 低。RGB LED 混合成白光后的发光效率只有  $32\ \text{lm}/\text{W}$  左右,而 CCFL 的发光效率可以达到  $60\sim 70\ \text{lm}/\text{W}$ 。两者虽然相差近一倍,但由于 LED 高度的指向性可以获得很高的利用率。相比之下,由于 CCFL 是四周发光型的,向底部发射的光很大一部分将被吸收掉而不能利用上。虽然目前 LED 的光效还远不及 CCFL,但是 LED 发展迅速,业界有著名的 Haitz 规律这样描述,LED 的效率几乎每 10 年就提高 20 倍,而价格下降到原来的 1/10。这样,在 2008 年左右,LED 的效率可能逼近 CCFL,加上 LED 其他出色的性能,LED 背光的市场将开始逐步打开。

如果只考察 LED 背光的色彩表现力,一般都可以达到 NTSC 120%甚至 140%以上,但是由于液晶屏彩膜的限制,液晶模组的色彩还原性只有 100%~105%左右,虽然已经远远超过其他形式的显示器,但仍有很大的发展空间。进一步提高色彩表现力,一方面要求面板厂家选择与 LED 光谱更加匹配的彩膜,另一方面就是直接使用 LED 作为图像的最终显示光源,基于场序彩色原理的无彩膜技术就是其中方法之一<sup>[9,10]</sup>。

不管采用何种光源,液晶显示器的对比度一般只有 800:1 左右,这主要是因为液晶像素完全关闭的时候也仍然有漏光产生,尤其在暗室条件下的显示效果很难令人满意。

但一些基于 LED 背光的新技术可以间接地解决上述一些不足。LED 本身是点光源,这对于需要面光源的背光源是不利的,但却非常有利于实现区域亮度和色彩控制技术,以显著提高对比度和降低功耗<sup>[7]</sup>。区域亮度和色彩调节就是把整个显示区分成若干个部分,通过对视频信号分析,计算出每个区域的辉度值和 RGB 的组分,对于不同的辉度和颜色的区域,提供不同辉度和颜色的背光。这样就有效地降低了暗场时漏光的问题,得到更加黑的黑色,从而提高了对比度,并大大降低了功耗。香港应研院于 2006 年开发了一款基于上述技术的 81 cm (32 in) 电视,得到 10 000:1 以上的动态对比度和 30%以上的功耗降低<sup>[7]</sup>。由于功耗的显著降低,散热影响也大大降低,可以

最终省掉散热片,减小背光源的厚度。区域的划分可以根据需要来确定,一般最少是4个区域,最多则是RGB LED的组数,即对于每组RGB(或RGGB、RGGBR等)LED单元,都单独进行亮度控制。分组越多,画面质量越好,但计算量也越大,实现越复杂。

此外,我们制作的背光源厚度较厚,整体模组大于60 mm(含散热片)。这非常不利于液晶电视的薄型化。这主要是因为采用了大功率LED。采用大功率LED只需要少数目的LED,所以排布较稀疏,需要混光混色的空间很大,导致背光源厚度增加。采用小功率( $< 0.3\text{ W}$ )或者中功率( $0.3 \sim 0.5\text{ W}$ )的LED可以使背光源的厚度降到30 mm以下,而且目前由于中小功率LED的光效要比大功率LED的大,所以很多厂家也在积极研发中小功率LED背光源。但是中小功率LED背光源需要采用上千颗以上的LED,将导致控制电路更加复杂和生产成本提高等问题。目前大功

率LED的薄型化技术也在迅速发展,有公司采用导光板或辅助导光板技术可以将LED背光源厚度降到20 mm以下<sup>[7,11]</sup>,如果能够借鉴类似小尺寸LED背光的V-Cut导光板技术,则可近省略掉至少一层价格昂贵的增亮膜<sup>[12]</sup>。此外,大功率LED的封装成本和日后生产成本也相对较低。鉴于各种LED都有各自的特点,所以很多公司在两类技术的研发上都有所投入。

## 5 结 语

制作了液晶电视用66 cm LED背光源。中心亮度达到 $133\ 90\text{ cd/m}^2$ ,整体背光源功耗为150 W时,均匀度为84.1%,色彩还原性达到NTSC标准102%,远远超过CCFL背光源的70%。在下一阶段的开发工作中,将采用一些新技术来改善LED背光源的整体性能。我们相信,在不久的将来,技术成熟的LED背光源将真正能够为千家万户带来更加精彩的视觉享受。

## 参 考 文 献:

- [1] 姚柏宏. 高亮度背光模组技术趋势[J]. 工业材料杂志(台湾),1993,(210):156-164.
- [2] 赵申苓. 液晶显示器背光源驱动优化的探讨[J]. 液晶与显示,2006,21(2):165-168.
- [3] 吴空物,华玉林,朱飞剑,等. 以 $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$  rubrene为发光层的一种新型白色有机电致发光液晶显示背光源[J]. 液晶与显示,2005,20(5):417-421.
- [4] 汪敏,夏咸军. 新型LED背光源技术及应用[J]. 光电子技术,2005,25(4):267-270.
- [5] Harbers G, Hoelen C G A. High performance LCD backlighting using high intensity red, green and blue light emitting diodes [C]// *SID Intl. Symp. Digest Tech. Papers*,2001:702-706.
- [6] Sluyterman Seyno. 动态扫描背光使LCD电视呈现活力[J]. 现代显示,2006,(63):18-21.
- [7] Hough Stewart. SID 2006 reinforces emerging role of LEDs in electronic displays [J/OL]. <http://www.ledsmagazine.com>. 2006,(6):29-31[2006-06-03].
- [8] Konno A, Yamamoto Y, Inuzuka T. IPS-LCD电视中LED背光源的RGB色彩控制系统[J]. 现代显示,2006,(62):5-9.
- [9] 小林骏杰. 下一代液晶显示[M]. 北京:科学出版社,2000:99-112.
- [10] 周晶晶,张永利,李阳,等. LED背光源用于场序彩色的研究[J]. 现代显示,2004,(46):21-26.
- [11] David DeAgazio. 关于LED背光源设计及制造的思考[J]. 现代显示,2006,(59-60):30-33.
- [12] 蒋金波,杜雪,李荣彬,等. 用于手机背光模组的轮廓渐变 $V_2$ 槽形自由曲面结构的新颖设计[J]. 液晶与显示,2005,20(3):178-184.

## Design and Fabrication of Large Size LED BLU for LCD TV

LIU Jing-wei , WANG Gang , MA Li , ZHANG Kai-liang ,  
ZHANG Li-lei , WANG Qing-jiang , WAN Li-fang

( Central Research Institute , BOE Technology Group Co. Ltd . , Beijing 100016 , China , E-mail : liujingwei @boe . com . cn )

### Abstract

A 66 cm(26 in) LED BLU for LCD TV was designed and fabricated. Based on the light distribution of LED, the brightness and color distribution of BLU were simulated, and a suitable thickness was obtained accordingly. LED array was lighted by a high efficient driver circuit, and cooled by an aluminum based thermo diffuser. As results, the central brightness of the BLU was tested to be 13 000 cd/m<sup>2</sup> with a uniformity of 84 % at 150 W power consumption. The color gamut of LCD module with the LED BLU was about 102 % which is much higher than the value of 70 % for normal LCD with CCFL BLU.

**Key words** : LED ; backlight ; LCD TV

作者简介:刘敬伟(1977-),男,江西赣州人,博士,主要从事半导体光电子学方面研究。

## 可与国际单位制并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	1 min = 60 s
	[小]时	h	1 h = 60 min = 3 600 s
	日,(天)	d	1 d = 24 h = 86 400 s
[平面]角	[角]秒		1 = (1/60) = ( / 648 000) rad
	[角]分		1 = (1/60) ° = ( / 10 800) rad
	度	°	1 ° = ( / 180) rad
质量	吨	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg
	原子质量单位	u	1u 1.660 540 ×10 <sup>-27</sup> kg
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min = (1/60) s <sup>-1</sup>
体积	升	L,(l)	1 L = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
能	电子伏	eV	1 eV 1.602 177 ×10 <sup>-19</sup> J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex = 10 <sup>-6</sup> kg/m = 1 g/km
面积	公顷	hm <sup>2</sup>	1 hm <sup>2</sup> = 10 000 m <sup>2</sup>
长度	海里	n mile	1 n mile = 1 852 m(只用于航行)
速度	节	kn	1 kn = 1 n mile/h = (1 852/3 600) m/s(只用于航行)