

文章编号: 1002-2082(2008)03-0354-06

飞机夜视兼容照明技术

门金凤^{1,2}, 程海峰¹, 陈朝辉¹, 楚增勇¹

(1. 国防科技大学 航天与材料工程学院, 湖南 长沙 410073;

2. 海军工程大学 船舶与动力学院, 湖北 武汉 430033)

摘要: 飞机夜视兼容照明技术作为保证飞机上微光夜视仪正常使用的军用光电子高新技术, 其在现代高新技术局部战争和夜间战争中具有重要的作用和地位。在对国内外微光像增强器技术的发展现状、关键技术和主要发展趋势简要介绍的基础上, 详细分析了普通光源对微光夜视仪的干扰, 说明飞机夜视兼容照明技术存在的重要性, 介绍了飞机夜视兼容照明技术的主要实现手段、测试方法及国内外发展现状。结合我国目前技术水平的现状, 指出国内飞机夜视兼容照明技术的发展方向和重要的关键技术。

关键词: 微光夜视仪; 夜视兼容照明技术; 近红外吸收滤光片

中图分类号: TN223

文献标志码: A

Development of ANVIS compatible lighting technology

MEN Jin-feng^{1,2}, CHENG Hai-feng¹, CHEN Zhao-hui¹, CHU Zeng-yong¹

(1. School of Aerospace and Materials Engineering, National University of Defense

Technology, Changsha 410073, China; 2. College of Naval Architecture and Power,

Navy University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: As a military optoelectronic technology, the aircraft night vision imaging system (ANVIS) compatible lighting technology can guarantee the normal operation of ANVIS and plays an important part in night fighting in modern local conflict. Based on the simply introduction of the development status, key technologies and developing direction of LLL image intensifiers as well as the influence of common light source on ANVIS was analyzed, the importance of ANVIS compatible lighting technology was described. The main methods for realizing ANVIS compatible lighting, measurement methods and the development status of ANVIS compatible lighting technology were presented. The developing direction and the key technologies for domestic ANVIS compatible lighting were put forward based on the technology status at home.

Key words: LLL night vision system; night vision compatible lighting technology; near infrared absorbing filter

引言

飞机夜视兼容照明技术的实质是指在夜间飞行员佩戴微光夜视仪执行夜间航行和侦察等任务

时, 飞机的照明系统经过夜视兼容改进后不会发出干扰微光夜视仪的光和能量, 使其正常发挥夜视功能, 保证飞行员能够顺利完成作战任务。飞机夜视

收稿日期: 2007-12-17; 修回日期: 2008-01-20

作者简介: 门金凤(1979—), 女, 辽宁北票人, 博士研究生, 主要从事近红外吸收剂合成及近红外吸收材料的研究。

E-mail: mjfmoon2001@tom.com

兼容照明技术是安全实现夜视化的重要保证。因此,在快速发展微光夜视技术的同时,大力发展飞机夜视兼容照明技术,对于提高我国武器装备的夜视化水平具有非常重要的意义。

本文在简要介绍微光夜视仪发展及在飞机上应用的基础上,详细分析了普通光源对第三代夜视仪的干扰,概述了飞机照明系统实现夜视兼容的主要手段及国内外发展现状,并展望了国内飞机夜视兼容照明技术的重点发展趋势。

1 微光夜视技术发展及应用

微光夜视技术是研究微弱光照条件下,光-电子图像信息之间相互转换、增强、处理、显示等物理过程及其实现方法的一类高新光电子技术,它是近代光电子技术的重要组成部分。

国外微光夜视技术从20世纪40年代开始研究以来发展迅速,20世纪60~80年代先后有一代、二代和三代微光像增强器产品问世^[1]。20世纪90年代以来,国外微光夜视技术主要有2种发展方向和趋势^[2-4]:一种是以法国PHOTONIS公司和荷兰DEP公司为代表,主要发展超二代微光技术,先后研制出SHD-3、XD-4和XR-5等多种超二代、高性能超二代微光像增强器;一种以美国ITT公司和诺斯罗普·格鲁曼公司下属的利顿电光系统分部为代表,主要发展三代微光技术,先后研制出OMNI II~OMNI IV等多种三代、高性能三代微光像增强器,并在此基础上发展了先进的超三代微光像增强器和无膜四代微光像增强器^[5-7]。虽然微光夜视眼镜已经发展到第四代,最大响应波段与第三代微光夜视眼镜相近,红外感应性比第三代夜视眼镜进一步增强,但第四代夜视眼镜仍处于研制阶段,且造价甚高,尚未大规模装备部队。当前装备部队的主要是第三代微光夜视眼镜,典型产品如美国的AN/AVS-6微光夜视眼镜(如图1所示),供直升机或固定翼飞机的飞行员夜间飞行、着陆以及观察、识别、跟踪目标,也称为飞行员夜视成像系统(ANVIS)。此眼镜由双筒光电望远镜(采用第三代像增强管)、标准SPS-4型飞行员头盔和2.9V电池组成,全部质量仅0.463 kg^[8]。

我国微光夜视技术经过30多年的发展,目前一代和二代微光管、微通道板和光纤面板都已经形成批量生产能力,三代微光器件的研究已经获得重大技术突破,实验室样管可以达到美国标准三代管的水平,但总体水平落后于美国、法国等一些发达

国家^[9]。

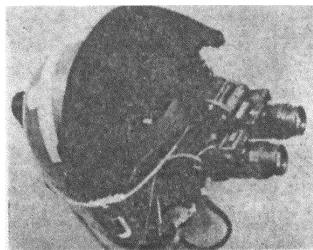


图1 美国的AN/AVS-6微光夜视眼镜

Fig. 1 AN/AVS-6 night vision system made in USA

在飞机上普遍使用的微光夜视器材主要是头盔式夜视眼镜。夜视眼镜是微光夜视技术独具优势的领域,它具有不需冷却、高可靠性、重量轻、图像生动清晰和成本较低的优点,因而外军十分重视发展重量轻、视距远、能抗强光刺激、佩戴时不影响飞行员正常作业的新型夜视眼镜,并用其增强夜间作战能力。如美国的阿帕奇武装直升机、AH-1“超眼镜蛇”直升机、AC-119炮艇机、俄罗斯的卡-50(KA-50)、米-28“浩劫”武装直升机、南非“石茶隼”武装直升机、Bell421和TH-67等直升机,以及C-130H大力神运输机、F-15、F-16战斗机、法国的幻影-2000等都为飞行员配置了夜视眼镜^[10]。

2 普通光源对夜视仪器的干扰分析

微光夜视仪的关键部件是微光像增强管,它依靠像增强管使景物的亮度得到增强。微光夜视仪的有效作用距离取决于像增强管的性能。第三代微光夜视眼镜(ANVIS)使用的是灵敏度较高的砷化镓光阴极像增强管,最大响应主要在近红外波段。当未安装滤光片时,AN/AVS-6对可见光仍有较强的响应,这样就像第二代夜视眼镜一样容易受到工作站内光线的干扰。AN/AVS-6会将这部分人眼本来可视的可见光瞬间成倍放大,如闪光一般,严重时会造成飞行员眩晕或致盲。为此,可在AN/AVS-6内安装消除蓝光的滤光片,而物镜滤光片又分为Class A(消除625 nm以下可见光)和Class B(消除665 nm以下可见光)2种类型。Class A型最大响应波段是(625~930) nm,而Class B型最大响应波段是(665~930) nm,其响应曲线如图2所示^[11]。

当飞行员使用夜视仪时,为了能看清仪表指示和其他信号,座舱内必须用灯光照明,通常座舱照明是用白炽灯作为光源。另外,操作平台上会不可避免地装配有大量显示屏、指示灯、按钮等发光器

件,这些光源除了辐射可见光外,在近红外区域还有较高的能量辐射(如图3所示)。从图3曲线上看,尽管这些光源发出的可见光对AN/AVS-6的A型或B型的干扰大大减少,但它们辐射的近红外光正好与夜视仪光谱响应区重叠,这些高能量的光谱可对光灵敏度极高的夜视仪产生眩晕,就如同人眼在强光刺激下会看不清事物一样,会严重干扰NVIS的使用,甚至有可能导致夜视仪的像增强管在瞬间烧损,极大地降低了夜视仪的性能,乃至使其完全丧失夜视功能。因此,必须采用滤光技术大幅度降低乘员舱中各类光源的近红外辐射度,实现夜视兼容照明技术,保障NVIS的正常使用。

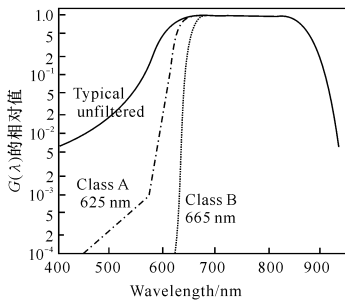


图2 美国第三代ANVIS的响应曲线

Fig. 2 Relative spectral response curves of American third generation ANVIS

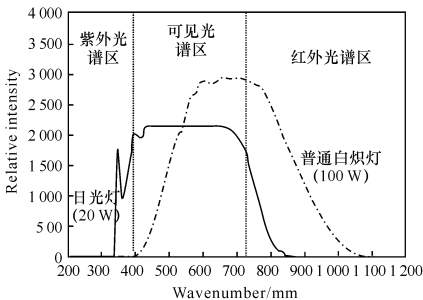


图3 普通白炽灯和日光灯的辐射光谱

Fig. 3 Comparison of radiation spectra between common incandescent lamp and fluorescent lamp

除了座舱照明系统的普通光源会对夜视仪产生干扰外,机外照明所使用的普通光源同样存在对夜视仪的干扰,使其无法正常使用。因而夜视兼容改进包括座舱内照明系统和机外照明系统2部分。

3 飞机照明系统的夜视兼容改进

飞机照明系统分为机外照明和座舱照明。机外

照明部分包括编队灯、防撞灯、尾灯、着陆灯、导航灯、翼尖灯、搜索灯和油料指示灯等;座舱照明系统主要分为信号系统、仪表照明系统和导光板照明系统^[12],舱内有左右仪表、中央操纵台、左右操纵板、电源系统、防冰加温系统、灭火/燃油/液压系统、火控操纵板、罗盘和加温炉控制面板以及保险电门控制板等。

对于机外照明系统,实现其与NVIS兼容的最主要的手段是:着陆灯、航行灯和尾灯应采用红外夜视兼容灯泡替换原有灯泡,可采用可见光强吸收而近红外光高透过的滤光片将原有灯泡加工成红外夜视兼容灯泡,重要部件是夜视兼容用近红外透过滤光片;防撞灯、翼尖灯等采用加装旋转开关多模式控制盒,达到普通、夜视和红外兼容;固定翼飞机1类编队灯的颜色应采用滤光片调节为NVIS绿,机身安装的2类编队灯颜色应该为航空绿;而油料指示器采用贴夜视滤光片达到目的^[10]。

对于座舱照明系统,实现其与NVIS兼容的最主要手段就是采用滤波技术除去发光器件所辐射的近红外部分,即利用近红外波段高吸收的夜视兼容滤光片将原有的照明器件改装成夜视兼容照明器件,如导光板下埋植的光源、指示灯光源、液晶显示器的背光光源等应采用改造好的夜视兼容照明光源或双模式背光光源。

军标中通常采用以下几个参数对座舱照明的夜视兼容性能进行表征^[13]:光谱辐亮度夜视兼容NR值、色度、可见光透过率。其中光谱辐亮度夜视兼容和色度作为最关键的指标,NR值的定义和色度判别方法分别如下:

$$NVIS \text{ 辐亮度 } (NR_{A \text{ or } B}) = G(\lambda)_{\max} \int_{450}^{930} G_{A \text{ or } B}(\lambda) \cdot SN(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

式中: $G_{A \text{ or } B}(\lambda)$ 为A or B类设备的NVIS相对光谱响应; $S=L_r/L_m$ 为比例系数, L_m 为光谱辐射计测量到的亮度; L_r 为表中规定的NVIS辐亮度值所对应的亮度; $N(\lambda)$ 为照明部件的光谱辐亮度; $G(\lambda)_{\max}=1 \text{ mA/W}$; $d\lambda$ 取为10 nm。

$$(u' - u'_1)^2 + (v' - v'_1)^2 \leq r^2 \quad (2)$$

式中: u', v' 为被测试产品的1976UCS色度坐标; u'_1, v'_1 为特定颜色区域中心点的1976UCS色度坐标; r 为规定颜色在1976UCS色度图上允许误差圆区域的半径。

为了消除相关照明部件对夜视仪的干扰,确保夜视仪的正常使用,军标中对不同照明部件的夜视

兼容性能要求不同,对色度的要求也不同。通常要求各照明器件发出的光谱辐亮度夜视兼容NR值需满足的基本要求是: $-1.0 \leq NR \leq 1.7E-10$,色度应满足夜视颜色的要求,1976UCS夜视兼容照明色度图如图4所示。图中分别对夜视绿A、夜视绿B、夜视红和夜视白4种夜视颜色作了详细规定。

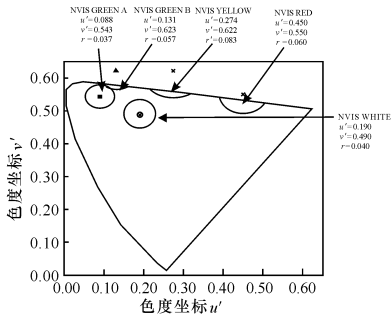


图4 1976年UCS夜视兼容照明色度图

Fig. 4 Chromaticity diagram of UCS NVIS compatible lighting in 1976

衡量座舱照明是否满足夜视兼容要求时,主要采用OL750-NVG光谱辐射测量系统对近红外吸收滤光片的夜视兼容性能进行测试。

4 飞机照明系统夜视兼容研究现状

4.1 国外的研究现状

国外不仅在微光夜视仪器的研制和生产上发展迅速,在夜视兼容照明器件的研制方面已开发出一系列夜视兼容性能优异的机外照明及座舱照明的器件,如双模式夜视防撞灯^[14]、夜视兼容液晶显示器^[15-16]及夜视兼容照明灯具^[17-18]等。

作为实现座舱照明夜视兼容的重要滤光材料,夜视兼容近红外滤光片的研究、生产和应用得到高度重视。国外关于夜视兼容近红外滤光片的研究开展较早,用于三代管的夜视兼容近红外滤光片,目前有厂家专门生产供应部队。由于其属于军事敏感材料,所以其研制方面的公开报道很少,应用方面有一些公开报道。

David G等人^[19]开发了一类具备近红外吸收作用的玻璃,可以用于制备不同厚度的夜视兼容近红外吸收玻璃滤光片。该类玻璃采用熔融工艺制备,利用常用的玻璃处理技术可以做成任何形状,如做成面板、玻璃、透镜等;也可以进行二次压制成型或二次拉伸成管状物如白炽灯灯管。

Michael R等人^[20]将自行合成的甲基三辛基

季铵盐(TOMA)络合的卤化镍染料和卤化钴染料掺杂在紫外可固化的丙烯酸系列树脂单体或聚甲基丙烯酸甲酯等聚合物中,开发出一系列可满足夜视兼容的近红外滤光片,并将该类夜视兼容近红外滤光片应用于夜视兼容照明器件,研制出双模式夜视兼容背光系统及夜视兼容液晶显示器,大大降低了制备夜视兼容液晶显示器等照明器件的成本,使其更利于全面推广使用。

Stuppi, A. N等人^[21]开发了一种新型的染料基夜视兼容近红外滤光片,该滤光片具有高可见光区透过率和很好的近红外区域截止性能,将其应用于刚性和柔韧性的有机光致发射显示器(OLEDs),可研究它们之间的兼容性。

Kevin L. Walsh等人^[22]研制成一种用途广泛的双模式背光显示器系统(该系统包括一个显示屏,高亮度的日间模式对其属于直接照明方式,低亮度的夜间模式对其属于间接照明方式),通过反射日光灯的光到屏幕上来实现间接照明。背光系统包括亮度折射滤光片和/或者分散透镜,用于统一反射的夜光灯,在显示屏前安装增透滤光片/扩散体,在照明光源和显示器屏幕之间放置光学滤光片,其中还使用了控制光照亮度的光电探测器实现最大光强向最小光强的转变,达到提供连续低亮度照明。背光系统还包括一个满足Class A夜视兼容要求的单色夜光灯序列和确保照明能够满足夜视兼容的超越控制开关。因此这种双模式背光显示器系统不仅能在日间使用,而且能在夜间及要求夜视兼容的环境使用,在使用时分别采用相应的背光光源即可实现。

William T. Campbel等人^[23]采用在未被激发的日间模式照明LED光源上加装滤光片的办法,使夜视兼容双模式背光系统中夜间模式LED光源辐射的能量无法到达日间模式LED光源,日间模式LED光源就不会发出干扰夜视兼容的光,使双模式背光系统完全达到夜视兼容要求。

国外利用夜视兼容照明近红外滤光片制备成夜视兼容照明灯具,用于液晶显示器的双模式背光系统等方面的公开报道很多,这里不再一一赘述。

4.2 国内的研究现状

国内兰州航空机电有限公司已成功开发出双模式夜视航行灯、双模式夜视尾灯、双模式夜视防撞灯、夜视着陆灯等机外夜视兼容照明系统,产品性能稳定,工作可靠,并已在型号工程中进行了实

践应用。当前用于夜视兼容的近红外吸收塑料滤光片处于研制阶段,主要的座舱夜视兼容照明器件生产厂家如上海航空电器厂等。

国防科技大学率先开展了塑料型夜视兼容近红外滤光片的研究,程海峰等人^[24]以PMMA为基体材料,利用溶解法将近红外染料及光稳定剂掺杂在基体材料中,初步制得了塑料型近红外吸收滤光片,该滤光片具有良好的可见光透过性能和近红外吸收性能,且物理性能稳定。在此基础上,门金凤等人^[25]深入探讨了近红外滤光片的近红外吸收性能的主要影响因素,成功制备了厚度为0.70 mm、颜色满足夜视绿A且光谱辐亮度满足夜视兼容要求的绿色近红外吸收滤光片。

谢剑斌等人^[26]发明了一种可实现红外夜视兼容的液晶显示器背光模组。使用这种新型的背光模组能够从源头上控制液晶显示器的红外辐射,很好地实现了液晶显示器的红外夜视兼容,并且这种背光模组中的灯管与普通灯管在使用方法上没有区别,可以很方便地对现有技术中的液晶显示器进行改造,从而达到红外夜视兼容的效果。

李明远等人^[27]开发了一种使用LED光源的具有夜视兼容性的LCD双模式背光系统。该系统具有2套光源,包括一套正常模式的LED光源和一套夜视兼容模式的LED光源。在日间工作或当夜视成像系统目镜不用时,正常模式的LED光源运行;在夜间工作时运行夜视兼容背光光源;工作状态可通过自动光控系统进行智能转换,也可通过开关、按钮等进行人工切换,2套系统相互不干涉。

另外,国内有学者提出直接利用彩色LED与夜视成像系统兼容的光源,通过对不同波长的LED发光管进行混合,调节亮度比例,可得到需求的各种夜视兼容照明光源^[28]。

5 结束语

在不断加紧研制先进微光夜视仪器的同时,国内在夜视兼容照明技术方面应加大力度开发出在可见光区域吸收率低、在近红外区域高效吸收的新型红外吸收剂,改善加工工艺,实现批量制备性能优异的夜视兼容近红外滤光片,研制适于我军武器装备的新型高效近红外滤光器件,另外应进一步提高LED等照明灯具的性能水平,以期能研制出适用于各种照明需求的自身具备夜视兼容照明功能

的光源,从根本上解决飞机夜视兼容照明的问题。

参考文献:

- [1] 金伟其,刘广荣,王霞,等.微光像增强器的进展及分代方法[J].光学技术,2004,30(4):460-463,466.
JIN Wei-qi, LIU Guang-rong, WANG Xia, et al. Image intensifier's progress and division of generation[J]. Optical Technique, 2004, 30(4): 460-463, 466. (in Chinese)
- [2] 周立伟.夜视技术的进展与展望[J].激光与光电子学进展,1995(4):37-43.
ZHOU Li-wei. Advances and prospects of night vision technology [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 1995(4): 37-43. (in Chinese)
- [3] 周立伟.夜视像增强器的近期进展[R].北京:北京理工大学,1996.
ZHOU Li-wei. Recent developments of night vision image intensifiers[R]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 1996. (in Chinese)
- [4] 向世明.三代微光夜视技术的最新发展和应用前景[J].应用光学,2003,24(增刊):51-54.
XIANG Shi-ming. The latest development and application future of third generation low-light-level night vision technology [J]. Journal of Applied Optics, 2003, 24(sup.): 51-54. (in Chinese)
- [5] BIASS E H, GOURLEY S. Night vision technology update [J]. Armada International, 2001, 25(5): 27-37.
- [6] 金伟其,刘广荣,白廷柱,等.夜视领域几个热点技术的进展及分析[J].光学技术,2005,31(3):405-409.
JIN Wei-qi, LIU Guang-rong, BAI Ting-zhu, et al. Some technological progresses and their analysis in night vision [J]. Optical Technique, 2005, 31(3): 405-409. (in Chinese)
- [7] 徐江涛,张兴社.微光像增强器的最新发展动向[J].应用光学,2005,26(2):21-23.
XU Jiang-tao, ZHANG Xing-she. The latest development of low-light-level image intensifier [J]. Journal of Applied Optics, 2005, 26(2): 21-23. (in Chinese)
- [8] 潘万聪.国外军用微光夜视器材手册[M].北京:兵器工业出版社,1991.
PAN Wan-cong. Foreign military low-light-level (LLL) night vision equipment [M]. Beijing: Weapon Industry Press, 1991. (in Chinese)
- [9] 艾克聪.微光夜视技术的进展与展望[J].应用光学,2006,27(4):303-307.
AI Ke-cong. Development and prospect of low-light-

- level (LLL) night vision technology[J]. Journal of Applied Optics, 2006, 27(4): 303-307. (in Chinese)
- [10] 郑圣虎, 左宏为. 与夜视装备兼容的直升机照明系统[C]. 昆明: 中国航空学会, 2002.
ZHENG Sheng-hu, ZUO Hong-wei. Helicopter NVIS-compatible lighting system [C]. Kunming: Chinese Society of Aeronautics and Astronautics (CSAA), 2002. (in Chinese)
- [11] 国防科工委军标出版发行部. GJB1394-92 与夜视成像系统兼容的飞机内部照明[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 1994.
Armament Standard Press of Commission of Science Technology and Industry for National Defense. GJB1394-92 aircraft NVIS-compatible interior lighting system [S]. Beijing: Armament Standard Press of Commission of Science Technology and Industry for National Defense, 1994. (in Chinese)
- [12] 国防科工委军标出版发行部. GJB2020-94 飞机内部和外部照明通用规范[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 1995.
Armament Standard Press of Commission of Science Technology and Industry for National Defense. GJB2020-94 universal criterion of aircraft interior and exterior lighting system [S]. Beijing: Armament Standard Press of Commission of Science Technology and Industry for National Defense, 1995. (in Chinese)
- [13] Department of Defense. MIL-STD-3009 lighting, aircraft, night vision imaging system (NVIS) compatible [S]. Washington: Department of Defense, 2001.
- [14] BRENNER P E, BRENNER T C, MULLER A E. Anti-collision light for aircraft; US, 20050052869 [P]. 2005-03-10.
- [15] MOSIER D E. Avionic display with tunable filter; US, 6714186[P]. 2004-03-30.
- [16] HERMAN C K. NVG compatible LCD; US, 4934793[P]. 1990-07-19.
- [17] VEMEY J F. NVG compatible red light; US, 4779942[P]. 1988-10-25.
- [18] NEW R D, BURGESS R L, BURGESS S K. Infrared filter system for fluorescent lighting; US, 0252507[P]. 2004-12-16.
- [19] KRSHKEVICH D G, DURYEY P. Vanadium-and copper-containing glasses for use as filters for light sources intended for use with night vision devices; US, 5234871[P]. 1993-08-10.
- [20] JONES M R, STUPPI A N, JOHNSON R J, et al. Dye-based filter; US, 7081991[P]. 2006-07-25.
- [21] STUPPI A N, SAMPICA J D, BARNIDGE T J. NVIS filters for defense enhancement of flexible and emissive display technologies; USDC program RFP04-110[J]. SPIE, 2006, 6225: 1-10.
- [22] WALSH K L, MERRIFIELD R M, KELLEHER K C, et al. Wide-range dual-backlight display apparatus; US, 5886681[P]. 1999.
- [23] CAMPBELL W T, MANER R M, GROSSMAN S A. Dual mode display with a backlight filter for an unactivated light emitting diode (LED); US, 7025474 B2[P]. 2006-04-11.
- [24] 程海峰, 门金凤, 刘世利, 等. 吸收型近红外滤光片的制备[J]. 红外技术, 2006, 28(10): 591-593.
CHENG Hai-feng, MEN Jin-feng, LIU Shi-li, et al. The preparation of near infrared absorbing filter [J]. Infrared Technology, 2006, 28(10): 591-593. (in Chinese)
- [25] 门金凤, 程海峰, 楚增勇, 等. 吸收型近红外滤光片性能影响因素研究[J]. 功能材料, 2007, 38(增刊): 415-418.
MEN Jin-feng, CHENG Hai-feng, CHU Zeng-yong, et al. Research on factors affecting the performance of near infrared absorbing filter [J]. Journal of Functional Materials, 2007, 38 (sup): 415-418. (in Chinese)
- [26] 谢剑斌, 夏显忠, 夏利锋, 等. 可实现红外夜视兼容的液晶显示器背光模组; 中国, 2758817[P]. 2006-02-15.
XIE Jian-bin, XIA Xian-zhong, XIA Li-feng, et al. Backlight system for NVG compatible liquid crystal display (LCD); CN, 2758817[P]. 2006-02-15. (in Chinese)
- [27] 李明远, 陈盈君, 肖俊, 等. 一种使用LED光源的具有夜视兼容性的LCD背光系统; 中国, 1916732[P]. 2007-02-21.
LI Ming-yuan, CHEN Ying-jun, XIAO Jun, et al. A NVG compatible backlight system for liquid crystal display (LCD) using LED source; CN, 1916732[P]. 2007-02-21. (in Chinese)
- [28] 吴金华, 方俊, 余雷. 一种与夜视成像系统兼容的LED光源及其照明系统; 中国, 1936416A [P]. 2007-03-28.
WU Jin-hua, FANG Jun, YU Lei. A NVG compatible LED source and lighting system using them; CN, 1936416A [P]. 2007-03-28. (in Chinese)