

文章编号: 2095-4980(2017)05-0781-06

卫星激光威胁告警技术

郑伟, 武学英, 崔健永, 李凌, 郑永超

(北京空间机电研究所, 北京 100094)

摘要: 激光威胁告警是一种用于截获、测量、识别、定向敌方激光威胁信号并实时告警的光电侦察技术, 是光电对抗技术的重要组成部分。激光威胁告警器能够快速、可靠地识别激光威胁信号, 确定威胁源特性和精确方位, 判明威胁等级, 并迅速产生告警信号, 使光学载荷或卫星有足够的时间采取相应的防御措施, 保护系统免受激光的致命攻击。本文对卫星激光威胁告警技术进行了探讨, 提出了一种基于位置敏感探测器(PSD)的激光威胁方位探测方法。研究表明, 这种体制的告警技术对于脉宽 50 ns 以上的激光脉冲, 可在 $\pm 1^\circ$ 范围内, 获得优于 1 mrad 方位分辨力; 而且可以通过光学镜头设计, 扩大接收视场, 满足卫星光学载荷或卫星平台的告警视场需求。

关键词: 卫星; 激光; 威胁告警; 位置敏感探测器; 方位分辨力

中图分类号: TN24

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201705.0781

Laser threat warning technique for satellites

ZHENG Wei, WU Xueying, CUI Jianyong, LI Ling, ZHENG Yongchao

(Beijing Institute of Space Mechanics & Electricity, Beijing 100094, China)

Abstract: Laser threat warning is a technique for intercepting, measuring, recognizing and direction finding the threatening laser from enemy. It is an important technique for optoelectronic countermeasure. Laser warner is able to recognize the threatening laser, confirm its character, judge threatening level, and quickly give out warning signals, which can provide optical payload or satellite enough time to take effective measures to protect the satellite system against fatal laser attacks. The laser warning technique for satellite is discussed. A threatening direction detect method based on Position Sensitive Device(PSD) is presented. On condition that laser pulse width is greater than 50 ns, an orientation resolution better than 1 mrad can be obtained within $\pm 1^\circ$. Through broadening its receiving field by lens optical design, the requirements on the warning field of satellite optical payload or satellite can be satisfied.

Keywords: satellite; laser; threat warner; Position Sensitive Device; azimuth resolution

卫星是我国空间军事力量和空间资产的重要组成部分, 也是我国军事战略能力的重要体现, 在军事侦察、监视、预警、测绘、导航等领域具有巨大的应用价值。近年来, 美、俄等军事强国的反卫星激光武器得到了迅速发展, 并已完成了对在轨卫星进行干扰与致盲的攻击试验, 凭借其攻击速度快、机动性能好、抗干扰能力强、无后坐力、杀伤效率高、攻击不留痕迹等特点, 具备了对敌保持不对称技术的优势, 对我国在轨卫星构成了地、空、天等多层面的严重威胁^[1-6]。我国正在逐渐加强卫星系统对各类威胁的防御能力, 构建“威胁感知、系统防护、快速恢复”的卫星空间防御体系。其中, 威胁感知作为防御体系的首要环节, 将为采取各类防护、对抗或恢复措施等提供准确的告警与情报信息, 因此, 在整个防御体系中的作用尤为重要^[1-6]。

目前, 对来袭激光威胁的探测感知主要是通过激光威胁告警技术得以实现。激光威胁告警是一种用于截获、测量、识别、定向敌方激光威胁信号并实时告警的光电侦察技术, 是光电对抗技术的重要组成部分。激光威胁告警器能够在较大视场范围内快速、可靠地识别激光威胁信号, 确定威胁源特性和精确方位, 判明威胁程度, 并迅速产生告警信号, 使光学载荷或卫星有足够的时间采取相应的防御措施, 保护系统免受激光的致命攻击。因此, 将激光威胁告警器作为卫星系统的基本配置装备载荷, 将对提升卫星系统对激光威胁的探测感知能力, 加强卫星系统的空间安全性和可靠性具有重大意义。并且, 在非对称局部战争以及未来太空战中, 对增强我军空间威胁感

知能力, 推进空间军事保障力量具有重大意义和良好的军事应用前景。

1 空间激光告警体制

1.1 激光威胁告警体制和国内外研究现状

激光威胁告警主要用于对激光信号的探测识别, 根据探测原理的不同, 激光告警器主要可分为 3 种类型: 光谱识别型、成像型和相干识别型。其中, 光谱识别型包括直接拦截探测和散射探测, 相干识别型可分为法布里-珀罗(F-P)型和迈克尔逊型^[7-11]。

光谱识别型激光告警器通常采用光电二极管作为激光探测元件, 经放大后输出电脉冲信号, 经过信号处理, 从包含各种虚假信息中实时鉴别威胁信号。由多个探测单元组成特定空间分布的阵列, 相邻视场间形成交叠, 可以直接拦截激光束或接收目标表面、地面和大气气溶胶散射的激光能量。通过各个二极管视场拼接能够实现大视场、多波段探测, 体制相对成熟, 技术难度小, 但测向精确度较低, 虚警率较高^[7-11]。

成像型激光告警器通常由广角鱼眼透镜和电荷耦合元件(Charge-Coupled Device, CCD)面阵组成。采用鱼眼透镜可实现全空域凝视监测, 不需要机械扫描, 因此, 不存在由扫描引起的漏探测。具有较高定向精确度, 动态范围较大, 视场可覆盖半个球面, 采用双通道和帧减技术可以消除背景干扰, 降低虚警率, 探测激光波段限于可见光、近红外。但 CCD 面阵读出帧频较低, 对脉冲激光的探测不利, 可结合二极管阵列型使用^[7-11]。

相干识别型激光告警器是利用激光的高度时间相干性进行探测, 具有探测视场大、虚警率低、角度分辨力高等优点, 但结构复杂, 研制成本高。其中, 法布里-珀罗(F-P)型安装有一个或多个阶式 F-P 标准具, 由步进电机带动, 沿平行于其表面的轴转动, 激光入射角不同时产生相干干涉或相消干涉, 使光强信号形成调频波, 通过周期间隔与频率最低点确定激光波长和方位, 通过机械扫描对激光进行探测。对于空间应用, 机械扫描存在可靠性差的问题。迈克尔逊型的主要部件为迈克尔逊干涉仪, 由 1 块分束棱镜、2 块相互垂直的球面(或平面)反射镜及阵列探测器构成。激光照射形成干涉图像, 通过检测干涉条纹对激光波长、入射方向进行探测, 不需要机械扫描, 可以截获单次激光脉冲。但干涉条纹锐度低, 抗干扰能力差, 且结构复杂, 技术难度大^[7-11]。

目前, 国外在激光告警技术上, 美国占据了主要地位, 进行了一系列的技术开发和工程验证, 并在作战实践和太空战模拟演习中, 进行了深入总结、研究、开发、试验和改进。空间告警方面特别出台了相应的政策和计划, STW/AR、RAIDRS 以及 SASSA^[8]等。国内在星载威胁激光探测方面还处于初步探索阶段。哈尔滨工业大学设计了星载激光告警系统, 该系统采用光学成像, 转盘滤光分光, 采用 PbSe 和 HgCdTe 面阵探测器成像, 以实现了对攻击激光的探测。该系统探测器的制冷问题以及由此而导致的体积、质量和功耗的增大, 过多占用了卫星资源, 是需要解决的问题; 中科院上海技术物理研究所研制了一种激光告警系统, 该系统采用四象限探测和面阵探测相结合, 采用 HgCdZnTe 探测器, 实现对攻击激光探测, 其突出优势就是采用小孔成像四象限, 这不仅降低了功耗, 而且简化了结构, 缩小了体积, 提高了探测器的损伤阈值, 但是四象限的方位精确度与视场的矛盾, 亟待解决^[8]。星载激光告警仍需进一步开展新体制的激光告警技术研究, 以适应卫星大视场、较高的角度分辨力、轻量化和高可靠等更高的应用需求。

1.2 空间激光告警的任务特点

空间激光告警的基本功能包括: 要能够对现有典型的各类激光威胁源进行探测告警, 识别威胁源类型, 判别来袭方位, 并迅速提供告警报文。对于空间平台, 还需关注如下要求: 实现大空域高灵敏警戒, 系统集成度高, 独立供电且无辐射, 不影响星上其他载荷及设备正常工作; 系统整体可以根据卫星平台防御范围和特点进行定制化优化设计, 要求结构紧凑, 轻小型, 能耗低, 占用资源少; 最后, 要求告警设备具备对微弱激光信号的高灵敏度探测和识别能力, 在轨试验应用容易实现且安全性高。

1.3 本文工作

从前文所述可知, 不同类型的告警技术各有特点, 光谱识别型是最成熟的技术, 相干识别型在国外也有装备产品, 成像型随着器件水平的提高也在不断发展。目前比较成熟的激光告警装备主要面向车载、舰载和机载平台, 为战术防护和规避提供预警信号, 方位分辨力可以不需要有过高的要求。但是对于卫星平台, 受制于固定的轨道和有限的能源, 需要知道威胁源的方向, 以最小的代价取得最大的在轨防护效果; 同时对于卫星光学载荷, 面对地基反卫激光武器系统的威胁时, 除了提供激光预警信号进行在轨防护之外, 还有必要对威胁源的地理位置做出精确定位。因此有必要基于现有的器件水平, 开展新体制多体制技术融合的精确激光告警研究, 进一步发展激光告警技术, 适应未来空间激光对抗的需求。

综合考虑以上各类激光告警器的优缺点,结合空间激光告警任务特点,本文提出光谱识别阵列与基于 PSD 定位成像相结合的技术方案,结合单元探测的简捷和成像探测识别精确度高的优势,以满足空间平台对激光威胁的识别与定位要求。对该方法进行了设计和实验验证,为空间激光告警体制进行了预先的探索研究。

2 星载激光告警技术研究

2.1 基于 PSD 的空间激光告警技术的原理及方法

PSD 是一种基于横向光电效应的位置敏感探测器,本文选用二维枕型 PSD,它的工作原理如图 1 所示^[12-13]。PSD 由 3 层构成,最上一层是 P 层,下层是 N 层,中间插入一较厚的高阻 I 层,形成 P-I-N 结构。当入射光点位置距各电极距离不同时,4 个电极收集的电流强度也不相同,电流强度与光点在光敏面上位置相对应。光敏面上输出的位置信号是位置坐标的单值函数,当坐标原点选在 PSD 中心时,其光点位置方程为^[13]:

$$U_x = R \frac{(I_{x2} + I_{y1}) - (I_{x1} + I_{y2})}{I_{x1} + I_{y1} + I_{x2} + I_{y2}} \quad (1)$$

$$U_y = R \frac{(I_{x2} + I_{y2}) - (I_{x1} + I_{y1})}{I_{x1} + I_{y1} + I_{x2} + I_{y2}} \quad (2)$$

式中: $I_{x1}, I_{x2}, I_{y1}, I_{y2}$ 是各信号电极的光电流输出信号; U_x, U_y 为入射光点的位置坐标; R 为电极之间距离的一半,原点在光敏面中心。只要检测光电流的大小,即可算出光点所在的位置。

PSD 常应用于工业领域的位置探测,在激光告警中还未见报道。PSD 具有精密的位置探测能力,响应速度一般在微秒量级,目前对于 8~10 ns 脉宽的激光测距机响应能力还不足,但是对于制导激光或具有能量威胁的连续或准连续激光,PSD 非常有效。随着器件工艺水平的不断提高,PSD 响应窄脉冲的能力可能还会不断增强,目前最新研发的高速 PSD 产品的脉冲响应时间已达到 30 ns。因此,将 PSD 作为激光威胁的一种探测手段是有一定意义的,利用它的精密位置探测能力作为对现有告警技术手段的有效补充。本文是对 PSD 在激光告警领域应用的首次尝试,通过试验验证了它在卫星激光威胁告警应用环境中的可行性。

2.2 空间激光告警器的设计及实现

星载激光威胁告警器包含 4 个工作单元,即波长及能量识别、激光定位、信息处理和二次电源,各单元组成关系以及与星上电气接口如图 2 所示。其中,系统自带 LED 光源,可以实现轨功能自动检测。

波长及能量识别单元可识别目前 3 个主要的激光干扰波长: 532 nm, 1 064 nm, 1 315 nm。通过信号放大和阈值比较鉴别干扰波长和激光能量。激光定位单元由二维位置探测器 PSD 和信号放大、位置读出电路组成,输出 PSD 的二维位置模拟信号,进行 AD 采集和数据处理,解算出激光能量和位置信息。信息处理单元接收数管系统的遥控指令,返回遥测信息,在激光到达时输出防护启动信号,同时将激光波长、能量和方位测量数据通过遥测通道交付给星上数管系统。

激光定位单元是星载激光告警器的重要组成部分,本文提出了一种基于 PSD 探测技术

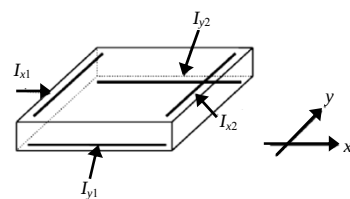


Fig.1 Principle of PSD
图 1 PSD 工作原理

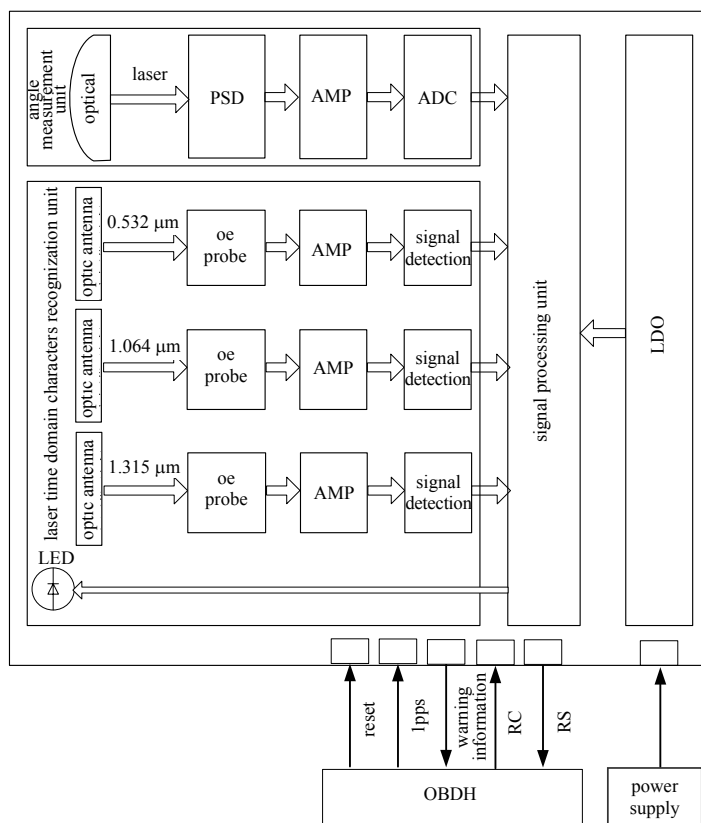


Fig.2 Construction of laser warner
图 2 星载激光告警器组成示意图

的激光定位方法,下面主要对这一技术方法进行阐述,介绍在地面验证过程中的实现方法和实验结果。

激光定位单元由接收机和处理机组成,其中接收机包括 PSD、初级放大电路等,处理机包括峰值保持电路、调理电路、AD 采集电路、FPGA、USB 等。照射激光经 PSD 转换为带有方位信息的电子学信号,经过初级放大后,进入峰值保持电路进行模拟脉冲展宽,再经过调理电路转换成适合 AD 的输入电平,由高速 AD 芯片采集,数字化的信号在 FPGA 内进行处理,然后通过 USB 接口将解算数据输出。

在本设计中采用峰值保持电路对 PSD 输出的四路窄脉冲信号进行模拟展宽,选用高速运放和肖特基二极管,展宽后的脉冲宽度大于 $100\ \mu\text{s}$ 。AD 采集芯片选用工业级产品 ADS6445,具有 4 个独立采集通道,最高采样率达到 65 Msps,能够对峰值保持后的信号进行有效采集。现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array, FPGA)选用 Xilinx 公司生产的 XC4VSX55 型产品。它由时钟分配模块、AD 配置控制模块、四路先入先出队列(First Input First Output, FIFO)、采集控制模块、传输控制等模块共同组成,如图 3 所示。时钟分配模块接收外部输入的晶振信号,利用 Xilinx FPGA 内部的数字时钟管理器(Digital Clock Manger, DCM)对输入的时钟信号进行倍频和分频处理,生成系统工作所需的各种时钟,AD 采集芯片工作在 50 MHz,内部 FIFO 工作时钟 200 MHz。AD 配置控制模块实现对 AD 采样芯片工作模式的配置。工作在双倍速率(Double Data Rate, DDR)模式,同时利用时钟的上升沿和下降沿实现采样。使用 4 路 FIFO 实现对输入的 4 路低电压差分信号(Low-Voltage Differential Signaling, LVDS)的接收缓冲。

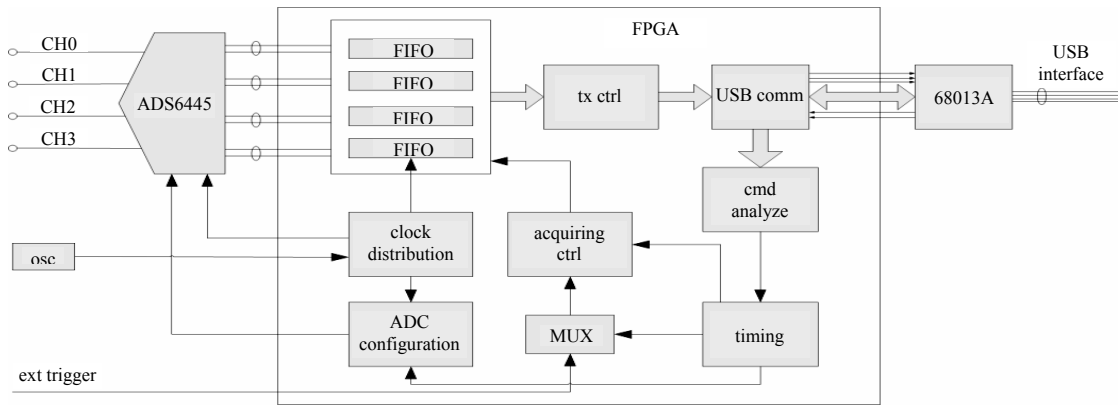


Fig.3 Construction of FPGA
图 3 FPGA 电路内部结构

为了使威胁告警方位显示效果直观,开发了基于 VC++6.0 和 OpenGL 的上位机程序,提供了数据采集控制和方位解算数据 3D 显示界面,如图 4 所示。软件提供了 PSD 的 4 路模拟信号经 FPGA 实时采集数据的显示窗口和方位解算数据,利用 OpenGL 构建虚拟场景,将威胁激光的发射方位可视化。

3 试验结果

在光学平台上搭建激光告警的角度识别光电标定系统,将告警器安装在电控转台上,然后与激光器均固定在光学平台上,保持相对位置和姿态稳定。调整激光器的位置和角度使之能进入告警器的视场中心。利用上位机控制电控转台使光斑落在 PSD 的几何中心附近,然后将激光告警器的测量结果归零作为起始测量位置。

在技术验证中,使用了商用 Ftheta 光学镜头,视场角比较小,工作在 $\pm 1^\circ$ 范围之内。表 1 是告警器在 $0^\circ, 0.3^\circ, 0.6^\circ, 0.9^\circ$ 时的部分测试结果。横坐标是经纬仪输出的标定数据,纵轴是告警器输出的 PSD 的 U_y 数值。从标定结果观察,激光告警器在 $0 \sim \pm 1^\circ$ 视场角的范围内线性度非常好,大约超过 $\pm 1^\circ$ 以后,测量结果的非线性会逐渐明显,说明激光告警器适宜的工作角度范围是 $\pm 1^\circ$ 。使用 WNSC600 型控制转台对激光告警器进行角度转动,转台俯仰角度控制精确度 0.0016° ,方位角度控制精确度 0.0025° 。激光告警角度识别测试数据见表 1。由数据表可得出, 2° 视场角内,告警角度绝对误差最大为: $\Delta\delta_{\max} = 0.109^\circ @ -1.00^\circ$ 处。对误差原因进行了分析,除了模拟电路、AD 采集过程本身的误差之外,主要的误差来源有两点:首先,PSD 器件本身存在非线性误差,只有靠近中心的 A 区线性度较好, B 区的线性度较差,越靠近边缘非线性特性越明显。其次,光学系统的慧差带来了

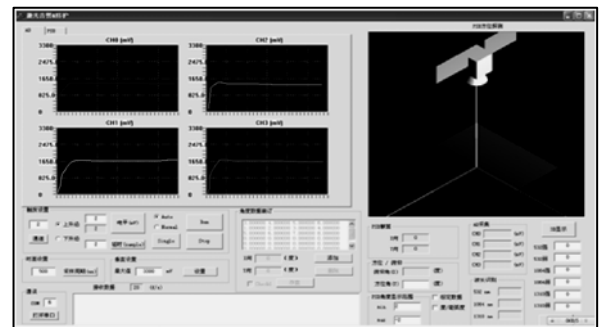


Fig.4 User Interface(UI) of PC
图 4 上位机程序界面

较大的误差。使用 PSD 位置探测体制实质是要测量光斑的质心,为了提高测量精确度,对前端的光学系统设计有较高的要求。目前课题采用商用 Ftheta 光学镜头,经过对实际的商业光学镜头测试,视场角在 $\pm 1^\circ$ 以内像差情况可接受,探测器能对像点的质心进行准确的定位;视场角大于 1° 时,由于镜头像差过大(主要表现为慧差与离焦),光斑面积也显著增大,如图 5 所示,使得后续的质心计算受到很大干扰,准确度下降。

表 1 角度识别测试表

Table1 Angle measurement results											
	revolving angle/($^\circ$)										
	0	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
warning angle/($^\circ$)	-0.013	0.0830	0.180	0.287	0.401	0.527	0.660	0.793	0.900	0.966	0.982
error/($^\circ$)	-0.013	-0.017	-0.020	-0.013	0.001	0.027	0.060	0.093	0.100	0.066	-0.018
absolute error $\Delta\delta/(^\circ)$	0.013	0.017	0.020	0.013	0.001	0.027	0.060	0.093	0.100	0.066	0.018
	revolving angle/($^\circ$)										
	0.005	-0.100	-0.200	-0.300	-0.400	-0.500	-0.600	-0.700	-0.800	-0.900	-1.000
warning angle/($^\circ$)	-0.009	-0.105	-0.208	-0.320	-0.438	-0.566	-0.680	-0.769	-0.839	-0.864	-0.891
error/($^\circ$)	-0.014	-0.005	-0.008	-0.020	-0.038	-0.066	-0.08	-0.069	-0.039	0.036	0.109
absolute error $\Delta\delta/(^\circ)$	0.014	0.005	0.008	0.020	0.038	0.066	0.08	0.069	0.039	0.036	0.109

镜头慧差可以通过专业光学设计得到改善,PSD 本身存在的非线性误差可以通过数据拟合、插值以及神经网络等数据处理方法得以校正。这些问题的解决也是本文作者下一步的工作方向。

4 结论

本文对卫星激光威胁告警技术进行了探讨,提出了一种基于 PSD 的激光威胁方位探测方法。研究结果表明,这种体制的告警技术对于脉宽 50 ns 以上的激光脉冲,可以在 $\pm 1^\circ$ 范围内,获得优于 1 mrad 方位分辨力,表明这种体制对于空间激光威胁是可行的。后续工作将通过消慧差光学镜头设计,扩大接收视场,同时对测量系统的非线性进行校正,满足卫星光学载荷或卫星平台的告警视场和分辨力需求。

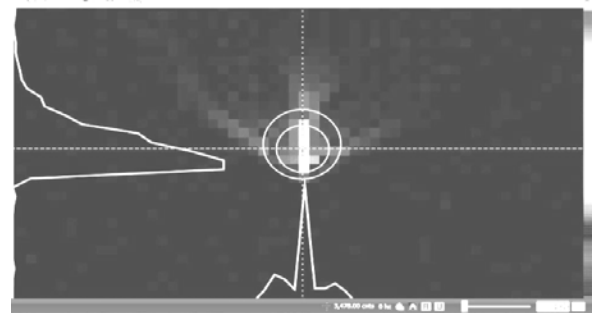


Fig.5 Coma test of Ftheta lens
图 5 Ftheta 镜头慧差测试结果

参考文献:

- [1] 魏光辉,杨培根. 激光技术在兵器工业中的应用[M]. 北京:兵器工业出版社, 1995:198-225. (WEI Guanghui,YANG Peigen. Application of Laser Technique in Weapons Industry[M]. Beijing:Weapon Industry Press, 1995:198-225.)
- [2] 李世祥. 光电对抗技术[M]. 长沙:国防科技大学出版社, 2000. (LI Shixiang. Potoelectronic Warfare Technique[M]. Changsha,China:National University of Defense Technology, 2000.)
- [3] 王永仲. 现代军用光学技术[M]. 北京:科学出版社, 2003. (WANG Yongzhong. Modern Military Optic Technique[M]. Beijing:Science Press, 2003.)
- [4] 叶盛祥,谢德林,杨虎. 光电对抗技术[J]. 光电工程, 2001,28(1):67-72. (YE Shengxiang,XIE Delin,YANG Hu. Photo-countermeasures techniques[J]. Opto-Electronic Engineering, 2001,28(1):67-72.)
- [5] 付伟. 国外激光反卫星技术发展综述[J]. 激光技术, 2001,25(2):157-161. (FU Wei. Development of laser anti-satellite technology at abroad[J]. Laser Technology, 2001,25(2):157-161.)
- [6] 刘丰,朱忠博,李栋,等. 太赫兹波在遥感技术中的应用探讨[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2013,11(5):693-701. (LIU Feng,ZHU Zhongbo,LI Dong,et al. Discussion on terahertz techniques in remote sensing[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2013,11(5):693-701.)
- [7] 张锦. 国外激光威胁告警器发展现状及评价[J]. 激光与红外, 2008,38(4):307-314. (ZHANG Jin. Status and evaluation of foreign laser warning systems[J]. Laser & Infrared, 2008,38(4):307-314.)
- [8] 李发泉,程学武,杨勇,等. 星载威胁激光探测告警的技术需求分析[J]. 红外与激光工程, 2008,37(增刊 3):331-334. (LI Faquan,CHENG Xuwu,YANG Yong,et al. Technique requirement analysis of satellite borne threat laser detecting warning[J]. Infrared and Laser Engineering, 2008,37(suppl 3):331-334.)
- [9] 张亚萍. 星载激光告警探测系统设计[J]. 激光与红外, 2006,36(9):889-892. (ZHANG Yaping. The design of satellite borne laser warning detecting system[J]. Laser & Infrared, 2006,36(9):889-892.)

- [10] 黄成功,吴军辉,姚梅,等. 激光威胁源方向识别技术[J]. 红外与激光工程, 2011,40(4):626-630. (HUANG Chenggong, WU Junhui,YAO Mei,et al. Laser threat orientation identification technology[J]. Infrared and Laser Engineering, 2011,40(4): 626-630.)
- [11] 吴海波,程玉宝,张创新. 激光方位探测技术的分析[J]. 中国电子科学研究院学报, 2010,5(2):159-164. (WU Haibo, CHENG Yubao,ZHANG Chuangxin. Analysis of laser azimuth surveying technology[J]. Journal of CAEIT, 2010,5(2):159-164.)
- [12] 张婷婷. 位置敏感探测器(PSD)在振镜性能测试中的应用研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2012. (ZHANG Tingting. Research on galvanometer performance testing using position sensitive detectors[D]. Nanjing,China:Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2012.)
- [13] 安毓英,曾晓东. 光电探测原理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2004. (AN Yuying,ZENG Xiaodong. Principle of Photoelectric Detection[M]. Xi'an,China:Xidian University Press, 2004.)

作者简介:



郑伟(1974-),男,辽宁省营口市人,高级工程师,研究方向激光雷达技术.email: zhengwester@126.com.

武学英(1986-),女,山西省大同市人,硕士,工程师,主要研究方向为光电子技术.

崔健永(1970-),男,郑州市人,高级工程师,主要研究方向为光电对抗技术.

李凌(1986-),男,成都市人,硕士,工程师,研究方向为空间光学装调检测.

郑永超(1963-),男,郑州市人,研究员,主要研究方向为激光雷达技术.

中国电子学会电路与系统分会第二十八届学术年会征文通知(第一轮)

中国电子学会第二十八届电路与系统学术年会将于**2017年10月**在**重庆**召开。会议由中国电子学会电路与系统分会主办,重庆邮电大学承办。我们真诚地邀请电路与系统及相关领域的科研工作者莅临本次年会!

一、征文范围

本次年会诚邀有关电路与系统及相关领域最新研究进展的学术论文(中英文均可)。征文方向主要包括(但不限于)以下主题:

1. 电路与系统理论与技术(非线性电路系统理论与应用、功能集成电路与系统、低功耗电路与系统、分布式电路与系统、射频、微波电路与系统); 2. 大规模集成电路设计与制造技术(集成电路设计自动化理论与CAD技术、通用处理器芯片架构与设计技术、纳电子学与吉规模系统、SoC/NoC设计方法、验证与测试理论、MEMS/MCM/生物芯片建模与模拟、纳米结构信息器件与纳电子技术); 3. 传感器、无线传感网和物联网(生物信息传感机理、检测及传感器技术、微弱信息检测与微纳传感器技术、传感器网络与多源信息融合、物联网信息感知、传输及处理技术); 4. 信号与信息处理系统(通信信号处理、雷达、声纳信号处理、医学图像处理、地质信号处理、语音信号处理、大数据处理技术); 5. 音频、视频、3D视频系统技术(视频A/D、D/A转换、视频信号处理、视频压缩技术、多媒体信息处理); 6. 神经网络、图论与系统优化(神经网络理论与应用、神经元系统和应用、移动神经网络和阵列计算、模糊逻辑与电路、学习与智能系统、图论与系统优化); 7. 非传统电路与系统(量子计算与信息处理、生物计算机、纳米信息处理、仿生电子学); 8. 先进网络技术(高速光通信与光网络技术、第五代移动通信技术、异构网络融合技术)。

二、征文要求

1. 来稿必须是未曾在国内外公开发表过的文章,无弄虚作假,无一稿多投,不得涉及国家秘密。
2. 以正式论文的形式(包括题目、作者姓名、作者单位、摘要、关键词、正文、参考文献)书写应征论文。中文论文请包括英文题目、作者、作者单位、摘要和关键词;英文论文请附上中文题目、作者、作者单位、摘要和关键词。论文摘要应包括目的、方法、结果、结论四部分。

三、论文提交 采用中科院国际会议服务平台<http://cscas28.csp.escience.cn/dct/page/1>投稿。登录网站后请先注册,后投稿。

四、重要日期 提交论文截止日期:2017年8月30日 通知论文接收日期:2017年9月15日 提交论文修改稿日期:2017年9月30日

五、论文评奖

1. 年会评选大会优秀论文并颁发证书。
2. 会议特别优秀的论文推荐到《电子与信息学报》、《雷达学报》、《太赫兹科学与电子信息学报》正刊评审发表。

六、会议日程 会场地址及详细日程另行通知。

七、会务组联系方式

重庆邮电大学联系人:吴大鹏 联系电话:023-62460815

电路与系统分会办公室联系人:陈倩、张燕 会议网址:<http://cscas28.csp.escience.cn/dct/page/1>

联系电话:(010) 58887066(陈), (010) 58887064(张) 会议邮箱: cscas@mail.ie.ac.cn