

从智慧地球和绿色地球看 现代光电技术的发展机遇

褚君浩

(中国科学院上海技术物理研究所中科院太阳电池研究中心 上海 200083)

摘要 光电信息传感和光电能量转换是建设智慧地球和绿色地球的重要关键技术。根据当前光电信息传感器以及光电能量转换器件的发展趋势,应努力发展大规模焦平面列阵;提高红外传感器件工作温度,发展室温工作器件;扩展光电传感器工作波段,发展多波段器件;发展光、热、电、磁、分子、质量、应力以及单光子传感器等多种传感技术。本文还对如何发展太阳能光伏电池提出若干看法。

关键词 物联网,传感器,智慧地球,绿色地球,太阳能光伏电池

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2010.05.007



中国科学院



褚君浩院士

的关键技术之一是信息获取的光电传感器技术;建设绿色地球是解决能源与环境问题的根本出路,其重要途径之一是发展太阳能光伏电池。建设“智慧地球”和“绿色地球”的核心技术是光电信息转换和光电能量转换,

1 前言

当前建设“智慧地球”和“绿色地球”是人类面临的两大任务,也对光电科学技术提出了新的发展要求。智慧地球=物联网+互联网,物联网

都需要进一步提升水平。现代光电技术迎来新的发展机遇。

2 发展物联网传感器技术

物联网是信息科学技术的一个新发展。2008年IBM总裁Samuel Palmisano先生在纽约对外关系理事会做报告,题目为:“智慧地球——下一代领导人的议程”,提出几乎任何事物都可以实现数字化和互联。我们正在迈入全球一体化与智慧的经济、社会和地球的时代。物联网是要把所有物品通过信息传感设备与互联网连接起来,然后进行智能化识别和管理。这也就是把“物”的信息通过传感器接收,形成“物”信息的网络,并与互联网结合。这样就构成一个互联网虚拟大脑:由音频采集器构成虚拟听觉系统,由视频采集器构成虚拟视觉系统,由分子传感器、气体传感器、液体传感器等构成虚拟味觉系统,由空气传感器、水系传感器、土壤传

* 收稿日期:2010年9月2日

传感器等构成虚拟感觉系统,由各种家用设备、办公设备以及生产设备构成虚拟运动系统,等等。这些系统构成的虚拟大脑的神经系统,形成物联网信息网络,信息流进入信息处理中心,基于各类模型,可以进行智能化信息处理与判断,并融入互联网,形成计算机、手机、人以及各类反应系统的结合互动。作为一个小例子,如果洗衣机内安装有先进传感器,就能够感知放入的衣服是什么材质的材料做成,从而基于事先已经建立好的模型,自动地做出洗涤程序的安排。对于城市的交通系统来说,所有的车辆的时间空间座标都在感知之中,根据这种感知,红绿灯系统有最佳程序,驾驶员也有最佳判断和安排。通过城市中的监控摄像机、各类传感器、RFID 以及各类先进感知工具,可以感知城市各物的信息,这些信息通过宽带、天线和移动通信网络,汇聚于智能化信息处理中心,经过模型分析,可以感知城市的状况,以便做出决策、实行远程管理以及采取相应措施。人们可以对各类信息进行实时自动获取,再进行传递、在信息中心进行智能化分析处理,做出判断与行动。根据各类社会行为,就形成智慧的交通、智慧的医疗、智慧的物流、智慧的水系统、智慧的电网、智慧的能源、智慧的销售、智慧的食品、智慧的金融、智慧的城市……,形成智慧的地球。

各类传感器在物联网技术中具有举足轻重的地位。安置在桥墩里的压力传感器可以感知桥墩的应力、安置在地下岩石中的传感器可以感知岩石内应力情况、安置在身上的传感器可以实时感知身体器官的状况、安置在煤矿里的传感器可以感知矿井中有害气体的浓度。没有各类传感器就不能实现信息的获取,也就不能进一步整合信息,应用信息。例如,1995年3月日本东京地铁站沙林毒气事件、2004年西班牙马德里火车站炸药爆炸192人遇难等案例,如果安装毒气

和爆炸物传感器,就可有效设防此类事件发生。传感器是物联网产生信息的源头,是眼睛、鼻子、耳朵、舌头、皮肤,是人体五官的延长和功能扩展。有了先进的传感器,才能对环境、水、空气、土壤和植物等进行实时监控,才能建立无线传感应急监控设备,应用于地铁、商场、车站、园区等人类活动的各类场所。

物联网对于传感器的需求给光电传感材料和器件的发展注入新的驱动力。光电传感器的主要功能是获得目标物的“形像”、“热像”和“谱像”。从获取目标物的形像,可以知道目标物是否存在,知道目标物的外部形状;从获取目标物的热像,可以知道目标物的温度分布;从获取目标物的谱像,可以根据事先测量研究并建立的模型知道目标物的物质组成。这些关于目标物的“形像”、“热像”和“谱像”的信息,进入物联网的信息流。

光电传感器件具有广阔的发展空间。除了可见光传感器外,要进一步发展紫外、红外波段以及 THz 波段的光电传感材料及其焦平面列阵探测器。当前的研究重点主要是制备更大规模的焦平面列阵器件,提高器件工作温度,发展室温工作的红外探测器,扩展器件工作的波段,制备双波段甚至多波段焦平面列阵器件,发展光、热、电、磁、分子、质量、应力以及单光子等多种传感技术等。研究的科学问题涉及光电传感材料的光电激发动力学,解决扩大焦平面规模、提高工作温度、扩展响应波段的新技术及其关键科学技术问题。这些问题的解决,对发展物联网光电传感技术至关重要。

2.1 发展大规模焦平面探测器

目前,在红外波段最主要的传感材料是以 HgCdTe 为代表的窄禁带半导体。HgCdTe 是一种性能优越的红外敏感材料,其禁带宽度随组分变化。可以选择适当组分

使材料响应大气窗口的重要红外波段。该材料已成为制备高性能红外探测器的最佳材料。 HgCdTe 体材料晶体生长、薄膜材料的液相外延生长、分子束外延生长都取得良好进展,并发展了大规模红外焦平面列阵制备的新工艺。当前的重要研究热点问题是碲镉汞高性能 $p-n$ 结的制备和特性控制研究;硅基碲镉汞薄膜材料制备技术研究; HgCdTe 材料的各种非破坏无接触表征方法研究;材料中杂质缺陷的规律研究及其生长中控制的研究; HgCdTe 材料表面界面的研究; HgCdTe 系列低维结构的制备及其物理特性研究; HgCdTe 中载流子的激发、传输和隧穿规律性研究;以及相关的许多基础物理问题的研究。这些问题与器件物理过程密切相关,是这一领域的研究热点。在大规模碲镉汞焦平面器件研制方面,美国的技术水平最为先进^[1,2]。我国近年来也有很好的发展。

2.2 提高光电探测器工作温度,发展室温工作探测器

目前,碲镉汞红外探测器一般都需要在低温(77K, 105K)制冷下工作,以减小器件噪声电流,得到高的探测率,在应用方面受到了诸多限制。这主要是由于 HgCdTe 晶格、表面和界面的不稳定性,生长工艺中容易出现各种缺陷,通常需要致冷到近液氮温度才能发挥其优良的性能;同时,用这种材料制作的光伏器件在 77K 时隧道电流大,特别对于 $\lambda \geq 15\mu\text{m}$ 的长波红外探测器来说,这些问题就显得更加突出。因此,如何提高探测器工作温度已成为当前国内外研究的热点。当前,提高工作温度的研究主要在两方面开展。一是努力提高碲镉汞探测器工作温度至半导体致冷机所能达到的温度;二是寻找替代碲镉汞具有较高工作温度的窄禁带半导体材料。

在第一方面,研究工作主要围绕提高碲镉汞少数载流子寿命和降低探测器噪音。

2004 年 8 月举行的 SPIE“红外技术与应用”专题会议上,研究人员发明了一种通过使探测器在接近零偏压下工作消除大部分低频噪声的新方法,使得 HgCdTe 列阵器件在 230K 温度下的 NETD 达到 60mK^[2]。在第二方面,主要研究 HgZnTe 、 InAsSb (锑砷铟)、 InSbBi (铟铋铟)等 III-V 族窄禁带半导体材料,希望能够替代碲镉汞使其响应率高且能在较高温度下工作。除了提高光子型探测器工作温度外,发展室温工作的热电型红外探测技术,也非常重要。热敏材料接受到红外辐射后温度升高,引起电学物理量的变化,如电阻率变化、极化率变化产生热释电效应等。热电型探测技术无需制冷,可室温工作,有着巨大的市场需求,如汽车夜视仪、监控报警系统等。目前非致冷探测包括热释电和微测辐射计型。微测辐射计型集成红外焦平面,所用材料为氧化钒 VOx 和非晶硅 $a\text{-Si}$,这种焦平面已投入生产。热释电非致冷焦平面工作模式采用混成式,即探测元和读出电路分别在两个片子上。为进一步降低成本和增加焦平面的探测率,当前主要研发集成热释电红外焦平面,其具有更高性能的潜力,是非制冷红外焦平面一个发展方向。

2.3 扩展传感器工作波段,发展多波段探测器

光电传感器需要扩展到不同的波段以适应不同的需要。可见光探测器和红外探测器相对比较成熟,当前需要进一步发展的主要有伽马射线、x 射线探测器、紫外探测器、近红外探测器、甚长波探测器、THz 探测器。过去高灵敏紫外探测多采用紫外敏感的光电倍增管和类似的真空器件以及紫外增强型硅光电二极管。真空器件相对固体探测器而言,具有体积大、工作电压高等缺点;而硅器件具有可见光响应的特点在一些紫外应用中会变成缺点。随着宽禁带半导体材料的研究进展,人们开始考虑具有可见光响应极



中国科学院

小的本征型紫外光电探测器。其中具有潜力的材料是 GaN 基材料。纤锌矿结构的 III-IV 族材料是直接带隙材料,随着合金组分的改变,其禁带宽度可以连续变化。对于铝镓氮材料其禁带宽度可以从 GaN 的 3.4eV 连续变化到 AlN 的 6.2eV。因此,利用这种材料研制的本征型紫外探测器的截止波长对应地可以连续从 365nm 变化到 200nm。对于日盲型紫外探测器,Al_xGa_{1-x}N 材料的组分 x 需要达到 40%以上,也就是需要所谓的高铝组分 AlGa_{0.4}N。GaN 基紫外面阵探测器目前的发展方向主要是朝着大规模日盲型发展。

在近红外波段,主要发展高性能 InGaAs 近红外探测器。InGaAs 红外焦平面在 0.5μm—2.5μm 波长范围内具有高的量子效率和灵敏度,可以把 60%的近红外辐射光子转换成光电子。InGaAs 可以采用 MBE 和 MOCVD 方法进行外延,比 HgCdTe 更容易生长。因此,InGaAs 红外焦平面,特别是非致冷焦平面技术,在许多民用和国防领域有很大应用前景。

当前,THz 波段传感器的研究是一个很重要的研究领域。

在扩展传感器工作波段方面还包括研制多波段焦平面技术^[3]。他对于模糊背景和复杂过程中的目标,或者目标特性在过程中不断发生变化的情况显得尤为重要。大规模、多波段、高速以及远距离红外探测,可以提高对目标的早期发现、复杂目标的识别能力。基于“能带工程”和“波函数工程”的量子阱材料能级结构裁减的随意性,在上世纪 90 年代就有量子阱结构的双色探测器。GaAs/AlGaAs 量子阱红外探测器由于其自身特点特别适合于多波段焦平面,如窄带响应和波长可裁剪性,允许多个量子阱结构沿垂直方向堆垛,每个量子阱结构吸收特定的波段同时允许其他光子透过,通过改变量子阱的阱宽、势垒组分和阱中掺杂浓度实现峰

值探测波长和截止波长的连续裁剪。GaAs/AlGaAs 材料体系允许量子阱参数的变化使探测波长覆盖 6μm-20μm。由于探测波段的可裁剪性以及材料、器件工艺的相对成熟,国外各大红外焦平面器件研究机构和公司相继推出各自的双色、多色焦平面器件。

2.4 发展多传感多频谱及其融合和集成传感技术

发展多种类信息传感、多频谱信息传感以及它们的融合技术是目前信息获取和处理的热点。当前需要发展多种类信息传感器,如红外、紫外、x 光、γ 射线、压力、震动、声响、磁敏、化学、生物、单光子等传感器,同时要发展多频谱信息传感技术。多传感、多频谱信息融合技术可以采集多种传感器信息,进行综合处理,从多频谱的角度获得目标的各种参数信息,包括构成陆、海、空、天四维广域无线传感系统。多传感、多频谱信息获取和传感以及信息融合技术将在物联网得到实际应用。先进红外探测和传感技术可以获取目标物体的红外光谱和其他特征谱及其图像,而这些信息正可以用来对目标物进行识别、定量分析及监控,既可用于宏观对象,如地面、水域、气象,也可用于微小物体,如生物细胞、单个原子、单个分子;既可用于静止目标,也可用于运动物体。同时还要发展微小压力传感技术。触觉传感器在远程操作系统中将得到实际应用。通过(无线)网络将人类触觉信息进行远程传递和相互作用,可在航空航天、模拟训练、远程诊疗救护、战场和反恐排险等领域得到应用。微型触觉传感器阵列及其反馈系统具有分辨率高、易于集成、适于曲面贴装等特点。未来还有可能开发出单分子和单原子级质量及力分辨的传感器技术。采用高分辨能力的谐振式传感器机理,通过纳机电系统(NEMS)技术,可研制出对微观质量、力或角动量等

敏感的传感器,进而可以获取单细胞、单分子、单原子一直到单电子自旋角动量的信息。集成微仪器型传感器也都是重要发展方向。这些方面都是物联网的信息获取和处理系统的关键技术。

3 发展太阳能光伏电池关键技术的若干问题

在建设绿色地球方面,发展太阳能光伏电池是重要的任务。当前太阳能电池发展很快。我国的太阳能电池产量已经占世界三分之一,主要是硅基电池,其次是薄膜电池。目前太阳能电池发展状况是:

(1)以晶体硅为代表的第一代太阳电池正在蓬勃发展,占太阳能电池总量的90%,同时硅基电池在技术上还有上升空间。

(2)CIGS、CdTe 和 III—V 族化合物半导体为代表的薄膜太阳能电池正在发展之中,它们已被证明可以产业化。但是在实现产业化过程中还有许多技术关键,存在不同工艺路线,设备和工艺都有研究和发展的需要。

(3)具有新材料、新概念、新结构、新工艺的新型太阳电池不断出现。其中包括染料敏化太阳电池、宽光谱多结太阳电池、有机太阳电池、纳米结构量子点太阳电池等等。他们将会根据成本、效率、寿命、稳定性等情况先后进入产业化。

太阳能光伏电池产业的发展和技术需求为中科院发展能源科学、光电科学与材料科学提供了机遇。中科院应积极为太阳能电池技术上升做出贡献,进行有基础研究特色的高技术创新研究,面向产业需求、面向太阳能电池新技术、面向光电技术基础。我们的研究工作要能够为产业发展做技术服务、能够把技术成果转让给企业或者形成新的产业、能够产生国内外领先的实验室记录,从而逐步在若干方面起到引领作用。同时要在太阳能利用前瞻性基础研究方面走在前

面。

当前应重点开展以下6方面研究工作:

(1)物理法提纯制备太阳能等级多晶硅关键技术;(2)提升硅基太阳电池技术;(3)发展高效率薄膜太阳能电池的关键技术,包括高效率单结、双结、多结和柔性薄膜太阳能电池;(4)探索新型太阳电池技术,包括染料敏化太阳电池、高效全光谱 InGaN 太阳电池、有机太阳电池、太阳能聚光光学系统以及低成本铜钢镓硒薄膜太阳电池技术等;(5)发展先进光伏发电集成系统;(6)开展太阳能利用的材料科学、光电科学等系统的基础研究。

3.1 发展太阳能等级多晶硅物理提纯方法

多晶硅材料的生产主要可分为两大类:化学提纯法和物理提纯法。化学法主要有改良西门子法、硅烷热分解法、流化床反应炉法等,其产品主要用于拉制单晶,满足大规模集成电路和电子器件的生产需求。目前化学法也以新工艺技术、向更大规模化、更低生产成本方向发展,但总的来说其投资成本大、生产成本低,距离太阳电池发展的低成本要求还相距较远。

多晶硅的物理提纯法单位能耗要明显低于化学提纯法,且生产设备简单,投资规模小,在简单增加设备台数的基础上即可形成规模化生产,具有很强的市场竞争力。物理法主要是指采用物理冶金的方式提纯多晶硅的方法。早在西门子法提出以前,就被应用于多晶硅材料生产,但由于其提纯的材料品质相对较低,一直没有得到半导体行业的重视。近年来,物理法以其低成本的优势,在太阳能等级多晶硅材料的生产上受到青睐。进行高效、低成本提纯技术的研究对降低太阳能电池的生产成本,促进光伏发电的普及具有深远意义。在物理法提纯太阳能级多晶硅技术方面主要是开发一套完整的提纯太阳能级多晶硅生产的技术路线,交变电



中国科学院

磁场对造渣去杂工艺的优化技术、低温熔体长晶提纯技术、定向凝固去除杂质工艺的优化及制备太阳能级多晶硅材料的质量评价体系。

3.2 发展硅基太阳能电池技术

硅基太阳能电池技术研究包括高效晶体硅太阳电池和硅基薄膜太阳电池两方面。对于高效晶体硅太阳电池,通过研究硼扩散背场技术双扩散技术、刻槽化学镀技术、双面钝化技术,实现高效率的晶体硅太阳电池的制备。同时在技术水平和效率成本等方面都有上升空间。

除发展晶体硅太阳能电池外,发展硅基薄膜太阳能电池也是重要方向。硅基薄膜电池具有很大优势,因为:(1)硅材料储量丰富(硅是地球上储量第二大元素),而且无毒、无污染,是人们研究最多、技术最成熟的材料;(2)耗材少、制造成本低。硅基薄膜电池的厚度小于 $1\mu\text{m}$ 不足晶体硅电池厚度的 $1/100$,大大降低了材料成本;硅基薄膜电池采用低温工艺技术(200°C),不仅可节能降耗,而且便于采用玻璃、塑料等廉价衬底;另外,硅基薄膜采用气体的辉光放电分解沉积而成,通过改变反应气体组分可方便地生长各种硅基薄膜材料,为实现 pin 和各种叠层结构的电池,节省了许多工序。(3)便于实现大面积、全自动化连续生产。

现有的硅基薄膜电池——非晶硅电池效率的光致不稳定性是由非晶硅材料微结构的亚稳态属性决定的,因此 S-W 效应是不易完全消除的。为获得高效率、高稳定性的硅基薄膜太阳电池,近年来又出现了微晶硅($\mu\text{c-Si}$)、多晶硅(poly-Si)薄膜电池。实验证明,用 $\mu\text{c-Si}$ 和 poly-Si 薄膜代替 a-Si 的有源层制备的电池,在长期光照下没有任何衰退现象。因此,发展晶化的硅基薄膜太阳电池是实现高稳定、高效、低成本最有前景的方法,因而成为国际研究的热点。目前研

究的焦点是如何利用低成本工艺技术,获得大面积优质的晶化硅薄膜材料以及新型硅基薄膜电池结构的优化设计。特别是用微晶、多晶硅薄膜作为窄带隙材料与非晶硅组成叠层电池结构,可更充分地利用太阳光谱。

3.3 发展薄膜太阳能电池

高效薄膜太阳能电池将是普遍应用的第二代太阳能电池,必须加强研发工作。高效薄膜太阳能电池与体材料电池相比,具有高效率、低成本、高功率重量比等优点,是未来光伏发电技术发展的重要方面,具有非常广阔的市场前景。在民用方面,可广泛应用于电子产品、汽车、建筑领域以及光伏并网发电系统。在空间应用方面,薄膜太阳电池具有更明显的优势。在光伏应用中,薄膜太阳电池有许多特殊的优点,薄膜电池可在任何形状的衬底上制作,可直接做成屋瓦式太阳电池。这种太阳能屋顶,可极大地节省安装空间,减少系统成本。这种高效率薄膜太阳能电池可用玻璃、柔性材料(如不锈钢片、聚酰亚胺)等作为衬底。特别是在制备高效率柔性薄膜太阳能电池方面具有优势。薄膜电池在建筑集成市场中具有很大的竞争力。可以做成透射一部分可见光的硅基薄膜太阳电池,这样的电池可做为汽车的太阳顶及房屋的窗玻璃。可在很薄的不锈钢($50\mu\text{m}$)和塑料衬底上制备超轻量级的薄膜太阳电池。当前国际上普遍关注的薄膜太阳能电池主要有非硅薄膜太阳能电池、铜铟硒化物(CIS/CIGS)、碲化镉(CdTe)等薄膜太阳能电池。

在这方面的研究中,需要解决高效率薄膜太阳能电池的关键技术;制备高效率单结、双结、多结薄膜太阳能电池;发展薄膜太阳能电池结构中的光电调控理论和实验;探索柔性的 CIGS 单结、CIGS 多结、 CdTe 单结、渐变带隙 $\text{Cd}_{\text{x}}\text{Zn}_{1-\text{x}}\text{Te}$ 单结以及

CdxZn1-xTe/CIGS 多结叠层薄膜太阳能电池的大面积制备工艺,形成产业化。同时发展太阳能薄膜电池设备技术。由于地球上 In 和 Ga 元素的限制,人们还在研发 CuZnSnS 电池,目前已有很好的进展。

3.4 发展新型太阳能电池技术

当前新型太阳能电池的研究非常活跃,如染料敏化太阳能电池、高效全光谱 InGaN 等 III-V 族半导体太阳能电池、有机太阳能电池、量子点太阳能电池、太阳能聚光光学系统以及低成本铜铟镓硒薄膜太阳能电池技术。

染料敏化太阳能电池为新型太阳能电池之一,是结合孔状纳米晶氧化钛半导体电极与钌金属化合物及电解质而成的一种新型的湿式太阳能电池,1991 年和 1993 年,瑞士的 Michael Grätzel 教授先后在 *Nature* 和 *Journal of the American Chemical Society* 上发表论文,报道了一种全新的太阳电池——染料敏化纳米晶薄膜太阳电池。它制作方法简单,成本低,实验室的光电转换效率超过了 10%。由于染料敏化太阳能电池采用液态电解质,会出现溶剂的泄漏、挥发等影响电池稳定性的问题。针对上述问题,人们提出了用准固态或固态电解质制备染料敏化太阳能电池的新思路。同时量子点敏化的量子线阵列可以形成一种特别有潜力的太阳能电池结构。通过调节尺寸,量子点具有和太阳光谱形成更好的匹配的能力。纳米线可以通过避免氧化物网络中的颗粒-颗粒之间的电子跳跃以帮助改进电子的输运特性。有机/聚合物本体异质结太阳能电池,因其制备简单、成本低廉、重量轻、可制成柔性器件等突出优点,近年来受到广泛重视。但是有机太阳能电池存在吸收材料的吸收光谱与太阳光光谱不匹配、载流子迁移率比较低等问题,稳定性有待进一步研究和提高。全光谱太阳能电池是新型光伏技术的一个重要研

究方向。对于太阳能聚光光学系统设计,通过研究基于全息技术的低倍广角聚光系统设计、基于 DOE 技术的高效二色镜光学元件设计、光学收集系统、光谱分解系统和多结电池的集成技术,实现高效率的太阳能聚光光学系统。

3.5 发展先进光伏发电集成系统

中科院要努力发展先进光伏发电集成系统;研究 MW 级并网光伏发电系统,在 MW 级并网光伏发电系统关键技术和关键设备上取得重大进展。力求在先进独立光伏发电系统和 MW 级并网光伏发电系统的关键技术与关键设备研发上有所突破,以解决西部地区农村的缺电问题,促进城市太阳能光伏应用,加快我国并网光伏发电的大规模应用步伐。掌握 BIPV 相关平衡部件的关键技术,掌握光伏微网相关关键技术,研制容量为 100kW 以下的并网逆变器,通过结合国家可再生能源示范建设分散或集中的 BIPV 并网发电系统,促进 BIPV 的应用。解决并网逆变器的波形控制技术、MPPT 技术及反孤岛保护技术、光伏微网逆变器控制技术、微网光伏发电系统能量管理技术等关键技术问题,为我国光伏并网发电大规模应用做出贡献。

4 结语

光电信息传感和光电能量转换是建设智慧地球和绿色地球的重要关键技术基础。传感器件是物联网的重要基础元件。光电传感器件要解决的关键科学问题是:研究光电传感材料的生长以及组分和杂质缺陷的分布、行为和控制;研究光电传感材料的光电激发动力学;研究双色、多色焦平面的分波段光电跃迁和器件设计;创新大规模焦平面工艺技术,解决关键科学技术问题;研究焦平面器件性能的稳定性和失效机理;研究提高器件工作温度的机制和途径。同时要加强各类新型传感器探索研究。



中国科学院

太阳能光伏电池产业的发展和技术需求为中科院发展能源科学、光电科学与材料科学提供了机遇。中科院的研究工作定位于关键技术科学基础研究,进行有基础研究特色的高技术创新研究,面向产业需求、面向太阳能电池新技术、面向先进光电技术基础,要努力形成知识产权,能够把技术成果转让给企业或者形成新的产业,能够为产业发展做技术服务,为太阳能技术发展提供源源不断的科学技术基础。同时能够产生国内外领先的实验室记录,在太阳能利用前沿基础研究方面有重要创新。

主要参考文献

- 1 Scott M Johnson, William A Radford et al. Status of HgCdTe/Si technology for large format infrared focal plane arrays. *Proceedings of SPIE*, 2005, 5 732: 250-258.
- 2 Tom Chuh. FPA technology advancements at Rockwell Scientific. *Proceedings of SPIE*, 2005, 5 783: 907-922.
- 3 Stafeev V I, Boltar' K O, Burlakov I Det al. Mid- and far-IR focal plane arrays based on Hg_{1-x}Cd_xTe photodiodes. *Semiconductors*, 2005, 39: 1 063-7 826.

Judging the Development Opportunity for Photoelectric Technology from Wisdom Earth and Green Earth

Chu Junhao

(Shanghai Institute of Technological Physics, CAS 200083 Shanghai)

Abstract Both photoelectricity information sensing and photoelectricity energy conversion are important key technologies for constructing wisdom earth and green earth. According to the development trends of current photoelectricity information sensors and photoelectricity energy conversion devices, we ought to make great efforts to develop large-scale focal plane array; to increase working temperature of infrared sensing devices, and develop room temperature working devices; to extend photoelectric sensors response band, and develop multiband devices; and to develop a great variety of sensing technologies, such as light, heat, electricity, magnetism, molecule, quality, stress and single photon sensors. This paper also presents some views on how to develop solar power photovoltaic cells.

Keywords internet of things, sensor, wisdom earth, green earth, solar power photovoltaic cells

褚君浩 中国科学院院士,中科院上海技术物理所研究员,半导体物理和器件专家。1945年出生于江苏宜兴。1984年获中科院上海技术物理所博士学位。1986—1988年德国慕尼黑黑理工大学物理系洪堡研究成员。1993—2003年担任红外物理国家重点实验室主任。长期从事红外光电子物理和光电跃迁效应研究,在窄禁带半导体物理和铁电薄膜材料器件物理等研究方面,获得有国际影响的系统研究成果,近年来从事太阳能光伏研究和极化材料器件的研究。发表SCI论文400余篇,在科学出版社和Springer出版社出版中英文专著3部;曾获国家自然科学基金3项及中科院和上海市自然科学奖、科技进步奖10项。E-mail: jhchu@mail.sitp.ac.cn