

# 廿五年来长春光机所光电器件研究概况

余 永 正

我所对于光电器件的研究始于1957年左右。当时，开设了红外变象管及串联象增强器等研究课题。在国内首先完成了一些重要光电成象器件的实际研制，取得了较好结果。

廿五年来长春光机所对光电器件的研究基本上集中在三个方面。一是有关微光夜视的领域；二是对一些电视摄象器件的研究；三是与所内大型整套仪器配套使用的光电元件的研制。

## 一、微光夜视方面的研究工作

1957年开始进行光电器件研究工作的主要目标是实现夜间的主动（红外光源照射）和被动（利用微弱的自然界星光）观察。实现夜间主动观察的途径之一是利用近红外变象管。因此，在开始进行工作时，选择了近红外变象管这一课题。近红外变象管的主要单元是对近红外辐射敏感的银氧铯光电阴极、电子光学成象结构和荧光屏三部分。在研究解决银氧铯光电阴极制备工艺及荧光屏制备工艺后，模拟已有的电子光学成象结构，于1958—1959年成功地制备了一批红外变象管，得到了一定的实际应用，并将此项成果移交推广至昆明 298 厂。

由于近红外变象管需有红外光源照射，容易暴露本方目标，因此，从实用角度希望采用被动的夜间观察方式。根据实用要求，从1960年开始进行了三级串联象增强器的研究工作。开始时，依靠所内玻璃细工娴熟的工艺技巧，三级串联象增强器采用在同一真空管壳内同时制备三个对可见光敏感的铯铯光电阴极的方案。由于工艺过于复杂，很难在同一真空环境下使三个光电阴极在制备时同时达到最佳状态，因此仅仅获得了部分的成功，做出了有一定水平但未达最佳性能的三级串联象增强器。后来，采用了在一个真空管泡内预先制备好三个铯铯光电阴极片，再在真空状态下打破并“拉”进三级串联象增强器中的相应位置并固定的方法，获得了较好的结果。1962年后，由于在摸索灵敏度更高的多碱金属光电阴极制备工艺上获得了进一步的进展，三级串联象增强器的第一级采用了多碱金属光电阴极，使整管灵敏度、光电阴极热发射所致的暗背景等方面的性能都得到了进一步改善。同时，对管内高压放电、后“拉”进的阴极稳定性及第三级光电阴极疲劳等问题进行了深入的实验研究与分析，都得到了圆满的解决。

在研制实现被动式夜视仪的核心——三级象增强器的同时，对于低照度下成象的信噪比、象增强器各参量对观察的限制、可能达到的低照度观察效果等有关夜视的基本问题进行了理论分析与实验测定。同时，对多碱金属光电阴极的光学性能、氧化对光电发射的影响等有关光电发射的机理问题进行了实验研究，并提出了用干涉效应减少半透明光电阴极反射增加吸收，提高光电阴极灵敏度的方法。对三级串联象增强器的分辨率、亮度增益、暗背景等主要参量建立了实验装置，进行了实际测定。建立了实验性的电子光学光具座，可以在动态真空系统中测试变象管电子光学结构的成象性能。

在上述工艺及实验研究基础上，串联三级象增强器取得了重大进展。1964年提供的三级串联象增强器的性能水平为：亮度增益 $\sim 1 \times 10^5 - 3 \times 10^5$ 倍；中心分辨率 $\sim 12-15$ 线对/毫米；光谱响应范围：4,000—8,500埃；第一级光电阴极积分灵敏度 $\sim 120-180$ 微安/流明。

除了直接观察的象增强器外，高灵敏度电视摄像器件也是实现夜视的可行途径之一。59年初，为实现高灵敏度微光电视，开设了超正析摄像管这一研究课题。之后，为提高超正析摄像管的分辨率和灵敏度，研制了薄膜氧化镁靶以代替通常使用的玻璃膜靶，使靶的平均二次电子发射系数提高至5—7；同时在超正析摄像管前再串联一级象增强器，在63年达到在半月光下可以观测到约300电视行的分辨率。自然，这样的灵敏度与嗣后发展的二次电子电导摄像管及硅增强摄像管相比还是比较低的。

提高象增强器灵敏度的另一种方法是增加参与成象的电子数。为此开展了透射型二次电子倍增膜的研制工作。对以三氧化二铝膜为衬底和铝膜为导电电极的氯化钾膜，得到在初电子能量为4—5Kev时二次发射系数为5—7，与国外报导的结果相近。研制透射型二次电子倍增膜的象增强器的整管工作只是由于“文化大革命”而被迫中断。

象增强器的另一种重要应用是超高速摄影。1968年根据核试验提出的要求，长春光机所研制了后来发展成为超高速摄影机专用的条纹管的初型，与西安光机所一起提供了观察所需的器件。

## 二、电视摄像器件方面的研究工作

1970年中，由于全国彩色电视会战的需要，相当一部分研究力量开始转向搞电视摄像器件。开始是开设了作彩色电视摄像用的氧化铅光导摄像管，之后又陆续开展了其它一些摄像器件的研制工作。

氧化铅摄像管经过多年努力已达到可供工业彩色电视摄像机实用的水平。灵敏度可达400微安/流明以上，三场后的衰减惰性在3%以下，中心分辨率达500电视线以上，使用寿命500小时以上，暗电流小于3毫微安。光谱响应区域自4000—6300埃（红光增强的氧化铅摄像管近长至6700埃）。整管已经达到彩色工业电视和医用 $\alpha$ 线电视的要求，为使用国产管子开辟了途径。

除氧化铅光导管外，还研制了红外敏感的氧化铅——硫化铅光导摄像管。经实际测定，响应波长可达1.8—2.0微米，可以观测到正在冷却的电烙铁的清晰的近红外辐射图象。

1971年根据光电工程中电视跟踪系统的要求，开设了二次电子电导摄像管的研究课题。二次电子电导摄像管是具有快速响应，室温下能长时间积累和贮存图象及灵敏度较高等特点的电视摄像器件。经过三、四年努力，做出了接近国外水平的一批二次电子电导摄像管。之后应用于 $\alpha$ 线医疗电视机，天文学中的积累型电视传感器及某些特低照度下的积累视察中均得到了良好结果。特别是应用于对静止物体的观察上有较好效果。经实验证实，在光电接收面照度为 $10^{-9}$ 勒克斯的极低照度下，经过积累45分钟，可观察到清晰图象，为国内在极低照度下摄像提供了关键器件，开拓了可能性。二次电子电导摄像管已经达到的水平为：灵敏度 $\geq 10.000$ 微安/流明；暗电流 $< 1$ 毫微安；中心极限分辨率 $\sim 450$ 电视行；室温下积累，贮存时间 $> 60$ 分；光谱响应区域4000—8.500埃。

1958年以来，我所逐步筹建了一些半导体工艺研究的基础。除进行一些半导体光电元件的研制工作以外，1972年利用这些条件开设了硅靶摄像管的课题及之后进行了硅鞋增强摄像

管的研制。硅靶摄像管具有宽频谱响应,灵敏度较高,抗强光烧伤等特点,硅靶增强摄像管具有高灵敏度,抗强光烧伤等特点。自1972年以来先后对这二种电视摄像器件进行了工艺及实验研究,得到了圆满的解决,并研制了一批硅靶及硅靶增强摄像管。硅靶摄像管达到的指标为:灵敏度 $\geq 4,500$ 微安/流明;中心极限分辨率450—500电视行,三场后衰减惰性 $< 20\%$ ;暗电流 $< 20$ 毫微安,频谱响应范围4000—11,000埃;硅靶增强摄像管的水平为:灵敏度 $\geq 20 \times 10^4$ 微安/流明,中心极限分辨率400—450电视行;三场后衰减惰性 $< 20\%$ ;暗电流 $< 20$ 毫微安,光谱响应区域4000—8500埃。研制的硅靶摄像管,已正式应用于红外眼底电视摄像机中,得到良好效果。利用硅增强摄像管的高灵敏度,将之用于 $x$ 线医用电视摄像机中,在提高诊断效率,防止医生受辐射伤害,减小 $x$ 线剂量,便于会诊及教学等方面都得到了良好效果。

为了充分利用二次电子导电摄像管的优良的积累图象信息的能力,1979年又开展了硅(二氧化硅)靶贮存管的研制。这是一种扫描变换型的贮存管,可将输入的图象电信号连续地在监视器上显示。达到的性能为图象分辨率:500—600电视行,灰度等级5—7级,图象连续读出时间 $\geq 3$ 分钟;图象贮存时间 $> 24$ 小时,图象擦除时间 $< 400$ 毫秒。已用于电子计算机图象处理设备的输入装置中,作为图象缓冲寄存器。并将应用于某些需要扫描变换的场合,如将慢扫描的电视图象目视显示上。

### 三、光电元件方面的研究工作

廿多年来,在研制的各类大中型光学仪器设备中,应用了各种类型的光电接收元件,为此而开设了若干相应的课题。

1958年为满足红外光谱仪接收元件的要求开展了半导体热电偶辐射接收器的研究,并得到了良好结果。1961年该项成果推广移植至科学仪器厂。

根据某些任务的要求,开展了目标辐射测量的方法及设备的研究课题,先后完成了光冲量计、望远光谱辐射热计和绝对辐射计等工作,成功地满足了任务的需要。

根据所内大型光学跟踪仪器的要求,于1970年初开始试制半导体硅光电二极管及硅光电三极管。经过几个月的努力,于1970年4月提供给整机使用。之后,为了解决硅光电二极管受潮及沾污后使用性能不稳定的缺点,研制了硅光电二极管组合件,并大量提供使用,75年并推广至北京崇文光电器件厂进行批量生产。硅光电二极管的主要性能为对2800°K色温的光源响应灵敏度 $> 0.1$ 微安/微瓦;室温下暗电流 $\leq 0.05$ 微安。组合件除暗电流相应增大外,其余性能相同。

在我所研制光电工程的自动调光线路中应用了所内研制的CdS—CdSe烧结型光敏电阻。在照度自0.02勒克斯变化至20.8勒克斯时,相应的光敏电阻变化达400倍,在0.02勒克斯时,阻值 $\leq 10$ 兆欧,时间常数在150勒克斯下 $\leq 10$ 毫秒,响应区域自4000—7000埃。在性能上完全符合使用要求。

此外,还研制了各种闪光灯,高频氙灯等电光元件,满足了在各种编码器上使用的要求。

为配合天文卫星上的 $x$ 线成象望远镜在软 $x$ 波段(10—60埃)的测量要求,还开展了软 $x$ 线波段的正比计数器的研制工作。在国内第一次完成能探测67埃的软 $x$ 线辐射的正比计数器,达到了预期的结果。

#### 四、在一些关键单元技术上进行的研究工作

与上述光电器件的研制工作相配合，对其中一些关键单元技术进行了分析与实验研究。获得了一些结果，也推动了光电器件研制工作的发展。

对多碱金属光电阴极，研究了光电发射与光电阴极厚度的关系，由实验确定，半透明光电阴极的最佳厚度在可见光中接近为350—400埃，并从理论上分析了光电发射与阴极层厚度的关系；测定了多碱金属光电阴极的光学常数，并配以光电发射的测量第一次得到了光电子平均逸出深度的数据。与后来国外发表的数据吻合。实验研究了氧化对多碱金属光电阴极光电发射的影响，并解释了氧化不能改变多碱金属光电阴极长波阀的原因。测量了光电阴极的热电动势，由测定结果判断阴极呈P型电导。同时最先提出了实现半透明干涉光电阴极的具体途径并进行了详细的计算分析。

在荧光屏方面曾进行了用漂浮铝膜复盖荧光层的实验，使平均亮度提高了~20%。

制备了二种透射次级发射倍增膜。一种是~700埃的 $Al_2O_3$ 衬底上蒸发~200埃的铝导电膜，再蒸以~500埃的KCl密实层，测量次级发射系数达5—7；另一种是栅网支撑的CsI膜，其次级发射系数高达15—17，与国外报导的先进水平一致。

分析并实验研究了氧化铅靶的均匀性及烧伤，得到了较好解决。

实验研究了MgO，CsI低密度二次电子电导靶的制备及性能，用优选法确定了二次电子电导靶的蒸涂条件，与国外后来发表的专利的结果相一致。无抑制栅网情况下，二次电子电导摄像管运用稳定性的实验研究及其解决方法，获得了有一定独创性的结果。后来日本采用的方法与我所的研究结果相同。

用自编的程序在E503计算机上计算了二次电子电导摄像管移象段的电子光学特性，为实际设计移象段电子光学结构提供了合理可靠的数据。

在硅靶研制过程中研究了无机械损伤的完善衬底制备技术及在整个制备过程中减少二次缺欠的技术。

上面是我所25年来对光电器件研究的概况。随着研究工作的发展，在光电器件的研究上也需要适应这种发展所提出的要求。例如，对软 $x$ 波段及真空紫外波段的光电器件（成象或非成象的探测器）的研究；某些具有特殊性能的光电器件的研究；根据现有分析提出的一些新型光电器件的研究等工作将陆续成为我们的研究方向。