

(63) 出国参观考察报告之49

国际計量会議光子探测器 專業會議報告記要

(内部資料・注意保存)

中华人民共和国科学技术委员会情报局編印

一九六三年十一月

30451

說 明

中国計量学会曾派余謙、張恩虬、李恩銘、張鉄鏗四位同志于今年五月份赴匈牙利参加了国际計量會議光子探测器专业报告会。此外，該組同志还利用在匈逗留期間參觀了技术物理研究所、E. M. G. 电子仪器厂、EKM电气仪表工厂和两个光学試驗室。

余謙等四位同志回国后，將會議报告要点和討論情况以及參觀所見整理成单项資料，我們將其編为“光子探测器专业报告会論文記要”，内容包括會議报告要点和參觀概況两个部份，現印发有关部門参考

由于此次會議論文未能得到，故在本报告中將不另附會議資料目录。

本报告系供内部参考，文中涉及材料不宜公开引用。



1211/5824/41

目 录

一 光子探测器专业报告会论文摘要部份

1. 热辐射探测器的近代状况.....	(1)
2. 新光电阴极.....	(2)
3. 硫化镉晶体对测量X射线的应用.....	(3)
4. 银激活的硫化镉晶体.....	(4)
5. 新发展的光电倍增管的测量和规格的统一.....	(4)
6. 光电倍增管阴极局部灵敏度的分佈.....	(6)
7. 在不同光源的照射下和不同负载电阻的条件下, 硒光电元件的疲 劳特性与温度的关系.....	(6)
8. 研究新光电阴极的一些想法.....	(6)
9. 联合灯泡厂 (Tungsram)	(8)
10. 光电拾象管.....	(8)
11. 超高频管.....	(9)

二 匈牙利研究生产单位参观报告

1. 中央物理研究所物理光学实验室.....	(9)
2. 匈牙利技术物理研究所概况.....	(13)
3. 匈牙利 E. M. G. 电子仪器厂.....	(15)
4. 匈牙利 EKM 电气仪表工厂.....	(16)
5. 匈牙利计量局光学试验室.....	(16)

光子探测器专业会议报告纪要

一 会议论文摘要部分

1. 热辐射探测器的近代状况

报告人: H. Kortum教授 (民主德国科学院计量技术和自动化研究所所长)

热探测器与光量子探测器比较具有谱线宽无选择性的特点现所知的共有三种类型:

1. 热敏元件;
2. 辐射能计 (Bolometer);
3. 哥利室 (golay Cell)。

谈到元件的性能, 国际间使用的符号和测量条件都不一致需要设法统一起来。元件的优劣不单只决定于它的灵敏度, 还要考虑到响应的时间常数, 因为在工业测量中响应时间常数是一个限制的因素。要把每单位受辐射面积的热容量导至最小。长期以来, 比较热探测器的优劣是沿用Jones的公式:

$$M = \frac{0.47 S_0 \sqrt{F}}{\sqrt{R} \cdot \sqrt{T}}$$

式中是热探测器的优劣 S_0 为它的灵敏度 F 为受辐射面积, R 为该器的电阻, T 为该器的影响时间。

在具体测量时很难避免热辐射的散射问题, 因此结果就不是很准确的, 同时探测器本身的热容量, 应该注意才能使比较两个探测器的测量方法得到正确的结果。对于热敏元件导出之公式如下:

$$M_{\text{热敏元件}} = \frac{0.47 \cdot A_1 A_2}{2\sqrt{C}} \sqrt{\frac{Z}{K_w}}$$

A_1 ——进入窗口的损失,

A ——探测元件本身的吸收系数,

$C = \sqrt{1 + \frac{R_k}{R}}$ 约等于0.8,

R_k ——接触电阻 (产生附加热效应),

$$R = \frac{R_s R_e}{R_s + R_e},$$

R_s ——辐射电阻 (散射热的当量),

R_e ——空气传导电阻 (散射热的当量),

K_w ——探测元件的热容量,

$$Z = \frac{P^2}{K},$$

P ——照射功率,

K ——常数,

这公式包括探测元件本身和装置结构的数据在内。

对于 B_i 和 S_5 两种材料 $M=0.4\pm 20\%$, 时间常数为 $20\sim 50$ 毫秒, Z 在 $0.8\sim 1.0\times 10^{-3}$ 之間。

在耶拿制造的新合金, Z 值可达 $3.0\sim 3.5\times 10^{-3}$ (数据在Jena Rundschau发表)。

有两种热敏元件: (1) 蒸发式的热敏元件; (2) 热电堆。

热电堆怕机械振动容易损坏, 表面的灵敏度不均匀, M 值可达0.3。

蒸发式元件则机械性能很好, 整个表面的灵敏度均匀, M 值在 $0.4\sim 0.5$ 。

热敏元件只有 Johnson 噪声, 而没有微音效应, 说明接触是良好的。

热敏元件的制造直到现在仍然是依靠经验的。

关于辐射能计有如下之公式

$$M_{Bo} = \frac{0.47 A_1 A_2 T_k \sqrt{T_d}}{\sqrt{K_w}}$$

式中 T_k 为温度系数,

T_d 为温度差

在实际工作中温升约为 30°C 左右。

对于金属的辐射能计, $T_k=0.5\sim 0.6\times 10^{-3}$, M 值的最高估计为1.0。对于蒸发式半导体的辐射能计, $T_k=0.3\times 10^{-3}$, $M=0.5$, 对于非蒸发式的热敏电阻, 文献中的数据还很不完全, T_k 是负的, 但不稳定, M 值可达1.6然而电流噪声没有给出, 可能很大。由于噪声的限制, M 值不能太大, 估计约等于0.8。

材料的吸收能量要强, 其电阻为 $R=1880\Omega$ (另一记录为 18.8Ω) 热敏电阻的热容量不能做到很小。用人工冷却可以增大 M , 据美国的数据报导, 如果冷至 20°K , M 可增大6至7倍。

辐射能计可以用交流电工作, 可以称为调制器。

发展辐射能计比发展热敏元件较为容易。

哥利室为Golay Cell是一种压缩的系统, 在一般效能上它比以上所说的热敏元件的效率, M 值可能达到4.5, 但实际上还不能重复到文献的水平, M 值约为0.7, 与好的热敏元件差不多。

美国地哥利室当作标准元件, 但它只能用在调制照射源。

用热膨胀的方法使一片极薄的膜改变位置而增加它和相近的薄膜之间的电容, 也可以做成热敏元件, 但机械上不易做到很好。

利用在居里点附近改变其介电常数和铁磁常数, 也可以作为热敏元件, 但噪声问题报导不详。

Patterson Cell 是一种变体。一种超导型的热敏元件也在研究, 它的优点是沒有噪声。讨论: 关于零点测量和比较性问题。

2. 新 光 电 阴 极

报告人: Kanev和Nanev (保加利亚科学院电子学研究所)

主要是在铯铷阴极中加上Rb, 其结构式为 $Sb\cdot(CsRb)_3$, 沒有给出Cs和Sb二者之間的比例, 这种阴极的光电灵敏度并不高, 不透明, 也不超过每流明 $100\mu\text{A}$

曾测过拒斥场曲线，确定了量子产额与吸收对波长的关系（图1）。

作者們認為是受主吸收，因而与温度的变化有关，给出了能带图，如图2。

一般的 SbCs_3 阴极在 $50^\circ \sim 100^\circ \text{C}$ 范围内当温度上升时光电流有明显的下降，而加 Rb 的阴极则在温度上升时发射稳定或有所上升。

黑暗电流在 $10^{-14} \sim 10^{-15}$ 安培之間。

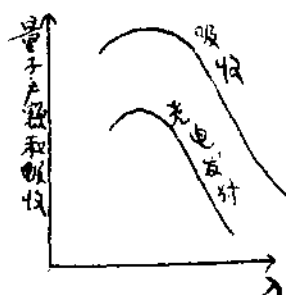


图 1

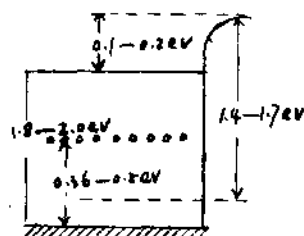


图 2

討論：

問：关于 SbCs_3 光电倍增管在 60°C 时光电流有所下降表示怀疑。

答：曾用电子衍射仪在不同温度下观察阴极的表面状况，发现在 60°C 时看出有变化。

3. 硫化鋇晶体对測量X射綫的应用

报告人：H. Mikosza (波兰Szczecin高工工业冶金教研室主任)

硫化鋇晶体的制备是用经过改进的一般方法。

1. 在爐中一边放S一边放Cd，加溫使在中部結晶，用Ar气作为保护气体



图 3

2. 直接由CdS的粉末在 N_2 的保护气体中昇华而得到結晶，結晶的大小約为 4 mm。

用0.5伦琴/分鐘的X射綫强度照射可得到6000倍的电阻改变（另一记录为3000倍，但未說明照射强度）。

但未說明照射强度）。

电流对X射綫剂量的关系如图2。CdS的电阻R之对数与X射綫的功率p的对数呈綫性关系示于图3。

測量方法是用普通光和X射綫同时照射。有X射綫时的光电流与沒有X射綫时之光电流之差，与普通光照射的颜色有关。用白光照射，灵敏度高，可提高30倍，用綠色濾光片灵敏

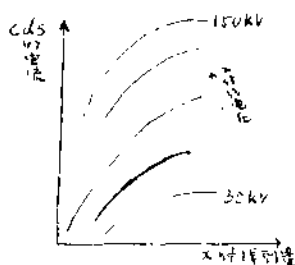


图 4

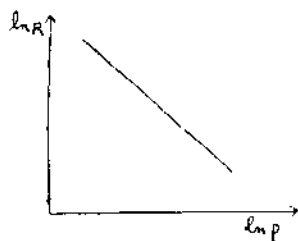


图 5

度可增至最大。

用直流电测量的装置如图 6。

用交流电也可以测量，只是用真空管电压表代替检流计如图 7 所示。

结果都是线性的。

其电阻率的变化如下

4×10^{10} (无 X 射线照射) —— 1.3×10^6 (5 伦琴/分钟)

Simon 1949 年用纯 CdS 加 Ag 也得到好的结果。

接触剂用 In 或 Al，是真空蒸发上去，事前先经一次放电以清洁电极。

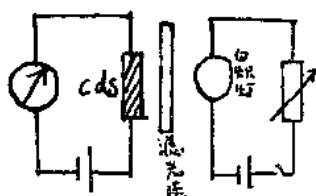


图 6

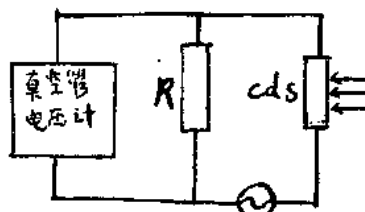


图 7

讨论:

问: 当激活时灵敏度如何变化?

答: 激活时灵敏度向蓝光推移。

Görlich 教授: 在开始激活时灵敏度是低的, 但当附加照射之后, 则灵敏度有所增高, 正如纯净的 CdS 元件一样。

(对接触电阻是否是欧姆式的也有所讨论)

4. 银激活的硫化镉晶体

报告人: S Kanev (保加利亚科学院物理研究所实验室主任)

这种晶体的负载性很强, 灵敏度也高, 在几个勒克斯 (lux) 的照射下, 可以得到 100mA 的光电流。机械性能也好, 能工作 2000 小时特性仍稳定。

缺点是: 1. 响应慢 (10^{-3} — 10^{-2} 秒), 有疲劳现象。响应时间与光电流的关系如图 8 所示。晶体的整个装置如图 9 所示, 在表面上存在着很细的微晶粒

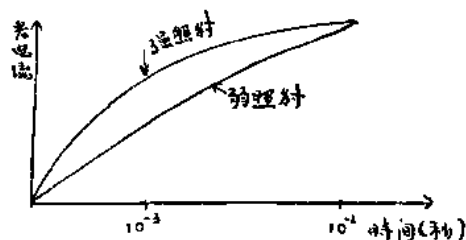


图 8



图 9

5. 新发展的光电倍增管的测量和规格的统一

报告人: J. H. Pohl (民主德国蔡司厂助理研究员)

A. Kroks 博士 (民主德国蔡司厂实验室主任)

各种光敏元件特性的一般比较

1. 光阴极的选择: 对各种光敏元件, 包括 Ge CdS 等的光谱特性进行了比较, 外光

电阴极具有較寬的頻率范围。

2. 時間的响应: 快速的光电倍增管是各种光敏元件中最快的。

3. 光强和电流的綫性关系: 一般光敏元件 (包括光电倍增管) 都能达到。

4. 溫度对蓝光灵敏度的影响: 以PbS (紅內) 对溫度的影响最为敏感, 其它元件还好。

5. 溫度对黑暗电流的影响: 溫度对黑暗电流的影响以光电倍增管为最大; 其他的光敏元件还好。

6. 各种噪声曲綫的比較: 以光电倍增管为最好。

光电倍增管的应用:

1. 閃爍計数器。

2. 电视。

3. 短時間的測量。

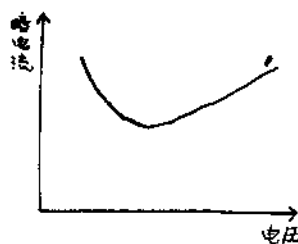
光电倍增管的实验噪声和从理論計算的噪声很相近 $\frac{\text{实验噪声}}{\text{理論噪声}} = 1.1-1.3$, 依赖于光的照射, 是勒克斯 (lux) 的函数。

光电倍增管的暗电流以銀氧鋇阴极最大, 鉍銀氧鋇次之, 鉍鋇为最小, 其数据如下:

SbCs_3 : $3 \times 10^{-7} - 10^{-10} \text{A/cm}^2$ 。

BiOAg-Cs : $5 \times 10^{-15} - 2 \times 10^{-14} \text{A/cm}^2$ 。

AgO-Ag-Cs : $2 \times 10^{-13} - 10^{-12} \text{A/cm}^2$ 。



当暗电流的数值大时它与第一打拿极的电压无关, 但当降至很低的数值时, 它就和所加的电压有关, 并且出現一最低值。图1所示的是鉍鋇阴极的曲綫。

一种新的小型光度测量的倍增管, M3FS13只有三級, 阴极直径 19mm, 工作电压 $\leq 360 \text{V}$ 。

总灵敏度 $\geq 1000 \mu\text{A/лн}$ 。

可测量的照度 $10^{-7} \text{лн} \sim 0.25 \text{лн}$, 此管也可用作比較法測量。

光电灵敏度对工作時間的稳定性与負載电流的关系如下:

負載电流 μA	工作一小时	工作五小时
0.1	2 %	4 %
1	4 %	8 %
10	1 %	3 %

此外还发展了一些鉍銀鋇阴极和石英窗的管子这些管子都有很强耐机械振动的特性。

关于光电倍增管的規格統一問題

蔡司工厂的型号意义如下:

第一个字母表示管类, 如M是小型, S是特殊型, K是快速管等; 第二三个数目字表示极数; F之后, 二、三个字母表示阴极, 如FB表示BiO-Ag-Cs阴极, FQS表示有石英窗的阴极的等; 最后数目字表示阴极的直径, 以毫米为单位。

在統一規格时首先要統一概念, 其次是統一測量的条件, 第三是統一測量方法, 最后是

統一管座。

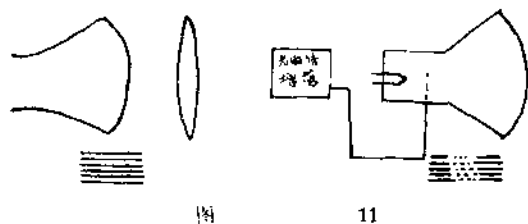
6. 光电倍增管阴极局部灵敏度的分佈

报告人: J. Schanda (匈牙利科学院技术物理研究所助理研究员)

为了研究荧光粉的发光特性, 需要首先校准光电倍增管整个阴极面的灵敏度的均匀性。

测量方法是先用一个电子束管产生扫描, 用一聚光透镜將扫描图象聚于光电倍增管的阴极面上, 將光电倍增管的输出电流引至另一电子束管的控制栅, 以調制第二个电子束管的亮度, 如此則在第二个电子束管的屏幕上可以看出阴极表面各点的灵敏度 (假定第一个电子束管的亮度输出基本上是均匀的)。

綫路結構如下圖:



实验結果发现, 阴极表面的灵敏度很不均匀, 一边的亮度比另一边强得多, 并且不同的管有不同的表現。

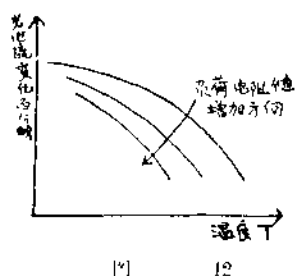
在同一阴极上灵敏度高的位置与第一打拿极的电压有很大关系。当第一打拿极的电压低时, 灵敏度高的位置在中心, 当提高打拿极电压之后, 灵敏度高的位置变成环形,

中心反而不亮。

7. 在不同光源的照射下和不同負載电阻的条件下, 硒光电元件的疲劳特性与温度的关系

报告人: Gy Lukacs博士 (匈牙利联合灯泡与电气企业的研究工程师)

与真空光电管相比較, 硒光电元件有更接近肉眼灵敏度的光譜特性, 应用也比較方便。但发现, 在室溫至 60°C 温度范围内, 照射时温度改变, 則光电流下降。用白熾灯和水銀灯照射不同厂家和不同型号的硒光电池, 发现一般特性如下圖。



水銀灯的照射光在 $325\sim 550\text{m}\mu$ 范围内, 峯值在 $425\text{m}\mu$ 照射时, 元件的溫升較小,

未照前 $22.3^{\circ}\text{C}\sim 25.8^{\circ}\text{C}$,

照射后 $23.6^{\circ}\text{C}\sim 27.6^{\circ}\text{C}$ 。

白熾灯照射則元件本身的溫升較大,

未照前 $19.2^{\circ}\text{C}\sim 25.8^{\circ}\text{C}$,

照射后 $28^{\circ}\text{C}\sim 32.4^{\circ}\text{C}$ 。

光电流的下降主要是由元件本身的热效应引起的, 当外路电阻的数值增加时, 光电流随温度的下降也較快。

8. 研究新光电阴极的一些想法

报告人: E. Kinsky (南斯拉夫电子学研究所)

研究光电阴极应该从本身的结构出发加以考虑。

1. 光电阴极是微晶粒而不是完整的半导体。
2. 阴极的结构是不均匀的, 表面面积大因此表面的作用就很重要。

3. 由于工艺的影响和环境的影响不同, 阴极所得出的数据难以比较 (应该解决重复性问题)。

4. 应该从化学动力学的观点出发来研究, 光电阴极实际上是金属的氧化问题。

首先看两个不同相的结合, 如果蒸气压强够高, 则Cs可在金属Sb中扩散, 扩散是以离子形式出现的, Cs在Sb中扩散的激活能为

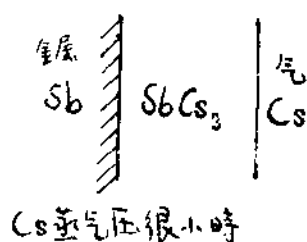


图 13

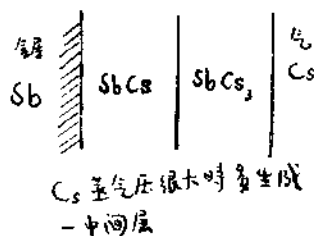
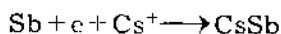
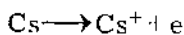


图 14

$$H = 13.3 \text{ Kcal/mole} - 0.6 \text{ eV/ion}$$

Cs和Sb的化合过程, 估计是下列的式子



现在从周期表上看各元素可能的配合

1	2	3	4	5	6	7
			C			
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
			Ge			
Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I
			Pb			

按不同的配合形式可分为金属键, 离子键和共价键。但光电阴极不是一种非常完整的晶体, 可能居于三者之间。

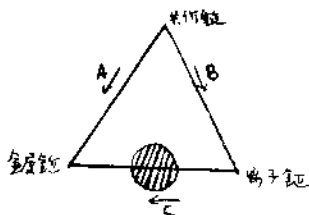


图 15

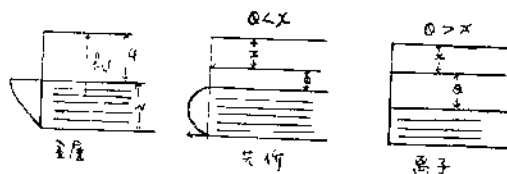
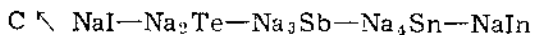
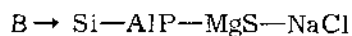
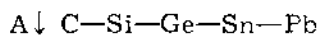


图 16

各种键之间的相互转化的趋向如图中箭头A, B, C所示。



而各种结合键的能带图如图16。

从上面的表和图, 考虑到光吸收和电子逸出互相配合, 可以得到好的光电阴极。

正如氧化物热阴极一样, 多元素的可以有好的发射性能, 不多元素配合的光电阴极也有

好的性能。

9. 联合灯泡厂 (Tungsram)

技术发展处处长

光电管, 充气稳压管车间。

生产工业用光电管都是不透明的, 有Ag-O-Cs, SbCs₃, 充气和不通气的。

银不是用AgNO₃ + 糖将银还原出来而得, 多余的银 (Ag) 可以用铬酸 chromic acid 洗掉。

Cs是将CsCl + Ca放在Ni筒中用高频加热而产生, 主要考虑的是产生时温度低一些, 产生出来的Cs颜色暗黑, 以煤气火赶至光电管内, 银面的颜色合乎要求之后, 把Cs丸子封掉, 扣入烘箱。烘箱温度240°C—260°C, 烘烤时间20—25分钟, 以脉冲放电计数来控制氧化层厚度, 但实际上是看氧化层的颜色, 而不依靠次数。

光电灵敏度: 真空的为20—40μA/лн, 充气的为200—300μA/лн, 寿命为2000小时以上。

充气稳压管现在生产的有VR-105和VR-150两种, VR-105用的是Ne + He, VR-150用的是He。

VR-105的阳极是Ni片上蒸Mg而成, 用放电轰击法蒸散。

用长车生产, 5个一排, 全部处理时间25分钟。

所充的气体由钢筒分至小玻璃瓶中, 瓶内有净化装置, 系两边用FeBa (即纯铁包银管) 吸气剂, 直流放电, 加300伏直流电压, 用电灯泡作负载电阻, 电流约数百毫安。

如直接买到光谱纯的气体, 则不再用放电净化的办法。

充气的数百毫安不以压强, 而只以辉光管压降来判断。

一种高真空冷阴极整流管是利用逸出功不同和阴极面积不同的联合作用, 阴极用Ag, 面积大, 而阳极用Al, 面积小, Ag面经放电氧化然后再蒸Cs, 其做法与光电管相仿。

所加交流电压9—11kV;

输出电流 数μA;

反向电流 没有测定;

寿命 500小时。

10. 光电拾象管

SbCs₃阴极在SbCs蒸上后烘烤, 温度为180~200°C, 蒸SbCs₃时充Kr, 压强为0.7 ~ 0.8 E, 响应速度为每秒, 20图。技术困难是一层50μm的细栅网。寿命750小时。

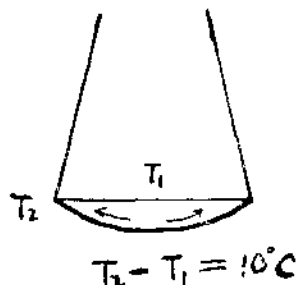


图 17

电视显象管

屏幕涂敷: 涂前经严格清洗, 再蒸上一层Bedacryl涂料, 这是为了防止蒸Al时发灰。荧光粉为: ZnS(Ag) + ZnCdS(Ag)平均粒子大小为11μ, 用沉淀法涂布。由于屏幕不是平的, 而荧光粉的厚度是要靠每单位体积的溶液所含粒子数来决定的。因此静态沉淀时就会发

生边沿部薄而中間厚的現象。現在把沉淀液和泡皮之間維持約 10°C 的溫度差，使溶液內部产生对流現象，带动悬浮的粒子往四边跑，从而使螢光粉的厚度均匀。蒸 Al 用的是純度为 99.99% 的 Al 条，放在 W 絲上伸到泡中适当位置。以一高频綫圈作为探头放在泡皮外側，Al 层厚度的改变引起高频綫圈負荷的改变，經检波后用直流微安表指示出来，用此法可以校准所需的 Al 层厚度。有四角和中心五个位置，由此可以观察 Al 的均匀度。

阴极和化学實驗室

有一般化学分析和實驗室及仪器分析實驗室，其中有光譜仪及其附件，极譜仪，PH 計，滴定計，显微鏡等，任务是分析生产中出現的問題，如阴极的中毒，Mg 的含量，栅极染污等。

11. 超 高 頻 管

一种 $3.7 \sim 4 \times 10^9$ rps 速調管的阴极用的是“L”阴极，炭酸盐直接压在下面如图 1。栅用鍍金的栅絲，呈放射形，用点焊法在夹具中逐点焊上，如图 2，中心无阻碍，可容电子束通

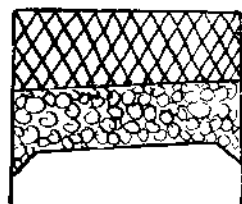


图 18

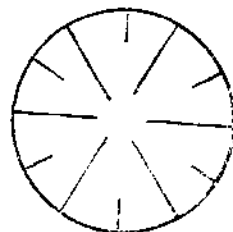


图 19

过。另一种管是用一金属环压成五星形的栅。先将环放入模具中，然后用压机將五个冲头往里挤压，中間一个心模具往上伸而压成。

此反射速調管波段可寬至 $3 \times 10^7 - 1.3 \times 10^9$ rps。

很多零件的公差保証在 $0.02 - 0.03 \text{ mm/m}$ 之內，用投影仪加以检查。

寿命保証在 1000 小时以上。也生产一种 10cm 的行波管作放大用，氧化物阴极的螺旋綫是 W 絲，繞在 Mo 心上，在 1100°C 通 H_2 气固定。

另一种 27101 玻璃外壳的小磁控管年产量 1000 个。

虽然我們还没有全部看，但总的印象是尖端产品不多，如超高频管和特殊电子束管有些根本没有做。如光电倍增管仅个别工艺仍然是細致的，有些做的技术水平較高，如光导拾象管和电视显象管等。

二 匈牙利研究生产單位參觀报告

1. 中央物理研究所物理光学實驗室

該所位于布达佩斯市。根据該實驗室負責人的介紹，看来他們主要是研究光的二重性問題，研究历史已有十年之久。

光的二重性，也就是說光同时具有微粒与波动二种特性。这种微粒称为光子，每个光子具

有一定的能量与动能，光的能量等于 $h\nu$ ， ν 是光的频率， h 则是一常数（所谓普朗克常数）。由此可见，频率愈高，光的能量也愈大。应用量子力学的原理把光波看做几率波。实验基础是采用了迈克尔逊干涉仪原理进行的光电统计测量。

通常在普通物理教科书中指出，当光子数目非常非常少时，就不可能得到干涉图形；但却从来没有很好证明过，而他們针对这一问题想通过一系列实验来研究和说明它。关于此问题该所所长 Jonossti 教授曾亲自来我国讲过。

用直观法在迈克尔逊干涉仪中仅能看到干涉条纹；而观察不到光子本身。

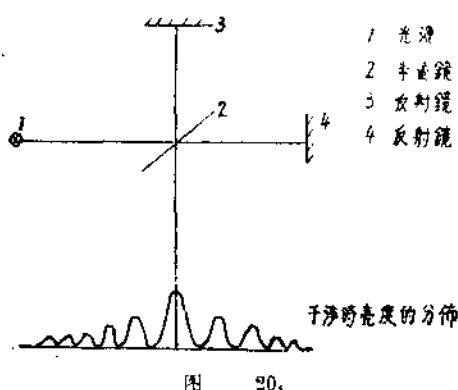


图 20.

衰减常数。

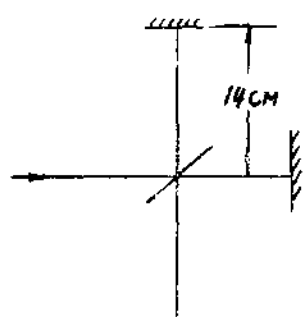


图 21.

反射鏡 (3) 距中心鏡的距离为14厘米。

当两个相干光波間有一定的光程差时就可以看到有干涉条纹的形成，这个光程差只要变化一个极小的数值，如將反射鏡 (4) 移后 $\frac{\lambda}{4}$ ，就可以觉察到干涉条纹有显著的变化。認為这种变化是由于光子互相干扰而引起的，另外，如果只有一个光子射到半透鏡上时，則不可能产生任何干涉条纹。

实验是这样开始做的，首先把光的强度减到每秒 $J = 10^5 h\nu / \text{秒} = 10^{-14}$ 瓦特 此时光子的几率为 $10^{-8} \cdot 10^5 = 1\%$ ，其中 10^{-8} 秒为时间的

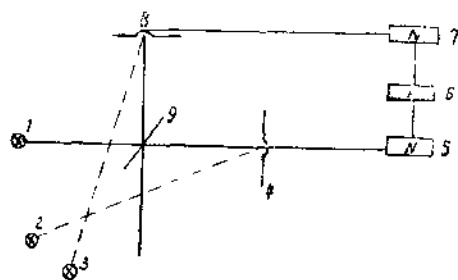


图 22.

1—光源 (由半透鏡 9 将光束分成四路，成相干光源，2, 3—非相干光源，5, 7—計数器，6—复合計数器，4, 8—光电倍增管。N—光子数目，K—同时数用的光子数。

其次，把光的强度增至 $10^{10} h\nu / \text{秒}$ ，于是就有100个光子互相重叠。

经过具体实验证明干涉图形与光的强度无关。

现在用二个光电倍增管来代替干涉仪中的二个反射鏡，用計数器来记录脉冲数。

如果当一束光經光透鏡同时反射或透射的話，那么試問在光电倍增管中是否也是同样作用的？采用复合电路从計数器 (6) 中来观察它們的情况。所用二光电倍增管的灵敏度相同， $K = N$ 的問題从理論上得不到，从实际上同样也得不到，因为光子不能分成 $\frac{1}{2}$ 。

設 F 为重合几率，他們经过实验所得重合几率 $F < 10^{-2}$ ，而后来加拿大的两位学者又証明重合几率 $F < 10^{-3}$ ；不过到目前为止还没有人証明 $F = 0$ 。

他們分別用相干光源和非相干光源進行實驗，在此兩種情況下分別測量出光子數為：

$$1) K_1; N_1; N_2$$

$$2) K_2; N_1; N_2$$

假定在相干光源條件下重合幾率為 K_s ， $K_s = 2N_1N_2\tau$

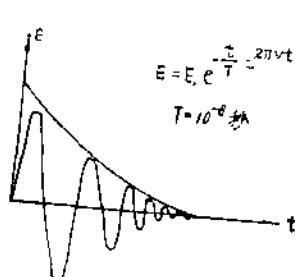
在非相干光源條件下重合幾率為 K_v ， $K_v = 2N_1N_2\tau$

此外 τ 為儀器的時間分辨率。

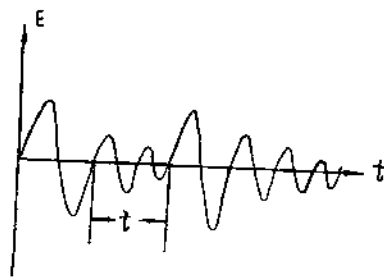
這樣就解釋了 $\tau \neq 0$ 的問題，不過從這個實驗的結果與上述實驗又有了矛盾，這個實驗證明了光子或是直接通過半透鏡，或是在半透鏡表面上反射，光的二重性始終還是存在的，需要進一步去研究它。上述實驗是八年前做的。現在他們進行的實驗仍是關於光的二重性與光子重合幾率的問題，看來繼續用統計辦法是不能解決問題的，應該從動態方面着手來進一步研究。

1957年英國曾有人做同樣的實驗；但從光電倍增管所得結果同他們所得的結果有矛盾，現在他們正設法來找這一矛盾。

用一內原子激發的放電管，每一原子所發出的不是單色光而是一系列的波長的光，光強與時間的關係可由下圖表之：

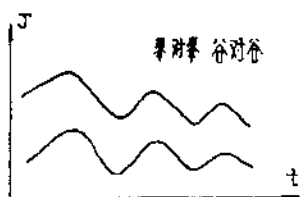


14-23a

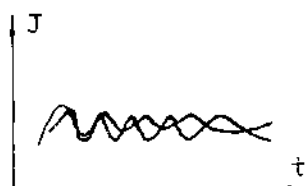


14-23b

由於許多原子發射的結果，其總合強度等於它們彼此的相疊，而相疊後光強度的增大或減小與它們的位相有關，每一個原子發出的光是有限的，因此對總和來講也有限，如果時間很長，那麼可認為強度與振幅無關。另外，如果時間 $< 10^{-9}$ 秒，則二相隣振幅相差很小，因此可認為是單色光，現在取一很小的時間來研究光的強度，也就是說光的強度同振幅的平方成正比 $J = E^2$ ，在這裡因為振幅不是一個常數，所以強度有起伏現象，在光電倍增管的輸出端也同樣得到起伏現象。從光電倍增管得到的重合幾率同光強的平方成正比 $K \sim J^2$ ，由此可看到靈敏度高的光電倍增管可增加起伏現象，這就是說振幅高的更高。進行第一次實驗時他們選用的時間分辨率 $\tau = 2$ 微秒，結果觀察不到起伏現象，當 $\tau = 10^{-9}$ 秒時，才能分辨出來。另



14-24.



14-25.

外實驗說明，用相干光源可得到系統的重合，用非相干光源得到的是偶然重合。實驗的光路

系統长度为 6 米。

如果是二相干光源，則光电流出来的图形有一定規律： $K_s \sim [J^2]$

此处 $J = J_1 \cdot J_2$

如果是二非相干光源，則得不出規則的： $K_v = [J_1'] [J_2']$

此处 $J_1' = J_1^2$ ； $J_2' = J_2^2$

實驗結果說明：系統重合大于偶然重合 $K_s > K_v$ ，此数可由下列公式計算出来：

$$K_s - K_v = \frac{I g}{C}$$

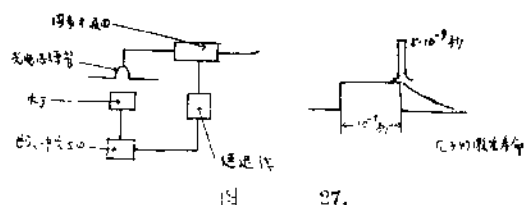
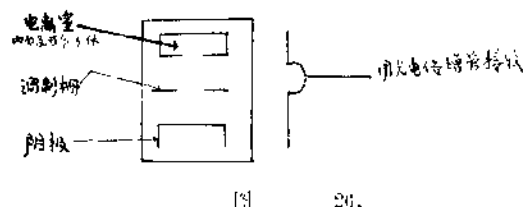
式中：C——光速

g——光栏直径

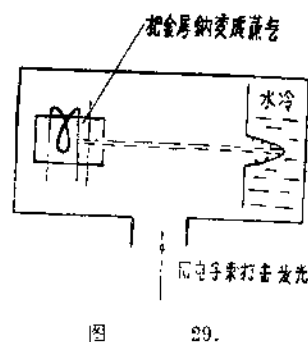
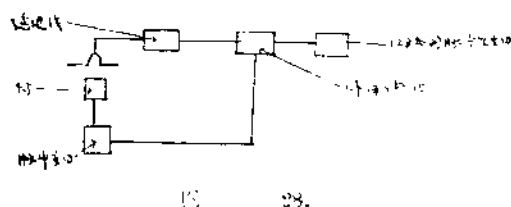
$$I = \frac{I_{\text{最大值}} - I_{\text{最小值}}}{I_{\text{最大值}} + I_{\text{最小值}}}$$

后来进一步提高了仪器精度，測量結果为 $54 \pm 3(K_s - K_v)$ ；而用光学系統得 $55(K_s - K_v)$ 。

由于分辨本领有限，因此上述實驗得出的是一平均值，今后应从动态方面作进一步探討。为了达到此目的，他們目前仍在进行原子激发状态的时間及衰減的时間常数的測量。这里仅有示意图，詳細情况介紹人未介紹。



增加延迟綫后可把脈冲分的更小
測量余輝时間的方块图如下：



今后他們研究光的二重性實驗的首要步驟是把儀器的分辨率提高到 10^{-10} 秒，此外准备安排新的實驗項目：光电发射的本質問題。

关于量子力学中能量的守恆問題，其原理的依据是由很多数字統一的果結；

但从原理的實質看来并不清楚，他們选此研究課題的目的，就是要通过具体的實驗把原理搞清楚。

※ ※ ※

參觀后給我們总的印象是：

1) 該實驗室的研究人員具有一定水平, 并能选定研究課題, 用各种不同方法进行长期研究, 克服了实验过程中的重重困难和問題, 最后得出結果, 取得一定的成就。

2) 从物理光学实验室的设备来看, 物理研究所的设计和加工力量是相当强的, 实验室中許多光学仪器和复杂的电子设备都是本研究所自制的。

3) 研究宇宙綫的装置及研究光的二重性的装置均分別放在地下三十米深处, 这样可以防止外界振动的影响和得到自然的衡溫, 每小时溫度变化为 $1^{\circ}/1000$ (人在另一室进行自动操作), 类似这样的设备方案, 可供有关单位参考。

以上情况是据該实验室作的介紹整理出来的, 由于我們在这方面是外行, 理解不到和遺漏在所难免。以上材料仅供有关同志参考。

2、匈牙利技术物理研究所概况

該所情况 匈牙利技术物理所的研究内容包括电子物理、半导体, 发光材料三部分。电子物理部分中鎢的金属物理及金属学的研究工作, 設在“东斯拉”联合灯泡厂內。

这三部分研究工作的共同性是: 研究的对象都是高純度的物質, 研究这些高純度物質掺一些杂质后(激活剂)的物理性能及表面結構。

为了得到高純度物質, 所內設有物理提純设备(对半导体鎢)及化学純化試驗室(对ZnS等荧光材料)以及研究純度、結構、表面等设备如, X光机, 电子衍射仪, 电子显微镜, 光譜仪等。

电子物理部分 利用場致显微镜研究各种不同材料的电子发射性能, 測量阴极表面溫度。場致显微镜的真空系統为一水銀扩散泵加一离子泵, 真空度达到 10^{-9} 毫米汞柱, 但是, 他們在 10^{-9} 毫米汞柱的真空情况下观测时, 所研究的表面几分鐘就变了, 还必需更高的真空, 因此他們又搞了一台超高真空系統, 还未进行試驗。

另外, 研究薄层表面現象, 是利用一台日本制造的电子显微镜, 其分辨率为 $8 \text{ \AA}$ 。他們用电子显微镜观察了高純度金属鎢的表面粒子排列情况, 用統計的办法計算粒子在各个方向的几率。发现用原子束打击表面时, 粒子有移动的現象, 并且粒子后有一个影子。由于电子显微镜的真空度不够高, 只能达到 10^{-5} 毫米汞柱, 在此真空下每分鐘將有 $20 \text{ \AA}$ 的杂质落到被观察物的表面上, 他們实际观察的結果也是如此, 因此他們正設法提高电子显微镜系統的真空度。关于此项研究工作的成果, 已写有論文, 可見附件。

半导体部分 工作是由二氧化鎢开始, 在氢中还原制鎢, 区熔提純, 最后用区熔致均匀法生长单晶体。沒有器件的研究工作。測量方面有位錯密度、霍尔效应、电阻率, 扩散长度等。看来他們当前的工作方向, 是研究制作均匀完整的鎢单晶体及研究鎢的表面物理性能。

区熔致均匀制单晶的设备为一电阻絲加热的溫度梯度爐。爐長約500毫米, 中間有4厘米的等溫区, 溫度控制在 $1000^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, 两边的溫度梯度为 30°C/cm 。所制出的鎢单晶电阻率为15欧姆-厘米, 不均匀度小于10%, 位錯密度也較低。測量位錯密度的方法, 是先将鎢片放入由一份硝酸, 一份氢氟酸(共400cc)外加50克碘配成的腐蝕液中腐蝕, 然后再放入8克KOH, 加12克 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶于100cc水中而成的腐蝕液中腐蝕, 然后利用讀数显微镜观察腐蝕坑密度。

測量霍尔系数, 是用超声波先将鎢片切割成形状, 然后用焊錫焊上四条引綫, (焊綫的目的是为了接触良好), 再放入磁場中, 測量霍尔电势, 求得霍尔系数。磁鉄为电

鉄，最大磁場強度可到5000高斯。測低溫霍爾系數時，將樣品放入特制的長条形銅質夾具內，將夾具的尾端浸在冷劑中。

測量擴散長度，是利用光導法，在光路中放一具小風扇而造成閃光源。他們正在研究用各種腐蝕劑處理鍺片後對擴散長度的影響。

另有一部份研究鍺的氧化物性能與結構的工作，測鍺的表面氧化層。測量氧化鍺粉加壓後的比電阻，即可區分六角或四角結構。測量方法是將氧化鍺粉放入帶有絕緣套的鋼模中，放在手搬螺旋壓力機上，加 $10,000\text{kg/cm}^2$ 的壓力測其比電阻，測得的六角結構氧化鍺粉的比電阻為 10^3 歐姆·厘米。

發光材料試驗室：主要研究對象是硫化鋅，研究它的提純與結晶，並深入研究場致發光的物理過程。即對固體中電子如何吸收能量，電子吸收能量後又如何轉化為光這兩個過程進行深入研究。他們認為對於不同的激發方式，電子的發光過程是一樣的，但電子吸收能量的過程是不同的。為了深入研究這些現象，首先必須有很純的材料做為基礎，因此他們在提純與製備熒光材料方面，工作是很突出的。

化學純制硫化鋅粉的工作，是由工業純氯化鋅開始，氯化鋅加硫化氫，用沉淀的辦法去掉其中銅鐵雜質，最後用蒸餾水沖洗後烘乾而得到硫化鋅，其純度可到每克鋅含銅或鐵雜質 10^{-6} 克以下。將這種無定型態硫化鋅粉末放在中溫度梯度的管式高溫電爐中，在 H_2 、 H_2S 及 HCl 的氣氛中在 1000°C 下煅燒，硫化鋅升華，在管式爐的低溫端產生結晶。改變不同氣氛和不同溫度，可得出不同性能的熒光粉。如用 Cu 作激活劑，其結晶粒通直流電後即可發光，電流密度在 10^{-2}A/cm^2 。此項研究工作，有該所寫的論文，可參看附件。

另外他們還研究了離子擴散法制硫化鋅單晶粒的方法及所制得的單晶性能。制取方法是在一玻璃水池中，放入兩個杯子分別盛着氯化鋅及硫化鈉的水溶液。溶液中的鋅離子及硫離子，向杯外水內擴散，其離子的濃度，隨杯子的距離逐漸減小，當鋅離子與硫離子相遇處 $[\text{Zn}]^{++}[\text{S}]^{--} \geq 10^{-20}$ 時，即在相遇處析出 ZnS 結晶，用此法曾得到2—3毫米的單晶粒子。這種單晶粒子，在紫外綫燈的照射下，即可發白色光。他們認為這種不經燒結制得的熒光材料，具有很大的研究價值。

此外，對硫化鋅的光化學問題他們也做了研究。硫化鋅在有水汽的情況下，紫外綫照射後，即開始分解，這樣就降低了熒光性能，增加了光導性。他們又發現，在真空中（即無水汽情況下），也有分解現象，因此必須研究此問題的實質，以便解決這一問題。

除硫化鋅外，他們還制取並研究了其他熒光材料，如用了一年多的時間在 $1500^\circ\sim 1600^\circ\text{C}$ 的高溫下制出了十數克 CuBr 的白色粉末，並測知了它的發光光譜是在 $3600\sim 6600\text{\AA}$ 的範圍內。

螢光材料的測量工作有激發光譜的測量，利用方形波電流激發對發光材料的余輝時間的測量，及在余輝時間內光譜特性變化的測量工作，以及用計數器記錄發光材料的閃光次數等。激發光譜的測量方法是將被測的發光材料放在一個特制的夾子上，通電流激發，使它產生熒光，用透鏡將熒光送入 JM-2 型單色儀中，分光後用一光電倍增管接受，其光電流記錄在自動記錄儀上，其設備的特點在於單色儀的波長鼓的旋轉是利用一馬達帶動，並與自動記錄紙移動相同步。這樣就可自動的將激發光譜記錄在記錄紙上。

這次參觀時間很短，並受到專業及語言的限制，因此本報告只是對該研究所的研究內容，工作概貌，做一介紹，關於技術細節可能存在許多錯誤，謹能提供參考。