

# 热检测器——靠温度来感受光的仪器

谢谄成 王代殊 编译

(北京工业大学应用物理系 北京 100022)

众所周知,以光辐射、光电导性或光生伏打等效应为基础而制成的一类检测器称作量子检测器,而这里要介绍另一种重要的光电检测器——热测器的功能.热测器通过一个较间接的过程感受光.当物质吸收了光能以后,温度上升,通过温度的变化来感受光,就好比我们从太阳光中感受到温暖一样.

图1是理想的热测器响应度与理想的光量子检测器的比较.由图可以看出,热测器最显著的特点,是在一个很宽的波长范围内,其响应度 $R$ 不随波长而变化.而量子检测器的 $R$ 则是随着波长的增加而增加,直至截止点,响应度骤降至零.

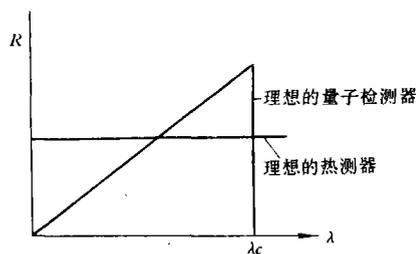


图 1

量子检测器的输出正比于它接收的光子的数量.假设量子效率为常数,则响应度随波长线性地增加.

然而,对热测器来讲,辐射功率1瓦就是1瓦,与波长无关,所以只要吸收的能量保持不变,响应度就不随波长改变.也就是说,热测器的输出由所吸收能量而引起的温度变化决定,而不是由光子数目来决定的.

和缺点.但离子注入在微电子技术中的应用是广泛且富有成效的,并愈来愈显示出强大的生

## 一、温差电检测器

热测器的发展先于量子检测器,甚至可追溯到十八世纪末.当时威廉姆·谢赫尔用棱镜和水银温度计发现了红外辐射.而大约到1830年,意大利物理学家利奥波德·诺比利等制造出第一座温差电堆,并利用它去研究发射光谱.这是第一个精确的热测器.

温差电堆由一批温差电偶一个个排列相连组合而成.这样可以有较好的温度灵敏性.

1821年俄国出生的德国科学家约翰尼斯·塞贝克发现,如果两种不同的金属导线首尾相连而形成线圈,当一个结点的温度与另一个不同时,线圈内就出现电流.这就是温差电偶.使温差电偶环中电流流动的内电压与两个结点间的温差成正比.这个比例常数称为塞贝克系数.

一般不同金属结合型的塞贝克系数在室温下只有几微伏/摄氏度,而铋和锑金属的结头的塞贝克系数可高达100微伏/摄氏度.温差电偶塞贝克系数越高,制成的热测器越好,因为它对微小温度变化也能灵敏地反应.

图2描写一个简单的为光电检测器而设计的温差电偶.吸收体吸收了辐射能量后,在温差电偶的测量结点处发生温度变化.而另一个结点保持在一个已知的温度(例如冰的熔点温度)上作为参考.检测元素温度的变化,导致两个结点的温差,最终由微伏计上的电压变化 $\Delta V$ 反映出来.

温差电检测器的响应特性主要依赖三个因  
命力.这一技术的应用,使得半导体器件和集成电路的研制取得了飞速发展.

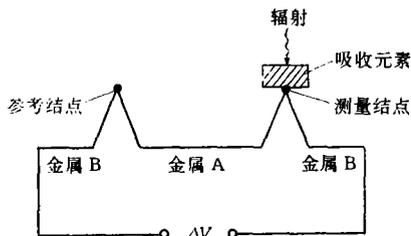


图 2

素: 塞贝克系数、检测器吸收元素和温差电偶导体的热传导系数。

对响应来讲, 吸收元素的辐射系数是一项重要的热力学参数。因为任何好的辐射吸收体也具有好的发射本领。在给定的光的功率条件下, 对辐射热的有效吸收, 将转换成吸收体的较高的温度。

然而, 热传导性却是不利于响应的。因为检测元素的传导性越好, 流出的热能越多。为了控制这种效应, 在测量结点上往往选用热传导性低的良导线。但这又将提高电阻, 抑制响应。唯一的解决方法是在热传导和电传导之间寻找一种平衡。

与响应有关的另一种热力学因素是吸收元素的热容量。对于确定的物质, 每升高一度, 热容量越高需要吸收的能量越多。而热容量又是正比于质量的, 因此减少吸收元素的质量也提高了响应的灵敏度。

综合上述因素, 权衡利弊, 才能得到令人满意的响应效果。

一般来说, 固态温差电偶制成的检测器并不灵敏, 但是用温差电堆却能获得理想的响应度。尽管这样的检测器的频率响应受到多个结点的热容量相加的影响, 但由半导体薄膜制成温差电堆的接头可获得较高的频率响应。

## 二、(电阻)辐射热测定器

这是另一种广泛使用的热测器, 由美国天文学家塞缪尔·P·兰利于 1880 年首先研制。这种仪器的原理是, 当材料暴露在光下时, 由于温度的变化, 会引起电阻相应的变化。

兰利当时用一个简单的惠斯登电桥的灵敏电路(图 3), 电路中涂黑的铂金属是作为吸收

元素, 同时也作为平衡电路的电阻之一。当铂吸收了光能以后, 其温度升高, 引起电阻升高, 这样就打乱了电路的平衡, 电流计中出现了强电流。

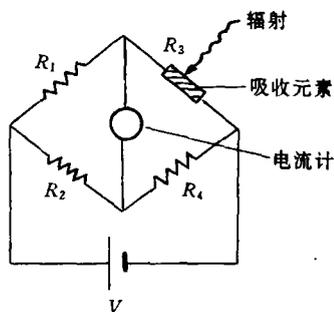


图 3

现代改型的兰利计, 往往在惠斯登电桥相对的两臂中, 采用两个相匹配的吸收元素, 如果其中一个吸收体被与辐射能屏蔽开来, 由于环境温度变化, 从未屏蔽的元素发出的信号被这电桥通过补偿而最佳化处理(图 4)。

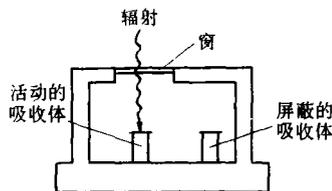


图 4

用热敏电阻代替金属吸收体能够改进辐射热测定器的性能。热敏电阻由镍、锰和钴的氧化物烧结而成, 具有热容量低、电阻高、温度系数高的优点。

热敏电阻的温度系数是负的, 表明它们实际上是半导体。事实上, 纯净的半导体也可以做辐射热测定器的吸收体, 例如锗、硅和三硒化二砷就是三种很好的材料。像锗热测计, 当激励至低于液氮温度(4K 以下)时, 可达到检测率的理想极限, 波长从 5 至 100 $\mu\text{m}$ 。

低温下操作辐射热测定器, 有利于提高它的温度系数, 降低其热容量, 并抑制与温度有关的噪音。另一个优点是可制做超导的辐射热测定器。超导热测器非常灵敏, 但其主要缺点是

要求精确控制环境温度,以避免不利的大电阻偏离.

### 三、热电的和气体的检测器

热电光电检测器是一类重要的热测仪.这种仪器采用铁电体作为感应热辐射能的吸收元素.铁电材料的特性是具有一个永久性的内部偶极矩.即当不存在外电场时,物质原子的偶极子已经有了固定一致的极化方向.然而,温度升高后,晶格的振动会减弱铁电体材料的极化强度.如果温度达到居里点,材料就完全不极化了.

在居里点以下的任何温度,铁电体内部的极化方向也并不显现出来,因为被材料中迁移到表面的自由电荷中和了.但是假若温度变化,那么相应的表面极化电荷,将产生一个可观的变化.通过适当的电子学设计,铁电材料的这一现象将产生一个电流或电压的信号,这信号正比于温度变化率.根据这个原理制成了热电检测器.(图5)

由于上述的电荷迁移作用,热电检测器对稳定的连续光源没有响应,只有当斩波、调制、脉冲或移动光源时才能引起吸收体温度的变化.然而,这种检测器的频率响应可达到非常高.

最后,还有一类利用气动原理制成的热测

器,有高得惊人的检测率和很宽的光谱响应.高莱池就是其中之一,它能感受的辐射功率水平低至10瓦.

高莱池由一个密闭容器构成,其中一部分装吸收元素,一部分充气.在容器一壁的洞上密封一个薄的弹性反射膜(图6).光通过高莱池另一侧的窗口照入池中,加热了吸收体,并转而使气体升温,这样,气体的压强就增加了,引起反射膜紧紧地鼓胀起来,使光学系统的焦距移到池外,改变了光电池的输出.像这样的热测器能够检测从可见光到微波相当宽的频率范围.对范围的限制主要取决于窗口的透射率.

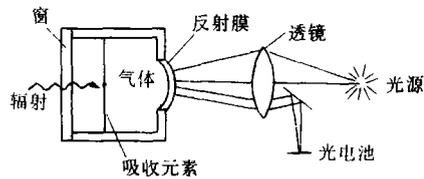


图 6

还有其他一些热测方法.如蒸发成像、热电子发射和液晶元件.不论如何设计,热测器最有价值的特点是共同的,即有一个宽而平坦的谱响应.因此,热测器广泛用于辐射检测器、分光计、激光功率计、高温计、火警报器、检察设备以及红外成像等.

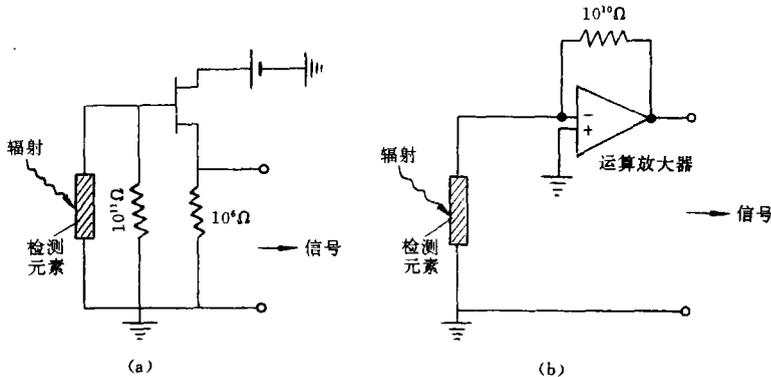


图 5 (a)产生电压信号的热电检测器 (b)产生电流信号的热电检测器