

红外史的一些转折点

摘 要

本文谈的是从William Herschel的最初研究到过去十年中衔接光波和无线电波之间的探测器发展的重大进步。十九世纪和二十世纪初的理论研究导致了对辐射的理解，接着是第一次世界大战和第二次世界大战应用的叙述，并且简要提到温度记录器，激光发生器和红外气象学的发明。

牛顿的推测

在1704年和1718年间，牛顿的“光学”最初的二个版本时期之间，获得了红外辐射存在的初步线索之一。那是玻意耳的贡献，认为真空不能传输声音，但它能传导光和磁力，在牛顿第一版本发表后的一段时间里，可能这个理论促进了牛顿研究是否真空也能传导热。牛顿在第二版本中加上某些疑问，包括在第十八版本中，最终完成了这个实验。他提出：“如果在二个高大倒立的圆柱形玻璃器皿中，悬挂二个温度计，不接触器皿，并从一器皿中抽净空气，然后把他们从冷的地方移到热的地方；在真空中的温度计同样会热度增高，不在真空中的温度计也几乎是同样的。当把这些器皿放回冷地方时，在真空中的温度计如同另一个温度计一样温度下降”。

1691年去世的玻意耳没有做这个实验，因此大概由其他人承担了实验，可能由Francis Hauksbee完成的，他做成了玻意耳的真空泵并且在牛顿的指导下完成了这个实验。实验结果使牛顿做出如下推测：“暖屋子的热能否通过真空，靠比抽出的空气还稀薄的介质（这种介质在空气抽出后仍留在真空中）的振动而传布呢？并且这个介质和光线折射或反射以及光借它的振动将热传给

物体的那一介质是否相同，以及是否适应易于反射和易于传输呢？

威廉、赫谢耳的实验

牛顿所期望的询问在一个世界没有得到回答，直至1800年威廉赫谢耳（1738—1822年）完成了在太阳光谱上的著名实验。赫谢耳曾作为Hanoverian步兵警卫队欧波和小提琴爱好者，并且在1757年移居英国。他当了一段Durham Militia音乐导演之后，他获得了Bath风琴手的保证，在Bath他自己在其他科目自学；并且他从音乐到数学，然后到光学和天文学的研究。到1781年他研制成反射望远镜和发现了天王星。

在探测太阳的过程中，他研究了降低太阳光线对人眼睛的危险热效应的各种颜色滤光镜的效力。在1800年在哲学学报中他们的庆祝发言谈到，他对重大疑问得出这样的结果：“怀疑普遍承认的事物在自然哲学中是大有用处的，特别是要提出解决疑问的方法。因此我们可以说：任何经验，即导致我们去调查以前寄于信任而承认的事实，将成为有益于对自然的认识……，因此，提出热和发光物体的功率不是平均分布在各种有色光之中这一推测并不是一种错误。”

在赫谢耳时期，这种思想似乎已得到发展，即由于太阳光线带有热量，由定量光线

放出的热量直接同光线的发光度成比例。赫谢耳的实验已导致他怀疑是否如此，并且他开始推测，是否对于同一发光体，不同颜色的光线是否产生不同热量。因此他作出著名实验（大约在1789年—1800年）以表明用棱镜产生的太阳光谱各部分的热效应。他的探测器是球状物涂黑了的简单温度计。他的二个最好的样品是 Glasgow 的实用天文学教授 Alexander Wilson, M.D. (1714—1786) 制造的。

Wilson 具有良好的技术和观测水平，他同大学技术人员进行合作建立了一个科学仪器车间。技术人员有 James Watt。吹玻璃专家 Wilson 通过控制制作椭圆毛细管的困难而改进了温度计的灵敏度。他发明了航海气压计，它的基础是在开水沸点期间特别灵敏并且把沸点的下降用作测量气压的下降。

就我所知，赫谢耳使用的温度计已遗失；但至少 Wilson 的温度计还有一只保存在 Edinburgh 王国 Scottish 博物馆里。它有一华氏温度刻度并且似乎赫谢耳已使用了这样的刻度。在光谱中测量的标准温度升高为 1° — 10° F 之间，而刻度的读出接近 $1/4^{\circ}$ F；周围温度通常在 50° — 60° F 之间，Wilson 所使用的温度计响应时间是 5 分钟。在实验期间，由于周围温度的变化而引起的困难，赫谢耳采用了差示测量的方法，把两个相似的温度计并列放置，其中把一个防护起来，另一个用反射镜放在光谱的适当位置上给它反射光线。它测量由于辐射而在两个温度计上产生的不同热效应强度。这个可能是物理实验中差示测量的初步系统利用；从那时起，它已是红外技术最重要的特征。

赫谢耳很快发现：最大热效应同可见光谱中间的发光度的明显最大值不相符合，但是当它把采样反射镜移向红色光谱一端时热效应在增加，并且当反射镜显著超过他能看见的深红光线范围之外时还一直增加。通过迅速的实验程序，他确定：不可见光线同可

见光一样适用同一反射和折射定律，在他的 70 页长的第一篇文章中结论为：“假设我们说到光线，这些照射物体和产生辐射热和使物体产生热的光线，那末可以追问一下，这种光线是否同辐射热有什么根本区别？在我所建议的回答中，即按哲学法则我不允许用二个不同原因去解释某些效应，如果他们能用一个去解释的话……，我只有承认，太阳光中，有折射性的，即棱镜光谱中所含的那些，当其通过视觉官能以后，呈现为光和色；而其余的，为眼睛的膜层和玻璃球液体以及身体的其余部分受他们的作用，于是产生热的感觉。”

所以赫谢耳第一篇文章最后相信：辐射热能和可见光线为相同光谱的一部分，并且他甚至假定：主要的区别可能存在于适合于光谱各部分的微粒的动量中。但是，在 1800 年夏季他想去确定是否真有这个区别，但是他现在完全成了自己的彻底性的牺牲品了。他对二种辐射是否有区别进行了认真探索，实际上他提出这样的疑问，即是否棱镜恰巧把辐射热和可见光折射到相同的程度。最终，他在 1800 年的第三篇文章中报导，他认为他已作了决定性实验。可他没有详细阐述它，但他说：“现在我们打算对有关分光实验引起重视，打算解决这个问题。首先，关于光，我必须介绍我们已经做过的极有兴趣的观察，即虽然它们确实要求，但不能在本文中叙述。这些给我们一种方法在分光中分别测定光谱的两端或部分。通过他们我相信：红色玻璃不防碍红色光线。的确，通过这样着色的玻璃看到物体的出现，直至我能获得这样观察，对每个人都会充分证明它们能丰富的传导红光。另外，关于热线，情况则相反；通过上述情况红色玻璃防碍这种热线，它所通过的只及红光折射的千分之 692 那么多。”

因此，在他观察的光谱红色区域内，红光玻璃滤光镜的传输不幸只能是 30.8%，这是靠他测温技术给他的回答，但他不能达到

象光传输那样的100%，这是假定以目视测量的结果，可是，他未阐述（并且他后来永远未能阐述）。因此他总结道，用红光玻璃能不同程度地吸收从同样折射角的棱镜传输来的辐射热和可见光，因而性质也不同。这个结论是出人意料之外的，其原因在于他也做了一个光度计验证他的光传输，但是这个错误的可能解释是他的目视观察是包括整个目视传输范围的，而他的测温观察的是在红光滤光镜吸收作用边缘区域内进行的。他提出进一步的区分：辐射热传输似乎随时间而增长，但是目视传输是保持不变；用温度计测量时，红色玻璃传输在暴光后十分钟左右出现30.8%，但两分钟时只是25%。假定：他已考虑到他的温度计的响应时间，我们就会看到表现的传输增长是起因于滤光镜的本身发热再辐射，这个在早年测量中是常出现的一种干扰。为此赫谢耳被迫改变原有认识，他认为发现了辐射热和可见光之间的区别，并因此他在某种混乱的情况下，在一年期间内放弃了他原来辉煌地发现了的问题。

辐射热的波的性质

后来，Thomas Young，他确定光线的波的性质时在1802年Bakerian讲话中推测说：“目前，很可能光线仅在波动或振动频率上同热有所区别；那些就频率来说，在某些界限之内的玻璃能影响视神经而构成光线，另外一些缓慢的但可能很强的波动只能构成热。”

尽管这些推测有其准确性，但当Baden-Powell在1832年英国协会评论这个问题时，红外线的本性还是未能确定。Baden-Powell的调查是值得注意的，因为它记载了W. Ritchie的实验。W. Ritchie是Tain研究院的教授和光度计的发明者，调查中说“表面吸收率是同它们的辐射率严格成比例的。”在Leslies立方体和差示空气温度计的辅助下，这一论证至少比得出这个规律的阐述早20年

时间，即基尔霍夫给以理论基础并以他命名的定律。

Baden-Powell的调查也包括Prevost的交换理论的总结，其中假定：热是沿直线运动的各粒子不连续的流体，Prevost正确地假定：辐射的现象可以用一切物体互相辐射来解释，来自热的物体辐射是较大的，因此，这个交换最终将会把他们都达到同样的温度。

英国协会的报告也推测辐射可能由于折射产生偏振，但这个效应的使人信服论述不得不等几年直至J.D. Forbes, Edinburgh自然哲学教授，他指出：从云母和电石的反射可获得直线偏振，从岩盐非涅耳棱形可获得圆偏振辐射。科学历史学家可能在过去注意到Forbes, Leslie, Ritchie和Willson都是苏格兰人，Balfour, Stewart和Brewster也是。

Forbes, 麦克斯米是他的一个学生，已能够完成他的实验，因为Nobili 1829年发明热电堆以及由他的朋友Melloni改进了辐射测量。他们使热电堆发展到这样的地步，也就是利用简单的聚集圆锥，他能探测大约十米远人的身体。Melloni系统的研究了热辐射特性和连同其他问题发现了岩盐的透明性。许多论文发表以后，他发表吸引人的论文“La Thermochrose”。

虽然热电堆现在已变成查出的探测器，值得注意的仪器成绩直到1850年是二个试验者裴索和傅科，他们成功地制造了很小的酒精玻璃温度计，放在干涉实验中产生的条纹中，并且非常灵敏以至由于单一条纹辐射而引起的温度升高也能够探测出来。它的球状物的直径少于1.1毫米，而且毛细管足以在1℃的变化时使酒精弯面移动8毫米。细管的直径必须不多于10微米。裴索和傅科用显微镜能探测0.00025度的变化，并且他们因此而确定热辐射能产生干涉现象，而且证明它比可见光的波长长。双镜实验中产生的中心条纹温度的提高是39.5刻度。在其他两边的第一个条纹大约是20刻度，每刻度相当于

0.0025℃。

红 外 线

在1879年著名的T⁴定律由Stefan在某些tyndall测量中写成公式,表明;热铂金属线在1473℃的辐射是798℃辐射的11.7倍。大约在这个期间出现“红外”这个词作为辐射热另一名称。稍早一些法国和德国就开始使用红内和红外,英国和美国工作者首先倾向于德国的“红外”说法,这样J.W.Draper在1877年利用红外,但在1880年改变为红内。W.Abney在1878年使用红外,并在1880年的Bokerian讲演中用红外,但在1879年12月的主要讲演文章中他用红内。这是我发现的红内最早提法;即Abney和Draper都没有说明用法的改变,这样似乎这种说法在1880年前就已普遍同意。

大约在这个时期新的探测器出现了,特别是Grooker(1876)的辐射计和Langley(1881)的辐射热测量计。Langley在1888年是美国科学协会主席,在他的主席致词中评述了辐射热的历史。他结论说:“最终,面向未来,我打算谈谈我对下步关于辐射热研究的想法,我觉得不应该企图事先去看到太远。在我们面前,然而有一个大问题等着解决,就是温度和辐射之间的关系问题;因为我们几乎对此什么也不知道,这里知识将把新的见解注入每一个自然界的步骤中去(几乎辐射或热吸收是伴随着每一个的),并能使我们回答每个科学部门目前给我们提出而无法回答的问题,即从生物学者的萤火虫的暂短的辐射,到地质学者提出的多少年来地球才能冷却。”

辐 射 公 式

Langley的结论提供了独特的见解。在5年中Wien发现了黑色物体的绝对温度和发射最大能量的波长 λ_m 之间的关系:

$$\lambda_m T \approx 2900$$

式中 λ_m 是用微米计算,是绝对温度。这项发现确实比较现代的,可通过Wien的学生之一E.O.Lowenstien来说明,他现在是Birmingham的教授;Wien在1920年在Munich是他的教授。

Wien后来导出黑体辐射波长分布的公式,但Hummer和Pringsheim 1899年宣称说,在12—18微米光谱测量中,与其是不一致的。波长测量现在由于各个工作的努力已变成可靠的,特别是在法国,Pierre居里是把裴索和傅科的工作进行下去的人之一。瑞利和Jeans导出另一个公式,它同长波的观察是一致的,但对短波是安全不成立的。Ruben和Kurlbaum确立了对长波的符合,他们在1900年对普朗克报导了他们的证明。这使普朗克相信,一定要做某些新假定,才能产生一个公式,这公式同维恩的短波和瑞利的长波公式都能成立;当普朗克发现必要的假定是振子的状态必需加以量子化的时候,当然它是科学历史的转折点之一。尽管他不满意他导出的黑色物体公式的方法,但是它与观测的结果非常符合却使他很满意,普朗克自己也相信,根据他儿子的记录,即他获得了可以和牛顿的发现相比的发现;这无疑是来自红外研究的巨大成绩。

光 子

在那时和以后的好长时间,普朗克不相信:量子化会从基本振子扩展到它们发射的幅射方面。这个是爱因斯坦在他著名论文“有关光的产生和转换的启发式观点”的光电效应一文中所强调的。虽然爱因斯坦的光子概念逐渐证明是有成果的,但普朗克直到1913年才接受它。最后在1913年普鲁士科学院对爱因斯坦的推荐,普朗克同Warburg,能斯脱和Rubens一道作出结论,声明他们的支持:“总的来说我们可以说:在许多重大科学问题中,爱因斯坦都做出过重大贡献。在他的推测中有时可能有偏颇,比如在

他的光量子假说中，但不能因此反对他，因为，即或在最确切的科学中，除了有时做一个冒险之外，根本不可能引入新的概念。”虽然这种保留现在明显是个笑话，但我们应该记住：对光量子的想法的阻力至少还存在于十年。例如，玻尔，虽有他自己的许多重大见解和假设，却直到1924年还拒绝接受这种思想。据报导有这种说法，即甚至爱因斯坦用电报去通知他，他已发现光量子的存在有不可改变的验证，那时玻尔还认为“电报只能使它注意存在的波到达了这里”。可能最后消除玻尔的对立是康普顿效应，加上 Heisenberg 的测不准原理同玻尔自己的并协理论。

物理学家的困惑是干涉实验，似乎需要单一光子必须通过二个缝，因此它不能定位为粒子和光子。随后证明：至今被接受为粒子的，例如电子，能被衍射时，这个困难被接受为自然的事实，却不是当真解决了。有趣的是因为他的光电效应实验而不是因为相对论而把 Nobel 奖金授给了爱因斯坦。

我们进一步去追求这些事那是 不必要的，但它们确实提供一些有关红外研究在一般物理和科学发展中所起的作用。并且也看出在确立我们已承认的概念中，物理学家遇到的哪些困难。

最初的应用

以上我们的红外回顾是关于它的发现和物理学中根本的想法及其影响。在 19 世纪，也有对纯科学部门产生影响的先驱者。在他们最初的文章中 Nobili Melloni 记录他们的调查，即幼虫的辐射超过蛹和蝴蝶，预示了红外和生物以及医学（目前已证明了）之间的相互作用。当 Angstrom 1889 年证明一氧化碳的吸收光谱同二氧化碳的有区别时，他确认：红外吸收光谱主要来说是分子；这个事实是所有论述的最基本点，红外的研究已推动我们对分子结构的认识和在化

学工业上进行控制。固体在传输红外的能力中变化这一广泛研究，和 Rubens 在剩余射线上工作表明红外对晶体结构能产生有价值的线索。

第一次世界大战

第一次世界大战刺激了科学在军事上的用途，最终导致在技术上的发展。在德军方面，红外探测器得到发展，根据 Dr. H. Gartner, 探测出英国鱼雷艇在距离 10 公里之外。它也刺激了美国 Hoffmann 探测人和飞机的工作，和 Case 发明的光导元件钨氧硫管的创造。至于英国方面，Lord Chermwell 1935 年告诉我，他 1916 年建议飞机探测技术使用红外，但没有什么结果。第一次世界大战后英国海军部研制出 Case 型光电导元件，并且以后 18 年他们做了成效不大的能够在灵敏度或光谱范围上超过它的物质的研究。同时，他们利用光电导元件研制了船对船的信号系统，他们也研制了萤火物质，即用紫外线激活后近红外辐射落到它上时而发光的萤光物质。这个装置在某些意义上说是现代复合光子计数器的先驱者。

噪音限度

第一次世界大战后的十年，在探测辐射方面出现了各种改进。其中最重要的是 Moll 和 Burger 在真空热电元件和 Lsing 识别的发展工作，即他们利用热电元件增强电流计的偏转，Moll 和 Burger 首先达到了布朗运动限制的仪器灵敏度的重要限度。这期间的另一重大进展，尽管没有受到应有的重视，是 Bobson 和 Perfect 的斩割进光谱仪器中的辐射的技术。于是辐射就印上了标签，因此对探测器的效应就由同斩波器同步的相位灵敏转换器来识别。尽管 Bobson 和 Perfect 把他们的技术应用在紫外光谱测定法中，以后证明在红外工作中最有价值，依赖于相信灵

敏探测实际是一个老想法,可以追溯到 Ayrton和Perry 1880 年应用它到惠斯通电桥测量之中。

我研究红外光谱仪时由于先前的研究生产生急躁情绪不愿干了,我自己对红外的接触是在1932年开始的。几周内我发现热电堆坏了,而实验室又无力购置新的,我开始做了一个。25年来,我断断续续研制了一些红外探测器。

第二次世界大战：英国

做一个比商业上的较好的探测器并不困难,1935年我从事研究通过探测飞机发动机中的热辐射进行防空设备的改进问题。到那时我能做时间常数降到10毫秒的热电堆。一年左右我做了能在飞机里实验的仪器。在1937年4月27日我做了首次在一飞机上用红外对另一飞机进行探测。距离不大,只有500码,但限度不能取决于探测器而取决于热电与电子放大器耦合的输入变压器的冲击效果。另外可能也是热红外探测器应用惯用的电子技术做信号放大的最早应用,这个应用之所以可能是由于探测器(图1)相对高速的缘故。

几种其它想法出自这个工作,包括光学雷达,其中我设计用脉冲探照灯光和利用一受控制的图象转换器以便测量目标的距离和忽视射束近区反射的散射。我在热图象转换器方面也做了些工作,依赖低逸出功的表面的较热部分的热离子放射的增加,并用Em1特制的电子管取得粗糙的图片。我也建议在光电摄像管中用半导体嵌镶幕,但因为开始看到雷达给予较好的期望,这个想法就不去追求了。

同时,我不得不处理几种批评。首先是:很易遮蔽飞机发动机使它辐射很小的红外。我成功地表明,即使是如此,可用飞机前沿产生的空气动力热对飞行在200哩/小时的飞机进行探测。然而我们对穿过云层对飞

机探测或测距是做不到的。在这方面雷达将成为最好的,而红外则完全是不行的。

第二次世界大战：德国

在德国,情况是不同的,他们这样做是

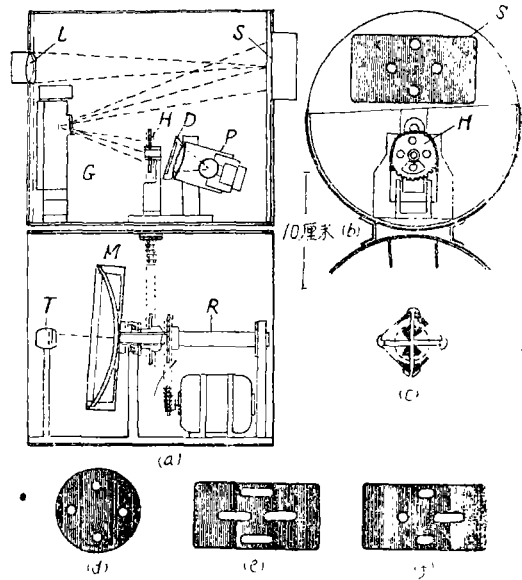


图1 第一个空对空红外探测器设计图,1937年

- (a) 通过探测器的垂直切面。透镜偏置在旋转轴线R上以至使靶象对着四单元的热电堆T每秒20次产生图形的轨迹。后者的信号得到放大并供给短周期的透镜电流计G,用一灯穿过带有四个小孔的光阑和扇片轮H提供照期,扇片轮同透镜同步旋转,结果在屏幕S上照射出循环的四个光点。当个别光点得到照明时,如果热电堆这时收到信号,这个光点就由于电流计的移动而形成一光带。如果在白天试验,靶象能通过透镜L投射到屏幕S上。
- (b) 如果没有接收信号的探测器对观察者所呈现的情况。
- (c) 热电堆元件排列。锰铜金属片(未划道的部分)终端焊接到康铜金属片上(划道的)。
- (d) 光阑和扇片轮的排列。
- (e) 表示如果靶在正面时观察者所呈现的情况。
- (f) 表示如果靶在右面时对观察者所呈现的情况。

新·探测器

归于1930年B. Lange发现方铅矿（硫化铅）对直到3微米波长是敏感的。记得我在1925年或1926年作为一个学校的学生，当时我在晶体装置的触须线上聚焦太阳的图象而从耳机中听到声音。可是我没认真地考虑红外光电传导的可能，那是因为我主要考虑着10微米的问题，我认为光发射表面在这个波长如果是灵敏的，则将出现类似设法使用阴极白织的光电元件的问题，除非在低温情况下工作，它似乎在力所能及的范围之外，我们要使飞机中具有液体空气发生器。我相信：发现光电发射表面或光电导表面灵敏度在2微米内是困难的，似乎为海军在寻找比铊氧硫还好的物质的经验所证明。当然Lange的工作发表了，但海军工作者似乎肯定，其中必定另有解释。1939年12月我离开红外研究之前，我的最后工作是做一个真空系统，为所建议要再研究的红外光电导体而用。

我对红外的主要接触现在是在德国方面，并且还有些新的进展。最初的是WPG15，这是Zeiss研制的一种仪器，包括60厘米透镜的焦点处“斩波”的辐射热测量计。它主要应用在对海船探测上，最惊人的计划是德国特务机构搞的同红外防盗警报系统一起安装在直布罗陀来监视通过海峡的船只。那个故事的插曲和我们怎样挫败它，已在Kimphy我的寂静的战斗一文中谈了。

直到战争末期，Kiel装置安装在德国夜战机上，显然他们必须有能在它的阴极射线屏幕上足能很快显示情况的探测器。这个探测器原来是硫化铅光电元件，这个元件是继Lange发现以后发展起来的。这个事引起英美两国的极大不安，因为，尽管Kiel仪器并不比为夜战而使用的雷达设备好，但大引擎飞机的发展，特别是喷气式飞机使他们很容易捕捉目标；此外，红外探测特别适宜于导弹的自动引导，因为导弹接近时信号增强，并且没有象雷达那样的最小距离问题。当然德国人自己明白这种优点，他们对导弹设计的很顺利。

德国工作者发现硒化铅比硫化物更有希望，并好象碲化物可能更好一些。战后几年中我们自己的发展因此处于这个方向，直至Welker建议，因为硫化铅这一组是II—VI族化合物，锗和硅（也表现近红外光电导）是IV族元素，所以III—V族化合物是有希望的，结果锑化铟获得重要地位。

有二个因素有助于那时探测器的进展，首先是培育晶体技术能力，特别是第二次世界大战前德国Pohl小组和美国麻省理工学院Stockbarger发展的；我在1937年亲自培育晶体去制造同空中防卫工作有关的红外透明物质。这些技术适用于物质的一整个范围，包括半导体，所以这有利于对固体单晶体研究以及理解固体状态的理论。依赖这个理解，也就是第二个因素，适应于王国雷达站和别处探测器的发展显示出很大的预知特性而没有早年用实验方法所固有的那些不稳定性。这样，就可以从本征光电导体进到依赖杂质能级的这些半导体，比如掺金的锗。

进一步发展是Rollin和Goodwin独立的取得了进展。这个就是利用在n-型锑化铟中的自由电荷吸收长波光光子，导致载流子流动性的增长而显示出导性的增强。将晶体放在磁场内可以提高吸收，并且就此产生能调节探测器的回旋加速共振。由于超导磁铁的发展目前能取得这样的磁场。应用这个原理的仪器在1961年—1962年已制出，并能调节到2000微米。他们提供了光学和无线电波的进一步实验桥梁。Glagoleva Arkadieva 1920年首先跨接上这个间隔，当时她指出通过使铁铈屑作为在油中打火的Hertrian振子可产生90微米波长射线，并Ruben已证明：实际上比上述波长更长的330微米波能在汞蒸气中产生。第二个跨接是Dike 1946年提出的，他能利用标准微波技术探测黑体热激发长的波辐射。

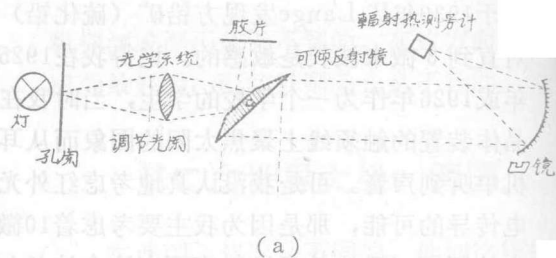
除光电导探测器和热装置如 Putley 的热电探测器的所有这些发展之外，我们也要注意 Luft 的非常精制的探测器，他把它利用在气体分析器中并在探测器中依赖气体辐射选择吸收的作用。这是 Tyndall 想法最先进的改进。他已证明：热的二氧化碳的选择吸收作用可用本生灯通过含有一氧化碳的燃烧瓶看出来。Tyndall 用一个在灯和瓶间以适当频率转动的扇片轮，由于辐射的断续在瓶中产生了热和冷却气体的交换膨胀和收缩可用烧瓶的声学谐振来表明。这装置的巧妙在于对辐射响应的特殊性质，也就是烧瓶中气体的特性。Luft 的分析器在探测气体微量杂质证明是很有效的。

新的应用

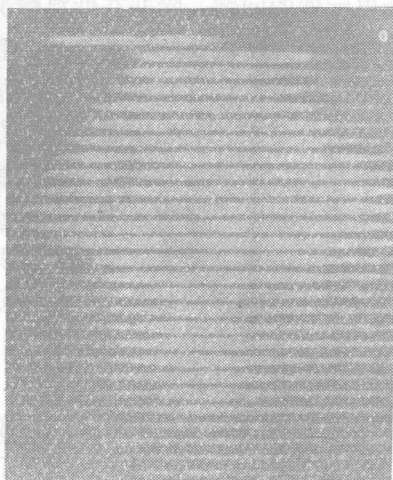
探测器的发展，尽管自身形成了一科目，实际是走向研究各种光源所发射的辐射的时间，空间和光谱方面的特性的终点，因此是研究能源的某种情况—这可以是飞机的位置，分子的光谱，来自癌或传输线热点的辐射。自1945年在这些方面已出现了重大的发展。导弹导航弹头的扫描技术，即在第二次世界大战期间出现的初步形式，现在已完善了。分子光谱学和天文物理学的研究已由干涉度量设施的先驱者 Fellgett 加以重大的改进。

温度记录器

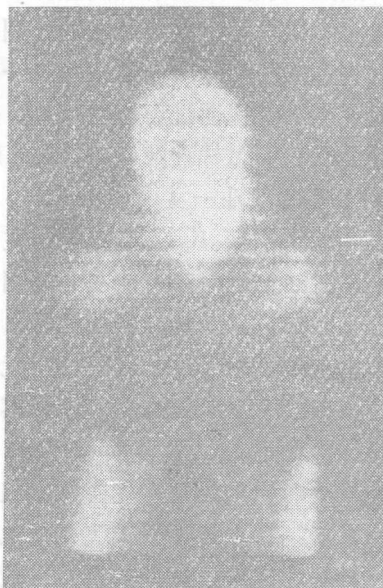
自早期红外研究以来，红外图象转变为可见的象已是一题目。Willan 赫谢耳的儿子，Jahn 设计了一温度记录系统，依赖于入射热辐射引起当地温度升高而使湿纸有差别干燥。多年以后，Gzerny 设计一依赖于油脂膜的差别气化的较有希望的系统，并在第二次世界大战期间由德国人钻研认为是有希望的。从最近设计成功的观点看，特别是 Barnes 工程公司生产的，值得提出的是在



(a)



(b)



(c)

图2 (a) E. Leybold's Nachfolger 研制的温度记录器波茨坦 L (Potsdam I) 的图象。在1944年12月备忘录中。(b) 和 (c) 波茨坦生产的温度记录图。

第二次世界大战期间已由另一个德方研究的 Barnes 系统。由于这个一般是不知道的，所以稍作介绍它的情况那是有帮助的。E. Lebl's Nachfolger of Clansthal 承担了这一研制，并命名为“Potghdam L”仪器。灵敏元件是 Czerny 设计的快速反应辐射热测量器，并且扫描和记录系统同后来用在 Barnes 红外相机上的相似。和温度记录器的设计图以及所成象如图 2 所示。研制的军事目的是用于空中热侦察，虽然仪器在大战结束前达到的性能还差的很远，但它代表了当代温度记录器发展的一重大进步。人体和其它表面的辐射用一些设施能达成近于摄影分辨率的图。

新的发生器

同探测方面对比，在红外辐射产生方面的进展较少，但当然也有一项在科学和技术上和探测器方面相比的事件。这就是激光，其中已有 10.6 微米的二氧化碳和 337 微米氰化氢能获得显著的功率；在 Bell 电话实验室的 C.K.N. Patels 小组和 Heriot—Watt 大学的 S.D. Smith 的 Raman 倒置激光器提供了高分辨的可调的希望。

红外气象学

在许多红外应用中，最引起注意的是牛津的 J.T. Houghtons 小组和 S.D. Smith 小组所采用的麻省理工学院的 L.D. Kaplan 的建议，并且声称在卫星中用气体分析器型探测器观察大气温度分布是可能的。它的探测方法依赖于二氧化碳在 15 微米的放射光谱中由于细致结构因温度的变化而引起的变化。我想乍一看可能许多物理学家说这是不可能的；但已获得二百多万张轮廓图了。

自然探测设备

最后我们谈谈与其他型式的探测方法一起，红外在动物世界中早已出现。Crocodile，一种毒蛇，在它的头部两侧有这样一种器官，它对热辐射很灵敏并用它探测猎物；Bullock 和 Borrett 报导这个器官探测神经反应为 10^{-8} Watt cm^{-2} 的阈灵敏度。Boidal 蟒蛇有唇状的凹坑，灵敏度比前者小 5 倍多，它也用于同样目的。

结 论

差不多在红外工作了 40 年，或者会问我感到它的发展所给我留下的最深刻印象是什么。固体探测器，激光，干涉分光计，温度记录器，人造晶体，导航导弹和大气探测器在这期间已都出现。如果我选择最惊人的那将是激光，可调的长波探测器和大气气温探测器。所有这些成就是惊人的；当我回顾在 1937 年解决在飞机上工作的简单的热探测器实际困难时，我发现目前技术状态是使人难以置信的——虽然我们制造理想的探测器还有一段路程，我们也还缺乏微米范围外的好技术，特别是快速图象显示系统。

我们曾经嗟叹红外技术的令人焦急的状态。如果它已是好 10 倍的话，我们就有理由相信它是有用的，但如果它坏 10 倍的话我们就会放弃它。幸亏许多工作者的巨大努力才使其变成好于十倍多，并且我们开始看到某些值得注意的成果。

译自 “THE RADIO AND ELECTRONIC ENGINEER”

No 3 Vol.42

P117—125 MARCH 1972.