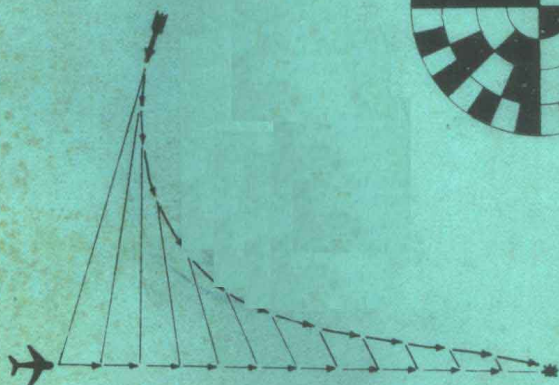
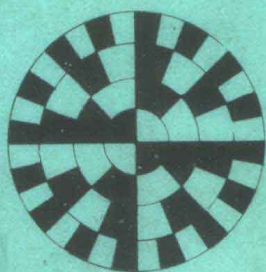


光电装置中的 调制盘



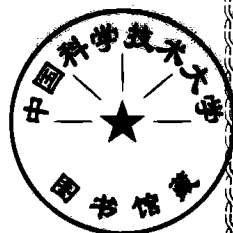
《国外红外与激光技术》编辑组

光电装置中的调制盘

(第 一 卷)

[英] L. M. 比伯曼 著

《激 光 与 红 外》
《国外红外与激光技术》 编辑组译



一九七四年五月·天津

内 容 简 介

本书概括地介绍了调制盘在光电装置中好几方面的应用、调制盘的制作、存在的问题以及用附录形式扼要地介绍了其简单的数学分析方法。

本书可供从事红外技术、光电装置设计、自动控制技术等方面的广大工人、工程技术人员及院校有关专业师生参考。

光电装置中的调制盘

《激 光 与 红 外》
《国外红外与激光技术》编辑组 译

*

《国外红外与激光技术》编辑组出版

天津市第一印刷厂印刷

天津市(15) 215信箱发行

*

1974年5月第一版 开本: 787×1092 1/32

1974年5月第一次印刷 印张: 6.125

印数 0001—1500 字数: 125000

内部发行 工本费1.00元

出 版 说 明

调制盘是光电装置中的一个重要组成部分，对调制幅射功率或改变象质、增强目标鉴别能力和指出目标在空间的位置，起着重要的作用，在国防和民用工业应用中，它日益受人重视。这方面的资料在国内还很少见，遵照毛主席“洋为中用”的教导，我们和《激光与红外》编辑组共同翻译了这一书，供有关人员参考。本书的资料虽较陈旧，但仍不失其参考价值。

在出版过程中，我们还得到《激光与红外》编辑组的大力协助，在此表示感谢。

由于我们的思想水平和业务水平不高，缺点和错误一定不少，诚恳希望读者批评指正。

《国外红外与激光技术》编辑组

序 言

本书是为那些想了解各种形式的调制盘的光学设计师和工程技术人员写的，旨在提供一些简易的工作原理，用以解决日常工作中的问题和罕有的设计问题。此外，还按年代顺序提供一些专门例子。写本书时，参考了大量的专利文献，因为这是详细探讨调制盘当中很少的几种资料来源之一。

我曾听到一些关于调制盘的错误看法，调制盘可代替一切，甚至包括好的敏感器；此外想整理一些记录，即使不完全确切，这也是我的一种癖好。最后，应该说明，在整理全部内容中没有其他国内外的公开出版物可利用，只是力求系统地搜集较主要的一些理论和应用。这是编写本书的原因。

本书开头讨论了早期调制盘或度盘的形式和用途，后来引入一个较现代的概念，这就是作为光调制器件用的调制盘。第二章讨论辐射测量方面的调制盘及完成某些精密测量用的各种实施方法。

第三、四章讨论调制盘的各种性能，因为它们对误差信号的产生有影响，和整理了至今以之为基础来解决各种问题的一些原则。第五章涉及到早期的跟踪研究。第六章探讨背景噪声和跟踪问题。第七章讨论维纳谱的测量问题。第八章论述空中摄影和垂直/水平传感器。

空间滤波问题在第六、七、八章以及附录中都有讨论。我故意删略了涉及到一些空间滤波专题的大量技术和文献，这些专题数学概念太多，因为搞得过于深奥、别致是不适当的。然而，R. 列戈尔特等在附录中讨论了作为空间滤波用的调制盘

的分析技术。第九章专门讨论了调制盘的制作技术。

显然，对于知识广博的读者，在本文中并没有引出某些资料及专门的数字例子是遗憾的。我和 H.G. 埃尔德林力求发掘出一些旧资料，有些是过时的并且不值得引用的。我在这里引用它们，并无报偿地将这些资料公布出来。估计出版后一两年，要发表一些现代的专题论文。

我还愿意指出，在现代俄文译本中，有许多感兴趣的装置和关于红外制导技术的一些方法^①。我以为它可同这篇文章一起作参考。同样，还有第二次世界大战时德国人的研究也一拼发表出来，其标题是“红外导引装置的物理和技术的发展”。作者 E. W. 库兹谢尔在北大西洋航空研究与发展咨询部1956年4月间的一次会议上发表了这篇文章^②。

我对 D. W. 蒙哥马利、H. 莫里斯、J. B. 康伦和 W.L. 沃尔夫为本书作了较长时间的审定工作表示诚挚的感谢。

-
- ① I.Z. Kriksunov and I.F. Usol'tsev, *Infrared Equipment for Missile Homing*, 2nd printing, October 30, 1964, Office of Technical Services, U.S. Department of Commerce.
- ② *History of German Guided Missile Development*, E. Appelhaus, Braunschweig, Germany, 1956.

前 言

“调制盘”一词是指一大类能产生不同光调制形式的光学器件。它使许多种仪器能把对目标产生的效应和其背景区分开来，并给出合适的信号，使得从测量到制导的各种过程成为可能。在少数实验室的理想条件下，可以把研究的辐射源发出的辐射和其他辐射隔开。这样就可以忽略去地板、墙壁、天花板和室内灯具的散杂辐射的影响。在更多的情况下就不是这样。在不是理想的环境下，要从噪声中分出信号，或者从夹杂的辐射中分出所需的辐射，实验的主要方面就得精心拟定各种方法和手段。在野外用仪器来测量或跟踪所需的辐射源时，常常存在着一个从辐射噪声源中分出信号的问题，而且噪声源强度的数量级有可能比其信号产生的特性更大。

从噪声中分出辐射信号的重要方法之一，是对辐射源和噪声作不同的调制。当辐射源处于实验者的控制之下，就可以适当地选择调制方法，直接调制被测辐射源，并在探测系统中采用与调制器特性相匹配的滤波器，将辐射源产生的信号分出来。辐射源常常是很远的，并且（或）是不能直接控制的，例如星体、飞机或导弹。在这种情况下，调制盘通常是接收器的组成部分，其主要功能是起到使被测辐射源与背景分离的调制作用。

关于调制盘的早期研究，主要是凭经验。后来有少数应用科学家和工程师从事此项研究工作。他们从来就很少在公开的文献（专利除外）中披露他们的设计方法或分析。于是，最近有一篇还未公开发表的文章指出，此项研究仍然是凭经验的。

其实并不是这样。调制盘主要是由那些长期使用的人员或设计人员经过深思熟虑之后设计出来的。对于他们，设计过程不是逻辑推理，而是凭自己的经验。因为他们牢记并熟习一些参数。开头的情况通常可以省略，就如两个技术熟练的人之间的谈话，同两个女孩在一次相遇中又重新拾起她们一两天前中断了的话题的谈话，两者好象没有什么不同。话题及内容随从的人是不容易了解的。

这种技术工艺绝大部分是二次大战期间和战后一段时间所作的研究工作的结果。只有很少一部分属于一般用途的已经公开发表了。主要原因是，那些从事这项研究工作的人，又有了更新的研究工作。并且因为从事新的工作比撰写关于老问题的文章更有竞争力。

本书是根据旧材料写成的。它不仅激起了作者的热情，而且也重新激起了作者的许多老同事的热情。他们毫无保留地拿出自己保存的资料，帮助作者核实，证实自己记忆中的材料无误；其中几位：F. 索恩、L. 尼科尔斯、H. 休斯顿和 C. 克鲁斯给了我非常宝贵的帮助。

如果没有 W. 韦耶和 S. 帕斯曼对我的鼓励，作者很可能不会考虑撰写本书，如果没有 P. 坦西帮助收集和整理许多早期的材料，也不能实际动手写。另外如果没有我的妻子和三个女儿的同情和体谅，本书也不会撰写成功。

目 录

序 言	Ⅲ
前 言	V
第一章 引言	1
第二章 辐射测量用的调制盘	7
第三章 用于误差信号发生器的调制盘	28
第四章 误差信号发生器	48
第五章 早期的跟踪研究	65
第六章 背景噪声与跟踪问题	85
第七章 维纳谱测量中的一些问题	115
第八章 摄影用的调制盘	130
第九章 调制盘的制作	155
附 录 调制盘分析的数学方法	163

第 一 章

引 言

“Reticle: 一种小网, 置于光学仪器目镜焦点处的一簇细线或类似的东西
……” (韦氏《新国际词典》第二版)

调制盘, 其最简单形式是简单地作成标线或细线, 置于光学仪器中的适当位置, 以便于提供比较基准或比例尺; 其较复杂的形式, 则具有各种复杂的几何图案, 用以调制和解调光束或光学图象; 把信息包含在光束中或从光束中取出信息; 或者产生特殊的功能, 把机械响应与控制光束 (或象) 的基本特性联系起来。

典型的简单标线片〔注〕, 是高差计中的叉丝和测量用显微镜目镜中的标尺。

图1.1中的测量用放大镜是一种简单而有效的仪器。它有一系列可互换的玻璃标线片, 紧贴着放在被测的平面物体上, 并通过适当的放大镜进行观察。在这种情况下, 标线片标尺的最小刻度是测量精度的主要极限。

在更复杂的仪器中, 原则上使用一个相同的标线片, 但它不与被测物体接触, 而是与物体的放大象接触; 这样, 测量用放大镜就变成了复杂显微镜的目镜组件。

〔注〕“Reticle”一词一般可作标线片、分度线、标线、十字线等。在红外系统中, 它常译作调制盘。此处我们译作标线片——译者。

值得注意的是，放大的办法通常只适用于直线的较精细的测量，而对角度的测量，与简便的方法相比，它并不能直接给出更高的测量精度。简便的测角办法是将被测角的边线与参考分度进行对比或观察。这些简单的标线片，基本上是直线标尺或角标尺，通过放大，便于使人们基本上能用视觉去测量、估值或比较。上述最后一种功能是很重要的，以致设备良好的机器制造厂的检验部门，常备有一种特殊形式的带标线片的放大镜，称为光学比较仪。它上面装有投影屏。

标线片还可以有其他的使用方式，即用它来扫描光束或图象，以便从中取得特殊的信息，或者用这种标线片赋予光束某些特性，而后再用一个或一组适当的探测器读出，因而就提供了一种特殊形式的功用，而用普通的手段来实现可能是困难的。这类标线片，通常称为调制盘。由于它具有很多方面的功用，在远距离控制的飞行器中的许多种制导系统上，得到广泛的使用。这种器件能把飞行器引导到或导向指定的光源，或者只是精确地指示出光轴相对于参考光源（如星体）视线的位置。



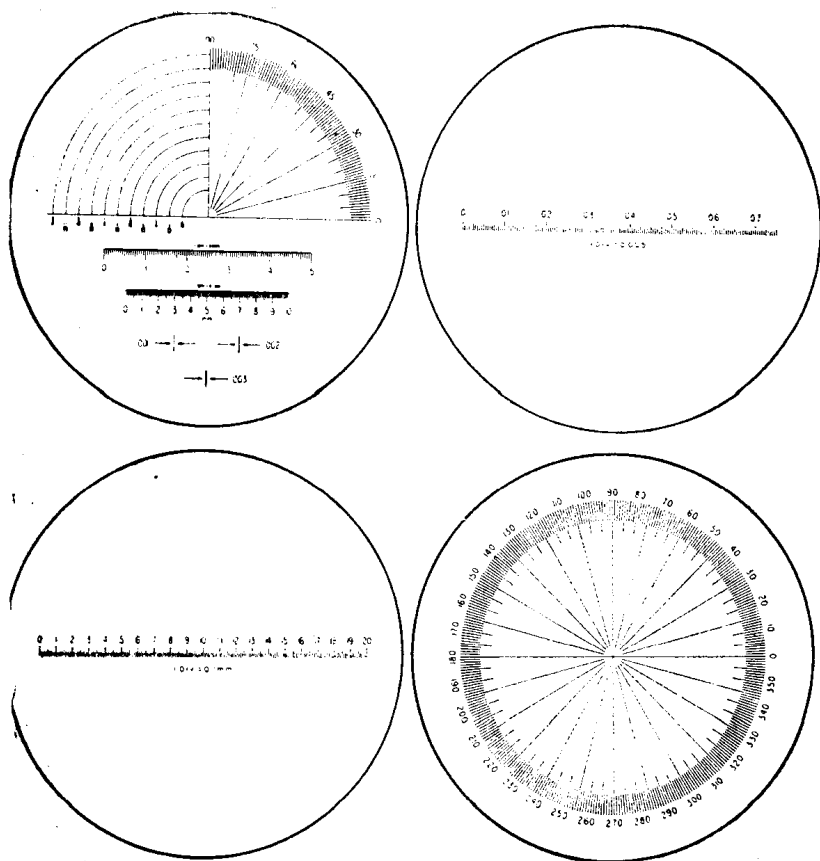


图1.1 有各种标线片的测量放大镜

诸如此类的调制盘，其基本特性则是选择形状(空间滤波)或选择波谱(光谱滤波)，或两者兼有之，因此导致一种全新的研究法出现。这种方法虽然在二次大战前就已经发现。但在五十年代以前，它没有成为一项很好被发展或了解的技术。到1950年，调制盘被作为滤波器使用，并获得了广泛而多样的用途。

调制盘在光电系统中作为探测滤波器使用，有时使设计者

看不清这样一个基本事实，即调制盘作为一个滤波器显然具有一定的透射和挡光损失。这类似于电子滤波器、声学滤波器以及照相术中常见的光谱滤波器的情况。

调制盘的一个有趣的功用是将空间或光谱参数变换为时间域或频率域参数。在这里可以用高度发展的电子学技术来完成由信息论和通讯理论所规定的特定信号处理过程。在信噪比非常低时，要从背景中提取有关信息是极困难的，因而采用高选择性滤波器来提高信噪比。在这个过程中包含有滤波器透射和挡光损失，并且使信号衰减，但最终结果却使信噪比大大提高。

如果能够对物理系统中出现的相互关系和相互依赖作出明确的、有决定性的说明，是很有好处的。它不仅使相当多的人满意，而且对工程技术人员是极其实用的，使他们能够直接给出决定性的、最后的设计，而无须再凭经验无休止地进行试探、设计和试验等工作。于是大约在十年以前，我们这一行人希望应用维纳谱来描述背景特征，并希望由此设计出好的调制盘。诚然，这种设想很好，从数学意义上也能令人满意，但实际事实却使人们对所需的各向同性假设感到失望。高斯分布，以及所有通常精确的东西，使噪声理论和信息论成为明白易懂的工具——当它适用时是这样；当它们不适用时，就白费了气力^①。正好，对我们现在的情况，它们通常是不适用的。然而，美好的面貌遮住了人们的眼睛，模糊了心智，撰写优美文字的癖好还在流行。这类文章仍然是优美的，并且在许多情况下已经提供了取得进展的极好手段——但通常是在有限的有关领域。当我注意到下述情况时往往感到遗憾：这种方法，对调制

^① D. Z. Robinson, Methods of background description and their utility, Proc. Inst. Radio Engrs, 47, 1554(1959)

盘设计，在选定的初始参数下是非常好的第一级近似，但是目前已有如此多的经验基础，对于第一级近似，设计者可以根据自己的或别人的经验做出，并略去设计空间滤波器的麻烦；对于更高级的近似，不管怎样这一方法总是不好。我经常谈到这一点，而且坚信这一点。

再者，已有过多的文章讨论调制盘在频率域的变换。这些文章无疑是有价值的，它使人们能够对调制盘的许多功用有形象化的了解。其中的一些程序是否有充分的事实根据，显然尚有若干疑问。因此我要特别感谢密执安大学的同事们最近的一些文章。他们以十分严格的观点重新开始了对空间滤波器和调制盘的研究。

他们的文章目前显然超出了本书的篇幅，虽然它的价值是异常明白的，但它不能包括在本书内。这里只有大大缩简的一节，简要地列举了先前采用的方法中存在的问题，并给出一种似乎能提供更多希望的分析研究方法，这就是在附录里的文章。R. 列戈尔特等在文章发表之前，就让本书采用了。文章的引言部分说明问题为什么是困难的，后面部分简单地叙述了他们自己的方法。

自从1949年我第一次错误地理解和错误地使用空间滤波调制盘时起，就引起了我的兴趣。从那时起我研制了一系列特殊用途的调制盘，并慢慢地了解了调制盘以及等效的探测器镶嵌图案的作用和关系。探测器镶嵌图案要求很多的设备，但在一定的限度内可得到好得多的结果。

人们对调制盘的功用及使用时要付出的透射和挡光损失缺乏广泛的了解，是作者写书的真正动力。事实上，在1954年底两位天文学家拟定了一项测量极光红外发射的实验。他们的辐射计是冷却的 PbS（硫化铅）探测器，连接一台直流放大

器。我当即询问为什么不用挡光盘或调制盘^①。回答是直截了当的：“我们不愿把一半入射辐射丢掉。”十年后，1964年10月在 Ann Arbor 举行的遥测会议上，我又向不同的人询问了这一问题，可是，得到了同样的回答。或许拖了十年是太迟了，但终于写出一些关于调制盘及其应用的知识、见解以及一些可能被误解的问题。现在就从“丢掉一半入射辐射”的问题开始。

① 在这里我把形式极简单的调制盘称为挡光盘。

第 二 章

辐射测量用的调制盘

在物理科学领域内，有些问题的研究比光谱仪的绝对校准的研究更为迫切、更加费时、也更易受挫折。对在固定谱带工作的辐射计的绝对校准来说，这只是许许多多小挫折中的一部分。

探测器的量子效率随波长变化、有用的校准源的辐照随波长变化以及探测器响应的不可避免的非线性和它的辐照电平的问题，都需要有一种精确而又可重复的方法对校准的辐射作平均的衰减。

尽管照相技术在控制特性的正确和满意程度上有明显的缺点和不足，但是在探测和记录从远紫外区到近红外区光谱过程的应用中，总的看来它仍然是最好而又有效的技术。

因为胶片底版和显影剂变化很大，这也就希望同时需要对每一种底版—显影剂—显影底版间综合订出一种绝对的标准。再则常因许多仪器的孔径特性有变化，所以需要校准象点或整个视场。

于是经过深思熟虑之后，其办法是将象平面遮盖到一定的视场，并移动胶片，造成一系列连续曝光；在遮盖之后取得一系列象帧，在这些象帧上将各种不同的校准源和未知源一对对地连续记录出来。活动胶片的“闪光摄谱仪”，概念上与能在相对高速但又容易损坏各个象帧的装置相类似。然而在一般摄

谱仪或闪光摄谱仪中，只是显影单个的底版或胶片。如果溶液均匀、整个面积的显影过程又一样，则可以一次完成紧密地记录出标准源和未知源，以备日后研究。但是因为光源、未知源和胶片的特性不同，对于一种波长区域的曝光时间可能比另一波长区域的曝光时间要长些。这就需要多次曝光，而每一种的相对曝光时间应当有精确的测定和控制。

在这个过程中，用一个遮光器来提供一种确切而又可重复的相邻曝光的速率。实际上这个遮光器在每一周循环中能通过相邻间隔图象的一系列确定时间周期的入射辐射。这样，它就以最小的间距的1%的时间通过全部辐射，和以最大的间距的99%的时间通过全部辐射。这样的一种遮光器对1%的透射范围有一个1%圆周的槽口，而对99%的透射范围有一个99%圆周的槽口。这种扇形面可作精密加工和测量，所以在有较好设备的分光实验室中，它们是普遍适用的。

提供未知辐射电平和标准辐射电平的主要动态曝光范围的一种最简单的方法，就是利用有间距的扇形面或遮光器，如图2.1所示。遮光器可放置在光学系统的各个部位上，有效地提供一个楔形间距或一个大的动态范围、并有适当数目间距的中等密度滤光器。

利用这种装置可以取得或许5个或10个在大部分曝光带上的一个单线过度曝光的瞬时的而又不同曝光的光谱，而对在小部分曝光带上的那一单线作正确的曝光。相反，比较微弱的线在较少的曝光中是没有用场的，而在最大的曝光间距中是有用的。在相类似的情况中，校准源的密度范围能与未知线的密度作适当的吻合，因而使对照相密度与辐照校正或更改图纸的辅助工作减到最少。

考虑到这一过程中的困难和复杂，人们对这种似乎是偶然