

# F - P 多光束干涉仪的发明者——法布里和珀罗 \*

郭 振 华<sup>†</sup>

( 宝鸡文理学院物理系 宝鸡 721007 )

**摘 要** 100 多年前,查尔斯·法布里( Charles Fabry )和艾尔弗雷德·珀罗( Alfred Perot )发表了人们现在称之为法布里 - 珀罗干涉仪的最重要的论文.法布里 - 珀罗干涉仪对于当前光学和天体物理学的研究是非常重要的仪器.文章主要介绍了法布里和珀罗的生平与工作.20 世纪初,由于他们对光学和光谱学的贡献受到了全世界的物理学家的高度尊敬.后来他们对天体物理学也做出了许多重要的贡献,其中包括 1913 年法布里与 Buisson H 对地球大气中的臭氧层的发现.法布里教授曾是中国物理学家严济慈的恩师.文章也简要评述了法布里教授对严济慈研究工作的深刻影响.

**关键词** F - P 多光束干涉仪,法布里,珀罗,生平与贡献

## The inventors of the multibeam interferometer ——C. Fabry and A. Perot

GUO Zhen-Hua<sup>†</sup>

( Department of Physics , Baoji College of Arts and Science , Baoji 721007 , China )

**Abstract** More than 100 years ago , Charles Fabry and Alfred Perot published a most important article on what we now call the Fabry-Perot interferometer. Despite the great significance of this instrument for present day research in optics and astrophysics , its inventors are almost completely unknown to most physicists. The life and work of Fabry and Perot are briefly reviewed here. They were highly regarded by physicists throughout the world for their contributions to optics and spectroscopy at the beginning of the twentieth century. Later , they also made many important contributions to astrophysics , including Fabry's 1913 discovery ( with H. Buisson ) of the ozone layer in the Earth's atmosphere. Charles Fabry was the mentor of the Chinese physicist Yan Ji-Ci( Tsi-Ze Yan ) , and his influence on the latter's research is also described briefly.

**Key words** F - P multibeam interferometer , C. Fabry , A. Perot , life and contributions

### 1 引言

1897 年,由法国物理学家法布里与珀罗首先发明的 F - P 多光束干涉仪<sup>[1]</sup>,作为科学研究的精密光学仪器,已日益得到了越来越广泛的应用<sup>[2-8]</sup>.现在,在大学的光学与近代物理实验室,以及有关的光谱学与天体物理学研究实验室中,F - P 干涉仪已成为必不可少的重要仪器.

F - P 干涉仪是由两块平行放置的平板玻璃组成.在两块玻璃板相对的平面上镀着薄银膜,银膜对

入射光的反射率为 90% 以上.镀银的两表面之间的距离一般是厘米或毫米量级,并且是可调的或固定的.人们把两板间隔固定的 F - P 干涉仪叫 F - P 标准具或 F - P 光谱仪.两块板本身有一定的小楔角,可以防止未镀银膜的外表面上因反射而产生的干涉.一束自然光入射在一平面板的外表面上,并通过银膜,被限制在镀了银膜的两平板之间,然后在两板之间做多次来回反射.然而在每次反射中,都有一小部分( 1/10 或更少 )入射的自然光通过第二个平板

\* 2002 - 09 - 16 收到初稿,2002 - 10 - 24 修回

† E-mail: guozh2670@163.com

的外表面透射. 结果形成一定倾角的多光束, 并以同一入射角通过干涉仪, 然后由会聚透镜聚焦为像. 这些多光束的干涉在焦平面上产生了非常明亮而异常细锐的同心圆干涉条纹. 随着平面板的反射率增大, F-P 干涉仪的分辨本领也增大, 现代的 F-P 干涉仪的分辨本领大约为  $\lambda/\Delta\lambda_{\min} = 2.5 \times 10^7$ . 它具有非常高的分辨本领与特别高的对比度, 在测量谱线波长的精确性方面已超过了其他的光学仪器, 因而主要用于精确测定光的波长和谱线的多普勒增宽, 以及校准米尺, 长度计量, 测定微小位移与气体折射率等, 它是研究谱线的精细结构和超精细结构的强有力的工具, 它还是激光谐振腔的基本构型, 此外, 它还被用于分析塞曼能级分裂、光的拉曼散射和受激布里渊散射等方面. 在用 F-P 标准具研究谱线的超精细结构时, 通常把两个 F-P 标准具串接使用, 也可以把一个 F-P 标准具与光栅光谱仪或棱镜光谱仪串接使用. 目前, F-P 标准具本身的实际结构也已发生了一些重大的变革. 1956 年, Connes P 首先提出了球面镜 F-P 干涉仪. 此后, 球面镜系统在激光器谐振腔中已占绝大多数. 此外, 还在光谱分析中得到了更广泛的应用. 虽然, F-P 干涉仪在光学中非常重要, 物理学工作者对 F-P 干涉仪也很熟悉, 然而, F-P 干涉仪的发明者法布里和珀罗却鲜为人知. 本文简述了法布里和珀罗的生平及其对物理学与天体物理学的主要贡献, 也简单介绍了法布里教授对中国物理学工作者严济慈研究工作的影响与友谊.

## 2 查尔斯·法布里( Charles Fabry , 1867—1945 )

法布里于 1867 年 6 月 11 日出生在法国马赛<sup>[9]</sup>. 他 18 岁时, 进入巴黎综合工科大学学习, 两年后毕业. 尔后, 为了取得物理教师的学衔, 他回到他的故乡马赛; 1889 年, 法布里得到了任教的学衔以后, 便得到了在公立学校的任教资格. 接着法布里先后在波城、马赛与巴黎的公立中学教书. 在此期间, 他一直在准备有关多光束干涉现象理论的博士论文. 在 1890—1892 年间, 法布里发表了有关干涉条纹的可见度和取向的两篇论文, 其中第一篇论文是法布里和他的导师 Jules Mace de Lepinay 教授合作的, 第二篇论文被法国巴黎大学理学院接受, 作为他的理学博士学位的论文. 法布里的这些论文以及他

随后不久发表的大量的研究论文, 逐步奠定了他在光学和光谱学领域中的权威地位. 1894 年, 法布里代替珀罗任马赛大学的讲师, 在那里他度过了尔后的 26 年. 1904 年, 当 Lepinay 教授退休时, 法布里任马赛大学的物理学教授.

1894 年, 法布里到马赛不久就和珀罗进行了密切的合作, 开始设计并制作那台多光束干涉仪, 这台干涉仪基于法布里已发展的多光束干涉理论. 法布里用他自己的话描述了后来用他和珀罗的名字命名的干涉仪的研究工作是怎样开始的<sup>[10]</sup>:

“关于我们开始研究的题目是突然出现在我的脑海中的, 部分是靠机遇, 因一个电学问题中的观测而来的. 一位和我正在一起工作的年轻物理学家希望研究两个相距为微米或更近的金属表面之间火花放电通过的情况. 他向我请教有关测量如此小的距离的方法. 当时, 我对干涉现象已经很熟悉, 于是我突然想到, 干涉现象可能是唯一能给出所需要的精确度. 我的想法是, 如果能观测到通过金属表面产生的干涉, 那么就可以很容易地解决这个问题, 并且我想到利用一个镀上薄层银的平面玻璃板或许是可能的, 一试立刻就证明这是可行的, 条纹的奇异现象立即给我留下了深刻印象……钠的双线代替了通常观测时不被显露的谱线. 显然, 镀银表面的高反射率是引起这一现象的原因.

我和珀罗立即开始了对镀银膜干涉条纹的研究, 并且接着大量应用.”

F-P 干涉仪的实际发展出现在 1896—1898 年间, 并在 1897 年发表了有关他俩对这一仪器详细描述的最重要的论文. 从 1896 到 1902 年这 6 年间, 法布里和珀罗发表了 15 篇有关他们的干涉仪及其在气象学、光谱学和天体物理学中应用的合作论文. 1901 年, 当珀罗离开马赛前往巴黎后, 法布里和 Henri ( 1813—1944 ) 继续他的有关这个新干涉仪的进一步应用与研究, 其中包括 1908 年有关光谱学标准系统的建立, 1912 年找到了在 He, Ne 与 K 发射谱线中多普勒增宽的证据, 1913 年对光谱波长与基本长度单位标准米进行了比较, 以及 1914 年对光波的多普勒效应的实验观测.

法布里对天文学有很大的兴趣, 导致法布里把 F-P 干涉仪应用到太阳和星体光谱的精细结构研究上. 1911 年, 法布里和 Buisson 在猎户星座星云中发现了星云谱线, 并于 1913 年首次证实了在地球外层大气中的太阳紫外线吸收是由臭氧层完成的<sup>[11]</sup>. 法布里对这个问题一直很感兴趣. 1929 年, 他在巴

黎主持了有关地球表面大气中臭氧层的第一届国际会议。他花费了大量的时间研制更精密的测光仪,用来测量由实验室和天体物理源所发射的谱线强度。在解释地球表面大气中的臭氧层对太阳发射的紫外线的吸收这一现象时,他的这些仪器起了极其重要的作用。

法布里在马赛的第 27 年,是他一生中最幸福的时期,也是他科学生涯中最辉煌的时期,尽管他当时不得不面对那些简陋的实验条件以及为数不多的经费。1921 年,法布里被任命为巴黎大学普通物理学教授兼光学研究所的首任所长。1926 年,法布里又代替先他而逝的老朋友与同事珀罗的职位,任巴黎综合工科学校的教授。法布里一生中发表了 197 篇科学论文,出版了 14 本著作,发表了 100 多篇短文与通俗文章。由于法布里的重要科学成就,他于 1918 年获得伦敦皇家学会 Rumford 奖章;1919 年,美国国家科学院授予他 Henry Draper 奖章;1921 年,富兰克林学院授予他富兰克林奖章。1927 年,法布里得到了法国科学界的最高荣誉:他被选为法国科学院院士。

由于法布里在重要的科学研究所担任领导工作的公正、称职、合情合理、果断的判断力、个人的魅力、清晰的表达力与他的幽默风趣,这使他倍受法国与全世界同行的欢迎,也极大地增加了法布里在光学研究所的行政工作的责任感,这使他把绝大多数时间和精力致力于行政领导工作上。

法布里一生对教学和科学普及都非常感兴趣。他写了教材和有关的科普读物;多年来他一直担任“电子技术导论”这门课程的讲授工作。由于法布里清晰、精练的表达力与巧妙的演示能力,每次讲座,座无虚席,深受学生与工程师的欢迎。他的这些能力也促使德布罗意推荐法布里成为伦敦皇家学会的一名理想的会长。德布罗意的理由很简单:法布里像法拉第一样,他不仅是一位杰出的从事研究工作的物理学家,也是一位使听众入迷的演讲大师。

在第二次世界大战期间,法布里离开巴黎前往离马赛不远的普罗维斯的一个村庄,继续进行秘密的与战争有关的光学研究。当战争结束后,他回到巴黎。但是,这时,他的健康每况愈下。法布里于 1945 年 12 月 11 日在巴黎逝世。他一生对物理光学与天体物理学都做出了许多重要的贡献。他为早年由马吕斯[ Malus E(1775—1812)]和菲涅尔[ Fresnel A(1788—1827)]所建立的法国光学传统增添了许多光彩。这里我们用他自己的话来概括他光辉的一生:

“我的一生全部致力于科学和教育事业,我对科学和教育事业的强烈爱好也带给了我无限的快乐。”

### 3 阿尔弗雷德·珀罗( Alfred Perot , 1863—1925 )

1863 年 11 月 3 日,珀罗出生在法国梅斯<sup>[12]</sup>。他先在南锡附近的公立学校接受教育,然后又到巴黎综合工科学校读书。1884 年,珀罗从综合工科学校完成学业后,又返回南锡,在 Reneprosper Blondlot 的指导下从事物理学研究;1888 年,珀罗由于对热力学常数的精确测定完成了一篇学位论文,然后他又计算出热功当量的值并由此获得了巴黎大学的理学博士学位。珀罗的研究成果与由 Joule 等人最好的直接测量的结果完全一致,同时对热力学基本定律提供了强有力的证据。

珀罗获得学位后,被任命为马赛大学的讲师。他一开始在电工学领域中迅速取得了进展,同时发表了一些有关电磁波方面的研究论文。1894 年,他被任命为马赛大学电工学教授。正在这时,他和法布里开始了富有成效的合作。他俩首次的合作研究是发明了 F-P 干涉仪。该干涉仪曾给他们带来了永久性的名望。有关干涉仪的这个研究方案,这是他俩从 1894—1902 年间最重要的合作项目。在他们的合作中,法布里进行了大量的理论处理、光学测量和计算,珀罗则把他最杰出的制作技能贡献给 F-P 干涉仪的设计和制作方面。为了研究仪器的制作需要,珀罗喜欢把一群天才的技师们团结在他的周围。然而,对于新仪器的发展,法布里总认为,在他们实验室的工作人员中,珀罗是最具有天才的一位。第一台 F-P 干涉仪之所以制作得如此成功,毫无疑问,是来源于珀罗的设计及其制作设备的杰出才能。

法布里和珀罗不断地改进他们的多光束干涉仪,并把干涉仪越来越多地应用到天体物理问题的研究上。他们通过对太阳光谱的绝对波长的精确测量,提出了精确的整个可见光光谱的波长标准,从而最终把光波引入国际波长标准。这清楚地表明,F-P 干涉仪能提供比衍射光栅或迈克尔逊干涉仪更加精确的结果。F-P 干涉仪很快就成为精确测量光谱波长的更受欢迎的仪器。

1901 年,珀罗应邀在巴黎组织和领导了有关艺术与工艺的安全措施试验的新实验室,他的工作做得非常出色。但是,由于压在他身上繁重的行政工作

很快就使他变得疲惫不堪。1908年,珀罗辞去了这个职务而作为贝克勒尔的继承者任巴黎综合工科大学的教授。同时,他在凡尔赛附近的 Meudon 天文台完成了他的大部分研究工作。在那儿,珀罗越来越多地致力于天体物理学的研究,特别是把 F-P 干涉仪用于测量太阳谱线的多普勒频移上。珀罗的这项研究持续了好多年。他对实验物理和天体物理之间的浓厚兴趣激发了他的研究工作。同时,珀罗也继续从事电学方面的研究工作。他对三叶真空管的发展和电报学做出了贡献。在 1920—1921 年间,珀罗试图证实由广义相对论预言的引力红移,但没有成功。珀罗也曾是法国计量局的一位成员,并于 1915 年用英文出版了一本关于以十为公制基础的小册子。

珀罗于 1925 年 11 月 28 日逝世,享年 62 岁。他的同事与亲密的合作者法布里比他多活 20 年。珀罗在法国以外的其他国家物理学家中不太出名,很大一部分原因是珀罗更喜欢与他的家人在一起,而不愿意到国外参加学术会议与旅行。另外,可能也与法国文献中有关珀罗的科学经历的资料很少有关。

上面对 F-P 干涉仪及其发明者——法布里和珀罗的科学经历所做的简述,使我们对这两位法国物理学家在科学上的重要地位有了更清楚的认识。法布里和珀罗在科学史中的重要性不仅基于他们设计和制作了 F-P 多光束干涉仪,而且还基于他们对物理学和天体物理学的许多重要贡献。实际上,上面的描述只包括其中的少数几项。从更深的层次上来说,他们最重要的贡献是:他们深信,实验物理学与天体物理学不分离。法布里本人在 1936 年说的话很好地表达了这一观点:“宇宙中每一事物都有这样那样的联系。地球物理学和天文学两者是不分离的。地和天之间是没有边界的。”

## 4 法布里与严济慈

法布里教授对中国留学生与访问学者关怀备至,充满了友谊。1925 年夏天,中国留法学生严济慈(1900 年 12 月 23 日—1996 年 11 月 2 日)<sup>[13,14]</sup>以优异的成绩取得数理硕士学位后,不久,严济慈师从著名物理学家法布里教授,成为法布里教授的博士研究生。法布里同意严济慈到他的实验室从事研究工作。尔后,巴黎大学理学院法布里实验室为严济慈提供了一切方便条件:严济慈可以随时去取实验室的钥匙,即使夜间做实验,水、电、煤气也照常供应,包括提供研究用的物品与感光材料等。当时,法布里教授给严济慈的研究题目为《石英在电场下的形

变》。这是个难度很大的开创性的实验研究题目。它涉及到极其微小尺度的测量问题。经过严济慈历时一年半的日夜探索与实验,他采用单色光干涉法,在国际上首次精确测定了居里压电效应的“反现象”,并发现了光双折射新效应。对此,法布里教授非常满意。事实上,严济慈不仅出色地完成了导师法布里教授所给的题目,而且对给定题目还大大进行了扩展,完成了《石英在电场下的形变和光学特性变化的实验研究》的博士论文,并于 1926 年 6 月通过了论文答辩。1927 年严济慈获得了法国国家科学博士学位。当时法布里教授恰好刚当选为法国科学院院士。按照法国科学院的规定,在院士例会上,照例要由院士宣读论文。就在法布里教授首次出席的法国科学院的院士例会上,法布里教授并没有宣读他自己的论文,而是宣读了在他的指导下由严济慈完成并即将发表的博士论文。结果,严济慈的这一创造性成果轰动了法国科学院。这是法国科学院第一次宣读由一位中国学者完成的科学论文。这是对严济慈的高度评价。

1928—1930 年间,严济慈再次赴法,在巴黎大学法布里实验室与法国科学院大电磁铁实验室从事研究工作。严济慈在实验上对臭氧吸收光谱进行了研究,并对臭氧吸收系数进行了测量。相继在法国科学院周刊上发表了《臭氧在 3050Å 与 3400Å 间之吸收光谱》(1932 年)和《臭氧在 2150Å 与 3050Å 间之吸收光谱》(1933 年)的论文,引起了国际物理学界的高度重视。现代国际上有关大气中臭氧层厚度的测量方法是基于 20 世纪 30 年代严济慈的有关臭氧对紫外线的吸收的研究工作。新中国成立后,严济慈是我国光学仪器工业的奠基人之一,也是我国光谱学与现代物理学研究的先驱之一。

1937 年 5 月,严济慈赴巴黎出席法国物理学会理事会(他是 1935 年被法国物理学会选为理事的),并参加他的导师法布里教授从事科学教育工作 50 周年庆祝会与退休仪式。在会上严济慈以外国学生代表的名义致贺词,同时向恩师法布里教授表示敬意与感谢。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Perot A, Fabry Ann C. Chem. Phys., 1897, 12 :459
- [ 2 ] Benedek G B, Fritsch K. Phys. Rev., 1966, 149 :647
- [ 3 ] Brody E M, Cummins H Z. Phys. Rev. Lett., 1968, 21 :1263
- [ 4 ] Fabelinskii I L. Molecular Scattering of Light. New York: Pergamon Press, 1968

- [ 5 ] 赵凯华, 钟锡华. 光学(上册)(第1版). 北京: 北京大学出版社, 1984. 330—342 [ Zhao K H, Zhong X H. Optics(I). Beijing: Peking University Press, 1984. 330—342( in Chinese ) ]
- [ 6 ] 程光煦. 拉曼-布里渊散射(第1版). 北京: 科学出版社, 2001 [ Cheng G X. Raman-Brillouin Scattering. Beijing: Science Press, 2001( in Chinese ) ]
- [ 7 ] 王楚, 汤俊雄. 光学(第1版). 北京: 北京大学出版社, 2001. 154—176 [ Wang Ch, Tang J X. Optics. Beijing: Peking University Press, 2001. 154—176( in Chinese ) ]
- [ 8 ] E. 赫克特, A. 赞斯著. 詹达三, 秦克诚, 林福成译. 光学(下册). 北京: 高等教育出版社, 1980 [ Hecht E, Zajac A. Zhan D S *et al* trans. Optics( II). Beijing: Higher Education Press, 1980( in Chinese ) ]
- [ 9 ] Mulligan J F. Am. J. Phys., 1998, 66( 9 ) : 798
- [ 10 ] Fabry C. Astrophys. J., 1926, 64 : 208
- [ 11 ] Fabry C, Bulsson H. J. Phys., 1913 ( 5th Ser. 3 ) : 196
- [ 12 ] Mulligan J F. Am. J. Phys., 1998, 66( 9 ) : 799
- [ 13 ] 朱根逸主编. 简明世界科技名人百科事典. 北京: 中国科学技术出版社, 1999. 149 [ Chief Eitor : Zhu G Y. Concise Dictionary of World Famous Scientific Biography. Beijing: China Science and Technology Press, 1999. 149( in Chinese ) ]
- [ 14 ] 金涛等. 奋斗(第2版). 北京: 科学普及出版社, 1999. 1—32 [ Jing T *et al*. Struggle. 2nd. Beijing: Science Popularize Press, 1999. 1—32( in Chinese ) ]

· 物理新闻与动态 ·

## 磁性石墨 ( Magnetic graphite )

德国来比锡大学的 Esquinazi P 教授及其同事们利用质子对石墨样品进行辐射, 可使石墨在室温下转变为一种纯碳的、不含金属的、轻型的磁性材料. 众所周知, 碳元素具有许多值得注意的固体形态: 一种是粉末状的石墨, 由于它在二维层间只有松散的键约束, 因此可用来作为润滑油或铅笔芯; 第二种是钻石, 由于它在三维空间内都有紧密的约束而成为坚硬的宝石; 第三种就是著名的富勒球; 其他还有碳纳米管等. 所有这些固态碳都具有重要的电性质, 但都没有磁性. 迄今为止还没有任何一种由纯碳组成的样品具有磁性, 当然除了保持温度在绝对零度附近的掺杂的石墨样品.

来比锡研究组利用加速器中的质子对石墨样品进行辐射, 使样品补充少量质子, 这些质子的存在能使碳原子产生微小的磁矩. 可以用灵敏的 SQUID 探测器测出该磁矩, 同时也可用磁力显微镜在样品表面测定磁矩. 过去理论物理学家们曾预测, 若在二维石墨层面上撒上质子, 那么石墨层上碳原子自旋将 100% 发生极化. 现在 Esquinazi P 教授的研究成果一定会对自旋极化带来有趣的应用. 另一方面, 磁性石墨可以作为一种数据存储存储器, 这样, 磁比特就可以直接记录在纯碳薄膜上, 而不再是记录在金属薄膜或金属-半导体薄膜上. 在石墨上的弱磁性将有助于对生物大分子及空间天文学的研究, 这是由于生物分子含有丰富的碳-氢键, 而天体空间在辐照的影响下也是一个富碳的大气云层.

( 云中客 摘自 Physical Review Letters, 28 November 2003 )

## 朦胧超导态

绝缘的铜氧化物陶瓷在少量化学掺杂( 电荷注入 ) 的条件下成为超导体, 其中的缘由让众多物理学家百思不得其解. 最近, 来自美国 Cincinnati 大学和 Los Alamos 国家实验室的 Zhang Fu-Chun 对上述问题提出了一个新的理论解释: 未掺杂的高温超导体母化合物, 在特定的条件下, 可以从它的绝缘态转化成特别脆弱的“朦胧”( gossamer ) 超导态( Phys. Rev. Lett., 2003, 90 207002 ).

大约一年前, Robert Laughlin 提出, 不应把未掺杂的铜氧化物看成是绝缘体, 而应看成是具有特大能隙和特稀超流密度的超导体, 并称其为“朦胧”超导体( 见 LANL Cond-mat/0209269 ). 在“朦胧”超导体中, 库珀对十分脆弱, 这使它不能表现出大块超导体的行为. Laughlin 建议, RVB( 共振价键 ) 模型中的波函数可以作为理解“绝缘体-超导体”关系的出发点.

Zhang Fu-chun 的理论考虑一个有效的 2 维 Hubbard 模型, 格点内电子间的相互作用强度可以被调节. 格点双占据的库仑排斥能由局域量子化学的细节决定. 库仑排斥能量大, 对应 RVB 绝缘体. 如果库仑排斥小于某一临界值, 少量的双占据将可能在平均单占据的背景上发展, 同时产生零占据的空格点. 于是电子获得了跳跃迁移的机动空间, RVB 态转化成为“朦胧”超导态.“朦胧”超导态与化学掺杂超导态相比, 其基本区别在于前者的电子迁移自由度要小得多.

( 中国科学院理化技术研究所 戴闻 编译自 Nature 2003, 424, 6250 )