

穆斯堡尔谱学的近期前景

夏元复

(南京大学物理系)

摘要: 本文讨论了穆斯堡尔谱学应用的突出特点、显著特征、发展趋势、最新进展以及我国穆斯堡尔谱学界的基本情况。

科学的发展使得现代实验科学工作者面临两种选择:或者致力于一个专门领域(例如磁学、超导、缺陷等等),用各种方法和手段来探索它;或者致力于一个专门的方法,并应用它探索不同的科学领域(见图1)。长期从事前者可能成为某一领域的专家,而长期从事后者可能成为某一方法的专家。但很少人能够兼而得之,这主要是由于财力和精力的限制。由此,学术会议、丛书、学会、数据中心……也都分为二类:以领域划分的或者以方法划分的^[1]。

穆斯堡尔谱学起源于核物理。它应用原子核无反冲的 γ 射线共振吸收来研究物质微结构,是一种重要的核技术和核方法。说它重要,是因为它有二个突出的特点:

(1) 它的能量分辨本领是迄今所有物理手段中遥遥领先的。对于Fe—57,能量分辨本领可达 10^{-13} 量级,对于Zn—67,可达 10^{-16} 量级。由于穆斯堡尔效应的发现, γ 射线能量测量的精度一下子提高了八个数量级以上。

(2) 穆斯堡尔效应是研究原子核与核外环境间超精细相互作用的有力手段。在穆斯堡尔效应发现以前,虽然已有实验可以导出超精细相互作用参数,但方法是颇为间接的。而穆斯堡尔参数可以区分各种超精细相互作用,并且将这些相互作用所引起的核能级的细微移动和分裂分辨开。从而为物质微结构提供直接信息。

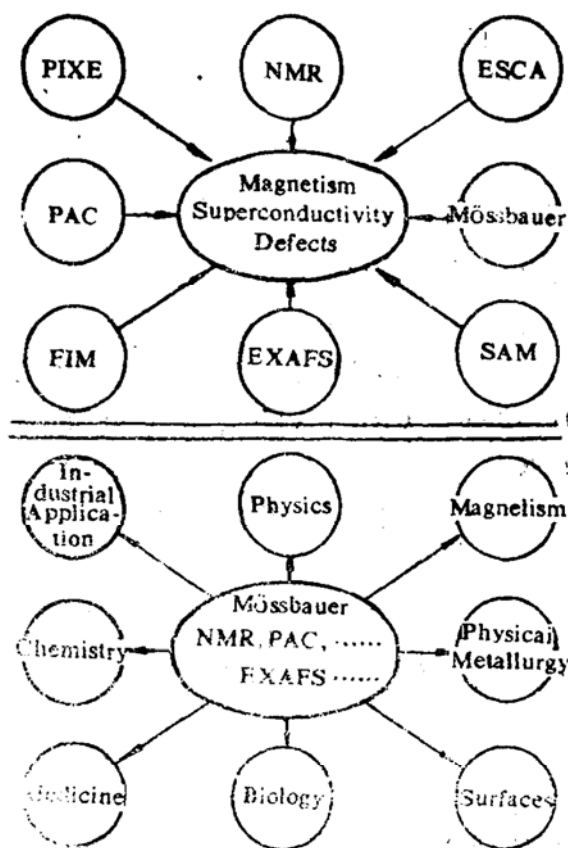


图1.从事科学研究的三种方法

正是由于这二个特点,使得对穆斯堡尔谱学研究的兴趣在近十年来一直持续在高水平上,每年发表的论文一直保持在二千篇左右,未见减退。并且具有以下特征:

由定性分析走向定量分析;

由着重于基础研究,走向兼有基础研究和应用研究;

由着重于晶相,走向既研究晶相也研究非晶相;

由“经典的”实验布置，走向方法学上的巧妙安排。

图2给出每年穆斯堡尔谱学论文的发表数，图3给出应用于一些专门领域的情况^[2]。可以看到，对矿物研究的兴趣在1980年左右达到高峰，随之有所下降。而在近十年中，对非晶材料穆斯堡尔研究以及对内转换电子

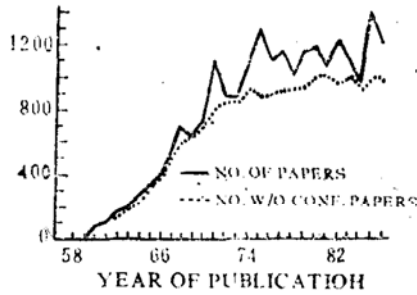


图2. 每年穆斯堡尔论文发表数。实线是总发表数，虚线所示为总发表数减去会议论文发表数。

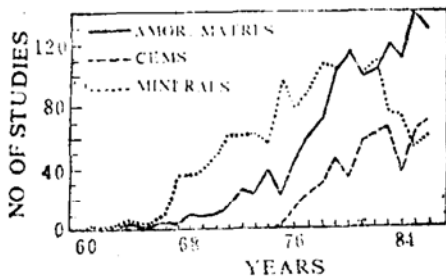


图3. 在非晶材料、内转换电子穆斯堡尔谱学及矿物学三领域穆斯堡尔谱学论文逐年的变化。

穆斯堡尔谱学的兴趣始终在上升。前者是由于能提供穆斯堡尔核周围的局域结构信息，而这是很多传统方法不可能提供的。后者是由于表面研究日趋重要。

穆斯堡尔谱学近年在第三世界国家中发展特别迅速。1986年3月，第三世界科学院为此专门召开关于穆斯堡尔谱学的南—北科学合作圆桌会议，在会议的总结报告中指出：

“穆斯堡尔谱学已被证实是一种从核物理到医学这样广泛的研究课题的最有效的实验方法之一。即使在发展中国家中，无论从教育和研究的角度看，都是一个理想的技术手段。这一方法的广泛传播在于：它能用比较简单

的实验装置进行最高能量分辨本领的实验。这一方法已能用于任何第三世界国家的实验室中，并能有效地推动第三世界的技术进步。这对第三世界国家有特别重要的技术意义，例如用于研究矿物、土壤、环境保护、金属腐蚀和催化等。它不需要十分昂贵的实验设备，适合第三世界国家的国情。而且其应用面在不断扩大，几乎包括科学和技术的各个方面”^[3]。近十年来在西欧和北美，每年发表的穆斯堡尔谱学论文数是下降的，但是由于在中国、印度和南美洲的增长而得到弥补。以上这段论述精辟地说明为什么穆斯堡尔谱学在发展中国家普遍受到重视的原因。

今天穆斯堡尔谱学研究的现状又是如何呢？核物理学家认为：今天，穆斯堡尔效应领域仍然是非常活跃的，并且在继续为古老课题的完美解决、为新现象的意外出现、为灵巧应用于新技术的可能性以及为在那些远离物理学的领域中富有独创性的应用等方面有着不可估量的前景^[4]。

文献[5]介绍了近年来在穆斯堡尔谱学研究中已取得的进展。它们是：

(1) 方法学上的新进展

1980年以来新发现五个穆斯堡尔跃迁。至此，已发现的穆斯堡尔元素达46个，穆斯堡尔核素91个，穆斯堡尔跃迁112个。除Fe—57, Sn—119和Eu—151外，其它核素的研究工作已占17%，Zn—67, Ta—181和Ge—73这三个能量分辨本领特别高的穆斯堡尔核素的开发受到特别重视。

已经首次成功地将同步辐射作为穆斯堡尔源，观察到不锈钢的穆斯堡尔吸收谱。

内转换电子穆斯堡尔谱学 (CEMS) 的发展是引人注目的。最引人注目的一是将CEMS方法应用推广到低温，至液氮温区甚至更低；二是微箔 (Microfoil) 内转换电子探测器 (MICE) 的出现大大改善信噪比。

(2) 获得更多信息的探索

穆斯堡尔成象的设想已被提出，样品中穆斯堡尔参数空间分布的获得，至少将在材

料科学中产生很大的影响。

穆斯堡尔衍射研究的开展开拓了一个对新的集体现象的研究领域。

穆斯堡尔辐射的瑞利散射(RSMR)研究对研究原子和分子的动力学十分有效,尤其便于测量比较慢的原子运动,例如蛋白质的动力学问题。

射频激励效应和射频崩塌效应的研究已对铁磁材料和非晶材料的微结构测定起了作用。

(3) 在新研究领域中的活力

穆斯堡尔谱学在自然科学的各新研究领域一直保持着充足的活力,这些领域都因穆斯堡尔谱学方法的应用而得益。非晶材料研究、离子束材料改性研究、人工合成金属材料研究、高 T_c 超导材料研究、生物大分子研究、超细微粒研究、低维材料研究、自旋渡越研究等是其中的一些突出例子。

(4) 直接的工业应用开始受人注意

在钢铁工业中已有十年付诸实际使用的历史,并且在钢铁制造过程、表面处理过程、抗蚀过程以及冶金学研究中都几乎无处不用。

煤和矿石的加工中也付诸应用,包括矿石品质鉴定、炼焦、脱硫、液化、气化等。

催化领域的实际应用也已有多年历史。与许多其它谱学手段相比较,它之所以能成为特别有效的方法是因为它既可以在高真空,也可以在反应条件和不同气氛中进行研究,既可以研究晶体,也可以研究高分散的小颗粒和非晶相。

直接的工业应用还包括应用于非晶合金材料的生产、特种玻璃的生产、以及磁记录材料的生产。

我国穆斯堡尔谱学研究自七十年代中期以来发展是十分迅速的,在国际上受到瞩目。1988年国际穆斯堡尔谱学数据中心在二年一次的报告中评述说^[6]：“四年前我们曾评述过穆斯堡尔谱学在中国日益增长的兴趣。而在近二年中我们更见到了这种兴趣带来的成

果。在穆斯堡尔谱学领域,近二年在中国已发表约二百篇论文。这些论文中多数是以中文写的,但也越来越多地开始以英文写就。

已经出版了一本穆斯堡尔谱学的专著,题为《穆斯堡尔效应及其应用》,共十章约四百页^[7]。1987年国际穆斯堡尔谱学会议总结中^[1]也特别提及中国：“尤其中国已经在穆斯堡尔谱学的研究活力方面有了一个巨大的跃进,已经比诸如法国和美国在这方面的活力更强。”国际委员会并决定,1991年9月在中国举行二年一度的国际穆斯堡尔谱学会议。这次国际会议现已决定在南京举行。在第七届全国核物理会议后,纽约《中报》以头条版面报导了我国的这次会议,特别提及我国穆斯堡尔谱学研究“已经跻身世界前列”。

我国穆斯堡尔谱学工作者近年每年发表的论文数占世界总数10—12%。在最近二届(1985, 1987)国际穆斯堡尔谱学会议上,我国学者的论文占总数的约15%,仅次于西德、美国和苏联。到目前为止全国共有谱仪约一百台,全国二十五省市自治区(除新疆、西藏、内蒙、海南、云南、浙江)有穆斯堡尔谱学实验室。共有从事穆斯堡尔谱学的专业工作者二百六十余人,一般人员数百名,在全世界近二千名穆斯堡尔谱学专业研究者之中,已成为一支可观的力量。

我国穆斯堡尔谱学发展尚存在严重不足,在以下诸方面特别反映出在质量上的差距:

(1) 研究工作基本上限于Fe—57,仅有少数小组开展Sn—119和Eu—151的工作,此外数十个穆斯堡尔核素尚未开发。

(2) 绝大多数研究仅限于室温下透射式测谱,CEMS(尤其是DCEMS)研究开展得很少,液氮温区、强磁场、高压条件下的研究均甚少见。

(3) 理论研究尚属少见。

(4) 虽然国产穆斯堡尔谱仪从质量上完全符合要求,但因盲目进口而已造成工厂

(下转19页)

(上接22页)

滞销。进口谱仪型号严重重复、缺少配件以及仅限于购买低档次产品,造成严重浪费。

(5)但另一方面在穆斯堡尔谱学方法的深入探索尚很不足因为属于基础研究,难以得到资助。在一段时间以后,这将影响到应用工作的推广和深入。

参考文献

- [1] U.Gonser, *Hyperfine Interactions* 40
265 (1988)
- [2] J.G.Stevens, *Hyperfine Interactions* 42,

1215 (1988)

- [3] Final Report of South—North Roundtable on Mössbauer Spectroscopy, The Third World Academy of Sciences, 6—8 August 1986, Trieste, Italy
- [4] 贡泽尔著, 穆斯堡尔谱学(I), 夏元复等译, 科学出版社, 1988年。
- [5] 夏元复, *核技术*, 11 (12) 1 (1988)
- [6] J. G. Stevens, L.H. Bowen and K.M. whatley, *Anal. Chem.* 60, 90R (1988)
- [7] 夏元复等, 穆斯堡尔效应及其应用, 原子能出版社, 1984, 北京