

# 穆斯堡尔谱学研究现状及发展趋势

李 士\* 李发伸\*\*

**摘要** 近年来穆斯堡尔谱学的研究和应用取得了很大进展,除了各国各地区举办的区域性或专题性会议之外,作为穆斯堡尔谱学界最重要的活动是每两年举行一次的国际穆斯堡尔效应应用会议(Intern.Conf. on Appl. Mössbauer Effect, 简称 ICAME)。1987年 ICAME 会议在澳大利亚召开。此次会议的研究论文基本上反映了 1985 年以来,穆斯堡尔谱的研究现状及进展。本文将评述近两年来的最新进展,并简要介绍 1987 年 ICAME 会议情况。

## 一、概 述

1987年穆斯堡尔效应应用国际会议(ICAME)于8月17日至8月21日在澳大利亚墨尔本的 Monash 大学召开,来自世界 28 个国家和地区的 164 名代表参加了会议。其中人数最多的六个国家是:西德 28 人,美国 21 人,日本 20 人,澳大利亚 18 人,中国 10 人(包括台湾省一名学者),印度 9 人。

会议分为三种形式,一是大会特邀报告,宣读论文 24 篇。二是墙报,除特邀报告外会议全部报告 224 篇均以墙报的形式张贴。三是专题讨论会。如超导材料专题讨论会等。专题讨论会有的是事先安排,有的是临时组织的。

会议期间,除了进行学术活动之外,还对所有提交大会的论文进行了背靠背的评审,以决定是否收入大会会议集中。经审定最后收入会议集的论文数 260 余篇。这 260 余篇论文将刊登在 1988 年一季度《Hyprtrine Interactions》国际性杂志上。

## 二、研究现状和进展

这次会议展示的 446 篇研究论文涉及到各个学科领域,代表了当前穆斯堡尔谱学的发展方向。可以说在研究物质微观结构的自然科学各个领域几乎都有踪迹,如物理学、化学、磁学、矿物地质学、考古学、生物学和医学、冶金学、环境保护等等方面。

在穆斯堡尔效应方法学和理论方面,近年来也有一些进展。在这方面的进展主要表现为:一是穆斯堡尔放射源的使用种类有增加的趋势。如过去使用不普遍的  $^{121}\text{Sb}$ 、 $^{125}\text{Te}$ 、 $^{129}\text{I}$ 、 $^{161}\text{Dy}$ 、 $^{170}\text{Yb}$ 、 $^{237}\text{Np}$  等放射源。二是现在穆斯堡尔谱学的研究工作使用单纯常温常压的研究报告已为数不多了,现普遍采用超导磁场,液氦低温等实验条件。对于低于 1 K 温度的超低温实验工作也越来越多(一般采用  $3\text{He}-^4\text{He}$  稀释致冷,或绝热去磁致冷技术)。三是采用较新的实验方法和技术方面的工作多,如射频激发和射频崩溃效应、穆斯堡尔双共振、极化穆斯堡尔谱、高分辨穆斯堡尔谱等等。在穆斯堡尔谱学理论方面,美国学者提出了分析反散射内转换电子穆斯堡尔谱角和能量分布的理论模型,西德学者提出了核衍射的量子拍和速度上升。说明理论方面至今仍是很为人们重视的研究课题。在谱仪和探测器方面,内转换电子穆斯堡尔谱学技

\* 中国科学院高能物理研究所

\*\* 兰州大学物理系

术发展很快,它已成为表面研究方面的一种新手段。苏联学者研制了高效可进行深度选择的内转换电子探测器(OCEMS),可以进行不同深度的探测。西德学者研制了一个低温内转换电子正比计数器、温度下限可达到液氦温度。荷兰学者设计了一个新的减速电场电子谱仪也可用于深度选择分析。此外日本学者设计了压电耦合的穆斯堡尔振子,比电磁驱动的振子性能优越,是振子发展的一个方向。

在固体物理和磁学方面,非晶态磁性材料方面的研究是最重要的课题之一。因为对非晶态磁性材料的宏观性能与微观结构的研究,是改善材料磁性和研制新型非晶态材料的一个重要途径。利用穆斯堡尔效应研究非晶态涉及到非晶合金、非晶玻璃、非晶半导体等方面。并且对它们的结构、电子态、相变、稳定性、结构弛豫和晶化过程等方面进行了研究。在这方面比较出色的有代表性的工作是波兰华沙大学穆斯堡尔谱学工作者 Kopcewicz 等人用射频激发研究非晶磁性合金,得到了比较系统的结果。他们在实验中对非晶样品外加一个射频场( $\sim 50$  MHz),则由于快速弛豫效应可以将磁超精细相互作用消去,消除了磁分裂谱线的影响,可以很容易地对四极分裂谱进行研究。

在磁学方面,除了对一些传统课题,如磁有序、晶位分布、超精细场、自旋、相变、超顺磁性等进一步深入研究之外,一个值得注意的动向是研究微磁性。如表面磁性、介面磁性、超薄层磁性等。波兰学者 Korecki 在会议上报告了表面磁性的研究进展综述报告,说明了表面磁性是一个开始受到重视的研究课题。另外在磁学方面比较出色的工作还有西德学者 AbdElme-guid 等人的高压下  $4f$ ,  $3d$  磁矩的不稳定性的报告,他们对金属体系中的不稳定性 and 磁相互作用进行了深入的讨论。

高温超导材料方面的研究,是当今世界磁学界比较热门的研究课题之一。同样用穆斯堡尔效应能否对超导研究做出贡献?也是各国穆斯堡尔谱学工作者感兴趣的研究课题之一。目前世界上不少国家的穆斯堡尔研究组都进行了这方面的工作,所用的超导材料样品以  $YBaCuO$  为主,渗入极少量的  $Fe$ 。所用的穆斯堡尔核除了  $^{57}Fe$  之外,还有  $^{151}Eu$ 、 $^{119}Sn$ 、 $^{166}Er$ 、 $^{155}Gd$  和  $^{161}Dy$  等。给人们的印象是这些研究工作的结果不够深入、物理思想不甚明确、个别的只限于测出了几条谱线。当然这在研究工作的起步阶段是难免的。对于用穆斯堡尔谱学技术研究高温超导材料能否有广阔的前景,目前各国穆斯堡尔谱学工作者还存在着明显的分歧意见。

在化学方面,穆斯堡尔研究课题正朝着更深入、更细致地研究传统课题方向发展。例如仍然对各种各样配位化合物的性质和结构进行更深入的研究。在催化研究中 *in-situ* 方法使用已很普遍,并且在研究中除了使用穆斯堡尔谱仪之外,还广泛配合使用其它新技术,如 X 射线光电子谱、电子自旋共振等。在化学方面还有一个值得注意的动向是对在固态化学领域中的研究问题更感兴趣,如腐蚀研究方面的研究成果已从定性向定量分析的方向发展。

在生物医学中的应用是穆斯堡尔谱学最吸引人的应用领域之一。研究的样品主要集中在血液和生物组织、如血红素蛋白、铁蛋白、乳清蛋白、肺和肝脏等。美国学者 Long 在会上介绍了这方面的研究,基本上代表了当前生物组织方面穆斯堡尔谱学方面的研究水平。此外,近年来在医学上的应用可能性的研究报告很多,但主要用于研究血液病和职业病等方面,还没有突破性的进展,如在医学中实际临床应用,还有相当的距离。

在地质矿物学方面的研究课题大部分还集中在一些传统课题上,主要用于分析矿物结构、相分析等方面。对于准确定量相分析还存在一定的困难,这主要由于各相的无反冲分数有时

很难确定。除了对地球上的矿物进行研究以外,对陨石、月球土壤、海洋和湖泊的沉积物也有一些研究报告。特别是对于沉积物的研究是穆斯堡尔谱学在地质矿物学方面研究的一个新领域。此外,在地质矿物学中,穆斯堡尔谱学有朝着与能源的开发利用、找矿的方向发展。

在考古学方面,穆斯堡尔效应的研究基本上还局限于对古陶器、瓷器、18世纪墨水、制陶粘土等方面的样品,阐明一些有关产地、年代、制造工艺和条件等方面的问题。在这方面埃及、西班牙、巴西和我国学者做了不少工作,也未见有突破性的工作。

近年来,穆斯堡尔谱学工作者十分重视穆斯堡尔效应在工业中的应用,如意大利、巴西、印度和苏联等国家学者对铸铁的腐蚀和激光辐照后的相变、钢板的腐蚀锈层的氧化过程等进行了研究。对辐照损伤机理、磨损和表面处理等方面提供了许多有用的信息。在燃料工业方面对煤的研究,包括煤的表征、加工过程、炼焦、液化和气化等方面都有许多成功的例子。在石油工业中,对油页岩的研究,发现生油岩层的成熟度与所含铁物相间有一定的关系,这对石油地质研究和找油具有一定的意义。在建材工业中,对水泥、耐火材料进行研究,如埃及学者对波特兰水泥进行了分析,对提高水泥质量提供了依据。总之,穆斯堡尔效应在工业中的应用是今后穆斯堡尔谱学应用发展的一支重要分支。

### 三、发展动向和趋势

穆斯堡尔效应从发展至今也只有近30年的历史,但发展的速度是惊人的。正如穆斯堡尔在1961年获诺贝尔奖金的演讲中预言“我们预期物理学的这一年轻分支仅处在它的开始阶段,不仅在扩展已有知识的应用方面,而且在对动人的未知现象和效应的了解方面,在将来还会有发展”。这段话已证明是十分正确的。现在穆斯堡尔谱学的发展趋势,西德著名穆斯堡尔谱学科学家,贡泽尔教授(U. Gonser)归纳为四点:(1)由定性研究逐渐向定量研究方向发展;(2)由集中于基础研究向应用方向发展;(3)由经典的一般的实验手段和方法向更为精巧的实验方法发展;(4)从较多的集中于晶态材料的研究向较多集中研究非晶态材料方向发展。以上四个方面的概括是非常符合当前穆斯堡尔谱学的发展趋势的。

从这次会议所交流的学术论文中可以看出穆斯堡尔谱学学科发展的新动向,可归纳为三点:(1)使用同步辐射作为穆斯堡尔源进行穆斯堡尔实验的研究工作取得了很大的进展。其诱人的前景是其强度强(一般放射源强的 $10^7$ 倍)、高稳定性和高准直性,其能量则可“任意”选择。虽然离实用还有一段距离,但为期已经不远了。(2)利用穆斯堡尔谱学研究高温超导材料。(3)近两年来穆斯堡尔谱学的研究工作在发展中国家有较大的发展。国际穆斯堡尔数据中心主任美国J. G. Stevens教授提供的数据表明,亚洲地区(主要是中国)论文发表总数急剧上升,而欧美地区论文发表总数保持恒定并略有下降,这些数据给与会代表非常深刻的印象。

综上所述,从本届会议研究课题的分布情况可以看出,在基础研究、应用研究、新方法、新材料等方面都有很大的进展。最活跃的课题似乎是有比较明显应用前景的非晶态材料、超导材料、合金、半导体材料、催化剂等方面。此外,在工业生产上的应用课题受到较大的重视。在基础研究方面正在采用各种最新发展的方法,研究深度已深入到表面层和介面,化学和电子结构等层次上。

#### 四、穆斯堡尔谱学在中国

近年来我国穆斯堡尔谱学方面的研究工作发展十分迅速, 现已有近百个穆斯堡尔研究小组, 数百名从事这方面研究工作的科研人员。1981 年成立了以核物理学会领导下的穆斯堡尔谱学专业组, 全国性的穆斯堡尔谱学会议每两年举办一次。近年来穆斯堡尔谱学专业组同国际穆斯堡尔组织取得了联系, 得到国际上的一定重视, 我国科学工作者的文章和数据被国际穆斯堡尔数据中心收集, 在国际上的影响是好的。这主要表现在我国穆斯堡尔谱学工作者在国内外发表的论文数量有很大的增长。但是与国外同行相比我们还有一定的差距主要表现在: (1) 使用的穆斯堡尔放射源种类太少, 目前只限于  $^{57}\text{Fe}$ ,  $^{119}\text{Sn}$  和  $^{151}\text{Eu}$ ; (2) 实验手段比较单调, 缺乏极端条件下(如液氦低温、强磁场、高压等)穆斯堡尔实验数据和测量手段; (3) 选题不新, 物理思想比较欠缺, 表现在工作不够深入、某些工作显得粗糙; (4) 穆斯堡尔理论工作方面基本上是空白。我们认为今后应以地区为单位, 建立地区穆斯堡尔中心实验室、配备极端条件下穆斯堡尔实验装置(根据我国财力, 无须各单位均搞一套极端条件下实验装置), 开展技术协作。在选题上要瞄准国际空白, 利用我国的某些优势(如考古方面), 开展材料科学、能源、考古、工业中的应用和穆斯堡尔方法学、理论方面的工作。在研究中加强国内国际上的合作, 在物理思想方面多下功夫, 力争作出较多的选题新颖、独特、前沿性的工作, 以迎接 1991 年将要我国召开的国际穆斯堡尔效应应用会议 (ICAME)。

#### 参 考 文 献

- [ 1 ] Abstract Book, Internation Conference on the Applications of the Mössbauer Effect, Melbourne Australia, 17—21 August 1987.
- [ 2 ] R. L. Mössbauer, Les Prix Nobel en 1961 (Nobel Foundation, Stockholm 1962), p. 136.
- [ 3 ] R. L. Mössbauer, Science, 137(1962), 731.

### THE STATUS QUO AND DEVELOPING TREND ON RESEARCH OF MOSSBAUER SPECTRUM

Li Shi Li Fashen

#### Abstract

Research and application of Mössbauer spectrum have made a great progress in recent years. In addition to regional conference and workshop of Mössbauer spectrum, as the most important activity of Mössbauer Spectrum Circle, International Conference on Application of Mössbauer Effect (ICAME) is held every two years. ICTME of 1987 was held in Australia. Research theses of the conference of 1987 basicall represented the status quo and progress on research of Mössbauer spectrum since 1985.

In This paper the recent development of Mössbauer spectrum over past two years is reported and ICAME of 1987 is briefly introduced.