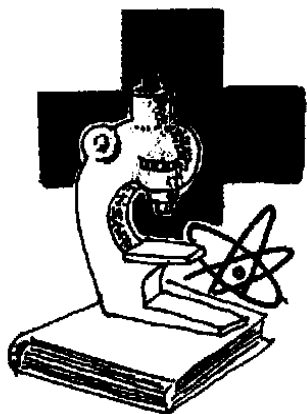


核磁共振成像技术的实验艺术

郑 乔 刘 虎

(石家庄铁道学院数理系 河北 050043)



2003 年生理学或医学诺贝尔奖授予美、英科学家,以奖励他们在核磁共振成像技术

方面的贡献。核磁共振技术自 1946 年,美国哈佛大学的珀塞尔(E. M. Purcell)和斯坦福大学的布洛赫(F. Bloch)宣布,他们发现了核磁共振 NMR(nuclear magnetic resonance)(为此,他们二人一起获得 1952 年度诺贝尔物理学奖)。至今,核磁共振理论已经成为一种探索、研究物质的微观结构和性质的分析手段。50 多年来,由这项科学发现形成的新技术,已取得了惊人的进展,不仅广泛应用于物理学、化学、材料科学,成为生命科学和医学领域中最重要分析、诊断工具,而且已经导致了两个诺贝尔奖(1952 年度物理学奖、2003 年度生理学或医学奖)。回顾核磁共振理论及技术的发展历程,我们不得不为它的实验艺术所叹服!

测量核磁矩的巧妙设计

我们知道,物质是由原子组成的,而原子又是由电子和原子核组成的,电子带负电,原子核带正电。当带电体在物质内部形成稳定封闭电流时,对外将表现出磁矩。原子中电子磁矩以玻尔磁子 $e\hbar/2m_e$ 为单位,其中 m_e 为电子质量;原子核磁矩的单位为核磁子 $e\hbar/2m_p$, m_p 为质子质量。由于质子质量是电子质量的近 2000 倍,因此,核磁矩仅约为电子磁矩 1/2000。目前还没有合适的模型来计算核磁矩,核磁矩只能由实验测出。但若按通常测量磁矩的方法,将磁矩转化为强度信息来探测,它的信息将会被强大的电子磁矩信息所掩盖。这是令人感到困扰的问题。如何测出核磁矩?

科学家借助核磁共振现象,将测量核磁矩大小的信息转化为共振频率大小的信息来探测。核磁矩与电子磁矩的巨大差别正好使它们的信息落在相隔很远的频率区域。核磁共振谱落在射频区,而电子的磁共振(顺磁共振)谱落在微波区,彼此不相干涉,有利于干净地分别测量;这真是一种实验艺术,而这种艺术则来源于深刻的物理思想。

核磁共振成像的物理思想

由于原子核具有核磁矩,当它处于恒定外磁场时,如果同时再加上一交变电磁场,就有可能引起原子核在子能级间的跃迁。当交变电磁场的频率 ν 所相应的能量 $h\nu$ 刚好等于原子核两相邻子能级的能量差时,即:

$$h\nu = \gamma_N \hbar B_{\text{ext}}$$

处于低子能级的原子核就可以从交变电磁场吸收能量而跃迁至高能级,产生共振吸收现象——核磁共振现象。原子核产生共振吸收现象决定于原子核的旋磁比 γ_N 和恒定外磁场 B_{ext} 两个因素。不同的原子核,其旋磁比不同。而且,即使是同一原子核,由于核外电子所处的位置不同,它对外磁场的屏蔽作用不同。这些差异会使原子核感受的外磁场略有不同,人们可用测量核磁共振谱的方法探索分子结构、甚至测量原子核的某些特性。然而,核磁共振谱的方法只能使人们了解样品的物质结构特性,无法知道样品的空间分布信息。如何既能知道样品的物质结构特性,也能知道样品的空间分布信息? 20 世纪 70 年代初期,美国科学家劳特伯(P. C. Lauterbur)等提出,在均匀的磁场上叠加一个与空间位置有关的梯度磁场,这样,由于空间各点的磁场不同,使得空间不同点的共振频率也有所不同,从而共振频率与样品的空间分布有关。若再用适当的电磁波照射,根据样品释放出的电磁波就可以绘制成样品某个截面的内部结构图像。随后,英国科学家曼斯菲尔德(S. P. Mansfield)又在此基础上提供了用计算机快速绘制图像的数学方法。两位科学家由此一起获得 2003 年度生理学或医学诺贝尔奖。他们美妙的思想,不仅解决了确定样品的空间分布问题,而且由此发展起来的核磁共振成像技术及相关技术已在医学、生物学、材料科学、空间探测等领域发挥了巨大的作用。

发展中的核磁共振成像技术

从原理到实际应用,核磁共振已走过了 50 多年历史。半个世纪以来,无论在研究内容的深度还是



激光唱片

姜广智

(郑州师专物理系 河南 450044)

当你在闲暇之际,静心品味通过激光唱片放出的富有浪漫情调的优美乐曲时,是否考虑过激光唱片是谁发明的?它是集激光技术、计算机技术、数字技术、超大规模集成电路技术和精密机械技术于一身的高科技产品,蕴涵着许多科学知识。

1877年美国大发明家爱迪生利用包有一层锡箔的圆筒来记录声音,人类从此进入了记录声音的新纪元。1895年贝利那通过对爱迪生录音技术的改造,将锡箔圆筒改为蜡质圆筒,随后又改为圆盘形蜡片,并将已录音的蜡片制成模板,进行大量复制。后来又改为虫胶压制唱片,并且采用发条来驱动唱片转动。这是唱片的第一次革命。唱片的第二次革命始于20世纪20年代。人们利用电子管放大器、碳粒传声器、电刻纹头和电拾音器技术进行拾音和放音,发明直径为25cm转速78R/min的“粗纹唱片”,从而大大提高了唱片的质量,同时开始音量大小调节技术的使用。唱片的第三次革命是1948年发明的以氯乙烯共聚体为原料的“密纹唱片”。密纹唱片主要采用模拟技术记录声音。唱片的第四次革命是由美国著名发明家詹姆斯·罗素20世纪70年代发明的数字式激光唱片。

激光唱片的英文名字为Compact Disc,简称CD,即袖珍唱片。港台等地称为镭射数码唱片,又称“碟仔”。激光唱片的国际统一标志为“Compact Disc

Digital Audio”即“数字声音袖珍唱片”的意思。由于制作激光唱片需经过录音、编辑和制作母带三个过程,所以根据其制作过程的不同,通常分为AAD、ADD、DDD三类。

激光唱片直径只有12cm,一般粗略地分为三层,从下至上依次为透明基底、反光金属层和保护层。基底的主要原料为聚碳酸酯塑料。在显微镜下观察时会发现一连串凹槽和平台,呈螺旋形状排列。

人们将声音、图像、计算机程序等利用二进制方法数字处理后储存在金属层里。当激光从基层方向投射到凹槽上时,凹槽会像镜子一样把光反射回去,恰好被光电感应器接收到。随着唱片光盘的转动,在槽的两个边缘上反射光发生阻断。这时感应器读取1,而在槽底和平台读取0,槽底和平台的长短决定0的个数的多少。这就是利用光盘可以储存信息和读取信息的秘密所在。

激光唱片是如何制作呢?首先将光刻胶均匀涂布在玻璃盘的一面上,然后在旋转工作台上用激光束扫描曝光。随后,经过显影、定影处理,使曝光处的光刻胶经腐蚀后形成凹槽,未曝光处的光刻胶则被保留下来。这样玻璃盘就记录下螺旋形的光道。然后用电镀的方法,把玻璃盘制作成镍制的金属原版盘。原版盘经过翻阴,即可获得翻录母盘。母盘一般是独一无二的。再由母盘根据需要制造出许多压模盘。而一个压模盘一般可复制4~5万张光盘。压模盘随后装到注塑机上,通过注塑机几吨的压力,

应用范围的广度上,核磁共振都取得了飞速发展。目前已有多种核磁共振成像方法,如质子密度成像、投影重建成像、弛豫时间成像、化学位移成像、流体成像等。80年代研究出的、用于医学临床诊断的核磁共振成像技术,是靠质子的核磁共振成像技术完成的。因为人体的软组织中水和脂肪都含有氢,各部分的质子密度和质子的周围环境不同,因而在外磁场中的核磁共振信号的强度和宽度等特性也不同,所以可以在不使用对人体有害的辐射情况下确定人体组织中的异常组织。

目前科学家正在着手将核磁共振与其他技术结合应用,以便发挥各种先进技术各自的优势,如核磁共振与穆斯堡尔效应的结合将可能提供物质微观结构的更多信息;非氢核的核磁共振成像会给医学和生物学提供更方便、更精细的检测手段;利用核磁共振成像的原理和相关技术来研究和发展的电子自旋共振成像将给科学研究和应用提供广阔的天地……

总之,核磁共振的发展前景十分广阔,可以肯定也必将会有引人注目的核磁共振的新成就出现。核磁共振带给人们的将会更多、更多……