

粒子音响效应

王 连 璧

宏观物体的相互撞击会发出响声。从陨星撞击地球时的轰鸣，到雪花落地时的沙沙作响；从子弹掠空时的呼啸，到石子击水时的叮咚有声；……这是人们都熟悉的现象。微观粒子撞击固体、液体和气体时能否发出响声呢？粒子音响效应的研究正是要探索这一问题。

所谓粒子音响效应，就是具有动能的粒子与物质发生作用而产生音响的现象。这里所说的粒子，包括光子、电子、质子、 μ 子和离子、分子以及粒子团等等。这里所说的音响，包括正常人的耳朵能够听得到的声音和一般人的耳朵听不到的超声与次声。无论通常的声音还是超声与次声，其实质都是物质发生的一定频率的振动。具有动能的微观粒子进入物质，与物质发生作用，把自己的能量交给物质，可能引起物质局部的发热，也可能引起固体物质局部的液化、汽化或液体物质局部的汽化，或其他变化。这些变化都有可能使物质发生振动而产生音响效应。

音响的产生，可以是把粒子束调制为音频脉冲，作用于物质而引起；也可以是单个粒子作用于物质引起的种种效应转化而形成。

粒子音响效应的一个重要特例，是电子音响效应。电子音响效应之所以占有重要地位，是因为：电子显微镜已经有了很好地研究和发展，电子束的聚焦、偏转和调制已经是很普遍和轻而易举的事情。如果把聚焦电子束以一定的频率调制，让其作用于物质，与一定的传感器配合，可以很容易地制成电子音响显微镜，以很高的空间分辨率（约 $1\mu\text{m}$ ）探测材料表面下缺陷和测定材料的叠层结构。近十年来，不断有关于扫描电子音响显微镜技术的报道。有报道说，曾有人将一台普通电子显微镜改造而得到了 6MHz 调制、在样品表面

聚焦为 $1\mu\text{m}$ 直径点的电子束，用固定在样品背面的压电传感器探测样品中产生的 6MHz 超声波，将传感器的输出构成放大的样品扫描象。象的反差主要由分辨半径内样品的热和弹性性质的不同而形成。对于集成电路，得到了分辨约为 $4\mu\text{m}$ 的象。据推测，对于薄样品，分辨率可达 $0.1\mu\text{m}$ 。……还有人用配有PZT传感器的扫描电子音响显微镜检查了陶瓷的表面下结构。配有不同传感器的扫描电子显微镜，可以用来研究金、铜、铝、硅和陶瓷等材料，在微电子工业中将会得到广泛应用。

粒子音响效应之所以引起人们的注意，还因为有可能利用这种效应来探测高能粒子，例如探测高能质子和高能中子。用粒子音响效应探测高能粒子的优点，至少有以下三条：第一，一种音响探测器，可以用来探测多种类别和多种能量的粒子，不象现在应用的种种探测器那样，一种探测器只限于用来探测一定类别和一定能量范围的粒子；第二，声波可以直接传送相当远的距离，这样以来，对某些粒子（如中微子等与物质作用截面特别小的粒子）可以用特别大的探测靶（譬如说，用辽阔的海洋作为探测靶），在远离靶的地方进行声波探测；第三，声波探测器与其它探测器相比是比较廉价的。

据报道，有些物理学家研究了高能质子在液体中引起的音响；有些物理学家考虑用音响效应探测落入大海中的 μ 子与中微子。如果有一天，音响高能粒子探测器真的研制成功了，人们将可能听到高能粒子到来时的脚步声，将可以用在海底布置的麦克风阵列听天外来客——宇宙射线奏出的美妙乐曲。

的可能性。中期目标是应用空间晶体生长的实验结果，改善地面晶体的品质。长期目标是生长特殊应用要求的晶体，发展空间产业。

目前美国、苏联、西欧和日本都已将空间晶体生长

产业化和商业应用作为其主要目标。美国空间政策中心预测，下世纪初空间产业的年收益可达650亿美元，其中光电子晶体、玻璃和制药等空间材料的产值占总收益的64%。