

非晶态合金

非晶态金属与合金也称为“玻璃态金属”或“金属玻璃”。它和人们日常所见的玻璃有许多相似的特征。非晶态合金的原子排列是不规则的。

玻璃的生产已有很长的历史。现在，人们不仅能生产晶莹夺目的玻璃器皿、工艺品和具有各种性能的光学玻璃；还可以制备显示出有受激发射、表现半导体和光导性、发生荧光和有选择地输运离子的各种玻璃。氧是玻璃的主要构成元素，它和少量的硅、碳、磷、砷等多价离子形成稳定的键，主要是共价键。共价键有强的方向性。它们互相连在一起形成链条和网络。这样一种原子排列的组态，使原子间的滑动变得很难。这就是具有链网组态的液体的粘滞性高的原因。玻璃液体冷凝较慢也不会形成晶核。形成固体后仍然保持液态下不规则的结构特性。硫、硒、碲和氧一样属于第V I A族元素，与氧有类似的特性，易于形成玻璃。然而金属原子是以金属键结合的。金属键没有共价键那样的方向性，呈球对称性。金属在液体状态以单个原子或离子的组态出现，原子间很容易滑动。凝固时形成晶态。要把高温金属液体的不规则结构“冻结”在固体中形成非晶态是非常困难的。只有当冷却速度高达 $10^5 \sim 10^8$ °C/秒时，才有可能形成非晶态结构。而要达到这样高的冷却速度是一般气体冷却介质和液体冷却介质所不可能实现的。正是这种原因，人们对非晶态合金的认识才落后于对晶态固体和对一般玻璃的认识。

本世纪上半叶，固态物理主要以晶态固体为研究对象。它的成就推动了强度科学、现代电子学、计算机技术、激光技术等科学技术的飞速发展。五十年代末，人们开始研究玻璃这类非晶态固体的微观结构和电子状态，开创了以非晶态为研究对象的固态物理的新领域。然而从实验上对非晶态合金的结构与性能的广泛研究，只有在掌握了它们的制备方法以后才有可能。

1960年美国学者杜威兹设计了一种高速冷却装置：用冲击波使熔化的合金雾化成一— $40\mu\text{m}$ 直径的小液滴，小液滴在驱动气体的加速下，高速射向一块斜置的冷却铜板上，展开并凝固成为厚 $0.1 \sim 10\mu\text{m}$ 的非晶态薄膜。用这种方法首先制得了非晶态金—硅合金。此后发展了许多制备方法。目前已能用高速冷却法、真空蒸发沉积法、溅射法、电沉积法及化学沉积等方法制备供各种研究目的用的非晶态金属、类金属和半导体合金。非晶态合金有许多特性是晶态固体所没有的。许多非晶态合金，例如贵金属、过渡金属同类金属所组成的合金，它们的结晶化温度相当高，非晶状态相当稳定。这一性能是实际应用非晶材料所不可缺少的。

非晶态固体的研究引起了固体物理工作者极大的重视，其原因有两方面：

第一是技术应用的需要。现代科学技术特别是电子计算机、太阳能转换等技术，要求材料科学工作者探索新的材料和器件，提供全新的设计思想，必须把研究工作扩大到整个凝聚态。从器件方面说，非晶态固体器件已展示了广阔的发展前

途。以计算机技术发展为例。今天一百克、几百克重的微型计算机的功效能代替过去重达数十吨的计算机，无不涉及新材料、新元件的研制与应用。计算机的由第一代到第四代的演变，就由于材料、器件从电子管到晶体管、大规模集成电路的演变所引起。计算机进一步向小型化、高速度发展要求研究体积更小、效率更高的记忆储存系统和数据处理系统。目前最小的（储存密度最高的）存储器是磁泡存储器。磁泡存储器是一种磁性固体薄片或薄膜，其自发磁化方向垂直于膜面。在无外磁场的情况下，用偏光方法，在膜面上可以观察到带状磁畴，相邻的带畴的磁化方向相反。如果在垂直薄片的方向加磁场，则磁化方向与外磁场方向平行的磁畴变宽，而反平行的磁畴则收缩，当外磁场达一定值时，反平行方向的即断裂成为圆柱状的磁畴，圆柱面（畴壁）与膜面垂直。在膜面上可看到俨如一个个小水泡，因此而得名叫“磁泡”或“泡畴”。用磁泡的“有”和“无”可以表示“1”和“0”两种信息。若在薄片上加以控制电路或磁路，就能控制磁泡的产生、破灭、传输、分裂，从而完成信息的存储、记录、读取和逻辑运算等功能。磁泡存储器发展的关键在于磁泡材料。目前研究最多的是石榴石型铁氧体单晶薄膜制成的器件，其存取速度可到约 10^9 位/秒，存储密度可到 $10^5 \sim 10^{10}$ 位/厘米²。另一种叫做电荷耦合器件（CCD）的半导体存储器，存储密度与磁泡器件相当，而存取速度更快。但它的弱点是：一旦电源切断，其记忆功能即行消失，而磁泡存储的资料，不用电源，也可以长期保存。这两类存储器都因为各自的优点而具有广阔的发展前途。磁泡材料不仅用在计算机中，而且作为记录声音讯号，作为存储数据的记录器有着很大的希望。在磁泡材料中要制成几乎无缺陷的单晶膜是相当不易的。近年来人们对于非晶态合金的研究，发现非晶态稀土合金具有磁单轴各向异性，矫顽力低，满足产生磁泡的条件。在这方面，目前研究得最多的是Gd—Co，和Gd—Co—Mo钼合金。由它制得的磁泡材料，其泡径小、存储密度高、迁移率高，且工艺较简便，是引人注目的新型材料。此外，人们还发现一些非晶态硫属半导体合金具有电开关性能，某些非晶固体能够直接将光或热转变为电……。这些性能几乎都有可能获得技术应用。

第二个原因是，非晶物理的研究将促进固体物理理论的发展。举个例子来说，非晶态合金如Au—La薄膜等在低温时呈现超导电性。这一实验事实为超导理论的发展提供了新的资料。目前比较有成效的BCS理论认为，在超导态中由于电子通过点阵振动产生引力，形成电子对。这是产生超导电性的原因。即超导电性与点阵振动有关。但是非晶态固体的原子排列不是有规则的点阵，而是不规则分布的，因而振动状态亦不相同。从事物的普遍联系来看，晶态与非晶态是固体中原子排列的有序与无序这对矛盾的体现，它们是彼此对立又相互联系着的矛盾的两个方面。对非晶态的认识反过来又会使人们对于晶态固体及其界面、表面原子、电子运动规律的认识提到一个新的水平，促进固体理论的发展。

（物理系金属物理教研室“非晶”小组）