

功能薄膜研究发展过程中的方法论探索

胡少六,童杏林,何建平,王又青,龙 华

(华中科技大学 激光技术国家重点实验室,湖北 武汉 430074)

摘 要:概括地阐述了功能薄膜材料研究发展及其哲理,并从唯物辩证法、自然辩证法和科技哲学的角度分别讨论了功能薄膜研究在材料科学中的重要性及其对社会、经济和科技发展的作用,为功能薄膜研究的进一步发展提供科技方法论的启发。

关键词:功能薄膜;科技发展;方法论

中图分类号:G301

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2004)04-0133-02

0 前言

在当今信息社会中,信息是最重要的支柱和产业。信息材料是信息技术发展的基础和先导,而功能材料在信息材料中占据极其重要的地位。功能材料概念最初是由美国贝尔实验室的 Morton 博士在 1965 年提出来的,后来受到世界材料界的重视。根据功能材料的性能和用途,功能材料被认为是:具有优良的电学、磁学、光学、声学、力学、化学和生物功能及其互相转化的功能,被用于非结构目的的高新技术材料。其按功能可分为磁功能材料、电功能材料、光功能材料、热功能材料、力功能材料和化学功能材料等,21 世纪的功能材料将更加异彩纷呈,前景广阔。

功能薄膜材料是指附于基体(又称衬底)上而与基体在组分或结构等方面存在着差异的薄层物质,薄膜具有许多比其载体形态优越得多的功能特性。

近半个世纪以来,薄膜的研制不断取得了新的进展,工艺方法开拓出几十类,材料品种不断增加,功能薄膜材料已成为新材料领域中最活跃和最重要的部分。功能薄膜的研究发展历程中处处体现了科技方法论的哲学精义。功能薄膜材料研究方法的不断创新,不仅丰富了科技方法论的思想内涵,也是一般科技哲学思想在我国社会、经济和科

技的持续发展中的具体化。因此,对功能薄膜研究发展进行系统的方法论探讨,对信息科学的发展与对科技哲学的发展均大有裨益。

1 功能薄膜研究体现了唯物辩证法的基本规律在材料科学中的指导性作用

科学技术方法论的指导思想是马克思主义普遍原理与规律在自然科学与技术领域中的具体化,而功能薄膜的产生与发展很好地再现了唯物辩证法的基本规律的作用。

1.1 功能薄膜的产生是物质结构量变到质变的飞跃

辩证唯物主义认为,事物的发展是量变与质变的辩证统一,量变到一定程度会引起事物的变化,而质的变化又导致在新的层次上的量变。

严格地说薄膜是指厚度的上、下限有限的一类薄层材料。一些研究者曾提出了这个限制,认为厚度为 0.1~10 000nm 这个范围对于绝大多数材料来说是合适的。更小的厚度,如一个原子层和两个原子层则属量子阱的范围;厚度大于 10 000nm 的薄层材料往往会部分甚至全部丧失薄膜固有的性质。这些变化正体现辩证法中当量变积累到一定程度引起物质性质变化的哲学观。

1.2 薄膜的生长过程是内因与外因辩证的对立统一过程

薄膜生长是在特定设备控制下,薄膜材料受内部原因如原子核、电子、等离子体等相互作用的结果,其宏观表现为发生化学或物理变化形成一定结构形态的薄膜材料,这个系统同时也受设备条件、工艺因素、衬底条件等外部因素的影响,因此它是一个事物内部矛盾与外部矛盾辩证统一的动态体系。在这个系统中内因是变化的依据,外因是变化的条件,外因通过内因而起作用。

2 功能薄膜技术的发展过程验证了自然辩证法的重要思想

自然辩证法是唯物辩证法关于自然存在与演化的具体理论方法,因此它既是马克思主义科学自然观的发展,也是科技实践的直接指导方法,我们从下述这 3 个方面来说明功能薄膜技术的发展。

2.1 从物质观角度看,功能薄膜技术提示了物质世界的系统性与层次性

大于 10^4 nm 的材料可称为体材料,但当我们深入到对更小厚度的材料进行分析时,这时材料就将呈现出薄膜所特有的特性,如很高的磁化率和矫顽力等。而当我们更深入地研究厚度小于 0.1nm 的材料性质时,量子效应就不可忽略,这时的物质材料又会呈现

如量子小尺寸效应等特征。因此,从薄膜技术分析中可见,材料物质具有明显的系统性与层次性。

2.2 从自然观角度看,薄膜的亚稳定特性体现了有序与无序性的辩证统一

薄膜的亚稳定态特性首先表现在刚沉积的薄膜中,当衬底温度远低于薄膜材料的熔点或“玻璃”转换温度时,其亚稳定态特性更加突出。其表现为结构疏松,填充因子小,特性随外界环境变化而敏感。此种亚稳定特性可通过适当退火加以消除。薄膜亚稳定态与稳态之间的转换是内部原子结构有序和无序排列的宏观表现,有序和无序是构成自然界的两极,一切实际系统都是这两方面的矛盾统一,只是不同系统中具体情况不同,有的系统中有序占主导地位,有的系统中无序占主导地位。有序和无序不仅相互渗透,而且可以相互转换。

2.3 从科技观看,薄膜材料研究的进步推动了科技和社会的持续发展

自从1947年发明晶体管,特别是1958年发明集成电路以来,微电子技术发展极其迅猛,已经成为国民经济的重要支柱产业,促进了信息化的高速发展。而微电子技术的进展有赖于材料科学和技术的巨大贡献,在集成电路的发展中薄膜材料具有极其重要的地位。

正是由于功能薄膜材料与集成加工工艺的不断发展,目前半导体技术的核心技术正从大规模集成电路走向光电集成(OEIC),最终将达到光集成(PIC),从而实现从电子学到光电子学和光子学的大跨越。这将为科技、经济和社会的持续发展产生不可估量的影响。

3 功能薄膜技术的发展,丰富了科学技术哲学的一般方法论

科学技术哲学不仅是过去科学理论与实践的历史分析和逻辑分析中总结出来的一般方法论原理,它也必须到新的科技发展中去汲取丰富的营养,功能薄膜技术的研究,作为材料科学中的领先技术,对此有特别重要的理论意义。

3.1 从技术的本质特征看

从严格意义上说,技术应该包括 *techné* 和 *logos* 两部分,也即工艺、手艺、才艺;体系化、规律化和理智化两个部分。

薄膜技术的发展一方面依赖于加工工艺等因素,另一方面又需要对薄膜材料基本规律进行系统性认识。早期的薄膜材料的研发过多地为了适应市场的需要,虽然也是在较高的工艺水平上产生的,但由于缺乏对薄膜材料科学理论性认识,所以各种薄膜加工技术的生命周期均不长。

更进一步地说,技术是主体要素与客体要素的统一,在薄膜材料开发中,研究技术人员不仅要材料科学的有关基础理论知识掌握较好,而且要对各种加工设备如气压室及工艺参数具有充分的认识。这是因为技术与科学不同,科学是在纷杂的物质世界中寻找统一的规律,而技术是在同一个科学理论的指导下实现产品的多样性。

3.2 从技术与科学的关系看

技术的发展为科学研究提出课题并提供必要的物质手段,在材料科学领域,薄膜技术的发展,为固体物理学提供了必要的研究对象,而新型功能薄膜材料所制成的传感器在航天飞行器上的运用,必将大大推动空间物理学、现代宇宙学等科学的发展。

另一方面,科学研究的成果可用来指导技术的发展,成为技术先导并进而转化为技术。20世纪90年代后由于量子力学及其衍生科学如量子化学、量子材料力学等科学发展,使功能薄膜研究从“杂质工程”走上了“能带工程”;材料的尺寸从微米走向原子层尺度;半导体激光材料维度从三维同质异质结构走向二维及一维量子阱材料,最终成为领先技术。可以预见,随着相关基础科学与功能薄膜材料技术的进一步融合,包括有机光电子薄膜、信息功能陶瓷薄膜和铁电薄膜主导产品正越来越成为当今高新技术研究的前沿和热点。

3.3 从当代技术的特点看

科学技术哲学界一般认为,20世纪30、40年代美国的原子弹建造计划即曼哈顿计划是标志着大科学时代的来临,曼哈顿计划几乎动用了所有当时在北美大陆的原子物理科学技术人员,数十万科技及行政人员,花费了十余年时间的大系统性、建制性协作才完成了这一伟大的历史使命。

在大技术时代,主导技术正日益成为科学、技术、生产诸环节中的核心,技术由于自身的惯性,一旦核心技术形成,就会按照自己的逻辑发展壮大,并在很大程度上影响基

础科学的发展,甚至制造市场与文化供自己消费和生长。

功能薄膜技术作为新材料技术的核心技术,它的发展一方面促使了量子力学等基础科学的发展,使量子力学所提示的量子通信成为可能,另一方面由此开发出可广泛用于光调制器、光开关、光波导器件的非线性有机光学薄膜材料。人们已研究出了有机场致发光薄膜,它是多媒体及高清晰度平板显示的良好材料。人们还将开发出高性能的有机光信息存储薄膜或光盘薄膜。可以预见,这些新材料的商业化,必将导致通讯、传媒乃至整个社会交往方式的进一步变革,从而导致薄膜技术所主导的“薄膜文化”。

以上只是对功能薄膜的发展历史及趋势作了简要分析,目前薄膜的制备还存在很多有待解决的问题,需要对薄膜提出新的性能要求,总之功能薄膜研究过程是一个不断积累经验,不断完善知识体系,不断否定前人不正确的科学范式,提出新的理论的过程,是一个曲折的过程。在这些过程中我们从事功能薄膜研究的人员不断提出新问题解决新问题,在曲折中求发展。

今天的中国已迈入了新的时代,我们将迎来中华民族伟大的复兴,我们必须加速发展我们民族的高科技产业,因此从事功能薄膜研究的学者,应具有更全面的知识,更深邃的科学眼光,用辩证唯物主义的基础观点和科技哲学的一般方法论处理薄膜研究中遇到的问题,为中国的科技进步贡献出自己的聪明才智。

参考文献:

- [1]沈能珏.现代电子材料技术——信息装备的基石[M].北京:国防工业出版社,2000.
- [2]王敬义.薄膜生长理论[M].武汉:华中理工大学出版社,1993.
- [3]千福喜.信息材料[M].天津:天津大学出版社,2000.
- [4]江剑平.半导体激光器[M].北京:电子工业出版社,2000.
- [5]李思孟,宋子良,钟书华.自然辩证法新编[M].武汉:华中理工大学出版社,1997.

(责任编辑:焱 焱)

