

* 学部活动 *

关于发展电子与光电子功能材料的建议

冯 端等^{*}

(南京大学 南京 210008)

关键词 电子, 光电子, 功能材料, 建议

电子信息产业是当今社会发展的带头产业, 它对国防能力的提高和国民经济的发展都起着倍增和放大的作用, 也是当今国际竞争的焦点, 而目前在我国作为电子信息产业关键基础之一的电子与光电子功能材料的发展依然是一个非常薄弱的环节。其存在的主要问题之一是缺乏总体认识和协调, 且因长期没有注重体系的建设, 故对功能材料的先导作用发挥不够, 使之处于从属的被动地位。这样的局面如不改变, 将严重影响我国未来的实力和竞争能力。

1 电子与光电子功能材料是发展电子学与光电子学的基础与先导

电子与光电子功能材料是通过其电、磁、声、弹、热、化、生等直接效应和耦合效应为电子器件和光电子器件提供主要使用功能的材料。按照其性能特征可以分为半导体材料、介电材料、磁性材料和光学与非线性光学材料等; 按照其结构形态与制备特征又可分为晶体材料、陶瓷材料、非晶体材料、聚合物材料、薄膜材料和复合材料等。它是发展电子与光电子学的重要物质基础与先导。半导体单晶和石英光纤对于电子学和通讯, 以至经济和社会发展所带来的影响和冲击, 清楚地说明了这种基础和先导作用。

以半导体单晶为例, 60 年代初出现的硅单晶给电子学带来了划时代的变革, 使电子技术从真空电子时代进入固体微电子时代。集成电路不仅改变了以计算机和通讯为代表的整个电子技术, 甚至改变了人类的生活和工作方式。硅单晶所带来的变革和冲击还在迅速扩展, 并将延续到下一个世纪。砷化镓单晶的出现, 使电子器件的工作频率扩展到了微波和毫米波段, 促进了现代通讯技术的发展, 并以其优良的光电特性开创了光电子时代。磷化铟材料的出现, 以其高的电子迁移率和高响应频率, 使得在同一芯片上实现光电集成成为可能, 为光电子技术打下了基础。而正在发展中的以碲、镉、汞为代表的固溶体半导体材料, 则将使器件的工作频率从毫米波扩展到红外波段, 使得信息的处理由电发展到光, 为光子技术的发展准备了条件。在现代社会, 国民经济和国防建设中高新技术的发展, 将越来越依赖于在材料方面所取得的发展和突破。

* 在建议上签名的共 22 位中国科学院院士(按签名顺序排列): 冯 端 李志坚 王守觉 姚 熹 王业宁 保 铮 林兰英 刘盛纲 李 林 邹世昌 蒋民华 殷之文 李家明 郭景坤 解如人 游效曾 经福谦 倪嘉缙 侯 询 赵忠贤 甘子钊 闵乃本

收稿日期: 1995 年 12 月 11 日

从科学和技术的发展来看,电子与光电子功能材料是材料科学与信息科学两个学科交叉所形成的产物。信息、材料和能源是未来社会发展的 3 大重要支柱。电子与光电子功能材料无论从国民经济的发展,还是从科学和技术的发展来看,其重要战略地位是显而易见的。

2 我国电子与光电子功能材料的发展现状

我国电子与光电子功能材料已有很大的发展,在晶体材料、电子陶瓷材料和磁性材料方面已经形成材料与器件相结合、基础与应用相结合的良好发展格局。然而,从整体来看,电子与光电子功能材料的发展现状很不适应国民经济和国防建设高速发展的新形势。材料的研究和开发,长期以来从属于器件和系统的配套需要,而材料的研究也以达到和满足配套需求为目的,着眼于短期效益,其结果是技术水平的出发点不高,表面要求可以达到,但深层次的问题并未真正解决,经常采用头痛医头、脚痛医脚的办法,致使我国电子设备和器件水平上不去,表现为频域窄、速度慢、功耗高、体积大、重量重、可靠性差。实际情况表明,我们完全有能力设计性能卓越的电子装备,但是由于所使用的材料和器件性能不好,再加上整体工艺水平差,使我国电子设备的总体水平无法提高。特别是可靠性太差,使得广大用户对国产电子设备产生“不可靠”的印象。另一方面,为了摆脱这一困境,我国电子工业在生产中大量使用进口材料与器件,成功地将整机质量提高到国际平均水平,彩色电视机工业便是一个例子。正反两方面的经验都表明,材料和器件是制约我国电子设备发展的瓶颈。

近年来,许多领导干部、专家和技术人员已经开始认识到功能材料的重要作用,力求使材料摆脱从属状态,促使其独立发展。然而这一正确的认识和良好的愿望在实际工作中却难于落实,缺乏可操作性。材料的门类和品种实在太多,材料方面的问题似乎处处存在,但又把握不住一个纲。事实上,这不仅是电子与光电子功能材料所特有的问题,也是整个材料学科所面临的一个共同性问题。究竟应该如何发展材料科学与技术,一直是材料科学家和工程师以及国家的有关主管部门感到十分困惑的问题。

从我国科技发展的整体布局看,材料在不同层次的科技发展规划中还是占有一定地位的。从基础和应用基础研究方面来看,国家自然科学基金委员会材料与工程科学部主管材料的研究和发展计划,每年均资助相当一批面上申请项目以及一定比例的重点项目和重大项目,大体覆盖了从学科发展方面所提出的重要问题和前沿课题,基金委还对一些重要材料组织了发展战略研讨;从国民经济的发展来看,国家计委、国家科委设有材料方面的主管司局,在国家“六五”、“七五”及“八五”计划中都有相应的发展计划,大体上覆盖了从需求方面提出的重要课题;从高新技术的发展来看,新材料是我国高技术发展计划的一个重要领域,1986 年以来,在“863”计划的安排下,按照有限目标、前沿跟踪的方式,组织了一批重大前沿的研究。可见,我国在材料的研究与开发方面已经形成从学科发展、需求牵引和前沿跟踪 3 方面较为完整的体系。

然而,近年来的发展情况表明,材料仍是我国国民经济和国防建设中的一个薄弱环节。材料的研究与开发仍未能摆脱从属被动的局面,未能真正在国民经济发展中起到基础和先导作用。无论是传统材料还是先进材料都与实际要求有相当大的距离。在量大面广的传统材料方面,低档产品大体上可以满足要求,但不少中、高档产品仍在性能指标、一致性和产量方面不能满足要求,还需要依赖进口。而在先进材料方面,尽管所有门类几乎都有人在研究,而且实验室的技术指标似乎也不错,但是一旦应用方面提出需要,常常发现其整体性能指标达不到要求或者性能指标非常分散,很难重复地提供一定数量的材料,常常是什么都有,但什么都不好用。

3 材料发展所涉及的一些重要问题

材料的发展是一个复杂的问题,形成上述状态的原因是多方面的,既有材料科学与工程本身的特点以及对其发展过程中内在规律的认识问题,也有发展指导方针上的问题。为了使材料的发展摆脱从属与被动的局面,进入健康成长与发展的轨道,对材料发展中涉及的一些重要问题应该有一个明确的认识和深入的分析。这些问题是:

(1)材料的一个重要特点是门类、品种和规格特别多,而且各有各的用途,缺一不可。从规划和管理角度看,最好能找到一种或几种典型产品,以它们为纲带动全局。多年来,不同部门的管理专家和技术专家力图通过典型产品来带动整个材料领域,结果并不理想。这是因为尽管同是材料,但其科学内涵、发展阶段、存在的问题都有相当大的差别。经验表明,单纯通过抓产品来带动全局的做法难以成功。然而这并不意味着以点带面的方法行不通。材料尽管复杂,但仍然还是有脉络可寻的。对于不同门类的材料,通过抓住那些在应用上有重要价值,在学科上代表了发展主流的品种作为重点,不单纯抓产品,而同时也要强调解决其在科学与工程两方面的实质性障碍,推动全门类的发展。

(2)材料学科是一门交叉学科,涉及到化学、物理学、电子学、机械学等一系列学科,还有理、工交叉的特点。许多不同背景的科学家与工程师参加到材料的研究和开发中来,他们采用不同的方法,从不同的角度研究材料,使材料的发展得以借鉴不同学科的学术成就和方法,材料的研究呈现出丰富多彩的局面。但是学术背景不同的专家在材料研究上的兴趣和侧重点不尽相同,这样在材料研究方面难免脱节,缺乏从材料的合成与制备,组成与结构,性能与应用,以及使用效能之间的综合性研究。特别是对于材料在制备上的重现性,性能上的一致性,应用上的可靠性等重要问题重视不够,从而严重地影响了材料的实用化和产业化。

(3)材料学科是一门发展中的不太成熟的学科。材料的发展在很大程度上仍然依赖于实验、事实和经验的积累。而材料在制备、应用中的许多科学问题还未得到足够的认识。这种状态,使从事材料研究的科技人员相对来说容易倾向于保守。他们常常把从大量痛苦的失败中所取得的经验教训作为技术诀窍或商业机密保护起来。这种做法不仅不利于交流,更不利于对其科学规律的认识,极大地妨碍了材料的发展。其实在材料研究方面,硅技术的发展就是一个成功的范例。由于对硅材料内部所发生的物理、化学和电子过程的深刻理解,硅技术已经达到了能够对材料与器件进行精确的设计,对工艺过程进行计算机模拟的地步。因此,重视和加强材料的应用基础研究,使材料的研究摆脱只依赖经验的状态,掌握真正的科学规律,才是推动材料科学健康发展最重要的方法。绝不能只见物,不见科学。各国的经验都表明,发展材料不能急于求成,欲速则不达。一个新材料从发现到广泛应用,通常至少需要 5 到 10 年的时间。

(4)材料,特别是功能材料的发展常常是和器件以至系统紧密结合在一起的,有时甚至很难进行分割。然而,长期以来,在材料、器件、系统之间却缺乏足够的沟通和反馈,而比较重视需求关系,强调品种和规格。对材料研究开发基地的建设重视不够,没有形成材料、器件、系统之间较为长期、稳定、紧密的研究开发系统。应该指出,尽管需求牵引是发展材料的重要动力,但是,也应该十分重视材料的基础和先导作用,不能把材料的研究和开发完全放在需求和配套的基础上。由于材料的研究与开发需要较长的周期,因而预研工作对于材料的开发来说,比其它学科更为重要。临渴掘井的做法,很难得到预期的满意结果。

(5)材料的质量在很大程度上取决于制备材料时所采用的工艺技术和装备。没有先进的工

艺技术和装备,很难批量提供性能一致稳定、品质可靠的先进材料。然而长期以来,在材料的研究和开发中,我国比较重视材料的技术水平和技术指标;对于相应的先进工艺装备的研究以及高技术产业的建设重视不够,以致形成实验室试制产品的水平和技术指标还不错,但却很难大批量地提供使用的状况。

(6)高技术新材料特别是与军事应用有关的材料的研究与开发,由于我国历史上形成的格局,常常是在系统内部小范围内自行配套解决,较为封闭。这种格局不利于材料的研究和开发,难于为国防提供优质材料,促进元器件和集成电路的发展,满足国防需要。

4 几点建议

为加快电子与光电子功能材料的发展,增强发展电子学与光电子学的物质基础,特建议:

(1)在国家有关管理部门如计委、科委、国防科工委、电子部等所制定的有关电子工业发展规划、计划中,把电子与光电子功能材料作为一个独立的项目立项管理,改变其从属地位。

(2)成立“国家电子与光电子功能材料专家咨询指导委员会”,协助实行行业的协调和宏观规划。委员会中既应包括专家学者,也有各有关部门的管理专家。委员会可以挂靠在电子部或其它适当的部委。委员会的主要任务是:

(a)按照系统和器件发展要求与学科发展方向,确定电子与光电子功能材料的发展重点。组织审议中长期发展规划(包括行业发展规划和科学技术发展规划);

(b)综合协调材料发展中的基础与应用研究,协助加强材料、器件、系统间的反馈与沟通;

(c)对电子与光电子功能材料的研究和发展基地、关键技术装备的引进与消化、高技术产业建设等提出建议与咨询意见。

(3)根据电子功能材料发展的特点,重视和加强对材料的应用基础研究与综合研究,增加电子与光电子功能材料在预研项目中的比重,扩大预研项目的开放度,吸引更多广泛的科技工作者从事电子与光电子功能材料的研究,稳定和扩大研究队伍,提高研究队伍的素质,积极鼓励和支持电子与光电子功能材料方面高级学位人才的培养。

(4)重视和加强电子与光电子功能材料研究开发基地的建设。根据电子与光电子功能材料的发展重点,对现有各部门已经建立的各种类型的研究所、重点实验室等进行协调,明确各自的分工和发展重点,并在其发展重点上集中投资。协助这些研究发展基地与器件和系统相结合的研究,使其研究成果能转化为产品;与生产衔接好。在几个主要门类的材料方面,积极扶持建立研究实力较强、能够和产业密切结合的研究发展中心,同时还应特别重视电子与光电子功能材料与器件质量中心的建设,以提高我国电子产品的可靠性。

(5)加强电子功能材料和器件关键技术与工艺装备以及先进管理方法的引进、消化、吸收和提高,集中投资,有重点地扶持建成若干高技术产业基地。

(6)电子与光电子器件所用材料的特点是品种多,要求高,有些数量还少,我国的电子材料分散在各部门管理,各部门都各有发展重点,致使电子材料往往不被重视,难于发展。可否考虑设立电子材料部门集中管理,可能有效得多。建立电子功能材料的基地,应有重点,择优建点,不宜太多,根据需要投资。这类基地应以研究与开发为目标,并具有与生产衔接的能力。