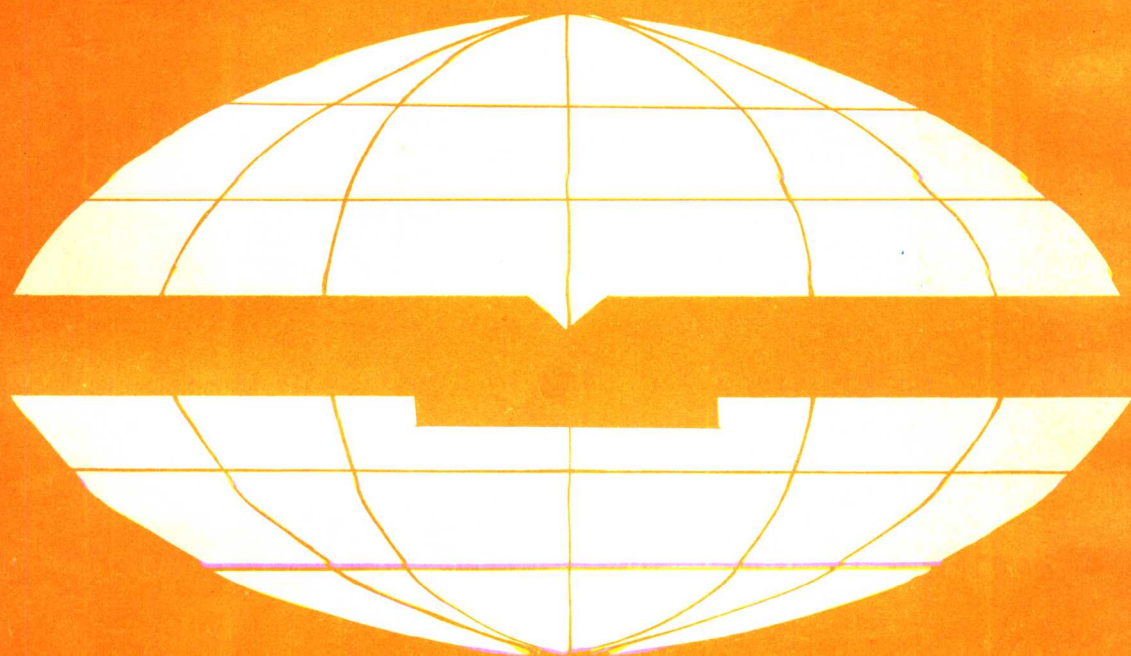


神奇的新材料

《参考消息》专辑

16



《参考消息》编辑部

CAN KAO XIAO XI BIAN JI BU

神奇的新材料

《参考消息》编辑部

《参考消息》专辑之十六

新技术革命的引爆剂

神奇的新材料

主 编 杨效农
责任编辑 丁祖永

新华通讯社参考消息编辑部编

编者的话

一九五七年苏联第一颗人造卫星上天之后，美国总结出—条深刻教训：材料落后了！于是立即组织力量，在全国范围内成立了十二个材料科学发展中心，大力加强新材料的研究。目前在美国的科技人员中，约有三分之一从事新材料的研究与开发工作。法国的科技投资中有三分之一与材料有关。日本、联邦德国、英国等工业发达国家，对新材料的发展，也无不给予高度重视。

这是为什么呢？因为新材料是发展高技术的物质基础和先行官，是新技术革命的引爆剂。发展新材料投资较少，而一旦形成新兴产业之后，经济效益、社会效益却都很高，并可大大促进新技术的进步。因此，新材料与电子技术和生物技术被并列为当代新技术革命的三大支柱。

不言而喻，新材料对我国“四化”建设和发展高技术也是具有很大作用的。在落实赵紫阳总理关于“努力掌握当代的新技术和高技术”、“到本世纪末，既能实现翻两番的目标，又能在技术上为下世纪的发展作出准备”的号召中，做好新材料的研究发展工作，无疑是很重要的，也是必需的。

这本专辑汇集了日本记者观察和撰写的有关新材料的系列文章。它介绍了新材料在美国、西欧、日本的研究、开发和应用情况。这些文章在日本受到极大欢迎和注意，其中《新材料革命》的专册两年内再版了八次。这本专辑是根据其第八版译出的。出版这本专辑奉献给我国读者，希望它能对于我国“四化”建设和高科技的研究开发工作起一些参考作用。由于专业知识不足，译文中的毛病，编辑中的疏漏，衷心希望读者给以批评指正。

一九八六年六月

新 材 料 革 命

日本经济新闻社采编

刘文玉 纪廷许 张可喜译

前 言

钛——这种名字起源于希腊神话中的巨人泰坦神的新金属材料，目前正由我国大量输往希腊，因为希腊政府正在用钛作修缮卫城神殿的加强材料。

钛比铁轻一半，强度比铝高六至七倍，而且，它还有不易腐蚀、耐高温、耐高压等特性。它的弱点是价格过高。钛的价格每吨约一万八千四百美元，相当于铝的五至六倍。

在美国，钛用在喷气式战斗机、宇宙飞船上。在苏联，钛用于建造潜水艇等，迄今为止，钛只专门用于军事和宇宙航空技术。原因就是存在着价格的“障碍”。可是经过1973年、1974年两次石油危机后，钛正在由“梦想中的金属”变成“现实的金属”。

例如飞机材料，过去主要使用铝合金，只有那些特别受热和受力的部分才使用钛64合金。经过两次石油危机，喷气机燃料价格在不到十年

的时间内猛涨近二十倍，目前，已在航空公司运费中占60%的比例。更多地使用高价但却轻量而坚固的钛，对航空公司来说反而合算了。

钛广泛作为飞机材料后，需求量飞跃性地增加了。开发新的钛合金的竞争愈演愈烈。过去，铝是飞机材料的冠军。在新的形势下，材料厂家也正在开发新的铝合金。化学也在新材料的各个领域“向金属挑战”，例如碳纤维已开始用作飞机机身材料。

“更坚固”、“更轻便”、“更廉价”——人类在二十世纪的历史中不断向这一命题挑战，不断地开发出各种新材料。在一些材料领域里，“更小”、“更快”、“更薄”、“更舒适”这些特点为成我们要永远解决的课题。

石油价格的飞腾，资源民族主义的高涨，以及由“微电子计算机革命”所象征的电子技术革命等过去几年间经济、产业和社会的激变，大大增加了对新材料的需求。我们目前正处于“新材料革命”的高潮之中。

政府为了从技术方面加强国家的综合性经济安全保障能力，继超大规模集成电路之后，又以官民一体的形式着手开发下一代产业基础技术。本书所谈及的新材料和新元件同生物技术一起，形成了下一代产业基础技术的三大支柱。缺乏资源的日本只要在这些领域里掌握了高度的尖端技术，就可以在确保资源方面具有强大的谈判能力。

《新材料革命》曾以三部曲的形式从1981年3月10日至4月30日连载于《日经产业新闻》第一版。九名活跃在第一线的记者在美国、欧洲和日本进行了周密的采访和分析，它从连载之日起就引起了巨大反响。该书出版时又对连载文章作了大幅度的修改和补充，增添了新的材料。

采访和执笔撰写文章的是日本经济新闻社产业第一、第二、第三部的记者石部日出夫、牧内岩夫、佐佐木邦佳、长谷川浩、三谷茂、萩野纯一、宍户秀行、铃木健司、前田昌孝，担任编辑的是上述三个部的副部长菅谷定彦、前田慎二和旭恭右。

日本经济新闻社（第一版前言）

1981年8月

目 录

新材料革命

前 言 序

- 对航天飞机的期望..... (1)
- 追求新的功能..... (2)
- 为在国际竞争中取胜..... (4)

第一章 开辟金属的新天地

- 油管的战国时代..... (6)
- 铝-钛空战..... (9)
- 超合金胜负难决..... (11)
- 开辟新能源的支柱..... (13)
- 无磁性的钢..... (15)
- 奇特的超导金属..... (18)
- 汽车轻量化之战 (上) (20)
- 汽车轻量化之战 (下) (23)
- 无锈汽车..... (24)
- 铅、锌、镉的新天地..... (27)
- 记忆形状的合金..... (29)
- 吸藏氢气的金属..... (31)
- 梦幻般的合金“非晶态金属” (33)

第二章 向高性能挑战的尖端化学

- 工程塑料的最新成就..... (36)
- 理想的塑料汽车..... (41)

交通工具上的尖端树脂.....	(43)
新石器时代.....	(45)
陶瓷发动机.....	(48)
电子陶瓷.....	(52)
玻璃纤维之后.....	(54)
把气变成电.....	(57)
制膜者制天下.....	(60)
研究开发能力决定胜负.....	(63)

第三章 探求极限的电子材料

超过硅的材料.....	(67)
“双向开关半导体器件”载入辞典.....	(71)
支撑电子学的化学材料.....	(73)
在恶劣条件下工作的计算机.....	(75)
探讨硅材料的极限.....	(77)
光传导信息.....	(80)
把屋顶变成发电站.....	(85)
用激光记录信息.....	(87)
铁驱逐银.....	(91)
接近五感的传感器.....	(94)
从仪表上去掉指示针.....	(97)
“创造性技术”的交流.....	(99)

结束语	(103)
-----------	-------

※

※

※

日本研制新材料的企业得到大发展.....	(106)
----------------------	-------

新材料, 新挑战——主要新材料的动向.....	(115)
-------------------------	-------

下一代产业基础技术的研究开发现状.....	(123)
-----------------------	-------

序

对航天飞机的期望

1981年4月12日上午7时，从佛罗里达州肯尼迪宇航中心39A发射台上发射出一艘巨大的宇宙飞船。这就是满载着遨游太空梦想的美国的第一架航天飞机“哥伦比亚”号。两天之后，即4月14日上午10时20分53秒，“哥伦比亚”号降落在加利福尼亚州科德华兹空军基地。在那一瞬间，世界各地守在电视机旁全神贯注地收看实况转播的人们都热烈地鼓起掌来。

1981年是里根政府诞生的年头。在这一年里，美国人曾两次卷入兴奋和激动的漩涡。一次是欢迎从伊朗归来的人质；第二次就是“哥伦比亚”号航天飞机的成功。对于因国际地位下降而感到沮丧的美国人来说，发射航天飞机成功可以说是许久以来没有体验过的“伟大的美国”的壮举。

对于一般人来说，这次投入了九十九亿美元开发费的壮举只不过是一个节日性的热闹场面。尽管可望在五年、十年之后迎来去宇宙旅游观光的时代，但这毕竟还不是现实。可是，另外一些人却怀着更为现实的期望在欣赏着这出壮观的戏剧。这就是那些期望在宇宙空间建立太空实验室、进而向宇宙大量运输器材建立宇宙工厂的科学家和技术专家，其中也包括那些打算利用在地球上难以得到的特殊环境研制新材料的材料学专家。

由于“哥伦比亚”号航天飞机的发射成功，宇宙实验室已进入倒计时阶段。根据同美国航空和航天局签订的合同，欧洲航天局计划研制第一座宇宙实验室，并在1983年6月用美国航天飞机的第十次航班发射到太空去，在1986年以前的十六次往返飞行中都将搭载宇宙实验室。日本也打算在1986年前后“租借”宇宙实验室，正式进行宇宙实验。宇宙开发事业团目前正在选定试验课题。

“宇宙实验室也许会为材料研究带来革命性的发展”——这种期待

产生于那种认为在宇宙空间所特有的、地球上难以达到的失重状态、高真空状态中是否会产生点“什么”灵感。例如，把液体放到宇宙中去，液体会不发生流动而形成完全的球（真球），而在地面上，不管使用怎样高级的金属加工技术，也造不出真球状的金属球来。西德的大众汽车公司正在考虑利用这种现象制造真球状的轴承滚珠。

当把比重不同的熔融状物质混合在一起的时候，由于地球上引力，比重大的物质便向下沉，所以很难形成质地均匀的混合物。可是，在宇宙空间，这样的作业却没有太大的困难。且不说普通的合金，就是在坩锅里难以掺合在一起的铜钒合金也能够制作出来。铜钒合金可用作磁力悬浮列车等上面的超导线材（电阻等于零的电线）。

可混合起来的物质不仅是两种或多种金属。在宇宙空间还可以制造优质的复合材料，例如将氧化铝的微粒或玻璃纤维之类的无机化学物和金属混合在一起。宇宙空间特有的状态潜藏着产生现代的材料所需要的各种特性（例如耐热性、强磁性、高强度、超导性、超塑性等）的可能性。此外，在宇宙间不用容器就可以处理材料，因此能够制造出超高纯度的材料，例如质地均匀的玻璃可成为解析度很高的透镜。

实际上，宇宙开发事业团等单位为实施宇宙实验室计划，作过一项预备性实验。1980年9月利用第8号TT500A型火箭进行高空材料实验并取得成功。这次实验得到了均匀而硬度提高一倍的镍钛碳化物复合合金，并且制造成功太阳能电池用的硅砷碲系列的非晶质半导体。而在宇宙实验室里，因为有科学家在场进行实验，因此将会取得更大的成果。

在欧洲航天局制订的宇宙实验室计划的实验课题中，仅材料科学就有三十六项，如新功能合金、复合材料、电子材料、有机物晶体……尖端材料科学技术实验一项接着一项。反过来说，这使人感到对新材料的无限希望就寄托在宇宙实验室上。

追求新的功能

对新材料的无限希望反映了现实生活中需求的增长。不久前，三菱综合研究所同美国的巴特尔纪念所以接受多家委托方式就两个技术预测课题进行了联合研究，引起了人们的关注。研究的课题是《功能性材料及其应用——金属材料、塑料材料和无机物材料中的革新》、《精密电子技术：对精密电子技术及其有前途的市场的展望》等。《功能性材

料》课题受五十四家企业的委托，每家支付研究费一百五十万日元。

《精密电子技术》课题受五十五家企业的委托，每家支付二百五十万日元，作为对技术市场的调查。一项研究课题能引起这样多企业的关心，还是罕见的。

《功能性材料》课题研究的主要对象是：

金属材料——超硬合金、形状记忆合金、纤维加强金属复合材料、超导材料、非磁性材料、超微细金属粉末、超耐热合金、高耐腐蚀性合金、氢吸附合金、多孔质金属、防音防震金属；

塑料材料——工程塑料（高性能树脂——聚酰胺、聚碳酸酯、聚氧化丙烯等）、生物技术用高分子材料、电子技术用高分子材料、功能性膜材料等；

无机材料——耐高温陶瓷、超硬陶瓷、超高纯度光导纤维、高弹性碳纤维、传感器用材料、电子材料、耐热透光材料（氧化铝）、无机接合材料、高温润滑材料、原子能反应堆材料等。

《精密电子技术》研究课题报告所列举的重要技术领域有：超大规模集成电路、固体传感器、功能性高分子、磁泡、显示元件、半导体激光器、光导纤维、光通信元件、太阳电池等。两项研究课题报告就这些新技术、新材料的发展作了预测。

目前，三菱综合研究所还在就第三个题目同美国进行联合研究。这项研究课题为《九十年代的技术突破口——最尖端技术与新奇材料》。该所副经理牧野升说，研究这一题目的原因是，“今后支撑产业社会的有代表性的技术是新奇材料、能源和电子这三个‘E’和生命科学。特别是新奇材料，作为技术革命的引爆剂，寄托着人们极大的希望。”

“期待新材料成为技术革命的引爆剂”，反过来说，就是“期望发生以新材料为导火线的技术革命”。这种技术革命与过去的技术革命的情况不同，它并不是一些华丽的词藻，例如说什么，由于完成了快速增殖反应堆、超高速电子计算机、短距离升降飞机和其他一些最尖端技术，将开辟人类的未来等等。

在石油等能源价格猛涨、资源民族主义高昂等带来难以得到原材料这样的制约因素中，向何处寻找突破口呢？世界的产业界有着无限的技术需求，如节省能源、节省资源、开发和利用新能源、产品的复合尖端化和高附加价值化等等。解决这些课题不可缺少的就是研制高性能和具

有新功能的新材料。

金属、化学等现有的材料工业，和走在最前列的电子工业，对材料的关心程度都提高了。新材料陆续问世。新材料的开发竞争有可能成为企业生存竞争的决定性因素。不妨说，这种意识变成了对宇宙实验室的期望，并且为脑库带来了新的商业机会和方法。

为在国际竞争中取胜

新材料的开发竞争无疑会在国际舞台上展开，日本在其中占据着特殊的位置。由于石油价格猛涨，日本的炼铝和石油化学等产品丧失了国际竞争力，陷入了结构性萧条之中。另外，保持着超群的国际竞争力的钢铁、汽车、家用电器和半导体等行业，也经常面临着贸易摩擦的不安。这些行业目前的目标，都是通过开发独特的技术而提高产品的附加价值。

在成本竞争中不管是输是赢，下一步需要的肯定都是新技术。为了维持组装工业在国际市场上的优势，最根本的条件就是要得到更优质的原材料。因此，金属工业上的超合金和高张力钢板等合金及其加工技术，化学工业上的工程塑料和新陶瓷，电子工业上的半导体、光学材料和传感器等新材料，就突出了它们的存在。

从这一观点看问题，日本企业的最厉害的竞争对手还是美国企业。这里介绍一个典型的事例：

在纽约五号大街有名的圣帕特里克教堂附近，设有富士通公司纽约办事处。这里驻扎着一支搜集情报的部队，它的外号叫做“日本电子计算机的IBM侦察部队”。这支部队的主要任务就是尽快地侦察IBM的新产品战略并把它报告给东京。1981年年初，使他们的神经紧张到极点的是一个未辨真伪的情报，这条未得到证实的情报说，“IBM把三百到八百名第一线的科研人员投入到砷化镓的研究中去”。

砷化镓是一种有代表性的化合物半导体，目前已应用在发光二极管的制造上。这种优质的半导体材料远远超过了现在的硅半导体，作为超高速电子计算机的元件引起了世界的关注。富士通公司等日本的电子计算机厂家也都在积极研究这种新材料。三菱金属、住友电气、住友金属矿山等对电子材料感兴趣的有色金属厂家，也在研究这种半导体的制造

方法。据认为，IBM把力量集中在比砷化镓更先进的约瑟夫森元件上，研究砷化镓半导体的科研人员不足一百人。

“如果IBM动员八百名科学家，那么，在不久的将来，使用砷化镓半导体的电子计算机就可能进入商业阶段。从世界的电子计算机工业势力分布图来看，只要IBM采用了这种半导体元件，它就有可能成为世界的主流——即使不是富士通公司的职员，只要是多少了解一点电子计算机工业的人，就不难想像到这一点。

因此，我们立即提出了去IBM进行采访的要求。在位于纽约州约克郡的IBM沃森研究所，半导体科学技术部部长J·C·马克鲁迪对我们作了微妙的答复：“由于硅技术的进步，人们一度对砷化镓失去了兴趣。然而到了最近，人们又对它热心起来。IBM增加了对金属，特别是薄膜金属学的研究人员。”

不仅是砷化镓，IBM在其他一些新材料的研究上也拥有相当强大的研究阵容，例如用钨代替砷半导体上使用的部分铝，用作磁泡存储器的GGG（钆镓石榴石），以及用于制造约瑟夫森元件的超导材料等。日美两国动员了金属、化学、电子等各个领域的科研力量而展开的新材料开发竞争，今后似乎会越来越激烈。

牧野升说，“在今后的新材料开发上，需要动用一切手段。在宇宙实验室里作材料实验，也决不是‘魔杖’。虽然无法保证会取得多大的成果，但仍有（花点钱）试一试的价值”。在电子工业方面出现的技术开发竞争，正说明了这样一个侧面。

在生命科学、新能源、宇宙开发和海洋开发等尖端技术领域，这种情况也都在发生。新材料领域出现的激烈开发竞争，还不仅仅是为了满足时代的需要。一种新材料会使一种技术变成可能，而由于这种技术的出现，产业的领域就会扩展开来，这又会导致对材料的新的需求。材料厂家和用户都将持续不断地采用种种手段，寻找新材料。新材料革命的地平线将无限地扩展、延伸。到二十一世纪，在宇宙工厂制造的奇特材料将成为材料革命的一翼。

不管愿意与否，都必须进行技术革新。如果不能在技术革新中取胜，那么产业结构的高级化以及作为知识密集型产业社会之一员的发展等等，都将是纸上谈兵。激烈的技术竞争，这就是新材料革命的实质。这场革命现在已经开始了。

第一章

开辟金属的新天地

油管的战国时代

——谋求更高质量的油井管

得克萨斯州的休斯顿，这座城市至今仍然保持着纽约等城市早已失去的美国昔日那种“富裕”、“有活力”、“有光明的未来”的形象。换句话说，休斯顿是一座以美国大城市所罕见的繁荣而自豪的城市。究其根源，毫无疑问是石油。随着1973年的第一次石油危机而掀起的新的石油、天然气开发热潮，又因1978、1979两年的第二次石油危机而加快了速度。当我们漫步在市中心时，一位市民对记者说：“从这里往下挖，就能冒出石油。”他的表情就象得克萨斯州的太阳一样明朗。然而，在这背后，一场围绕油井管的激烈竞争正在展开。

据石油信息杂志《世界石油》统计，美国年探井数的历史最高纪录是1956年，为五万八千四百一十八口；七十年代初降到最低水平，不足三万口；但是，从1974年起，开始持续猛增，1980年终于达到了六万四千八百四十七口（比1979年增加28.8%），刷新了保持二十四年之久的钻井纪录。预计1981年将增加14.2%，钻井七万四千零四十六口。其中有二万四千一百三十二口集中在得克萨斯州。

油井管是钻井和采油所必不可少的。一位世界石油大企业的采购部长说：“本公司去年（1980年）购进十五万吨油井管，今后每年将增加7%至8%。但是，本公司最近买下了构造浅的油田，所以这个增长率略显得低了点，美国的一般倾向是10%的增长率。”

因此，油井管到处受欢迎。据说在休斯顿西部的斯特克亚德，几年前，油井管堆积如山，而今，却明显地感到那片场地的空旷。进口和加工管道的大企业格兰特公司的罗伯特·G·彭多经理高兴地说：“销路

极好，看来这种行情将持续到九十年代——替代石油能源的实用阶段。特别是从日本进口的高级油井管在增加。”彭多的这番话表明了对高级油井管的大量需求，并暗示了油井管的战国时代。

油井管根据用途可分为三类：1、端部装有钻头的钻探用“钻孔管”；2、埋入钻孔内，以防孔壁塌落的“套管”；3、放入套管中，采油用的“配管”。套管最粗，在靠近地表处要埋入两、三层；配管最细。

这些油井管的原材料，过去一直采用美国石油协会制定的AP 1规格的锰钢，以及含少量铬、钼的低合金钢。但是，在密西西比等地区，开发所谓“含大量硫化氢的探井”已成新的课题，使用过去的油井管就遇到了问题。海底油田及严寒地区的开发，也要求新型的油井管材料。

油井的深度各不相同，但总的说来是越钻越深，最深记录为九千六百米（美国俄克拉何马州）。由于钢管本身的重量上下拉动，探得越深，就越需要较高的强度，并且必须能抗住来自四周对钢管的挤压力。含硫化氢和二氧化碳的油井需要钢管有较强的耐腐蚀性，在严寒地区则要防止钢管变脆。为了解决以上问题，除了研究合金和热处理方法外，还在改进接头及管子正圆度等，各种研究都在进行。特别是几千米的油井，由于接头的数量多，其螺纹的精度十分重要，如果断面不圆，就会被周围的压力挤垮。

如果石油价格飞速上涨，大而深的油井就显示出了优势，劳动生产率也高。这样，油井管的成本等就不成为太大的问题。如今的趋势是希望有“耐硫化氢、二氧化碳、盐水等不良因素的高级油井管”出现。由于低合金钢耐腐蚀性能不高，人们的注意力开始转向不锈钢的无缝钢管。

全世界一年需要七百二十万吨（1980年）的油井管用无缝钢管。其中二百万吨由日本生产。计划到1985年，日本及其他国家各增产一百万吨。有人担心生产能力过剩，但日本的钢铁企业对其产品的质量充满了信心。以无缝油井管产量世界第一而自负的住友金属工业公司的深赖良一董事非常神气地讲：“美国的大钢铁公司没有用不锈钢制造无缝钢管的技术”，强调该公司及日本钢铁企业所占的优势。该公司还把所销售的API规格以外的低合金钢和不锈钢油井管命名为“SM系列”。在年产九十万吨的油井管中，约有25%属这类产品。

在不锈钢产品中，最近引人注目的是含铬13%的淬火回火型。这种材料对密西西比州、路易斯安娜州的新油田及北海油田出现的二氧化碳

的腐蚀有较好的效果。它是在1980年由日本的住友金属和日本钢管两家公司共同研制出来的。据说住友公司已与客户签订了长期供货合同，日本钢管公司也与美国的索卡尔等公司有贸易往来。在钢铁新材料方面，这种刚刚研制出新产品便立即举行贸易谈判的现象极为少见，可见人们盼望新材料的心情是何等急切。

从目前的形势来看，不能仅仅满足于能生产不锈钢无缝钢管。对美国的大钢铁企业来说，虽然从新日铁与美国的阿姆克公司的合作上，可以看出日本方面拥有绝对的技术优势，但在其他金属材料上的竞争却在日趋激化。有可能成为最强大的竞争对手的是美国卡勃特公司的耐腐蚀耐热镍基合金，和加拿大国际镍制品公司的镍铬铁耐热耐腐蚀合金，即所谓的超合金。壳牌石油公司正在密西西比油田使用耐腐蚀耐热镍基合金。这种合金本来只少量用于飞机发动机等特殊领域，价格虽高，但其强度和耐腐蚀性却是出类拔萃的。瑞典的桑德比克公司认为“超合金价格太贵”，而推出了双层不锈钢。它是由两种性质不同的不锈钢组成的，含铬22%、镍5—7%、钼3%。卡勃特公司如今正在研究减少钼的用量，以便用耐腐蚀耐热镍基合金制造出更便宜的钢管。

其后，即将问世的是具有代表性的飞机用钛合金“6·4合金”（含铬6%、钒4%、钛90%）及含大量钼的钛合金。这样一来，油井管材料的竞争真可谓进入了名符其实的战国时代。

“确定产品的好坏，必须从其强度、耐腐蚀性、可加工性及成本等各方面去考虑。从现阶段来看，无论哪一种材料都各有长短，何况钻井的环境也是千差万别的。所以，不能轻易下结论。”日本钢管公司钢铁技术部课长半田的这番话确实道出了实情。因此，住友金属和日本钢管两家公司也在研究耐腐蚀耐热镍基合金和钛合金。

美国巴特尔研究所注意到人们尚未认准哪种材料的情况，在1979年开始对主要油井管材料进行性能试验。这项研究由世界上石油和钢铁等六十一家大企业出资赞助，费用达一百八十万美元。这也是材料开发竞争中的一种新的商业形式。

如果由一个企业来生产其它合金元素的含量多于铁的高级油井管，实在非同小可。具备熔化、轧制、热处理、螺纹加工、检测等工艺技术和设备的厂家，除日本的新日铁、日本钢管、住友金属、川崎制铁外，还有哪个厂家？虽然法国的帕洛雷克、西德的曼内斯曼等尚可一提，但

比起上述日本企业还略逊一筹。

日本钢铁企业的另一个优势，就是在选择适合新的油井环境的新材料时，在使用特殊金属之前，有能力通过热处理等工艺，将同样的低合金钢的质量加以提高。住友金属公司说，“即使日元升值，也可提高价格使之不减少实际收入”。这句话表明了日本的强大的竞争力将持续很长时期。

日本钢铁企业的综合能力之强是毫无疑问的。但是，不能不看到在油井管方面与国际石油资本等客户的合作。从日美在飞机材料上的差距来看，日本的飞机工业基本上等于零。但是，在国内几乎没有油井管市场的情况下，日本却以弥补美国国内供给不足的形式打入了美国市场，与用户建立了联系，从而促进了新材料的开发。

出版《世界石油》的海湾广告公司的弗兰克·L·伊万斯预言，“含硫轻油的开发继油井管之后将唤起炼油设备的材料革命。”例如，需要具有更高耐腐蚀性的不锈钢制的反应塔等。

一种新材料的诞生，将引起对另一种新材料的需求，从而推动其它领域的新材料的开发。象波浪似的逐步扩展——这就是新材料革命的本质所在。

铝—钛空战

——飞机材料的激烈争夺

“铝与铁不同，它可不易生锈。”美国铝制品公司的一位骨干管理者说这句话时，闪动着狡黠的目光。该公司的总部设在宾夕法尼亚州匹兹堡。由于美国钢铁业的萧条，这座城市也被称作“生锈的铁城”。他说这句话的意思是“制铝业的情况则不同。”

以这位制铝巨人（美国铝制品公司）和总部也设在该城市的钛制品头号企业太梅特公司为中心，围绕飞机的材料，展开了一场“空中争夺战”。它有可能打破“铝只能制作机体和机翼等一般部件，而钛则特别适用于耐热抗压部分”的传统观念。

铝和钛，二者以质轻而受人欢迎。因此开发新材料的最尖端领域是飞机材料，要设计高速飞机，必将减轻机身。机身越轻，越能多载旅客和货物，并能少耗燃料。当然，安全是第一位的，所以材料的强度也同

样不可忽视。开发轻量而结实的材料是今后的目标。

在离匹兹堡机场不远的太梅特公司总部，该公司的副总经理瓦德·W·敏克拉满怀信心地向记者透露：“你来得正是时候，现在可是开发钛合金的关键时期”。这位在该公司任职二十九年的制钛界著名人物，列举了最近研制成功的新型钛合金系列产品，它们具有弥补制造普通飞机的钛合金“6·4合金”（铝6%、钒4%、钛90%）的不足之处的特点。例如：含钒10%、铁2%和铝3%的“10·2·3钛合金”不仅强度大，而且容易锻造；加入15%的钒及3%的铬、铝锡的“15—3钛合金”，由于能在常温下辊轧，从而扩大了钛的用途；而含铝6%、锡2%、锌4%、钼2%的“6·2·4·2钛合金”则具有耐高温的特点。

“以上几种合金的研制工作已经结束，问题是研制更新的合金。”敏克拉先生喘了口气，接着介绍起一种对日本的制钛界来说犹如梦想的课题——“含铝15—36%的钛合金能耐800°C以上的高温”。它具有超合金般的耐热性。钛的耐热度为250°C左右，而这种合金却非常奇特，加进比钛还不耐热的铝，反而提高了耐热温度。“6·4合金”为450—500°C，“6·2·4·2合金”为500°C以上。但是，增加铝的含量会使合金变脆，目前这是一个非常棘手的问题。该公司准备在1985年至1990年攻下这个课题。接着，敏克拉先生又补充了一句：“作为飞机材料，以钛和塑料及玻璃纤维等的复合材料来取代铝的趋势正在加强。”这可以说是对制铝业的挑战。

然而，美国铝制品公司的技术人员对飞机材料并不感兴趣，它作为制铝业的巨人有着雄厚的基础，其产品的市场不象钛那样偏重于飞机领域。当前，该公司的硬铝体系的“波立修德板”，靠其独特的技术垄断了美国市场，比硬铝的强度还高的铝、镁、锌类的“7000系列”，也是出类拔萃的。

“波立修德板”是一种制造客机机身和机翼的铝板。表面均匀平滑，并有独特的光泽，为美国各大航空公司采用。由于耐脏、不用油漆也很美观，所以美国航空公司直接采用这种发光的材料作机身。其它航空公司也趋向于省去油漆。不油漆的好处有以下几点：（1）节省了油漆费，（2）无需重新喷涂，（3）机体省去了涂料的重量。

据说能够批量生产“波立修德板”的厂家只有美国铝制品公司。所用材料是在铝中添加铜、镁等金属的硬铝类合金，虽无什么特别之处，

但在表面处理上似乎有其秘诀。美国铝制品公司把这当作秘密武器，甚至对与它有资本关系的古河制铝工业公司也不肯透露。因此，日本的轧铝工业部门也正在拼命地研究“波立修德板”。而美国铝制品公司现已着手研究其补充改进方法，并同波音公司一起研制成功将“7000系列”铝板的强度提高10%的新产品。

当前，最引人关注的是同属“7000系列”而由粉末冶金制成的合金。这种合金超出了铝的常规，具有特殊钢般的强度。在粉末冶金方面，雷诺尔兹和凯萨铝业公司信心十足，凯萨制铝公司甚至扬言：“现在虽未发表，但要胜过美国铝制品公司一筹。”关于铝粉末冶金，虽然其详细数据尚未公布，但肯定很有发展前途。对用作飞机的原材料和制作发动机零件，也显出美好的前景。所以神户制钢所轻合金铜加工事业部长助理中村寿雄说：“用钛制作的部件，铝也并非不能。”

在这场铝和钛的激烈空战中，日本的企业并没有介入太深。在铝制飞机材料方面，在1941年珍珠港事件中零式战斗机被击落之前，日本一直冠世界之首。美国曾对零式战斗机进行了分析，对其机翼等处的铝合金质量赞叹不已。然而，近四十年来，日本彻底落后了，目前，住友轻金属工业、神户制钢所、古河制铝工业三家公司正在联合研制的，也都是美国铝制品公司早已产品化的东西。至于“波立修德板”，古河制铝工业的专务石丸圭亮董事则宣布：“福井的新工厂一建成就投产。”神户制钢所的中村也表示：“研制阶段已经结束。”

钛的情况也极为相似。神户制钢所钛营业部长说：“好不容易靠‘6·4合金’追赶上来。”过去日本由于不需要飞机材料，其重点是制造化学设备的钝钛材料。如今，无论是制铝界还是制钛界，都强烈地意识到，“今后应面向飞机材料”，但是处境比四十年前的美国还要艰苦。

超合金胜负难决

——兴起的脱钴现象

从纽约的曼哈顿乘上开往东北方向的列车，不到一小时就到达了康涅狄格州的格里尼奇。在紧邻车站的阿玛克斯公司总部的入口大厅处，除陈列着产量占世界一半的钼精矿石，还有用于管道的粗大钢管。我随

便说了一句：“大概还没有制成管子成品吧？”该公司的广告负责人立刻接过话头介绍说：“这种用来制管的钼钢是本公司研制的。本公司虽然不制造钢铁产品，但为了扩大钼的需求，正在研究从钢铁到超合金的各种金属材料，并设有专门从事研究的子公司”。

超耐热合金直译为超合金，不过，它并没有确切的定义，一般是指以镍钴为主要成分的耐热合金，具有耐腐蚀、强度大的特点，是用于飞机引擎、燃气涡轮发动机、煤炭气化设备的引人注目的原材料。为人所熟知的超合金有加拿大国际镍制品公司的“铬镍铁合金”和美国卡勃特公司的“耐盐酸镍基合金”。这里同样也是技术竞争异常激烈的领域。

在这里，我们首先访问了前面提到阿玛克斯的制钼子公司。该公司高级副经理霍列斯·N·兰德介绍说，“对1980年研制的用于喷气发动机的脱钴超合金，美国通用电气公司表示感兴趣”。由于钴的价格上涨，帕拉德—惠特尼公司把原用于喷气发动机的钴粉末合金改为镍合金，从而导致了“脱钴现象”的发生。仅此一点，就使出售超合金辅助材料钼的厂商不能等闲视之。

该公司研制的“XN622”（含钼9%、铬22%、铝1%、钇0.22%）的镍系耐热合金，是用于喷气发动机燃烧室的“铬镍铁合金617”的替代品。两者含钼、铬、铝的比例均相同，不同是“617”中含钴量为12.5%。

在“XN622”中，似乎是钇增强了钴原有的耐热性。氧化钇及氧化铝等陶瓷虽然较脆，但在耐热性上毫无问题。含有这类氧化物的合金（ODS合金）可耐1,000°C以上的超高温，这已成为研制超合金的关键。

在超合金方面颇具实力的加拿大国际镍制品公司也对ODS合金表示了极大的兴趣，目前已研制出镍铬氧化钇合金“MA754”和铁铬铝氧化钇合金“MA956”，并分别由下属的摆式合金冶炼厂（美国）和电感式合金冶炼厂（英国）生产。ODS合金的开发，与其说是为了节省钴，不如说是为了提高合金的耐热性。该公司还接受了美国宇航局委托的研究项目。

加拿大镍制品公司和美国的卡勃特公司都在不断地改进自己的产品。其原因之一是因为喷气发动机厂家都在全力以赴地研制新型发动机。波音747和DC10等飞机的发动机不一定总是一种型号，发动机厂家都在

独自努力研制适合各类飞机的新型发动机。其中选择哪一种，则由飞机的买主决定。因此，发动机厂家之间从未停止过激烈的竞争。如果用于制造发动机的原材料有50%为超合金的话，发动机生产厂家必定会不断要求“更高质量的合金”。

这种结构对日本开发超合金并非有利。国内首屈一指的三菱公司通过与卡勃特公司的合作，现有的超合金制造技术已经赶上了美国。但是正如春日副经理所说：“在开发新型喷气发动机用合金方面，厂家与用户的配合不够密切，即使厂家研制出来，也不能轻易为用户所采用”。

人们寄希望于由罗尔斯罗伊斯公司与石川岛播磨重工业、川崎重工业、三菱重工业等公司联合开发的“RJ500发动机”。从这一情况来看，只要发展日本国内的发动机工厂，超合金的研制工作就会取得进展。

同是特殊合金，如果国内用户的需求量大，情况就不同了。被美国杂志介绍过的超合金——大同特殊钢公司生产的含镍30%、铬20%的高合金耐热钢是汽车发动机材料的最尖端产品。三菱金属也自行研制了用于钢铁厂连续铸钢设备的耐热铜合金和用于汽车传动装置的高强度铜锌合金。

由此可见，日本在研制超合金上很有可能取得进展。工业技术院从1978年起，作为大型工业技术项目开始研制高效燃气涡轮发动机需要能耐1500°C高温的材料。为此，开展了对镍系列耐热合金和陶瓷材料的研究。用于煤炭气化、高温气体反应堆、核聚变反应堆等新领域的耐热合金，则不象喷气发动机那样存在历史性的弱点。在新能源领域，超合金的开发竞争今后才是决定胜负的阶段。

开发新能源的支柱

——太阳能利用系统、原子能电站、液化天然气船

“ABC加S”——这是美国制铝业界人士常说的一句话。其中四个字母各代表一个与开拓铝制品市场有关的重要纲领。A—Automobile（汽车等运输机器），B—Building（住宅等土木建筑），C—Can（饮料罐及铝箔、纸、塑料等包装材料），最后S是Solar（太阳能利用系统）。

在加利福利亚州奥克兰的凯撒铝化学公司总部，当问及太阳能利用

系统研究的进展如何时，对方答道：“到九十年代，将是一个很有希望的市场。不过，日本现已居领先地位。”该公司也在研究太阳能集热板用铝板的表面处理技术。只是日美双方对于同是铝制的集热板的想法似有不同。在日本，昭和铝品公司在使用电解着色法进行表面处理的铝制集热板方面居领先地位。这种方法是将其它金属封住耐酸铝的表面，使之生出颜色。如果为了吸热，只将其变黑，则与铝制黑色消音器相同。关键是让集热板在吸热的同时，还具有不散热性。

近来，计划正式打入太阳能市场的住友炼铝公司，也采用了电解着色法，制成了用镍发生颜色的可吸收太阳能90%—95%、只散射掉其中9—15%的铝制集热板。

与此相反，美国则普遍采取烤漆的方法。喜好油漆是美国人的特性，因此使用涂料的技术在日本之上，但是集热板效率却略逊一筹。美国人多半认为：“即使效率低也无妨，廉价大批生产才是最重要的。”住友炼铝公司技术部长饭田一生在访问美国制铝大企业中最热衷于集热板的雷诺兹金属公司时听到的介绍是：“比起选择吸收性更重要的，是装置整体系统的组装方法。”

在宾夕法尼亚州匹兹堡郊区的美国铝制品公司技术中心，就有关太阳能利用系统的课题，除集热板外，美国人还提出了太阳能反射板的油漆问题。反射板是将太阳能集中于一点，使之产生高温的类似于凹凸镜的装置。制造光亮如镜的铝板当然不错，但需要永远保持其表面状态的涂料。日本的制铝业界尚未研制到这一步。

在美国铝制品公司技术中心耸立着一个奇妙的装置。这就是1980年建起的风力发电机。它由三片带状细长叶片，以垂直轴为中心转动，高四十二米，输出功率为三百千瓦，叶片是铝制合金。该公司为了开拓铝制品市场，竟步入开发新能源的领域，真不愧是制铝业界的巨人。

无论是太阳能还是风力，在开发新能源方面，还有许多未知领域。例如利用太阳能，其集热板既有铜制的也有不锈钢制的。对于风车的叶片也可有种种设想。因此，通过新材料的开发及其加工方法的研究，就会占领很大的市场。

还有对液化天然气的利用。陆上储气罐用的是9%的镍钢，铝制品在成本等方面似乎无力同它竞争，但凯撒铝化学公司和美国铝制品公司认为，“只要改进焊接方法，就能同它竞争”。液化天然气船上的球形

气罐，实际上已主要采用厚铝合金板了。其中凯撒铝化学公司的铝镁合金板质量最佳。在日本，围绕液化天然气进行的竞争，是在航空铝业公司和神户制钢公司之间展开的。古河制铝公司也准备加入其中。

钛，已顺利进入原子能发电领域，并以其坚硬、无锈引起人们的注目。“钛除了用于核电站的冷凝器（热交换器），在海水温差发电方面也大有用武之地。从商用纯钛的加工技术来看，日本居世界之首。因此，在这个新市场中可以大干一番”（神户制钢所铸锻钢事业部长代理兼钛营业部长草道语）。在钛制热交换器的制造技术方面，从生产薄壁电焊钢管到组装，神户制钢等国内厂家确实拥有值得自豪的实力。然而美国的太梅特公司目前已着手研制全新的利用钛的方法了。为了封存核电站所产生的核燃料废弃物，该公司使用了新研制的钛合金“耐光12”。这种合金含镍0.8%、钼0.3%，与过去用于核燃料废弃物容器的不锈钢相比，抗辐射性物质性能更强，并且不会腐蚀。美国的太阳研究所计划于1981年在西德进行有关实验。太梅特的副经理瓦德·W·敏库拉颇为得意地说：“在当今时代，不在技术上领先，就根本没有希望在市场上操主导权。”

在核能领域，很多方面都迫切要求新材料的出现。要解决用液态金属冷却的快速中子增殖堆中、对熔融钠的耐腐蚀及核聚变反应堆耐高温性等课题，开发新材料是关键。即便是人们更为熟悉的替代能源——地热，地热井管的耐腐蚀和耐高温性也不同于油井管。有人已在怀疑“现在的地热井中的管子是否仍然存在”。

新能源的开发是八十年代产业界的中心课题。国际上的开发竞争势必愈来愈激化，从而必将促进新材料的开发。在这样的年代里，没有新材料技术，新能源开发就不会有进展。

无磁性的钢

——磁悬浮列车的心脏

1976年10月，位于东京丸之内的神户制钢所总部，接到了日立制作所日立工厂打来的一个电话。日立公司的技术人员认真地询问：“听说贵公司已研制出无磁性钢筋，用这种新型钢材能否制成厚钢板？”

日立公司正承担着日本原子能研究所研制中的核聚变实验装置“JT

—60”的制造任务，当时正处于选定原材料阶段。神户制钢所的高锰无磁性钢引起了日立工厂厂长西政隆的注意。打往神户制钢所的电话正是他直接指示的。

不知以上内情而随即赶向日立工厂做技术说明的神户制钢所的三名年青技术人员，一到日立工厂竟被吓了一跳，没想到厂级干部竟然来了三十多人，他们对无磁性钢的关注程度异常强烈。这次说明会之后没过几天，10月底，日立就要求各钢铁公司研制无磁性钢。

日立公司之所以对无磁性钢表示出如此强烈的关心，是因为要把它用到“JT—60”上去。“JT—60”是具有世界最高水平的临界等离子体实验装置，直径约15米，高13米，重量约4,000吨。这种装置将以强大的磁力将等离子体封闭起来，在0.2~1秒的时间内维持核聚变反应所必需的几千万至一亿摄氏度的高温。

如果支撑“JT—60”的台架由于强大的磁力而带有磁性，那就会对控制等离子体产生不利影响。因此，必须用无磁性、高强度的材料制作台架。但是日本，还有美国、欧洲、苏联等核聚变技术发达的国家，一直都是采用奥氏体系列的不锈钢板。而这种材料强度低；一经加工，无磁性的特点即遭破坏，并且价格高昂。所以，日立公司注意到了不锈钢之外的无磁性钢板。

人们早就知道，钢中如含13%以上的锰，就不会被磁铁吸住。日本战前生产过含13%锰、1%铬的合金钢，用来制造旧军队的钢盔。这是利用了高锰钢韧性大，一经加工立即变硬的特点。当被子弹击中时，便会在瞬间硬化，防止负伤。战后仍然应用了高锰钢的这种特性，用于制造负荷特别大的铁道转辙器（道岔）及粉碎机的棘爪等等。当机车通过或碎石时，强度即会增强。但是这类钢材不是轧制而是浇铸的，其用途与无磁性无关。

含大量锰的无磁性钢的研制，起因于1975年日本国营铁路公司向新日本制铁等钢铁公司提出研制用于磁悬浮列车的无磁性钢筋的要求。日立获悉为国铁研制的无磁性钢筋取得成功，立即考虑将其应用在“JT—60”上。

针对“JT—60”的需求，神户制钢所从上到下把全部力量投入研制活动中，最后接受了含锰14%、铬12%为主体的钢种的订货。这种新钢种比起用于水槽的18·8不锈钢（18%铬、3%镍），具有抗拉强度高出

一倍、进行弯曲加工或焊接时导磁性（无磁性）基本不变的良好特性，而且由于只含少量的价格昂贵的镍，其价格比前者便宜30%以上。然而，缺点是加工方法落后。用钻头打眼时，如不一气呵成，它就会硬化，钻头就无法深入。加工时硬化这一特性在这里起了反作用，热膨胀系数和不锈钢一样高，也造成不少麻烦。为此，神户制钢同时还攻克了无磁性钢的加工及焊接技术的难关，并已达到了实用化。

最近，日本钢管正在研制含锰量在20%以上、降低含碳比率的新钢种，力图克服上述缺点。新日铁、川崎制铁、住友金属工业等大型钢铁公司自不待言，象大同特殊钢公司等特殊钢厂家也正在掌握同样的制造技术。

高锰无磁性钢的性质与不锈钢不同，进行弯曲等冷加工时，导磁率也基本不变。

与此相反，美国US钢铁公司及西德提森钢铁公司等世界大公司却没有研制出高锰无磁性钢。现状是“欧美及苏联现仍在研究不锈钢，而在高锰钢研制方面获得成功的恐怕只有日本一家”（神户制钢钢板技术部部长林登语），日本在这方面确实走在世界的前头。

无磁性钢的用途，与核聚变实验装置及磁悬浮列车等世界上的尖端技术紧密相连。建在宫崎县的磁悬浮列车实验线路轨道采用了五大钢铁公司及大同特殊钢生产的无磁性钢；但国铁公司却闭口不谈，称这是“举世瞩目的新技术，多属绝密部分”，不愿过多言及无磁性钢的使用情况。国铁技术开发室的负责人仅介绍说：“无磁性钢用在轨道结构的钢筋、角钢及连结器上，目的是要使距磁线圈较近的部分不受磁场的影响。”如果在靠近磁悬浮列车的地方使用带磁的普通钢，这种钢就会产生磁场，对列车的推进力形成阻碍，从而导致磁能损耗，降低行驶速度。

磁悬浮列车的心脏，是用一种在超低温情况下电阻为零的金属作线圈、可获得强磁场的超导磁铁。这种超导磁铁不仅用在被称为理想的技术——核聚变上，甚至在政府的阳光计划的主要项目——磁流体（MHD）发电中也将发挥作用。超导磁铁与无磁性钢之间有着割不断的密切关系。

高锰钢不带磁性的秘密就在于含锰，因而形成了与一般钢铁的原子结构不同的奥氏体的结构。这种结构具有耐低温的特性。高锰钢作为液化天然气容器等低温用新材料，是有发展前途的。川崎制铁公司钢材技术

部长小樱芳郎说：“对普通钢的研究已经非常深入了，但奥氏体结构还有许多未知的领域。如果将研究工作深入下去，其用途会进一步扩大。”技术人员非常关注高锰钢的发展前景。

奇特的超导金属

——目标是发电损耗为零

“在这个发电机内部，一点铁也没有。”负责西屋电气公司开发项目的经理W·R·马可温在宾夕法尼亚州匹兹堡的西屋电气开发中央研究所，十分得意地向来访者介绍情况。这里正在加紧研制世界上第一台商用超导发电机。

致力于超导发电机实用化研究的日美两国技术人员当前的奋斗目标，是将发电效率提高1%左右。1%看来很小，但“一个使用超导发电机的百万千瓦电厂，一年就可比使用过去的发电机节约十万桶以上的石油”。该公司副经理尤金·J·卡特比阿尼的这句话表明这种发电机具有很大的经济效益。三菱电机中央研究所的岩本雅民则将其形容为“登峰造极的发电机”。

超导发电机的功效并不仅仅在于节省能源。据富士电机综合研究所藤野治之主任研究员说，“发电机的重量和体积可一举减少一半，而且，由于能够较容易地产生强磁场，使以往十分困难的大容量发电成为可能”。

超电导现象是1911年由荷兰的H·K·昂内斯发现的。他发现在 -296°C 的超低温的液氮中，水银的电阻为零。这一现象说明电流丝毫不会转换成热能而消耗掉。在大功率电流通过的领域，发热、电流损耗是最大的难题，因此，昂内斯所发现的是个奇迹般的现象。然而当时超导材料的研制是棘手的问题。

从昂内斯发现的水银到最近的铌3锆，许多超导材料相继被研制出来。对产生超导现象的“临界温度”所需更高质量的材料的研制工作仍在深入进行。每隔四年，就可发现使临界温度升高 1°C 的新材料。迄今已发现从液氮温度到液氢温度（ -253°C ）所需要的材料，下一个目标是液氮温度（ -196°C ）。越接近室温越容易冷却，装置也越容易制作。

发电机是通过转子在定子产生的磁场中转动而产生电力的。其旋转

力量一般是利用水库的水力及煤炭、石油、原子能产生的蒸气能。转子是巨大的线圈，但要尽可能不浪费地得到所产生的巨大电流，制造高效发电机是关键。超导体的电流损耗为零，因此如将这种材料运用到线圈上，就可达到最高的效率。

1973年美国西屋电气公司试制了一台五千千瓦规模的超导发电机。接着，富士电机和三菱重工两公司于1976年制造成功当时世界最大容量的六千千瓦发电机，跃居世界首位。而两年之后，美国西屋公司制造出一万千瓦发电机，又将日本甩到了后面。美国通用电气公司也不甘示弱，已着手研制二万千瓦发电机，并计划在1981年开始试运行。富士和三菱得到了通产省的资助，目前正在设计三万千瓦发电机，同样也预定在1981年制成。日立制作所也开始研究五万千瓦发电机。

西屋电气公司正在稳步地为制造被称为完全达到实用规模的三十万千瓦发电机作准备。这个项目将由EPRI（电力研究所，系美国电力业界的联合研究机构）资助，计划于1984年同旧型发电机一并装在现有的发电厂中，以验证其实用性。

研制的关键在于超导材料的开发。我们在通用电气公司和西屋电气公司中央研究所见到的超导材料，其断面只能看到铜线圈，但如果用显微镜放大观察，则会发现一根铜线中埋藏着无数的铌钛合金超导线。将这些铜线盘绕起来，在真空下穿过环氧树脂，待其凝固后即成为超导线圈。富士—三菱集团制造的六千千瓦发电机所使用的是在3毫米粗的铜线中，装入了数百根直径仅为40微米、比头发还细的铌钛钽合金的超导材料。这种结构可使大电流通过而丝毫没有损耗。

铌钛合金在 -264°C 以下的极低温液氮中，电阻为零。被称为下一代新材料的铌3锡不是合金，而是铌和锡的化合物。这种材料比起铌钛合金来，即使在高 10°C 左右的温度下，也能保持超导性能，很容易进行设计。但是铌3锡较脆，不能象铌钛合金那样拉成细丝。

为此，富士电机和古河电气工业两公司用铜锌合金包住纯铌线材，然后再包一层铜，制成细线材。将这种材料放入炉中加热，锡便会渗入铌中，由此制成铌3锡。

富士—三菱集团计划在新的三万千瓦发电机中，也部分采用上述铌3锡的线圈。西屋电气公司J·K·哈尔姆博士说：“作为将来的材料，还有铌3锆。”这意味着即使不用属于稀少资源的氮，在 -253°C 的液

态氢中也可产生超导现象。铌3锆比铌3锡更脆，因此被认为不适于拉成丝状，而只能制成薄带状。超导线圈的转子浸在液氮中，为了隔热，其外部用如同暖水瓶的真空层包住。因为转速为每分钟三千六百转，所以要求支撑整机的结构材料也必须是特殊的材料，即在极低温下结实而又不磁化的材料。万一液态氮跑漏出来，发电站内马上就会象南极似地冻成一团。由于这个原因，西屋电气公司决定使用制造喷气发动机的铬镍铁合金，通用电气公司采用A286高镍钢，富士—三菱集团则选用了钛合金。三家都在加紧研究焊接方法等。

美国通用电气公司除了开发一般性超导发电机外，并在研制极为特殊的超导发电机。在纽约州斯克涅克塔迪工厂，P·A·里欧斯经理给我们介绍了一台不久就进入实验阶段的超小型发电机。它的体积大小如同小学生的课桌，输出功率为二万千瓦，转速每分钟六千转，可产生四万伏特的高压电流，并且由于不带冷却装置，在一次注满液氮之后，仅过五分钟即开始运转。对方解释说：“这是美国空军的订货，恕不能详细介绍。”外界专家们推测，该机可能是空中激光武器的电源。这是美国的独家技术。

西屋电气公司预定在八十年代接受商业用发电机的订货，通用电气公司也设想在九十年代将发电机的大部分换成超导型。在超导发电的实用化上开拓的新技术，可望应用在超导发动机、超导输电、超导能源贮藏、磁悬浮列车、磁流体(MHD)发电、核聚变等方面，范围很广。

汽车轻量化之战(上)

——高强度钢板是关键

问：你认为美国的钢铁业有同日本竞争的能力吗？

答：在生产工艺上虽有一定的问题，但在技术开发上决不比日本逊色。过去美国是以控制成本这个防御性课题为中心的，今后要把目标放在研制新产品这一进攻型课题上。

问：请具体介绍一下。

答：目前正全力以赴研制冷轧钢板，特别是汽车用的高张力（高强度）钢板。

在位于宾夕法尼亚州贝斯雷赫姆的美国第二大钢铁企业——贝斯雷

赫姆钢铁公司的霍马研究所，哈杰·L·惠特利副所长坦率地回答了记者的问题。

当前，世界汽车厂商之间围绕降低燃料消耗的竞争愈演愈烈。与提高发动机效率、车体的小型化同样关键的手段还有原材料的轻量化。日产汽车公司认为，“虽然在探讨利用铝或塑料的问题，但最受欢迎的还是高强度钢板”，汽车厂家对钢铁厂家研制薄而坚固的钢板的要求异常强烈。

在日本，小汽车车身的钢板厚度一般在0.8毫米左右，如果用有一定强度的高强度钢板，则厚度可减到0.1毫米。在日本各汽车厂最近推出的新品种中，有20%换用了高强度钢板，将来则计划增至40%至50%。届时，车体重量将减轻15%，并能节省10%的燃料费用。

汽车用钢板一经变薄，其钢材的使用吨数即随之减少。对于按吨出售的钢铁厂商来说，想根据钢板厚度的减薄而收取相应的加工补偿费，而汽车厂却不肯答应。因此，高强度钢板使得钢铁厂商很头疼，乃至有的负责人士提出：“干脆不以吨出售，而改成按平方米计价。”

与日本相比，美国目前的高强度钢板的使用率不高，只有13%至14%。但美国有关方面已规定，到1985年，所有小汽车的平均耗油量须达到每公升汽油行驶11.7公里的标准，否则将予以处罚。为此，三大汽车公司都把使用高强度钢板列为紧急课题。

高强度钢板，如果单是强度高还不能大量使用在汽车上。用在缓冲器这类无需进行复杂加工的零件上还可以，若用来制造车体框架的话，则容易断裂和起皱。汽车必须将钢板挤压成美观的流线型，然后再经深冲压制出复杂的凹凸部分。为了提高强度而生产掺入大量合金元素的钢材，其焊接性能则会降低；同时还要重视其防腐性和隔音效果。

美国汽车厂家正在摸索前进。通用汽车公司就曾大力宣传过它在车轮上使用了高强度钢板，后来又停止了。相对而言，日本的各汽车厂家在订货时则严格得多。他们向对方提出要求，“这个零件将采用高强度钢，请先拿出样品来”，然后，将五大钢铁公司的技术人员邀集在一起，当场进行质量检验。但是，钢铁公司的产品经常通不过各汽车厂家的严格的断裂试验，不少技术人员说，在研究室试验时并未出现断裂，抱怨汽车厂家试验太严。即使通过了断裂试验，还要一一接受加工性能、焊接性能等每个使用部位的材料特性的检验。对此，住友金属工业

公司第二技术开发部的负责人说：“正是由于经受了这种严格的试验，才得以不断推出新型高强度钢板。应该把它看作是与汽车公司共同研制的结果”。例如有一种被称作淬火即硬的深冲压用高强度钢板，具有挤压成型时软、喷涂淬火后变硬的奇特性能。它以容易加工但又容易塌陷的铝全脱氧钢为基础，用箱型淬火炉淬火十几个小时而制成。抗拉强度为每平方米四十公斤左右，主要用于车罩及档泥板等较难加工的外部钢板。目前，日美双方最为关注的是一种叫作“复合结构钢”的钢种。这是一种由纯粒铁这种抗拉度好的金属特性与间聚淬火这种硬淬火金属特性两者适当混合而成的复合组织，易于加工；其抗拉强度可达到每平方米一百公斤。它主要用作本身的高强度材料。

在制造复合组织钢时发挥了威力的是连续退火设备。因为它使过去费时一个星期的冷轧后处理工序实现了连续化，大大缩短了时间，从而可以大批量生产。新日铁和日本钢管两厂家已先行了一步，随后，川崎制铁、住友金属工业、神户制钢所等公司也相继引进连续退火设备。美国方面引进计划也是一个挨着一个。率先宣称制成名为“高级泡沫塑料”的复合组织类高强度钢板的是兰德钢铁公司。接着，贝斯雷赫姆钢铁公司也决定引进（均从日本钢管引进）。围绕对美国US钢铁公司的技术出口，新日铁与日本钢管两家公司展开了一场激烈的竞争。从通用汽车公司等美国汽车厂家均想采用高强度钢用作高强度部件的材料来看，连续退火技术是极为有效的。

迄今为止，日本的高强度钢板的使用率要高于对燃料消耗有法律规定的美国。日本各钢铁公司认为理由是，“美国钢铁公司生产工艺跟不上，没有供给能力”。这与贝利恒钢铁公司研究所副所长惠特利的见解是一致的。然而，美国要设法赶上日本的决心也是确实的。等到美国的确全力以赴投入到开发高强度钢板时，日美之间的“汽车轻量化竞争”将进入第二回合。

汽车轻量化之战（下）

——开发铝合金的竞争

1981年2月23日至27日的五天之间，在密歇根州底特律市的克伯大厦召开了汽车工程师协会大会。在该大厦宽敞的一楼展览大厅中央，摆

着一辆十分引人注目的黄色赛车。这是美国铝制品协会(AA) 送展的铝制汽车“兜风IV”号。该车是华盛顿州华盛顿大学汽车研究所的试制品,可乘二人,柴油发动机的排气量为1,741毫升;曾参加过1980年8月第二次横跨美国大陆经济型汽车比赛,跑完从西海岸最北端的华盛顿州的贝林根到东海岸的华盛顿的整个赛程。燃料消耗率为每公升37公里,与摩托车的油耗相同。这种汽车的总重量为592公斤;其中,227公斤是铝。如车身、底盘、车棚架、缓冲器、车轮、燃料箱等,尽可能使用了铝制品。美国铝制品协会通过这辆车想要说明的是“只要依靠铝达到轻量化,就可节省如此多的能源”。

汽车铝制化是世界制铝业的宿愿。两三年前,美国的一家炼铝厂要求通用汽车公司更多地将铝用于汽车时,通用汽车公司方面反问道:

“如果本公司真的向铝转向,每年将需要一百多万吨铝锭。贵公司能保证供应吗?”1980年,西方各国的生铝产量是一千二百六十万吨。仅同这个数字相比,即可明白铝制品化是一个极富魅力的领域。

正因为如此,制铝界非常重视对新型材料的开发以及加工方法的研究。在宾夕法尼亚州匹兹堡郊区的美国铝制品公司的技术中心,从事铝制品研究的四个部门中,有三个部门的中心研究工作都与汽车有关。表面处理部门主要致力于缓冲器防腐处理及镀铬;金属加工部门是车棚的挤压成型;焊接部门则是铝管的焊接。每个部门都有不亚于专业工厂的设备,如同是一个汽车零件厂,并有许多诸如电子束焊接设备等最新式的机器。

围绕车棚等汽车外部材料,铝合金研制方面的竞争也异常激烈。其焦点在于既要薄又要坚固,而且成型性要好。过去雷诺金属公司提供的铝、铜、镁系列的“2036”及铝镁系列的“5182”,曾居领先地位。而后,美国铝制品公司研制出强度更高的铝镁硅合金系列的“6009”、“6010”,均被通用汽车公司采用。雷诺公司试图东山再起,如今又推出容易成型的铝铜镁硅合金“RX209”。

在这种形势下,日本厂家也在加紧努力。尤其是住友轻金属公司的“30—30”引起世界各国的极大注意。这种铝合金含3.5—5.5%的镁、0.5—2%的锌、0.3—1.2%的铜,抗拉强度为每平方毫米30公斤。成型时所需的延伸率为30%,强度与冷轧钢板相同。在延伸率方面,作为铝来说是相当高的。该公司认为:“只要将延伸率提高到35%以上,其

前途更加广阔。”为此，热切期待提高加工性能。

不过，多数人认为，普及铝合金的汽车框架要到1985年才能实现。主要原因如神户制钢所指出的，6009和6010无法靠日本汽车厂家的冷轧钢板用压力机挤压成型”。其次，曾经热衷于铝化的美国汽车厂家由于不景气，已开始停止使用价格昂贵的铝材，这对日本也产生了影响。

凯撒铝业化学制品公司技术中心的T·B·布里切特副所长认为：“我们对车体外部材料进行了多方面的研究，铝根本无法与铁匹敌。铝箔与塑料的复合材料似乎要好些。”该公司正准备把力量投入车棚、车轮、散热器等方面的研制，重点放在车棚的表面处理、车轮材料的焊接方法、散热器材料的真空涂腊技术等加工技术方面。

铝制车棚的发展方向看来已经确定。日本的汽车厂家由于光泽不如过去的镀铬铁这一难点，基本没有采用。而在美国，这种铝制车棚正在稳步增加。还有西德大众汽车公司推出的1981年小型车采用了铝本色的车棚，看来是个突破性的开端。

在重视大型车轻量化的美国，铝制品化的进展速度较快。1970年，每台车的铝使用量是35公斤，1979年增加到54公斤。铝制品协会预测1985年将增至91公斤。凯撒铝业公司市场调查部长詹姆斯·A·贝斯推测说：“从通用汽车公司和福特汽车公司的动向来看，1985年会增加到70公斤左右。但今后日本丰田和西德大众两公司的铝使用量定会相当可观。”美国铝制品公司的技术预测负责人诺曼·库克很有把握地说：“我们对汽车铝化的前景是乐观的。用不了很长时间，每台车使用200公斤以上铝的日子就会到来，也一定会胜过塑料。铝的最大优点是可以再生利用。”

但是，汽车铝化的最大问题，仍然是铝与高强度钢板、塑料等其它材料在价格上的竞争能力。这对于国内精炼成本高的日本轧铝厂家来说，是个极大的不利因素。

无锈汽车

——电镀还是喷漆

据钏路（北海道）一家汽车防锈处理业的负责人证实，“无论是国产车还是进口车，都比前几年不易生锈了”。汽车正在征服“生锈”。

其背景是，汽车厂家和钢铁厂家都在为研制“无锈钢板”而竭尽全力。

最先采取汽车防锈措施的是美国的三大汽车公司。他们从两三年前即开始大量使用不喷漆，只在内侧镀锌的“单面镀锌钢板”，和单面涂有含锌粉的特殊树脂涂料的“金克罗金属”。在美国和加拿大，为防止冬季道路上结冰，要撒大量的盐，为保护车辆不受盐害，制定了严格的标准，“五年不出现洞，三年表面不生锈”。为达到这个标准，各公司都在全力以赴研究防锈方法。

美国的动向很快影响到日本。首先是出口车，随之又面向国内。只是各汽车厂家的对策不尽相同。丰田汽车采取“单面镀锌”，日产汽车则选用了“金克罗金属”。

感到为难的则是钢铁厂家。川崎制铁公司东京钢材技术室的有关人士感叹道：“当我们问及汽车厂准备采取哪种方法时，对方却说：‘我们还想问你们哩！’”新日铁公司市场开发技术部介绍说：“因设备和想法不同而各公司有异。将来的主角是单面镀锌还是金克罗金属，现在还不得而知。如果草率地把钱花在设备上，则可能造成浪费。”不过，日本钢管公司钢铁技术部认为，“丰田和日产都是难得的主顾，当前只有跟着这两家走”。

新日铁在八幡和名古屋两钢铁厂，日本钢管在福山钢铁厂，已开始生产非研磨热浸镀的单面镀锌钢板，同时，两公司也都着手生产金克罗钢板。

汽车的外板用锌铁板，其表面为了便于喷漆而不镀锌，只镀在内侧以防生锈。这里有下列几种方法：如果是电镀，虽然容易，但锌的附着层不厚。热浸镀法虽然能使附着层加厚，但由于两面附锌，事后则须磨去一面，或者事先采取措施，以免另一面镀锌。

新日铁过去采用的是研磨式热浸镀法，日本钢管则采用电镀法。同时，两公司又都将致力于开发非研磨式热浸镀技术。川崎制铁从美国US钢铁公司引进了用电镀法也能高效生产附着层厚的镀锌板的新技术，目前正在千叶钢铁厂安装新的生产线。

金克罗金属是把美国综合化学企业夏姆罗克公司研制的一种特殊防锈涂料涂在冷轧钢板上的钢材。在日本，住友金属工业和川崎制铁最早引进这种技术。如今由于日产汽车公司决定正式采用这种钢板，新日铁和日本钢管分别决定使用大洋制钢的彩色喷漆线和京滨钢铁厂水江地区

的生产线，投入生产。

汽车用表面处理钢板呈多样化，新品种层出不穷。由于这两种材料优劣难以确定，所以只要推出新品种，就可扩大市场。例如镀锌之后，通过加热处理使锌与钢的表面部分形成合金的“合金化镀锌钢板”，在喷漆性和焊接性方面都超过普通镀锌钢板。在电镀方面，不单是镀锌，还研制出了镀锌镍合金（新日铁、住友）、镀锌铬钴合金（日本钢管）等办法。以铝代锌的镀铝钢板具有更好的耐热性，多用来制造汽车的消音器。

最近，美国在征服了内侧生锈之后，又开始解决表面生锈问题。为此，三大汽车公司中的通用和福特两公司，和日本一样相继开始引进卡琪昂公司的电沉积涂复设备。但是克莱斯勒公司在资金上遇到了困难。为此，美国钢铁公司研制出一种里侧镀锌厚、表面经合金化镀锌处理的称作“喷太特B”的钢板，并销售给克莱斯勒公司。

近来，一直从日本引进技术的美国钢铁厂家也在表面处理上取得了一定的进展。居于美国第二位的贝斯雷赫姆钢铁公司研制出一种热浸镀锌铝合金的钢板，定名为“伽尔巴留姆”。它的用途除汽车外，还有器具、屋顶、墙壁、太阳能热水箱等，范围很广。为此，这家公司特地印制了中日文的说明书，积极准备向全世界输出技术。贝斯雷赫姆国际工程公司的副经理福兰德非常得意地说：“1981年，我们准备接受几个日本厂家购买专利的要求”。

镀锌钢板过去被称作白铁皮，主要用作屋顶、墙壁等建筑材料。由于各种新型镀锌钢板的出现，质量并有所提高，用于汽车和家用电器的冷轧钢板相继被镀锌钢板代替。电冰箱、洗衣机等家用电器已开始大量使用预先喷好漆的普雷克特钢板，有的家电装配厂从而省去了喷漆工序。可口可乐、汽水等饮料罐的原材料也迅速由镀铬钢板取代了价格昂贵的镀锡钢板。

各钢铁厂为迎合买主的需要，巧妙地进行了“化妆”。在这方面，美国的钢铁厂家具有较高的水平。对此，川崎钢铁的有关人士认为：“美国的钢材由于设备陈旧，一去掉‘化妆’，马上露馅。”表面处理钢板越高级，其质量就越取决于无面伤的“本来面目”的美感。

铅、锌、镉的新天地

——试图东山再起的旧势力

1981年2月3日至5日，在佛罗里达州迈阿密洲际大饭店召开的“第三届国际镉会议”上，充满了期待恢复常被视为“过去的金属”镉的地位的气氛。在这次由国际铅锌研究机构（ILZRO）、美国镉会议、英国镉协会共同主办的会议开幕时，主持人、国际铅锌研究机构副会长约瑟夫·G·赛比克在致词中说：“限制镉的动向，就象美国曾出现过的麦卡锡旋风。我虽然在德国长大，但却反对纳粹主义”，并强调：“在实行限制之前，必须进一步进行科学研究。”

过去一直用于电镀、催化剂、聚氯乙烯稳定剂和合金等方面的镉，自从被指出与“骨痛病”有关之后，便为人们所厌恶。在瑞典，不用说生产镉，就连使用镉的制品也不允许进口；西德也制定了加强限制的方针。但在本届会议上，日本学者对镉污染与骨质软化的因果关系提出了疑问。以这次会议为起点，日本矿业协会正在积极展开缓和限制使用镉的运动。如果有关研究取得进展，人们的看法发生变化，镉就有可能再次作为金属材料而受到人们的重视。

以镉的复活为目标而进行的研究也活跃起来。美国的恩格尔哈德金属公司正在改良作为电子接点材料的银镉合金；国际铅锌研究机构则在研究太阳能电池用的硫化镉。1979、1980两年间，全世界有关镉的专利申请就达500件。

镉是锌的副产品。锌矿石是同铅矿石一起采掘出来的。因此，由欧美和日本的主要铅锌采掘冶炼公司所组织的国际铅锌研究机构，非常热心于镉的研究开发。不过，对国际铅锌研究机构来说，最重要的研究领域还是铅锌本身。由于铅锌常被塑料或铝代替，所以要努力开辟一个新的天地。

利用会议的空隙，记者找到国际铅锌研究机构事务局长休勒德·F·拉德克，带刺激性地问他：“锌不会是行将灭亡的金属吧？”他以一种“胡说什么！”的表情反驳道：“现在人们都在谈论铝合金制的汽车发动机，但是如果使用加工性能好的锌合金，就能造出更薄的零件来；它在散热和振动方面的性能也是良好的。”这种锌合金是含铜10%、钛

0.2%的新型材料。他们还打算用锌铝合金取代铁、铝、铜等制造的机械零件。由国际铅锌研究机构研制、被得克萨斯海湾石油公司认为很有发展前途的铸造用锌合金（分含铝8%、12%、27%三个品种）也正在引起人们的关注。其优点是加工性能好、强度较高。

锌的最大市场是镀锌钢板。近来在这个领域又杀出一位后起之秀“伽尔巴留姆”（含铝55%、锌43.3%、硅1.6%），竟使拉德克也神经过敏起来。他赌气地说，“那虽是一种很好的钢板，不过含铝太多。我们正在研制含锌95%、含铝5%的镀金属材料，并将在比利时建造试验设备”。据他介绍，这种金属材料除了表面处理及耐腐蚀性能好之外，还使用了大量的锌，价格便宜。

在这种情况下，围绕汽车等使用的各种蓄电池，铅锌之间也有可能发生内战。电池是铅的最大市场，但是对于电力汽车用的高性能小型电池来说，镍锌蓄电池可能成为有力的竞争对手。这种电池的阳极用镍，阴极用锌。据正在加紧研制的美国通用汽车公司的预测，到1990年，将共计生产一百万辆使用镍锌电池的汽车。而一辆车大概使用50—100公斤的锌。

森特·约公司的副经理赛必克说，“在电池新材料的竞争中，铅与锌哪方能取胜尚不得而知。本公司现在正让总公司的研究所和子公司分别研究铅、锌这两种材料，让它们展开竞争”。子公司系能源研究公司，现在专门研制镍锌蓄电池等特殊电池。森特·约公司还研制出代替过去铅锑合金和铅钙合金的冷轧板。这种材料作为不用补充蓄电池液的自动保养电池的材料，极有发展前途。日本的三井金属矿业、三井金属、东邦锌业等厂家已于1980年向该公司买了专利并开始生产。赛比克接着又说：“美国车辆确实在朝着自动化保养的方向发展。如今正进一步研究铅氧化物。比如现在的电池，只能有效使用储蓄能量的25%，如果提高到50%，就可减少一半的能耗”。

日本的铅锌业界终于也提高了对蓄电池材料的关心和重视。三井金属于1982年3月在该公司的竹原工厂设置了电池材料研究所。他们的方针同森特·约公司一样，向新材料提出挑战。对于因锌业不景气而不得不大量裁减人员的三井金属公司来说，铅和锌等新材料的开发，关系到重振企业的成败。

过去，铅、锌与铜并列为三大有色金属。铜虽然被铝夺去了有色金

属的王位，但在电线方面的地位仍然十分牢固。含有氧化铝的高强度铜合金与铁结合的复合材料等正在开发之中，同时在太阳能集热装置及配管等方面也大大开拓了铜的用武之地。

不过，在铅与锌中却很少有象样的新产品出现，因此，这些金属材料在日本国内的消费已呈饱和状态，从这一点来看，原材料厂家本身也有必要掀起一场新材料革命。

记忆形状合金

——期待真正的需求

新材料革命迅速展开，打破了人们的固有观念。一些根本不象金属、具有“特异功能”的合金也纷纷问世。其中，就有一种被称作形状记忆合金的奇妙金属。

“请给本公司寄些形状记忆型镍钛合金的样品来。”自1980年4月以来，古河电气工业公司已收到百余份洽购单。其中包括日本国内的综合电机厂家和汽车厂家。令人诧异的是还有玩具厂家。古河电气开发本部企画部的内藤课长说：“这种产品实在供不应求，尽管没有大力推销，但当得知1980年3月底美国发明者的专利期限已过时，人们便开始向本公司索取样品。”

说金属能记忆形状，可能不太容易为人们所理解，实际上是某种合金在定形之后再经热处理，便会记住这种形状，这就是所谓的形状记忆效应。在一定的温度下（相变温度），施加一定的力，形状就会发生变化；而当回升到原来的温度时，瞬间又可恢复原状。例如，令其记住卷成的弹簧形状，然后把它拉得笔直，但只要回升至相变温度，则又恢复弹簧状。相变温度可通过合金结构和热处理进行调整。因此，如果将相变温度设计得较高，当发生火灾或电流异常时，这种金属就会骤然发生变化；反之，如果将相变温度设计得大大低于一般气温，形状记忆型合金零件进行变形处理后组装到机器上，那么这种机器在一般温度下便不会发生故障。

具有这种形状记忆效应的合金，仅金镉、铜锌、镍铝等金属组合而成的就达十几种之多。“记忆力”最强的是美国海军研究所研制的镍钛合金。美国雷凯姆公司正在用这种材料制造F14战斗机的管道接头。其

机制是，将镍钛合金制的管道接头在相变温度 -40°C 以下冷却后扩张，套上管子之后，再在室内使温度回升，便恢复原形，绝对不会脱落下来。古河电工在研制耐腐蚀、耐磨损的镍钛合金方面做出了成绩，同时也一直在研究形状记忆合金。据该公司讲，镍钛耐腐蚀、耐磨损合金与形状记忆合金基本相同，但最初研制时没有注意到它有形状记忆效应，因此专利被美国占有了。值得一提的是，该公司还进一步研制出了即使不改变温度，只要去掉外力即可恢复原状的如同橡胶似的超弹性镍钛合金，最近已被服务钟表眼镜店应用在眼镜框上。古河电工中央研究所的主任研究员铃木雄一自负地说：“古河的形状记忆型镍钛合金制造技术堪称世界第一”。

这种合金的应用领域十分广阔。除上述管接头类机械零件外，还可用于集成电路的导线、温度控制装置、牙的矫正、人造心脏用的人造肌肉以及骨折部位的压迫固定等。最具魅力的，是利用相变温度下瞬间恢复原形时产生的力的热力发动机。这种用镍钛合金将热能转换成机械能的装置，是由美国海军研究所的一名研究员登记专利权的，期限到1982年3月底。古河电工公司认为，大量需求这类合金的应用品的时代马上就要到来。因此，正在考虑研究专用的合金生产线。该公司最近进展最快的研究项目是对相变温度进行严格细致的控制管理。

镍钛合金除了轻于钢、铁外，并且有与钛相同的耐腐蚀性。因此被认为即便植入人体内也没有危险。古河电工公司希望：“除医疗用外，如果还能用于家电制品和汽车零件，这种合金即可大批量生产，成本也会大幅度下降。”

用形状记忆合金制造的热力发动机，虽然还未达到实用化，但在大学的研究室是个十分热门的课题。如果在有温差的两种液体之间放置形状记忆合金制的水车，水车就会因温度不同而转动不停。东北大学制作的模型参加了神户“1981年人工岛博览会”，引起了普遍的注意。工业技术院也对夏普公司给予资助，促进其研究。在美国加州大学巴克雷分校的劳伦斯·巴克雷研究所，装有一部用太阳能将水车用热水烧沸的实验装置。

在这种势头下，有关金属的国际学会在近一、二年内发表的有关形状记忆合金的论文受到极大的欢迎。特别是私营企业的技术人员对这种学术会议趋之若鹜，竟发生会场的椅子不够用的情况。

从前景来看，使用铜的形状记忆合金可以和镍钛合金并驾齐驱。当然铜合金的结构是多种多样的，如同锌、铝、镍、金、锡等合金均有形状记忆效应，这一点已得到了技术界的公认。铜锌铝的三元合金的强度较高，且耐反复使用。吸引人的地方在于不使用钛等价格昂贵的金属，并易于熔解，因此比镍钛合金的价格便宜。

使用铜的形状记忆合金的缺点在于“健忘”性。关于这一点，最近的研究动向是缩小合金晶体，以提高其性能。英国的黄铜记忆合金公司正在大力研究。除此之外，开拓、研究铜的需求的国际铜协会也在积极为大学等研究机构提供援助，开展宣传活动。

吸藏氢气的金属

——氢汽车也崭露头角

那天早晨，位于大阪府守口市的松下电器产业公司中央研究所被兴奋和紧张的气氛笼罩着。因为来上班的年轻研究人员发现了装入钛锰合金和氢的容器里的压力竟发生异常现象：低于一个大气压。“昨晚下班时的压力是十个大气压，如果不是从容器内漏掉，肯定是钛锰合金吸收了氢。”仔细检查了容器之后，证明其密闭性是完好无损的。由此他们发现了世界上尚无先例的钛锰合金的氢吸附合金。这件事发生在1974年底。

氢作为无公害的未来能源而举世瞩目。为了利用氢，关键是开发贮藏和运输技术，目前的方法只有使用笨重的高压储气瓶或在 -253°C 的超低温下使氢液化。用气瓶运输氢气有爆炸的危险，而液态氢不仅耗去大量的设备费，并且在液化的过程中还需要大量的能源。关于这一点，氢吸附合金可在晶体的缝隙间贮存许多氢原子，因而无需高压储气瓶便可象液态氢那样贮存氢气，安全性和经济效益极高。这种合金一当冷却或加压，即可吸附氢气，变为金属氢化物，同时产生热能。反之，如果加热或减压，还会重新还原为金属和氢，并且吸收热量。

当然，并不是所有的合金都能吸贮氢的。氢吸附合金的性质要求是：1、氢的贮藏量和释放大；2、不需高温高压即能贮藏和释放氢；3、造价低廉；4、其性能不因反复贮藏释放而减弱。具有以上特性的典型合金有：铁钛类合金、镧镁类合金及镁镍类合金。其中，以铁钛类合金的价格最低，并耐反复使用。但开始由于与氢气反应时的速度慢，

所以在高温高压下,使其与氢气长时间接触的活化前处理是必不可少的。镧镍类合金可在常温低压下(1.5气压)下释放氢,贮藏能力也高,但问题是镧的价格高昂,而且资源非常有限。镁镍类合金尽管价格不贵,贮藏量又大,但缺点是:达不到 250°C 以上的高温则不能释放氢,活化前处理也较比困难。

最大的氢吸附合金有1960年下半年荷兰飞利浦公司研制的镧镍类合金。从原料的开发到利用技术,欧美各国都远远地走在前头。德国的奔驰汽车公司试制了载有代替油箱的铁钛类氢吸附合金的氢发动机汽车,正在反复进行实地测试。该公司的长远战略方针是:一旦汽油紧张,就推出以氢为燃料的奔驰汽车。从中可以看到致力于开发独家技术的西德企业的先进性。

美国的阿尔公努国立研究所试制了氢吸附合金贮藏太阳能的冷暖气系统。原理是通过太阳能将装有金属氢化物的容器加热,金属中的氢即能释放出来,这时所产生的吸热反应可用于冷气;反之,当太阳热消失时,容器变冷,释放出的氢又吸附到金属中,由于这种吸附反应会引起发热,即可用于暖气。该设备还能将核电站及工厂的废热能贮存起来,以代替太阳能。

此外,人们还想出用氢吸附合金分离核聚变所用的重氢的方法。其原理是:利用重氢和普通氢对合金的吸附压力及释放压力不同的特点,进行分离,这样可以降低成本。在日常生活中,正在计划利用发热反应溶化道路积雪。

日本的研究开发工作近展迅速。独自发现了钛锰合金的松下电器公司后来又试制出上千种合金。结果,制造出除钛、锰之外,还含锆等五种元素的高性能合金,终于跻身于世界最高水平的行列。政府的研究机构,如金属材料研究所、大阪工业技术试验所、化学工业研究所等也都致力于这方面的研制开发,并已开始取得成果。日本重化学工业公司和日本真空技术公司奋起直追,联合研制出新型铁钛类合金。过去的铁钛类合金虽然价值低廉而且性能良好,但如果不与 400°C 、65个大气压的高温高压的氢长时间接触,就不发挥作用。而日重化的新型合金却能在常温及35个气压下进行处理。据说这在世界上也是首创。日重化是钢铁辅助原料的合金铁厂家,在制造合金方面,从原料的供应到电炉精炼,都具有得天独厚的条件。他们运用拿手的技术打入氢吸附合金领域,在

短期内就研制出了高性能合金。

但是，还有些问题有待解决。例如，在国内产品中已具有最高吸贮能力的松下电器公司的高性能合金，每克的贮氢量仅有220毫升，与过去的高压储气瓶相比，体积虽减少了一半，但重量只减轻了30%。如果用在氢汽车上，负载太重。该公司能源转换研究所主任工程师柳原伸行表示：“必须达到300或400毫升。钛锰类合金已到极限，我们的目标是开发新合金。”

美国布鲁克海本研究所研制出了每克储氢能力为417毫升的合金。达到这个程度，氢汽车的行驶当然毫无问题，但遗憾的是，这是一种镁镍类合金，必须在250°C以上的高温下才能释放氢。当今世界上，首先研制出高性能而又价格低廉的储氢容器的竞争已经进入高潮。

梦幻般的合金“非晶态金属”

——强度高、硬度大、不腐蚀

厚度30微米、如同纸样薄、闪烁着不锈钢似的光泽的水晶态合金，其强度与钢琴弦不相上下，并兼备远远超过不锈钢的耐腐蚀性，它显示出过去的金属所没有的特佳性能。但是一旦将这种非晶态合金挨近煤气火焰，顷刻就会变黑、破碎，从指间落下。日立金属公司的磁性材料事业部计划部主任工程师松本称它为：“违反神意的金属”。金属在常温下形成晶体，而非晶态金属的性质却与玻璃相同，不结晶。人为地制造出的这种特异金属，一遇高温就失去非晶形态，一下改变了性质。

非晶态合金，是以每秒10万至100万摄氏度的冷却速度，将高温合金骤冷制成的，不给金属结晶的机会，强行冻结液体。十年前，卷尺形的非晶态合金是通过离心骤冷方式制成的，立即引起了人们的极大关注。美国阿莱德化学公司、日本东北大学的增本健教授是这种制法的开拓者。

在这之后，又研究出了将合金从两个冷却的轧辊之间通过的制造带状非晶态合金的双辊轧法，以及合金从一个轧辊上通过的单辊轧法。单辊轧法适用于宽幅材料，双辊轧法则宜于制造两面光滑的材料。轧辊的转速相当于新干线的速度，转眼间即可制出几百米长的带状合金。

并不是所有的金属靠骤冷都能成为非晶态合金的。比起单一种类的

金属，合金更易于变成非晶态。铁—磷、铁—硼等金属和半金属合金及铜—锆、铁—锆、钛—镍等金属和金属的合金被认为是非晶态材料。由于骤冷，厚度有一定的限制，象铁合金类最多不过50微米。

非晶态合金具有以下特点：1、拉伸强度达每平方毫米30公斤以上；2、威式硬度在1,000以上，耐磨损性超群；3、在盐酸中也不腐蚀；4、是很好的磁性材料。它兼备了高强度钢、不锈钢、硅钢板的所有性能，是一种梦幻般的金属。其缺点是：加工性能差、不能焊接、厚度有限、遇到400摄氏度以上的高温即结晶等。

非晶态合金的研制和应用研究始于美国的阿莱德化学公司、通用电气公司及贝尔研究所。其中，阿莱德公司已开始外销，并通过东京电气化学工业公司出口到日本。1981年春天的售价是一公斤五万日元，比1980年便宜了40%。这家公司计划到1983年降至与硅钢板（约三百日元）相同的价格水平。

日本也不甘示弱，索尼公司于1980年4月推出了非晶态合金制的电唱卡盘。这是世界上第一次面向消费者的非晶态合金制品，是利用它的良好磁性，应用到将唱针的振动转变为电的磁路上。虽然一个售价四万五千日元，但却大受那些过于讲究音质的音乐迷们的欢迎，现在这种产品正由子公司索尼音响设备厂制造，月产一千个左右。

索尼之所以研制成功电唱卡盘，是由于发明了称为三辊轧法的非晶态合金制造法。这种方法是在与双辊轧法相同的两个骤冷辊下安装一个加速辊，使其转动，由此制出两面形状均匀光滑的非晶态带状合金，厚度仅为40微米，把20层重叠起来制成卡盘的磁心。由于非晶态合金十分坚硬，“在成型加工时，颇费了一番力气”（索尼音响设备厂董事森芳久语）。

继索尼之后，在使用非晶态合金制造磁头的实用化方面，东京电气化学工业公司首先在世界上获得了成功。这种产品运用了它的磁气特性和耐磨损性两方面的优点，用于制造流行的金属磁带需要的配套产品。

在对合金本身的研制上，日立金属公司受新技术开发事业团的委托，发明了制造一百毫米宽合金的技术。如今从事非晶态合金研制的企业已达十家以上。日本已同美国并列为非晶态材料的先进国家，并在制造技术和实用化上都超过了美国。为此，美国的阿莱德公司于1981年6月与三井石油化学、东芝、三井造船、日本制钢所等三井集团的四家公司联

合创办了新公司，开始了非晶态合金的企业化活动。

世界最大的钢铁企业新日铁公司也决定着手大力开发非晶态合金。用在卡盘或磁头上的非晶态合金只有几克，总需求量也不过数吨。新日铁的目标是研制需求量很大的变压器的铁芯材料非晶态合金。

非晶态合金比起用在变压器上的晶粒取向硅钢板的特级品，铁损仅为五分之一。新日铁基础研究所课长研究员佐藤说：“这个数字与发明硅钢板到现在八十年间在降低铁损方面取得的成果是相同的。”铁损少有益于节电、节能，因此，将非晶态合金用于变压器的意义极大。不过，非晶态合金比硅钢板的磁通密度低，因此，必须将铁芯加大。为此，需要幅宽二十厘米及更宽的材料。佐藤课长研究员的估计比较慎重，他认为：“八十年代中期可能达到实用化。”用日立金属公司主任工程师松本的话讲：“非晶态金属刚问世不久，从现在起，有关改良和利用技术的开发才正式开始。”这就是说，非晶态金属还是一种未知的金属。

第二章

向高能挑战的尖端化学

工程塑料的最新成就

——逼近金属城堡

从杜邦公司的总公司所在地美国特拉华州威尔明顿行车大约十五分钟，便到了达切斯那特兰地区。在这犹如公园一般寂静的地带，点布着一幢幢红砖建筑。这就是杜邦公司的应用开发和技术服务的据点。我们访问了其中的一处设施——树脂产品事业总部的技术服务研究所。

“这是新树脂的颗粒。我们进行了一项试验，把聚乙烯同其他树脂混合起来，产生了新的功能。”充当向导的研究部长B·W·麦尔宾·几尼亚不时停住脚步，向我们介绍说。

“这是汽车的散热器。使用的材料是掺进玻璃纤维的聚酰胺树脂。三年之内会在美国普及，五年之内将会在全世界普及。”

“这是福特汽车上空调器的代用品。矿物质加强聚酰胺。”

.....

在这个研究所里，共有六百五十名工作人员，其中技术人员三百五十人，一年的预算为二千八百万美元。它正在采取同用户合作的形式全力以赴地进行应用开发和技术服务。

聚缩醛、聚酰胺、高强度聚酯，聚亚胺成型品等等，杜邦公司不断地研制出各种各样的工程塑料。工程塑料的年销售额占全部塑料销售额的20%，一年已突破四亿美元，主要市场是汽车、办公机器和家庭电器等。

工程塑料材料事业部的推销部长W·E·埃伯格对我们说：

“工程塑料在今后五年间将会以10%至20%的增长率持续发展。特别是用玻璃纤维和矿物质加强的工程塑料发展速度将会更快。”

对于杜邦公司来说，最大的竞争对手是通用电气公司。树脂事业部

设在马萨诸塞州的内陆地区匹茨菲尔德。通用电气公司是美国和世界上最大的工程塑料厂家，它的生产规模要比杜邦公司大一倍。杜邦公司屈居第二位。在五大工程塑料当中，杜邦公司生产三种：聚碳酸酯、聚苯并噻唑和变性聚氧化丙烯。

“本公司研制工程塑料的目的，几乎全在于用来代替金属。”

树脂技术事业部部长J·D·沃斯以汽车零件为例，列举了几样产品：用特殊聚碳酸酯制成的消音器、用变性聚氧化丙烯制成的轴承盖、碳纤维加强塑料的簧片……

“使用金属时，需要好几个零件，若改用树脂，就可以运用成形技术把几个零件做成组合件。它也不需要象金属那样进行二次加工，既可以减轻汽车重量，又可以降低成本”，沃斯博士说。

他自信地说，到1990年美国的工程塑料市场规模将从1980年的九亿八千万磅增加到二十七亿五千万磅（1磅=0.45公斤）。

美国的汽车工业界正在为提高燃料的燃效而努力追求轻量化的原材料。杜邦公司、通用电气公司这两大厂家都把研究开发的重点放在汽车零件上。这突出地说明了汽车这个“超大型市场”正展现在化学工业界的眼前。可以说，由于应用了尖端化学技术，过去主要是代替金属以外的原材料树脂已开始踏进汽车零件这样的金属“城堡”。

现在让我们再看看欧洲。在位于路德维希港的西德的巨大化学工业公司BASF（巴登苯胺烧碱公司）总公司，特殊树脂应用技术部的工学博士A·威博说：

“开发的热点是掺入了特殊填充剂的聚丙烯—HMPP。它可以做汽车的传动箱和内装材料等，汽车将成为它的主要市场。此外，还有聚酰胺、聚苯乙烯、聚丙烯等热可塑性树脂用玻璃纤维加强后形成的复合树脂叫做GMT。它也可望成为汽车的结构材料，例如汽车后部的车厢板、冷却水箱和敷设在发动机下面的隔音板等。大众汽车公司和本茨汽车公司都在为节约金属材料而寻找塑料。”

BASF公司在开发工程塑料的同时，还在大力研制特殊化的通用树脂。这是因为“由于经济萧条的影响，通用树脂工业出现了世界性的设备过剩”（该公司总经理M·泽费鲁达语）。通用树脂的出路在于运用独特的技术，使其具有更高的功能和更高的附加价值。关于中长期的研究开发计划，威斯博士简单明了地说是“运用化学的变性而提高通用

树脂的机械强度和耐热性能”。

最早研究成功聚乙烯和工程塑料之一的乙醚砜树脂的英国帝国化学工业公司在做什么呢？我们怀着这样的好奇心，访问了位于距伦敦大约有三十分钟电车路程的维尔威·戈登城的该公司树脂事业总部。负责介绍情况的开发部C·P·史密斯主任说：

“继乙醚砜之后，我们还研制出了聚醚对酮醚（PEEK）树脂这种独特的产品。”

聚醚对酮醚是一种芳香族热可塑性树脂，熔点极高，为334摄氏度，能够在200摄氏度以上的高温状态下连续使用，可以称得上是一种“超级工程塑料”。它还有不易切断、绝缘、发生火灾时不易燃烧、烟雾少和有毒气体少等特点。该公司从1980年开始出售这种产品，现在正全力以赴开拓用途和市场。

史密斯先生还说，“这种树脂首先将用作电线和电缆的绝缘包层。由于它不仅耐高温，而且不易切断，所以用它制作的包层要比其他树脂薄一些。这一优点将成为一种武器”。此外，据说这种树脂还可用来制作电子计算机的配线、船舶缆绳、汽车的电磁线圈……史密斯先生还强调说，作为复合材料，它也有很大的可能性：

“用碳纤维加强的PEEK已被罗尔斯罗伊斯公司采用到发动机零件上。目前，正在研究用玻璃纤维加强的PEEK制作飞机的外部零件和汽车的活塞、阀门等。”

欧美国家生产树脂的大厂家以其独特的技术和独特的产品为武器，正在为研制工程塑料和开拓市场而进行激烈的争夺战。开发适应汽车、家庭电器、飞机等市场需求的新材料这种行动本身，将产生出乎意料的新市场。

同应用广泛、基本上已达到饱和状态的通用树脂相比，工程塑料有着巨大的魅力。这正如英国帝国化学工业公司树脂业总部负责聚醚砜的P·W·诺布先生所说，“能够开拓出怎样的市场，现在谁也预料不到”。虽然市场规模在数量上尚不及通用树脂的百分之几，但是对于旨在实现产品的高附加价值化的树脂制造厂商来说，工程塑料已成为不可忽视的事业领域。

1960年，杜邦公司提出“向钢铁挑战”的口号，把聚缩醛这种工程塑料发展到商业生产阶段，至今已有二十余年的历史，其间已在研制材

料和开发市场方面积累了经验。工程塑料作为以金属为挑战对象的工业材料将在八十年代迎来开花结果期。

五大工程塑料的特征和用途

名称	主要特征	主要用途
聚酰胺	表面强度、低温特性、拉伸和弯曲强度、耐碱性	收音机零件等电气产品，连接器，散热器等汽车零件，羽毛球，门滑车，其他
聚缩醛	耐热性、拉伸强度、耐疲劳性、摩擦特性	刮水器马达的齿轮，车门把手等汽车零件，录相机和空调器的零件等电气产品，吊帘转子，其他
聚碳酸酯	耐热性、低温特性、耐弯曲性、耐冲击性、耐疲劳性、透明性	照明器具，信号机罩等电气产品，照相机的里盖等机械产品，太阳能温热水器的集热器套，头盔，其他
变性 聚氧化丙烯	耐弯曲性、耐冲击性、耐热性、外形稳定性、电气特性、轻量	小型计算机和现金出纳机等的外壳，汽车的连结器，转轮盖，井水泵，其他
聚苯并噁唑	吸水率低、耐热性、耐药性、外形稳定性、耐弯曲强度大	插塞、插口等电气产品，汽车的开关，阀门类，照相机零件，钟表零件，事务机器零件，其他

设在横滨市郊外青叶台的三菱化成工业公司综合研究所，是我国最大的化学研究所。占地面积之大（二十二万平方米）可以使人联想起大学的校园来。在这里，集中着生物化学、技术、高分子等六个研究所，大约有八百名科学家，每年的研究开发费多达十八亿日元，其目标是研究开发新技术。

负责研制工程塑料的是高分子研究所。据所长山口和夫说，当前的课题是研究开发在耐热性和强度上有非常优良性能的特殊工程塑料。化学品的产量越大，使用高价进口原料的日本产品就越发缺少国际竞争能力。因此，开发技术密集型的特殊工程塑料的要求与日俱增，这个研究所的主要任务是开发具有新功能的树脂，即改良树脂的质量，使之容易成型，在树脂里掺上碳纤维或玻璃纤维，以提高其强度，使树脂具有导电性能。山口和夫所长说，“目标是开发能用在飞机上的树脂”。

日本国内的工程塑料制造公司约有二十家，市场规模大约是五亿美元，最近几年，在以15%的速度递增着。各厂家都在采取基础研究和

应用研究的两步走办法，开发新的工程塑料，为现有的工程塑料寻找用途。这是目前企业研究开发活动的一个特点。

一般都把工程塑料译为高性能树脂，但具体是指哪那塑料呢？在我国工程塑料市场上居领先地位的塑料公司经理横内八郎，给工程塑料下的定义是：“主要在结构材料或功能零部件方面寻找用途的塑料叫工程塑料。”

这就要求工程塑料作为工业材料要在相当长的时间内、在严酷的条件下、不太损坏其当初的物性。工程塑料的价格，一般一公斤在2.5美元左右，其中也有象超耐热性聚亚胺系列树脂每公斤在40美元以上的，与氯化乙烯树脂、聚乙烯等普通塑料至多是每公斤1美元相比，高出了许多。对于最终产品的技术革新来说，工程塑料现在已经成为不可缺少的材料了。

例如零件数量为彩色电视机的三倍的家用录像机（大约有2,000个零件）。日立公司于1981年2月开始出售的手提式家用录像机“马斯塔克斯VT-6500”装上电池重量为4.9公斤，在世界上第一个把重量减轻到5公斤以下。同类产品在两年前还重达10公斤。实现轻量化的关键，是把支持磁头和马达的台架材料由铝铸件改用玻璃纤维加强丙烯腈和苯乙烯聚合树脂。

家用录像机目前正在最大限度实现轻量化，它的外壳使用了耐热ABS（丙烯腈、聚丁、苯乙烯共聚）树脂和透明性能良好的异丁烯树脂，在内部转动部分使用了聚缩醛，其他部分使用了变性聚氧化丙烯，各种工程塑料都派上了用场。因此，家用录像机获得了“工程塑料的宝库”的美称。

还有照像机，欧林巴斯光学工业公司照像机事业部开发小组负责人米谷美久说，该公司“从1975年起积极地使用了工程塑料，目的是实现轻量化”。这家公司生产的“欧林巴斯XA”型照像机的机盖、底座、转扭等，凡从外面能看到的部分几乎全部使用了塑料。

卡西欧计算机公司在数字手表的表壳和表带上，使用了表面坚硬的聚缩醛树脂。它与模拟式手表相比，重量减轻了百分之七、八十（20克），现在这种手表已作为商品出售。

在化工设备林立的旭化成工业公司川崎工厂的一角，特殊树脂研究室主任前田邦夫说：“我们这里已经面目全非了。”原因似乎是研究的

重点，已全放在怎样在最终产品上使用开发出来的工程塑料上了。他们的工作是编写有关工程塑料性质的技术资料，并把它提供给用户；为使工程塑料发挥最大的物性，而在成型方法上进行指导；有时候，还改良成型装置，以适应生产工程塑料的需要，或者研究开发新的成型技术。前田邦夫说，“这也是一种艰苦而又实实在在的工作”。

我国的工程塑料市场，最早是由美国杜邦公司打开的。美国赛拉尼兹公司系统的波里塑料公司、美国通用电气公司系统的工程塑料公司等外资企业，发挥了领导作用。不过，到了最近，国内的化学和化纤厂家已迅速地追赶上来。

工程塑料的用途几乎是无限的，东丽公司塑料产品计划开发部部长大关隆说，“将把人力和财力都投入工程塑料领域中去”。化学厂家正在积极行动起来，缩短同国外的差距，朝着“工程塑料先进国家”的目标努力。

理想的塑料汽车

——从零件到车身

“在美国，有一家公司制造的汽车发动机90%使用了工程塑料。”——听到这一新闻后，我们采访了美国新泽西州拉姆泽市。

这家公司叫做“波里发动机研究所”。曾经是一家汽车制造厂的工程师的M·霍尔茨伯格，由公司职员摇身一变成为经营者，于1974年设立了这家风险企业。霍尔茨伯格经理接受了我们的采访。

问：请介绍一下开发出来的四缸发动机所使用的材料。

答：几乎全是加强塑料。加强材料是玻璃纤维和碳纤维各半。树脂用的聚酰胺、环氧、酚醛、聚亚胺等。只是活塞和进气口等处涂敷了一层陶瓷。

问：都有些什么特征？

答：重量为金属制品的二分之一。减轻了二百磅（约九十公斤）。据说，重量每减轻一百磅，就可使一加仑汽油的行程增加一英里。因此，这种发动机可以增加二英里的行程，而且噪音小。

问：怎样把它投入商业生产？

答：打算出售这种发动机，请用户加以评价，并且以许可证方式转让技术，现已接到世界各国发动机厂商的一百台订货单。日本的汽车、自动伐木锯、化学等行业的十二个厂家也来本公司访问了。目前正在同西德的企业谈判签订转让技术的合同。发动机的销售价格为二万八千美元。不过大批量生产后，有可能降低到一千五百美元。

目前尚不能肯定这种发动机能否达到实际使用的程度，但它是一个表明了可能制造出“塑料汽车”的好材料。

在车身的塑料化方面，美国通用汽车公司采用了玻璃纤维加强树脂制作“科尔伯特”牌小汽车上的挡泥板，已是众所周知的事实。西德D·本茨公司也在试制“C111”型运动车车身时使用了玻璃纤维加强树脂。那么，用树脂代替钢板的时代是否到来了呢？

世界生产树脂的大公司认为，零件树脂化的浪潮接着就要波及车身，每个厂家都在设法研制车身用的树脂。美国的杜邦公司除在车身上使用矿物质加强聚酰胺树脂外，还在进行革命性的研究活动——试制树脂车门板，迄今已有两年的历史。

据BASF公司的威博博士估计，车身的树脂化首先从挡泥板、汽缸盖等与强度无关的部分开始。丰田汽车公司第五技术部部长大桥正昭认为，在技术上，制作树脂化的车身已经是可能的了，但问题是成本高。最困难的是车门。

塑料在成型方法和喷漆方法等方面与钢板完全不同。因此，还存在无法使用现有的汽车生产线这样的工艺问题。此外，我国的小汽车同“鸟笼”式的美国车不同，采取了一体化的硬壳式结构。现在，占统治地位的看法是，车门等一部分车身使用和金属不同的树脂，在技术上是很困难的，喷漆之后，令人有一种厚薄不匀的感觉，难以为日本的消费者所接受。

连车门都实现了树脂化的国家，仍然只有美国。美国的汽车工业界为了在1985年使燃料消耗效率达到政府规定的“1加仑行程27.5英里”的标准，正在拼命减轻汽车的重量。

福特汽车公司的材料科学研究所研究部长J·J·哈维德在谈到他的展望时说，到1990年，使用复合树脂作结构材料的应用开发将取得进展。他就树脂车门板的问题虽然表明了慎审的态度，但没有否定这种可能性。他的观点是，必需从整体设计上考虑这个问题。

当前引人注目的动向是，美国通用汽车公司预定在1983年春天推出“P—Car”。美国通用汽车公司虽未正式公布此消息，但据说这种可乘坐两人的四缸式2,500毫升的汽车车身将采用加强塑料。如果市场上对它的评价高，这就将加速美国的“塑料汽车化”的进程。

且不说汽车本身会不会实现塑料化，在美国，塑料的使用量会稳步增加，这将是确实的。在福特汽车公司，1980年每部轿车平均使用6%至7%、共约二百磅（约为九十公斤）的塑料。哈维德先生认为，“有助于降低成型和加工成本的塑料化已经基本上结束了。今后，就是要为提高燃料效率而促进汽车的轻量化。因此，到1985年，树脂使用量有可能达到10%，即增加到三百二十五磅”。

我国的汽车厂家也在推进外部零件的塑料化，理由是这可以导致汽车的轻量化，而且使复杂形状的零件实现一体成型化。例如消音器，使用聚氨酯或聚丙烯等树脂已成为主流。在许多情况下还用聚丙烯制造前窗框。本田技研工业公司的“序曲”牌小汽车的车顶，日产汽车公司的“美丽贵夫人”牌小汽车的前车灯的灯框都使用了加强塑料（FRP）。最近，一些厂家还研究出在聚酰胺上镀一层金属的车门摇柄。

我国汽车的树脂使用量在1980年平均为五十公斤左右，从重量比上说约占4%至5%。在数量和比重上都还落在美国后面。原因之一就是“在美国，树脂便宜；在日本，钢铁便宜”，原材料的成本有着差距。此外，在轻量化方面，我国的汽车由于使用了轻量钢板，已变得非常轻。丰田汽车公司的大桥正昭说，“日本车已经达到了美国政府规定的1985年燃效标准”，已无必要再在轻量化方面作更多的努力。因此，塑料化很少有可能象在美国那样迅速取得进展。

树脂要打破金属材料自“青铜器时代”以来建立的堡垒，也确非易事。在八十年代，“塑料汽车”能跑到何种地步，是难以预测的。可是，世界上的树脂公司为了进一步接近这个理想境界，除了相信树脂的可能性、继续开发具有高功能和经济效益高的新材料外，别无良策。

交通工具上的尖端树脂

——在飞机上和火箭上

“能把机身减轻到何种程度，是现在在技术上挑战的绝好机会，而

且，还能够为材料作宣传……”美国最大的化学企业——杜邦公司宣传部主任J·L·康密，拿出使用太阳能电池飞行的“太阳挑战”号飞机的照片，开始向我们作介绍。

“太阳挑战”号飞机是杜邦公司出钱和材料于1980年制造的。在这架飞机的主翼和尾翼上，密密麻麻地安装着大约一万五千块太阳能电池；在机身上，使用了轻巧而坚固的芳香族聚酰胺纤维以及聚酰胺、氟树脂、聚酯薄膜等该公司生产的十种高性能化学材料。

1980年11月在亚利桑那州进行的试飞过程中，这架总重量为八十公斤的飞机，靠着太阳能电池发出的二点七千瓦电力，和三十二岁的女驾驶员佳尼斯·布拉温的“勇敢”，飞出了最远距离三十公里，最高时速四十八公里，创造了最高记录。接着，在1981年7月6日，它终于飞越英法海峡，成为世界的话题。

1981年2月11日，宇宙开发事业团使用新型的N—II型火箭，从鹿儿岛县种子岛的宇宙中心，发射了技术实验卫星“菊花3号”。这次实验的主要课题是在宇宙空间让三级火箭再次点火。

过去的N—I型火箭没有再次点火能力，第二级燃料完了，就被甩掉，第三级火箭接着继续燃烧。第二级火箭有了再次点火的能力后，就容易对轨道作微妙的修正，提高发射火箭的精确程度。

宇宙开发事业团对燃烧室的冷却作了改进，由过去汽车上水冷式发动机那种方式改换为“ABLATIVE”冷却方式。所谓“ABLATIVE”是“烧蚀”的意思。这种冷却方式的好处在于，燃烧室的室壁和喷嘴使用了掺着酚醛硅系列纤维的耐热树脂，这种树脂接触到高温的燃气时，就要熔化，吸收热，进而碳化，产生绝热效果。

此外，过去的N—I型火箭，在卫星的复盖物上使用了玻璃纤维加强酚醛树脂。今后，国产化的H—I型火箭第三级火箭的喷嘴，将采用在 $2,600^{\circ}\text{C}$ — $2,800^{\circ}\text{C}$ 下烧结碳纤维加强环氧树脂而成的零件。

在飞机和火箭上，将大量使用不惜金钱研制出来的化学材料，因而轻量化和提高精度是至高无上的课题。在这种意义上，可以说它们是“最尖端材料的宝库”。

地面上最先进的交通工具新干线和磁力悬浮列车，是否也在使用树脂呢？国营铁路公司的车辆设计是由位于东京新宿的该公司铁路车辆设计办事处一手承包的。负责新干线车辆设计的主任工程师松田和夫说，

“在上越、东北两条新干线车辆的轻量化上下了相当大的工夫”。结果，这两条新干线上行驶的车辆一节六十吨，重量和东海道线上使用的车厢几乎相等。但是考虑到上越和东北两条新干线列车上装载着许多防止雪害的机器，可以知道，车内装饰和其他部分已变得很轻了”。

车辆上使用最多的材料是玻璃纤维加强塑料（FRP）。松田工程师说，“例如车窗玻璃的四周，就安装着镜框状的FRP成型品。这样，在车窗玻璃破碎时，也容易修补；行驶在寒冷的地方，还可以使人有一种温暖的感觉。厕所和洗脸间的结构材料，也用FRP的一体成型品取代了过去使用的金属制品”。

磁力悬浮列车在重量方面的目标是每节车厢三十吨，为新干线列车的一半。据负责设计工作的佐佐木拓二主任工程师说，现在的实验车上使用的化学材料有发泡聚氨酯和芳香族聚酰胺纸，前者夹在外面双层铝板之间，作绝热材料，后者是发动机线圈的绝缘材料。为了达到目标，在设计实用车辆阶段，就在车内装饰上使用了许多塑料。

铁路车辆的外装也有可能实现塑料化。在英国，名叫“HSI”的高速柴油机特快列车，它的车头前面就是用玻璃纤维加强塑料做成的。在我国，长野电铁公司也采用前面是玻璃纤维加强塑料的车辆。在新干线上，机车的鼻尖部分使用了玻璃纤维加强塑料，车辆与车辆之间的连接处使用了氯丁橡胶。

铁道车辆因为受前后力这种特殊力的作用，据说要用塑料做侧面和顶棚等结构材料是有困难的。不过，能够使用塑料的部分也不少。适应着车辆的轻量化要求，零件的塑料化无疑会一步步取得进展。

研制火箭和飞机将导致开发具有新功能的化学材料。铁道车辆的塑料化对于材料厂商来说，也会开创新的市场。“乘坐”在交通工具上的材料也寄托着拼命开发高功能化学材料的化学和合成纤维厂家的希望。

新石器时代

——新陶瓷的世界

我们听到了“新石器时代”的脚步声。因为以地球上最丰富的资源——无机物为原料的新陶瓷将在九十年代继金属、树脂之后占据“第三

种工业材料”的位置，是毫无疑问的。这是树脂以后的又一次材料革命。

陶瓷，例如一般的濑户陶瓷器和瓷砖等，是用天然的无机物烧制而成的。与此相比，用高纯度的天然无机物或人工合成的无机化合物作原料烧制的，具有以往的陶瓷所不曾有的高功能的陶瓷，就叫“精密陶瓷”或“新陶瓷”。

新陶瓷有用高纯度的天然原料（例如用来制作半导体基板的氧化铝，和用来制作温度传感器的氧化锆等）制作的氧化物系列，和用人工合成的氮化硅、碳化硅等非氧化物系列两大类。其中非氧化物陶瓷克服陶瓷特有的脆性，作为新材料中超越金属的功能极限的“王牌”，已引起了世人的注目。

对于非氧化物新型陶瓷，人们寄托着极大的希望。旭玻璃公司董事、陶瓷部部长高桥四郎说，“不管是发动机，还是涡轮机，温度越高，热效率也就越好。金属最多能耐一千摄氏度的高温。能够突破这个极限的就是陶瓷。不过，过去的陶瓷没有韧性，经受不住急剧加热和急剧冷却而产生的冲击。非氧化物陶瓷则可能克服这些弱点。这种陶瓷不需冷却；和金属不一样，还具有耐腐蚀性；而且，原料也与耐热合金镍或钴等不同，在地球上取之不尽用之不竭的”。

非氧化物陶瓷已实际应用切削工具、高温夹具，机械密封等产品上。例如昭和电工公司用它代替金刚石和超硬合金作为切削和研磨工具材料，把氮化硼投入商业生产。世界上生产半导体材料用氧化物陶瓷的最大厂家京陶公司，也实现了用作切削工具和机械密封的非氧化物陶瓷的商业化，正在争取在非氧化物陶瓷生产上也当世界第一。东芝公司也运用独特的氮化硅合成技术，研制可实际使用的金属模件代用品和焊接夹具等高温夹具。

在这些领域中的实用化，仅仅是新陶瓷作为工业材料走到了实用化道路的入口处。它的真正使命是制造汽车发动机和发电用燃气轮机等加工程度很高的机械材料。而且，还有资源、能源和机械等其他广泛应用的领域。

下面举一个使用新陶瓷提高热效率的例子。通产省于1978年度开始执行的“阳光计划”中，有个使用新陶瓷研制“高效率燃气轮机”的项目，它要达到的热效率目标是55%，与新型火力发电站的热效率

(40%)相比,提高了15%。另外,据东芝公司的计算,若用非氧化物新陶瓷制作的燃气涡轮发动机把汽车的操作温度从900摄氏度提高到1200摄氏度,就可节约燃料20%至25%;若提高到1,370摄氏度,则可节约燃料28%至30%。

我国对非氧化物新型陶瓷的研究开发,大多停留在公共科研机构、大学和企业的研究室阶段。因此,通产省在从1981年起开始的“下一代产业基础技术研究开发制度”中,把系统开发新陶瓷列为研究开发课题之一,意图是“推进比欧洲国家落后的技术开发”。

关于非氧化物陶瓷的技术水平是否真的落后于欧美国家,国内的意见是不一致的。美国正在由能源部、国防部、航空和航天局,西德正在由政府的科研机关——航空宇宙研究所,使用巨额预算,推进民间企业的技术开发。在建立国家领导的研究开发体制上,我国显然是落后的。

根据“下一代产业基础技术研究开发制度”,我国正式开始了政府、大学和民间企业的联合研究开发,民间企业的研究开发活动也积极、活跃起来。旭玻璃公司在1980年研究成功“不加压烧结的氮化硅和碳化硅”;过了不久,宇部兴产公司也研制出独特的液相界面反应法中试设备,从1981年度起生产氮化硅等氮化物粉末;电气化学工业公司已把氮化硼投入商业生产,最近又开始生产非氧化物系列的主要产品——氮化硅;东洋苏达工业公司不久将设置氧化锆的中试设备,1981年度内还将建设氮化硅的中试设备。

据认为,非氧化物系列新陶瓷的“代表”氮化硅,在我国的市场规模一年还不足十吨。因为它作为工业材料尚处在研究开发阶段,现在的需求,也仅仅限于研究开发之用。可是从中长期的观点来看,它的市场一定会有大发展。

氮化硅的制法有西德赫尔曼·什塔鲁库公司的金属硅直接氮化法,美国GTE普罗达克茨公司的气相合成法,宇部兴产公司的液相界面反应法,东芝公司的高纯度硅还原氮化法等。把用以下一些方法制成的粉末烧结成型,就是精密陶瓷。方法有反应烧结法、热压法、热静液压烧结(HIP)法、不加压烧结法,等等。其中不加压烧结法据认为可以烧结复杂而大型的零件,也宜于进行大批量生产,极有可能成为今后的主要制法。在烧结体上,我国还研制成在1,200摄氏度下每平方毫米的弯曲强度为126公斤这样世界最高水平的材料。

另外，在研究利用材料方法上也正在取得进展。研制汽车陶瓷发动机可以说是当前最大的目标。丰田集团、日产公司、东芝公司、京陶公司、旭玻璃公司等厂家，正在向陶瓷发动机发起挑战。在材料开发上落后限制了汽车等加工组装工业提高国际竞争能力。这种危机感促使通产省制定、实施了“下一代产业基础技术研究开发制度”，推进民间企业的研究开发。

为了大规模实际应用氮化硅等非氧化物新陶瓷，需要解决一系列的课题，这些课题是确立大批量生产粉末和烧结体的方法、降低成本、确立材料的检查和评价技术的方法、制定统一规格、确立同金属接合的加工技术等等。

日产汽车公司中央研究所的发动机研究所所长黑田裕关于利用陶瓷材料的问题说，如果有朝一日出现了技术革命，那么，它的基础就是材料技术。只要用陶瓷制造发动机有百分之一的可能性，他们也要追求到底。

精密陶瓷的主要用途

领 域	用 途
核反应堆、锅炉	核聚变反应堆用真空室壁材料，控制棒，高温气体堆绝热材料及热交换器。
发电机	发电用涡轮机，地热发电用涡轮机，磁流体发电机。
机械产品	耐热轴承，机械封垫，切削工具，高温夹具；超精密机床，热锻造机械，铀浓缩用离心分离机。
汽 车	汽油发动机，柴油发动机，燃气涡轮发动机，制动器。
船 舶	燃气涡轮发动机用热交换器。
飞 机	涡轮风扇发动机，涡轮螺旋桨发动机。
医 疗	人工骨骼，人工牙齿，人工关节。
海洋开发	海底资源采取装置。
燃料电池	多孔隙体管材料。
环 保	氮化物处理装置的衬里材料和催化剂，放射性废物处理用容器。

陶瓷发动机

——从柴油发动机到燃气涡轮发动机

《日本的渗透》——这是美国报纸关于日本汽车进口攻势的措词强

烈的标题。1981年2月下旬，在底特律，汽车行业萧条，仍然和寒冬一样严酷。在这种形势下，汽车技术人员协会（SAE）的年会在市中心的克伯大厦举行。

在新技术方面，美国的金刚砂公司同通用汽车公司联合研制的燃气涡轮发动机零件，成为引人注目的展品。它是用碳化硅新陶瓷制作的，而且，制作的零件还不是静止翼，而是被认为在技术上难以制造的旋转翼。大概是由于进行联合研究的缘故吧，会议负责人没有就此多加说明。但是，从这一事例可以清楚地看到，在空前未有的汽车工业大萧条的形势下，美国正在向着“未来技术”——陶瓷发动机一步一步地推进研究开发。

丰田汽车公司的丰田中央研究所，位于名古屋市郊外，爱知县长久手镇，它是丰田集团的基础研究机构。公司董事兼第五研究部部长上垣外修已向记者谈了他对陶瓷发动机的前景展望：

“在材料方面，本公司以氮化硅为主体，在1,750摄氏度下烧结后，制造出了弯曲强度为1平方毫米为100公斤的新陶瓷，可以满足需要。关于陶瓷发动机的前景，1985年将试制柴油发动机汽车，八十年代之内有可能达到实用化阶段。燃气涡轮发动机的实验车和实用化将是九十年代以后的事情。至于各种零部件的部分陶瓷化，可望在试制柴油发动机汽车之前达到实际应用阶段。”

作为陶瓷化的对象，现在可以设想的零件是，柴油发动机的活塞、汽缸等，燃气涡轮发动机的静止翼、旋转翼、喷嘴、热交换器、燃烧器等。

所用材料，据介绍主要是氮化硅和碳化硅。如果能够研制出陶瓷发动机，那么陶瓷就会一举获得作为一种工业材料的信誉。因此，它的成败在很大程度上左右着由新陶瓷所进行材料革命的前途。

日产汽车公司的中央研究所设在神奈川县三浦半岛的追滨。这里也在用新陶瓷试制发动机零件，并反复进行试验。发动机研究所所长黑田裕介绍说：

“象做菜一样，一个个零件是可以制作出来的。但是，要研究大批生产的陶瓷发动机，就需要解决许多课题了。在1985年以前，几乎全部用陶瓷做成的柴油发动机实验车可以问世。不过，目前尚是未知数的燃气涡轮发动机的实用化要在九十年代以后。”

陶瓷化的优点，是由于高温燃烧（这在金属来说是困难的）可以提高燃烧效率，可制成不需要冷却装置的发动机，不必再使用价格昂贵的耐热合金。据专家们说，燃气涡轮发动机的燃烧效率比活塞式发动机要高30%。

材料厂家的活动也是积极的，例如东芝公司，“将同汽车制造厂家合作，在八十年代后期制造部分车辆使用的柴油发动机”，京陶公司综合研究所“将同汽车制造厂家合作，从1981年度起，用四年时间研制四汽缸、2,000毫升的柴油发动机”。

在美国以能源部为主体，政府自己正在推进研究开发活动。能源部得到航空和航天局的合作，在1979年至1985年期间，拨出总额为一亿五千万美元的预算，研究开发工业化和实用化以前阶段的技术。根据这一计划，福特和盖莱特飞机研究所、通用汽车公司、克莱斯勒和威廉研究所这三个研究开发集团正在进行开发竞争。柯宁公司和金刚砂公司等材料厂家也建立了联合研究开发关系。

能源部所制定的目标和日程是，1984年至1991年开始大批量生产和实际应用。例如它已确定了如下目标：1988年，在测试实用化产品的意义上，有限制地生产五千至一万台。1991年，以三十万台至五十万台的规模进行大批量生产。这些目标与其说是根据技术上的可能性确定的，不如说是带有“努力争取”的性质。能源部在研制燃气涡轮发动机方面的要求，是最低限度每加仑汽油要提高燃烧效率30%，行程达到四十英里（即每公升汽油行驶16.9公里）。

我们在密执安州迪阿朋，访问了参加能源部开发计划的福特汽车公司材料科学研究所。研究部长J·J·哈维德自负地说：

“我们研究陶瓷已有十五年的历史，技术上要比其他公司先进。”

关于能源部研制燃气涡轮发动机的计划，他认为“目前还处在研究零件的阶段，静止翼、热交换器等，用陶瓷制作是不困难的。但是，现在来谈陶瓷发动机问题还为时过早。在九十年代以前，大概是不可能生产出来的”。

也由于我们期待他能作出胸有成竹的答复，哈维德先生的慎重的估计多少令人感到意外。因为汽车工业不景气，福特汽车公司1980年出现了巨额赤字，险些成为第二个“克莱斯勒”。为了达到政府制定的1985年燃料效率限制标准，技术人员也被迫研究轻量化、小型化等技术。也

许是这些造成了不容哈维德先生以乐观态度谈论“未来的梦想”的形势。

技术水平的比较是困难的。但是，给我们留下坦率的印象是，政府拨出巨额预算的美国，与民间企业独自进行研究开发的日本，在技术水平上并无太大的差距。当然，也有人对我国的技术水平抱着苛求的态度。例如京陶公司常务董事、综合研究所所长滨野义光认为，“在材料和零件方面，综合技术水平，包括稳定的质量、大批量生产技术、设计、非破坏性试验、评价等项目，显然是美国占优势”。

不过，也有许多人的意见是可以使人放心的。丰田中央研究所的上垣外说，“如果以美国能源部1980年11月的会议资料为最高水平的话，那么，它同日本并无多大距离”。丰田汽车公司专务董事森田正俊说，他不认为日本在研究以九十年代为目标的燃气涡轮发动机方面落后于美国，日产汽车公司中央研究所材料研究所所长田口道一认为，“日本和美国都没有掌握用非破坏性检验方式、发现材料内部十微米级的伤痕的技术。在资金和人才方面，日美之间虽有很大差距，但这未必就会导致技术开发上的差距。”

在美国，能源部以外，陆军和卡明兹公司等厂家合作，正在研制使用陶瓷试制无需冷却的大型柴油发动机。在西德，国立航空宇宙研究所全面支持汽车厂家的研究开发活动。在日本，从1981年度起，通产省通过“下一代工业基础技术研究开发制度”，也开始了私人企业、政府和大学的联合开发活动。

在世界这些研究开发集团的面前，还有许多必须克服的障碍，零件质量的可靠性、设计技术、加工和接合技术、检查和寿命预测法……还有成本问题。

福特公司的哈维德说，“用在军事和宇航方面，不存在成本问题。但是作为大批量生产的汽车，就不能不计成本了。”如原材料的价格问题，日产汽车公司的田口道一说：“汽车几乎是一种一克重量价值一元的商品。钢铁的价格是一克一角钱，很便宜，而氮化硅、碳化硅一克价值要二十元左右。这样……”

为了使新陶瓷在二十一世纪开辟材料革命的前景，还必须顽强耐心地解决这些课题。

电子陶瓷

——要注意晶界

“要注意晶界！”在研究开发电子材料用陶瓷（电子陶瓷）的科学家中间，这句话已成为一种口头禅。

制作陶瓷的基础是多结晶技术，即把天然无机物或人工合成的无机物的微粒烧结在一起。这时，在微粒与微粒的交接处会形成“晶界”。它的性质决定着陶瓷在作电子材料时的功能和特性。这些晶界的宽度以 \AA （埃）即一亿分之一厘米为单位。超大规模集成电路（VLSI）被称作“超微细（百万分之一米）的艺术”，制造它的关键手段是精微加工技术。而陶瓷则是原子和分子水平上更小的微观世界中的尖端技术。

陶瓷作为陶瓷器、磁砖以及汽车发动机、发电用的燃气涡轮等的材料而引人注目。作结构材料，这是它的主流。电子陶瓷可以说是一种“功能材料”。

陶瓷结构材料在耐热性、耐腐蚀性等方面，优于金属、木材及其他结构材料，这已引起人们的注目。对于电子陶瓷来说，这些特征只能说是“配角。”让陶瓷发挥作为电容材料、电压材料、电阻材料、磁性材料、基板材料等电气“功能”，才是主要的。

太阳电容器公司在1981年春研究开发了半导体陶瓷电容器“UBU”。作为电容器用陶瓷，由钛酸锶取代了具有三十年“光荣传统”的钛酸钡作介电体（绝缘物），据说，其中还添加了“某种物质”。这样，就可以成功地把电容率提高到同类电容器的二十倍，为研制小型化的电容器开辟了道路。

这项改良技术的主角就是晶界。使用X光射线观察钛酸锶微粒之间的结构，就会清楚地看到晶界呈网眼状。实际上，这些晶界就是绝缘体。因为是网眼状，所以当施加异常电压时，虽有一部分被破坏，但另一部分却可发挥绝缘等高度功能。应用晶界的事例还有热敏电阻（PTC）和松下电器产业公司开发的大功率吸收元件（ZNR）。热敏电阻的功能是，温度上升到一定高度后，电流就不流通了。热敏电阻的主要成分是钛酸钡，用于头发吹风机和电褥等家庭电器上。大功率吸收元件的主要成分是氧化锌，应用在工业用避雷器上。这两种产品都是通过改变

微粒的大小和晶界添加物的分布状况而人为地、微妙地控制电气特征的。

陶瓷之所以有这样的作用，是因为它是一种多晶体。固体大致可分为晶体与非晶体两类，在晶体中，所有原子整齐而有规则地排列的晶体叫做单晶体；只有部分排列整齐的晶体叫多晶体。自然界存在的金属和半导体等，都是细微的单晶体以各种形式集合在一起的多晶体。

正如制作陶瓷器所清楚地表明的那样，把多晶体烧固在一起是陶瓷的基本技术。陶瓷的各部分的原子排列是松散的和不均匀的。这种排列可以通过改变添加物（多数情况是铋、钴、锰等元素）或改变烧结温度，人为地加以改变。电子陶瓷之所以能够发挥多种多样的功能，就是因为它多晶体。

同是无机的电子材料，若是单晶体（前提是高级的精制技术），就和陶瓷不相同了。例如集成电路的主要材料硅，是以岩石等为主要成分的无穷无尽的资源。但是，作为半导体材料，则要求极高纯度的单晶硅：99.99999999%。这样高纯度的单晶硅不是天然存在的，非经过高度的人为的工艺制造不可。

制造极纯的单晶硅的方法有“提拉法”和“悬浮熔炼法”等。前者是用高温熔化经过精制提高了纯度的多晶硅，放入成为种子的小块单晶硅，并使之旋转，把单晶硅提拉上来；后者则是使用高频加热和红外线集中加热的方法。这些方法都需要相当复杂的装置，耗费大量电力。

原子排列整齐，因而电子可以自由运动。这是单晶体的一个特征，它应用到逻辑元件等上面，可导致元件的小型化和高速化。不过，它的缺点是价格过高。以“烧结”为基本技术的陶瓷引人注目的理由之一，就在于它的成本比单晶体低。

钇镱石榴石（GGG）和成为激光源的钇镱石榴石（YAG）等单晶体，“由于纯度高，一开始就决定了其电气特征，因此有专门的功能”（日本电气公司基础技术研究所河村力语）。陶瓷与单晶体虽同是重要的电子材料，但其发展方向却是完全相反的。

电子陶瓷就是这样在今天巩固其作为高级零件材料的地位的。陶瓷在改变其结晶结构和含有元素的种类之后，可以应用在电容器、热敏元件以及表面弹性波滤波器、振子、变压器等各种各样的电子零件上去。正因为它潜藏着这种多样性，陶瓷作为最好的传感器材料，才集中了许

多人的热切目光。而且，控制微粒生长、控制微粒直径的均一性、控制晶界的添加物等陶瓷的研究与生产技术，细腻、精微，这个特点有利于日本人发挥自己的聪明智慧和耐性。东芝公司综合研究所金属陶瓷研究所负责人一濑升直言不讳地说，“仅就作为电子材料的陶瓷而言，美国已无可学之处”

也许是出于这种原因吧，最近，我国在电子陶瓷方面出现的学习热和搜集情报热，越来越高涨。由企业家、大学教授组成的学术团体——陶瓷业协会（会长是东京工业大学名誉教授素木洋一），于1980年在其原料委员会中增设了电子材料研究会，主要目的就是学习传感器；1981年4月21日又在理事会上决定让电子材料研究会独立，升格为电子材料委员会。这个学会领导着水泥、玻璃、陶瓷器、耐火材料等陶瓷学术界，现在，它孤注一掷，决心打进电子陶瓷技术的内部去。

还有电子材料工业会（会长为黑川成一），也于1981年5月设立了半导体陶瓷和功能电路元件两个小组委员会。这两个事例都表明，过去由企业和大学的研究部门个别进行研究的电子陶瓷，现在已引起共同的关心。

钛酸钡等所有电子陶瓷的生产额，在1979年度约为十二亿五千万美元，为水泥、玻璃等“传统”烧制产品的八分之一弱。有关人士一致预测，到1985年度，它将轻而易举地超过四十亿美元。由于开发产品方面的需要，过去一直是电机和电子零件厂商走在前面的。但是，今后电子陶瓷领域的开发竞争将把玻璃、有色金属、化学等不同行业卷进来，竞争肯定会进一步加剧。

玻璃纤维之后

——继碳纤维飞向空中之后

1981年1月1日，一架机身全部用碳纤维加强塑料制成、可乘坐八人的商用喷气式飞机，翱翔在美国内华达州的上空。这架飞机的重量仅有1,750公斤，燃料效率同大型轿车一样，1公升汽油可飞行4.7公里，这是一种划时代的性能。它是美国里亚·冯公司使用东丽公司生产的碳纤维减轻了机身重量40%的结果。

轻巧而坚固的碳纤维被视为是玻璃纤维之后的新一代复合材料。但

是，它目前仅仅被应用在制作高尔夫球棒等体育用品上，迟迟未能进入大显身手的时代。这架小型的喷气式飞机的处女飞行，象征着碳纤维作为它本来的用途——飞机材料终于迎来了开花结果期。

“我相信碳纤维有巨大的可能性，长时期以来都在努力开拓市场。”在康涅狄格州坦·伯利市联合碳化物公司总部，碳纤维制造部部长H·N·塔文全特就这样开始了他的介绍。

“从1981年起，一架飞机使用大约一吨碳纤维的波音767飞机将开始生产。到下一代757型，几乎能使用的地方都要使用，因此一架飞机平均要用九吨多碳纤维。由于燃料价格上涨，目前在商用飞机的运费成本中，燃料费占60%。飞机厂家都在极力追求轻量而高功能的材料。”

1981年，碳纤维的最大生产厂家东丽公司的月产量是三十五吨。由此可以知道，一架飞机使用九吨碳纤维是怎样大的使用量。

东丽公司设在东京日本桥一带。率领碳纤维的营业部队的东丽卡事业部部长龙花诚带着明朗的表情，对记者说：

“从全世界来看，1981年飞机使用量毫无疑问会超过体育用品的使用量，占据主角的地位。在八十年代，全世界的三千五百架至四千架民用飞机将迎来更新期。碳纤维的需求量会增加到什么程度，现在是难以想象的。”

碳纤维是由丙烯纤维（聚丙烯腈—PAN）和沥青烧结、碳化而成的。从历史上看，美国联合碳化物公司早在五十年代就研制成功了。由于人造丝工业的没落，现在PAN类和沥青类成了碳纤维的两大主力。PAN碳纤维作为一种高强度和高弹性结构材料用加强纤维，是东丽公司于1971年实现商业化的；沥青碳纤维是一种低强度、低弹性但耐热性和耐腐蚀性优越的材料，由吴羽化学工业公司在1970年实现商业化；接着，美国联合碳化物公司也于1974年生产出接近于PAN系列有强度、有弹性的结构材料用碳纤维。

PAN碳纤维的世界需求量在1980年为八百五十吨，其中70%是由东丽、东邦人造丝和日本碳素等日本厂家生产的。据说，1981年世界的需求量为一千一百吨。又据美国联合碳化物公司的估计，需求量“今后五年，有可能以35%至50%的速度递增”。

美国联合碳化物公司擅长生产沥青碳纤维。1981年，美国的市场规模为180吨多一点。据该公司介绍，“由于已实际应用到制造飞机的止

动杆等零件上，估计有可能以200%的速度递增。”吴羽化学工业公司生产的低强度和低弹性沥青碳纤维占世界市场的一半以上，作为石棉的代用品，已被世界各国的厂家认为是大有希望的材料。

由于清楚地预见到了需求的增加趋势，所以几乎所有的厂家都制定了增添设备的计划，并且还有许多厂家新近打入这一领域。例如三菱化成工业公司就制定了要生产沥青碳纤维的计划。在PAN碳纤维方面，美国的联合碳化物公司、法国的埃鲁夫·阿基坦公司在计划引进东丽公司的技术；美国塞拉尼兹公司计划引进东邦人造丝公司的技术；旭化成工业公司打算同日本碳素公司进行技术合作。国内外企业的“连横合纵”活动是很引人注目的。

汽车被看作继体育用品、飞机之后的“第三代”市场。美国福特汽车公司在1979年制作出来的除发动机和轮胎之外全部是碳纤维加强塑料的小汽车，由于充分地使用碳纤维，把总重量为1.7吨的大型轿车的重量减轻到1.1吨，和小型轿车不相上下。

福特汽车公司材料科学研究所研究部长J·J·哈维德说，这是为了实验能把汽车的重量减轻到何种程度。他虽然说碳纤维还有成本过高这个最大的缺点，但他认为，“汽车首先要充分使用廉价的碳纤维，接着再把玻璃纤维和碳纤维混合起来使用”。

碳纤维的价格是PAN类为一磅（0.45公斤）三十美元，沥青类每磅二十美元。与此相比，玻璃纤维每磅在两美元以下，便宜得很。随着大批量生产的增加，碳纤维总有一天会降至现在价格的一半以下。但是由于加工技术尚未解决，碳纤维的生产赶不上汽车的大批量生产的速度。因此，除一部分产品外，在汽车上的应用将是缓慢的。

另一方面，碳纤维以外的复合材料也相继出现。

美国特拉华州威尔明顿市杜邦总公司领导研究开发工作的高级副总经理W·G·西麦拉尔说，“近年来开发得最成功的产品之一，是芳香族聚酰胺纤维凯夫拉”。的确，凯夫拉作为一种复合材料已经“长大成人”。它比同样重的铁要坚硬五倍，比玻璃纤维价格便宜。靠着这些特点它作为轮箍和飞机的结构材料，用途正在不断扩大。杜邦公司正在把年生产能力扩大两倍，达年产二万二千吨。这家公司在研制成功凯夫拉之后，目前又在开发氧化铝长纤维，即有色金属的加强纤维。目的是满足宇航和军事、汽车等方面的需要。

氧化铝纤维在我国也陆续进入了商业阶段。氧化铝纤维是用高温处理或特殊方法处理氧化铝而制成的多结晶纤维。结晶结构不同，耐热温度也不一样。能耐1,200至2,000摄氏度的高温，是它的一大特征。此外，它还兼具传热性能差、比重小等氧化铝所固有的特点。尤其是氧化铝长纤维，绝缘性能好，又有高度的耐热性，这与碳纤维有导电性和氧气环境中耐热性能差形成鲜明的对照；强度则和碳纤维大同小异。因此，它成为一种新的复合材料。

电气化学工业公司的氧化铝短纤维可耐1,300至1,500摄氏度的高温，主要用来代替耐火砖，满足节能型高炉等方面的需要。目前已制成试用品，请钢铁企业等用户进行技术评价。它计划于1981年内在青海工厂（位于新泻县境内）建设生产能力为一百二十吨的设备。

5 在世界上，还只有英国帝国化学工业公司实现了这种氧化铝短纤维的商业化生产。它同现有的高炉材料相比，由于绝热而产生极大的防止热扩散效果。电气化学工业公司认为，“潜在的需求量每年在一千吨左右”，对今后的前途怀有信心。出售价格为每公斤二十美元左右。因此，可以指望这种高价商品增加企业的收益。

另外，住友化学工业公司在爱媛工厂建设了一套中试设备，并将样品供应市场，已进入最终落实大批量生产的阶段。这家公司着眼于氧化铝纤维的耐热性，预见到它作为同金属、树脂和陶瓷等制作复合加强材料的可能性。

如果把氧化铝纤维比做复合材料的“新秀”的话，那么，最有希望继承过去碳纤维的“理想纤维”王位的，就是碳化硅纤维。日本碳素公司计划在1982年内尽早建成月产能力为一吨的设备，力争在世界上第一个实现碳化硅纤维的商业化生产。这种纤维虽然超过了碳纤维的性能，但因每公斤价格在四百美元以上，所以，今后能否进入实际应用阶段，还是个未知数。如果开拓市场—大批量生产—降低成本能取得进展，它象碳纤维那样“成名”也并非梦想。

把气变成电

——探索燃料电池的关键

在航天飞机“哥伦比亚”号舱内，有三台既不出声又不冒烟的发电

装置在运转，发电功率各为十二千瓦。它所用的燃料是氢气和氧气。发电之后制造出的水，可供乘员们饮用。这就是燃料电池。它虽冠以电池的名称，实际上是只要供给燃料就能一直发电，准确的叫法，应该是叫小型发电设备。燃料电池的原理是，让氢气和氧气在特殊的条件下缓慢地发生反应，即从中产生电流。

东京电力公司技术开发研究所主任研究员小泉金之助，列举了燃料电池的四大特征：

一、效率高。火力发电是燃烧燃料，产生蒸汽，用蒸汽推动发电机制取电力，要经过好几个阶段。与此相比，燃料电池是直接就把燃料本来具有的化学能转换成电能；

第二、不需要燃烧和旋转机器。因此根本不必担心污染大气和产生噪音；

第三、发电功率的改变从最低到最高只需要几秒钟的时间，能够随时应付突如其来的电力需求；

第四、设备是由一个个组合件构成的。只要在工厂里组装好，在现场的建设工期可大大缩短。

在我国，日立制作所、富士电机等企业都在研制和美国的航天飞机上使用的燃料电池方式相同的燃料电池。这种燃料电池使用氢氧化钾作电解质。富士电机公司综合研究所主任研究员小林乔向记者介绍了研究材料的困难之处。他说，“关键之一在于研制一种氢极一侧使用拉尼镍合金粉（从镍铝合金中熔化、取出铝的金属材料）、氧极一侧在碳上撒钝银，作为添加到碳极上的催化剂材料”。

这种方式的燃料电池需要不含有杂质的氧气和氢气。除宇宙飞船、潜水艇等特殊用途外，作为一般的发电设备，成本过高。这是一个难点。因此，科学技术家们还考虑设计出使用天然气和挥发油作燃料，用磷酸水溶液作电解质的燃料电池。第一代实际应用的燃料电池就是这种方式的燃料电池。

我们在美国访问了唯一在燃料电池的商业化上取得成功的企业——联合技术公司的能源系统部门。这家公司通过阿波罗计划等，向美国航空和航天局提供了九十多部燃料电池。由于参加靶标计划（1971年至1977年，美国有二十七家煤气公司和东京瓦斯、大阪瓦斯两家日本公司参加）的关系，联合技术公司还提供了六十五部功率为十二点五千瓦的

磷酸电解质型燃料电池。在由美国九大电力公司推进的FCGI计划（一九七一年到一九七八年）中，这家公司还取得了建成一千千瓦发电设备的成就。

联合技术公司还以在靶标计划中取得的成果为基础，完成了功率为四十千瓦的建筑物用电源的建设。只要有了这样的燃料电池，一根煤气管道就有了两种用途，既能输送城市燃料烧煤气，又可以用来发电。它蕴藏着取消煤气公司和电力公司的界限的可能性。

另外，作为FCGI计划之后的燃料电池，该公司正在纽约一家电力公司——爱迪生公司的用地上建设四千八百千瓦的设备。在联合技术公司的工厂院内，停放着等待运往爱迪生公司的燃料电池构件。东京电力公司实际上也向联合技术公司订购了一套同样规模的燃料电池实验设备。东京电力公司将把它安装在千叶县市原市的五井火力发电站内，从1982年起开始进行实证实验。

东京电力公司建设这套四千八百千瓦的实验设备，总费用约为二千万美元，每一千瓦的建设成本在四千美元左右。现在，发电站每一千瓦的建设成本是：火力电约为六百美元，核电约为一千四百美元。相比之下，燃料电池的建设成本还太高。不过，联合技术公司研制燃料电池的最高负责人威廉·H·波德尔尼副经理向我们解释说，这是因为燃料电池“不是大批量生产，而是处在手制的阶段”。据美国电力研究所预测，将来燃料电池每千瓦的建造成本可下降至三百二十美元。

磷酸电解质燃料电池之所以造价高昂，原因之一是用白金作催化剂。不过波德尔尼副经理说，寿命为四万个小时的白金催化剂“由于有再生技术，不存在运行成本问题”。而且，联合技术、富士电机以及三洋电机（已同美国的ERC公司合作）、三菱电机等许多开发燃料电池的公司，都在加紧研究大量减少白金用量的催化剂，和不使用白金的催化剂。

爱迪生公司从1981年开始实验的燃料电池，建在曼哈顿的东十五号大街和FDR公路之间的市区。能够在这样的闹市建设既安全又无公害的分散型发电站，是燃料电池的最大优点。纽约曾在四年前发生过一次大规模的停电事故。因此，市政府也积极支持兴建燃料电池发电设备。爱迪生公司的副经理罗伯特·A·贝尔说：

“燃料电池发电技术将在今后十年之内结束实验技术阶段，迎来商

业服务时代。”

同电力公司的活动相呼应，通用电气公司于1980年宣布研制成功第二代燃料电池——熔融碳酸盐型燃料电池。它建立了由公司内五个部门组成的攻关小组，公司外的电力、煤气和材料设计公司、研究所等也结成联合开发机构。这种燃料电池的电解质使用碳酸锂和碳酸钾，并使之在500摄氏度高温下熔化，把多孔质的铝酸锂夹在电极之间，电解质处在高温状态中，因而就不需要催化剂了。电极用的是镍和氧化镍。这种燃料电池的效率比磷酸电解质型要高许多。不过，关键在于研究各种耐高温的材料。

美国通用电气公司坚信，“这种类型的燃料电池有可能建成与煤炭气化设备直接连通的大规模发电站”。它的努力目标是在八十年代中期完成原型设备，八十年代末开始接受订货。

制膜者制天下

——膜技术运用于节能和治疗疾病

到东京大学田村研究室来“朝拜田村”的企业负责人络绎不绝。因为他在研究高性能分离膜。

“总之是来访者源源不断。化学、纤维、成套设备、食品……仅日本的企业给我的名片就远远超过了三百张。从国外来的有巴西人、印度尼西亚人、菲律宾人等。”

我们采访座落在东京六本木的东大物性研究所田村研究室是在一个星期六进行的。担任研究所化学分析室主任的田村正平副教授正在亲自为巴西客人做实验。他对于接连不断的来访者感到有点不耐烦，但还是取出啤酒瓶子来又一次为我们做了实验。

他做的实验内容是：把酒精浓度为4.5%的啤酒加倍稀释后，倒进玻璃容器中去，然后让这些溶液通过田村副教授研究开发的氟材料多孔质膜，几分钟之后，就分离出浓度为93%的乙醇。用火一点，乙醇立即着起来。为了用膜的表面分离水和乙醇，要加上超高频电场。虽然如此，所消费的能源为每升乙醇二百至三百千卡，和以往的蒸馏法相比，不足十分之一。

田村副教授已把这种分离膜“实际应用”在物性研究所内的污水处

理上。如果真的能够普及应用起来，那么这种膜就会成为一种产生划时代节能效果的魔膜。甲醇、丙酮、醋酸等水溶性溶剂若能用分离膜浓缩，分离膜就会取代使用巨大热能加温、再冷却的蒸馏法。使用大型离心分离机浓缩精制海水中的铀的作法也就没有必要了。田村研究室里热闹非凡，正是由于这里有理想的技术。

美国也在研究新的高功能分离材料。杜邦公司的树脂制造事业部设想，在应用高功能分离膜方面，可能采取分离发酵物中的水溶物质的方法浓缩乙醇，并正在加紧进行研究。此外，联合化学工业公司从工厂废气中提取二氧化硫成功，并认为有运用高功能分离膜的可能性，现已开展研究。

有选择地分离、提取所需要的物质，这就是高功能分离膜。根据分离方式，分离膜可分为许多种。有代表性的种类是根据分子大小筛选的超滤膜，可以区分更小分子的逆浸透膜，靠离子化倾向分离的离子交换膜，利用浓度差的透析膜，分离气体的气体分离膜等等。其中有些已经达到了实际应用的水平，例如海水淡化使用的逆浸透膜。

三菱化成工业公司副经理柝原四郎预言，“今后十年内，对高功能分离膜的研究开发肯定会加速度地进行”。据介绍，三菱化成工业公司把能够想得到的材料，例如硅材料、氟材料、聚丙烯腈材料等等，都列为研究开发对象。

东洋苏达工业公司最近研制成功新的超滤膜，并已着手试销。据该公司说，这种使用亲水性聚合体制成的超滤膜，没有疏水性物质的吸附性，而且膜孔大小均一，因此膜孔堵塞的现象很少发生，分离物质的功能高，目前正在向国内外申请专利。这种膜可应用于医药工业，例如浓缩、分离用于治疗脑血栓等疾病的人尿中的尿激酶，还可以扩大到食品和化学工业方面。

帝国人造丝、旭玻璃等厂家在研究富氧膜。它是气体分离膜的一种，从空气中分离、浓缩氧气，例如把它安装在锅炉的进气口，便可极大地提高燃烧效率。进入汽车发动机室的如果不是空气而是富氧空气，发动机的燃烧效率不仅可以提高，并且能够大大减少废气排出量。

用氟材料研究开发分离膜的旭玻璃公司，计划“用三年时间首先找到在医疗方面应用的线索，然后再考虑应用在工业上。”

关于分离膜，旭化成工业公司的想法是，“在人造肾的延长线上，

可以开发类似人体内的生物体膜”。这家公司制造了一种使用以铜氨丝空心纤维为材料的透析膜的人工肾，它可以过滤从体内取出的血液，除去尿素和肌酸酐等有毒物质。运用这种方法，开发一种有选择地除去因患疾病而产生的异常物质的高级分离膜，也并不是痴心妄想。

东丽公司一位正在研制人工肾的研究员透露，他“打算通过进一步研究开发分离膜向治疗癌症挑战”。人体内是常温常压，由可分离必要物质和不必要物质的膜构成。这位研究员企图解开生物体的这种奥秘。

此外，还有水和酒精的分离，东丽公司技术情报室主任泽野实说，“到二十一世纪初，蒸馏塔就将从石油化学联合企业中消失”。

东丽、三菱化成、旭化成、住友化学、帝国人造丝等五家公司，于1980年秋天成立了“高功能性高分子材料协议会”，由东丽公司总经理伊藤昌寿任会长。以这个机构为母体，五家公司联合进行高功能分离膜的研究开发。这个科研项目还是国家新的研究开发计划——“下一代产业基础技术研究开发制度”的组成部分。日本企图通过这种方式，与投入了巨额研究开发经费的美欧国家的化学和化纤厂家相对抗。

这个研究组合的成员企业的一位干部对记者发表感想说：“原来以为在研究分离膜方面是本公司领先，参加了协议会之后，才知道各厂家都有出乎我们预料的实力。这样，我们才有些着慌了。话又说回来，这些企业都把目标定在十年之后，那时要互相公开研究诀窍，因此，我们心里也觉得很踏实。”分离膜是在纤维、薄膜的延长线上运用尖端技术的舞台。因此，也是化学、化纤厂家大显神通的英雄用武之地。

在离子交换膜的研究开发方面，旭玻璃公司自以为技术比杜邦公司还要先进。它的常务董事金井英三预测，“分离膜的高功能化还是今后的事情。日本和美国都处在同一条起跑线上。日本有充分的可能在这个领域里领先”。他还说：

“制膜者制明日之化学工业。”

高功能分离膜的主要工业用途

用途/膜类	反渗透膜	超滤膜	离子交换膜	透析膜	气体分离膜	液体膜
海水淡化	○					
咸水淡化	○		○			
城市下水和工业用水的再利用	○		○			
制造超纯水	○					
除去重金属	○		○			
纸浆排水处理	○		○			
食品排水处理	○	○				
回收有用贵金属	○		○			
从食品排水中回收有用物质	○	○	○			
海水浓缩(制盐)			○			
食品的浓缩精制	○	○	○	○		
医药品的精制		○	○			
电喷涂	○	○				
制造化学品			○		○	
原子能工业	○		○		○	
除菌除微粒	○					

(材料来源：日本膜学会)

研究开发能力决定胜负

——消除同欧美国家的差距

“1913年，卡尔·博希使用空中固氮法在世界上第一个把合成氨投入工业化生产的研究所就在那里。”在西德路德维希港 BASF 总公司工厂，陪同我们的宣传部负责人 I·卡温指着一座古老的建筑说。

这座建筑在历史上留下了“哈伯—博希法”的名字，带来了现代化学工业的“黎明”。

世界上最大的化学厂家 BASF 是欧洲最大规模的工厂。我们被它那巨大的规模和悠久的历史压倒了。沿着莱茵河畔，长达八公里的地带都是它的厂区。在一千五百座建筑物中，有三百座工厂，从业员共有五万

人。工厂区域内，道路总长度达一百公里。在总公司办公楼的附近，建有1865年创业的染料工厂、基础研究所和应用技术部门。至今还处在极盛时期的石油化学设备建在距总公司办公楼——它是BASF的漫长历史中的“新参加者”——最远的地方。

“1980年的研究开发费为十亿马克，研究开发人员大约有一万人，其中一千六百人是获得学位的科学家。我们每年向市场投放三百种新产品。”特殊树脂应用技术部的工学博士A·威博，以充满自信的表情向记者介绍BASF集团的研究开发活动。

在美国最大的化学企业杜邦公司总部，记者采访了负责研究开发工作的高级副总经理W·G·西麦拉尔。

问：请谈一谈公司的研究开发体制。

答：1981年，研究预算有五亿七千万美元，其中80%用于八个事业部总部进行应用开发和开发将来的产品，其余20%用在全公司的基础研究方面。在世界七十二个研究所里，有四千名科学家和技术专家在进行科研活动。

问：怎样评价自己的研究开发能力？

答：美国的化学公司自己在开展强大的研究开发活动。实际上，已经开发出许多商品。“抽屉”里现在还装得满满的。每年开发一万种新的化学产品。但是，因开发出新用途并能盈利而投入商业生产的，只有很小的一部分。

“将来的利润取决于现在的研究开发”——在法国罗纳·普朗克公司听到的这句话，使我们深感到欧美国家的化学公司在研究开发方面倾注了巨大热情。我国化学公司的研究开发费，无论在金额上还是在对销售额的比例上，都大大低于欧美企业。我国五大公司的研究开发费的总额还不及BASF或杜邦公司一家。人们普遍感到不安：这样下去，能在材料开发竞争中取胜吗？

在爱知县丰田市的丰田汽车总公司，专务董事森田正俊向记者谈到加深同美国杜邦公司和通用电气公司在研究开发材料方面的合作关系的理由时说：

“要了解今后化学材料的发展趋向，就必须了解美国的厂家。我们

正在探索特殊的树脂材料。在日本，尚未出现杜邦公司研制的凯夫拉（芳香族聚酰胺纤维）那样独特的新材料。”

的确，一些主要的工程塑料（高性能树脂）无一不是杜邦、通用电气等欧美企业搞出来的。而且，不能不看到，关于基础性的研究开发，在美国，国防部进行军事性研究开发，航空和航天局进行宇宙技术的研究开发，能源部进行着节能技术的研究开发，总之，国家是民间企业的强大的“援军”。

美国通用电气公司1980年的研究开发费为十五亿九千八百万美元，其中，公司支出为七亿六千万美元（占销售额的3%）。其余的一多半是靠同政府签订研究开发合同获得的。研制陶瓷发动机就是由能源部、国防部拨出巨额预算支持的。在西德，政府的科研机构——航空宇宙研究所在1974年至1983年间投入了大约五千万美元的开发预算。

不过，我国的民间企业中也有人对这一点抱着冷静的观点，认为“美国的作法挥金如土，其效果是大海里捞针”，为自己的研究开发“质量高”感到自豪。通产省工业技术院技术振兴科科长小村久雄就对此表同感，他说“美国的这种浪费、绕道而行的作法是可怕的”。

我国在产品化阶段的工业技术是超第一流的，但是，成为其基础的核心技术却没有多少诞生在日本。欧美国家是从基础研究这所“幼儿园”开始学习的。日本则是通过引进技术，从“高中”这个阶段开始学习，高效率地走完产品开发这条最短距离的路。

日本在成长为威胁欧美国家工业的“产业大国”的今天，必须自己冒风险，从基础阶段研究开发新材料和新技术。正如工业技术院的小村久雄先生所说，“已经到了没有外国这个学习榜样的时代了”。

“我国在技术开发上面临着巨大的转折点。在依赖引进技术这条延长线上，技术立国是得不到保证的。”——由于这种危机感，通产省从1981年度开始，用十年时间，执行以新材料开发等为主要课题的“下一代产业基础技术研究开发制度”。

旭玻璃公司常务董事金井英三说，与欧美企业相比，“日本的化学工业企业规模小，研究开发费与商品销售额的比例低，每一个企业开发基础技术的力量是有限的”。因此，国家发挥调整者的作用，集结民间企业的研究开发力量，开发左右将来工业命运的新材料和新技术。

我国国内的五家电子计算机厂家曾经在通产省的带领下，联合起来

开发超大规模集成电路，开辟了一条对抗国际商用机器公司的道路。国内的化学厂家要对抗BASF、杜邦等欧美国家的巨大化学公司的研究开发能力，也需要集结各家拥有的力量。这乃是一条“安全的捷径”。不妨说，这是标榜技术立国的我国在走向二十一世纪、运用独自技术推进材料革命时非走不可的道路。

第三章

探求极限的电子材料

超过硅的材料

——约瑟夫森元件的开发

“对于半导体来说，今后绝缘体也许比半导体更重要。”联合碳化物公司电子部门材料事业部长詹姆斯·J·比曼顽皮地笑着说。

从电气的角度观察所有的物质，可以分为导体、半导体和绝缘体三个种类。一般认为，其中的半导体是现在电子革命的主角。但在眼花缭乱的技术革新中，绝缘体的重要性突然引人注目起来。

例如，美国现在正努力研究开发以绝缘体蓝色人工宝石等为基板的超高速集成电路。由国防部牵头，让休斯飞机公司、洛克韦尔公司、通用电气公司、西屋电气公司等九个小集团进行开发竞争。另外，同样用以绝缘体钇和镱为材料的人工宝石柘榴石作为基板，研究远比硅集成电路密度高的磁泡存储器的工作也正在急速进展。

磁泡存储器具有的优点是可靠性高、体积小、节省电力，而且在断电之后，记忆内容也不消失。因此，我国已经在电话局的电话费记忆装置、人造卫星、数控装置等方面开始使用磁泡存储器。如果价格再低廉些，将大量用于个人用电脑。

我国的信越化学工业公司、日立金属公司等也开始生产磁泡用柘榴石。但集成电路用蓝宝石的生产现在世界上只有联合碳化物公司一家独霸。这家公司在第二次世界大战中着手生产机械轴承用人工红宝石和蓝宝石，据说这就是联合碳化物公司“晶体商业”的开端。这种行业在最近的电子革命中崭露头角，发展成为电子材料产业，1980年一年的销售额便达二亿五千万美元。日本的东芝陶器公司等正以联合碳化物公司为赶超目标继续研究开发。

有人认为，半导体产业总有一天会被“绝缘体产业”所取代。但此外的许多半导体材料的出现，正在给现存的电子工业厂家以戏剧性的冲击，例如在计算机领域。

国际商用机器公司沃森研究所的威尔赫尔姆·阿纳克博士预言说：现在最新式的大型计算机占据了高楼中的大会议室，如果性能比它高五十倍的计算机变成一本词典大小的话……实际上，使用约瑟夫森元件便可以造出这样的计算机。

约瑟夫森元件如果进入实用化，就可以造出超小型的具有象人那样的视觉和会话能力的装置。人造卫星和雷达搜集的大量信息的即刻处理、正确的气象预测、地震预报、耐震设计、核反应的模拟实验也将成为可能。从军用到民生以及产业，其应用的范围是很广的。

约瑟夫森元件的原理，是随后获得诺贝尔奖金的英国B·D·约瑟夫森博士于1962年根据在剑桥大学当研究生时发表的理论形成的。国际商用机器公司使用约瑟夫森元件组装加法和乘法计数器、移位寄存器、存储装置等计算机的基本部件。据传，国际商用机器公司和我国的国际电信电话公社的目标是：将在八十年代以内在这个世界上首先试制出约瑟夫森计算机。

给高度集成化的硅集成电路带来极限的是热。如果把数毫米硅片上镶嵌的元件由十万个增加到百万个、千万个，那么从每个元件上发出的热合在一起，就会形成可以把硅片熔化的高温。但是，“约瑟夫森元件消耗的电力在硅半导体的千分之一以下”（富士通公司器件研究部第一研究室长莲尾信也语）。因此，制造相当小型的计算机是可能的。因为约瑟夫森元件是在浸入液体氮中的极低温中使用的，所以热几乎不成问题。

但是，在这种极低温中使用也是约瑟夫森元件的弱点。用极低温下的超导材料——高纯度铅作为材料，当把它从接近绝对温度零度（-273℃）的液体氮中取出时，会因急剧的温度变化而毁掉。使用比铅硬的金属铌作为材料是牢固的，但是能够对铌进行微细加工的耐高温性的感光材料则尚未问世。

为此，国际商用机器公司在十多年中坚持努力，制造出铅、铌、金的合金。使用这种材料的约瑟夫森元件达到的水平是，从零下二百数十度到室温往返二百次，一百万个元件才坏掉一个。但是，现在的大型计算机大体上是由十亿个元件构成的。即使使用国际商用机器公司的这种

“梦幻般的合金”，只从冷却机中取出一次，也要坏掉五个元件。

这个例子直接了当地表明，电子材料的开发是“向极限的挑战”。曾有过这样的插曲：京都大学的一位教授在很小范围的内部研究会上说：“能在室温下使用的有机物超导材料有可能被开发出来。”没过一个月，美国国际商用机器公司便来试探：“我们拿出几百万、几千万美元，请你们正式研究这种材料怎么样？”即使在约瑟夫森元件领域投入一百五十名研究人员的国际商用机器公司，也正在瞪红了眼睛寻找新材料。

就是这家国际商用机器公司派遣S·巴萨贝耶博士来到日本，详尽地参观了日本国内的研究机关。这位博士呼吁：“研究约瑟夫森计算机的目标，使我们乘坐在同一条船上，让我们同心协力去划这条船吧！”这一呼吁使日本的研究者感到吃惊。这可能是因为，“即便是国际商用机器公司这个巨人，单独从事约瑟夫森计算机实用化，即从材料到系统的研究，负担也太大了”（日本电信电话公社武藏野电气通信研究所基础研究部调查官石田晶语）。

除了国际商用机器公司开发的铅、铟、金的合金以外，在我国，工业技术院电子技术综合研究所、电信电话公社武藏野电气通信研究所、理化学研究所、日立制作所中央研究所分别以氮化铌，铌、碲，铌、铋，钒3硅等为材料，也都在对制作约瑟夫森元件的微细电路进行研究。

日本企业回过头去在美国寻找新材料的活动也是很活跃的。在俄亥俄州的世界著名的智囊团巴特尔·哥伦布研究所的物质科学部门，据经理乔治·W·朱尼亚介绍，“从分子、原子水平的材料设计”正在正式进行，光传感器，金属、陶瓷新制法，超导材料，太阳能电池，燃料电池等与新材料有关的项目是不胜枚举的。国际涉外业务室长罗伯特·S·哈里斯氏睁一只眼闭一只眼地说：“订货单位是保密的，但同日本企业订的合同正在迅速增加。”

开发新的电子材料，是领导世界电子产业的日美两国有关方面最关心的事情。日本电气公司基础技术研究所共同基础研究部长河村力认为：“现在的电子革命，元件和电路的结合体集成电路是主角，今后可能出现的第二次革命，将发生在支配元件功能的电子材料领域。”

松下电器产业公司的董事、技术部长早川茂断言：“今后材料研究的主流是对‘终端材料’的研究。也就是说，在入口捕捉信号的传感材

料，以及微处理机对此处理、表明结果的显示材料。”为此，松下电器公司组织了传感器研究委员会，作为横向联合的研究组织，进而把分散在无线电研究所和中央研究所各部门的材料部门集中起来，成立了材料研究所。

东芝公司把“材料的开发与应用”作为全公司的课题，将材料研究所分为金属陶瓷研究所和化学材料研究所，而且在综合研究所内设置材料应用技术中心，同时在所有的事业部里也设置了材料应用技术中心。另外，从1980年开始，除了金属材料事业部以外，又成立了一个材料总部，对子公司东芝化学、东芝玻璃、东芝硅、东芝坦噶洛依、东芝陶瓷等公司实行一元化管理。

东芝综合研究所所长纳贺勤一认为：“今后承担电子技术革新的东西就是材料。”这种认识在当今的世界上是共同的。包括为电机厂家和电子零件厂家提供材料的有色金属和化学厂家在内，电子材料革命正在超速前进。

主要电子材料的分类及其应用

分 类	材 料	应 用
超导材料	铅、铌、铌钛	发电机、电动机、磁悬浮列车
光电子材料	石英、玻璃、硅石、锗、 硒—镓—砷—磷	光通信、光计测、光圆盘、电子计算机 终端
导电材料	铜、铝、银、金、钠	电线、印制电路、接口
半导体材料	硅、锗、硒、砷化镓、硫 化镉	晶体管、二级管、开关元件、电子复印 机、集成电路
绝缘材料	氮、氟利昂、云母、陶瓷、 玻璃、电木、硅油	电磁瓶、电容器、变压器闸门
电阻材料	镍铬合金、钨、锰铜、康 铜、石墨	电阻器、电位器、电炉、电锅、转换 器
磁心材料	纯铁、坡莫合金、硅钢	变压器、电动机、发电机、继电器
磁性材料	KS钢、MK钢、纯粒铁、 铝镍钴合金	磁头、扬声器、卡盘
测温材料	白金、镍、白金铯合金	调节和测量温度
接合材料	铝锡合金、银、铝铅锡合金	零件的配线，组装、连接电线
保险丝材料	锡、铅、银、β黄铜	电力保险丝、温度保险丝
接点材料	金、银、白铜、钨	开关、插口、继电器、交换器
电子管材料	钨、钼、镍	真空管、放电管、X线管、阴极射线管

“双向开关半导体器件”载入辞典

——专门开发非晶态半导体的公司

“双向开关半导体器件”这个奇妙的术语载入了《韦氏大辞典》。它同表达分子象玻璃那样散乱排列状态的“非晶态”的术语是同义语。载入美国著名辞典的这个术语，是由二十年来一直论述非晶态材料重要性的、S·R·奥布辛斯基的名字同电子这个单词组合而成的。奥布辛斯基为了开发廉价的非晶态太阳电池而设立的ECD（能量转换装置）公司一跃而受到世界的瞩目。

这家公司位于静悄悄的特罗依镇，这里距汽车名城底特律的路程开车只需一小时左右。这家公司的二百五十名从业员全都参与研究开发活动，光是拥有博士称号的就有六十人。他们的国籍是各种各样的，有包括三个日本人在内的东洋人、阿拉伯人、欧洲人等。公司经理里查德·A·福拉斯克笑着介绍说：“这里是个小联合国。”

记者参观了他们进行开发的状况。我们首先看了展出的EEPROM（电可擦读存储器）。这是同宝来公司联合开发的。我国的夏普公司也购买了专利，计划最近投入生产。他们在排列着发光二极管的显示装置上作出适当的图案，并使之记忆，然后切断电源，再通上电时，仍然原封不动地保留着记忆。记忆内容可以马上修改。集成化的各元件在通电的瞬间可以改变结晶状态和非结晶状态，以此进行记忆。

奇妙的缩微胶卷也制造出来了。他们在胶卷表面制出一种非晶态材料的薄膜。用这种胶卷拍摄放在旁边的杂志的一页。同用3M公司的装置拍摄胶卷一样，立时就取出照片来，用不着显影。再把胶卷装入装置，在杂志上放一只手表。同感光一样，在同一画面上清晰地映出了手表。对于同一画面可以多次修改，在每张底片之间还可以任意追加底片。A·B·狄克公司正在把这种胶卷商品化。据说，他们还在开发把计算机的信息和电视画面直接拍入这种缩微胶卷的装置（COM）。

在胶卷方面，除此以外还开发出一种不要显影的、析像能力为一毫米一千二百条像素的黑白胶卷“ECD192”。西德的阿古法·盖巴尔特公司和我国的旭化成工业公司购买了这项专利。进行简单的湿式显影的“ECD902”具有鲜明的黑白反差，用于版画的美术制版等。阿古法·

盖巴尔特公司和富士摄影胶卷公司得到了这项专利。这些胶卷都是使用双向开关材料，而没有使用白银。ECD公司没有生产出象样的产品。该公司的作法是从事材料的研究开发，然后出卖专利和技术情报，或是把这种技术作为出资的份额，去开设合办公司。国际商用机器公司也购买过这家公司的专利。

印度贾亚代夫博士及其台湾助手正在研究从热直接获取电的材料。把这种材料的一端浸在水中，另一端用燃烧炉加热，电流就流入小发电机中，风车便滴溜滴溜地旋转。温度计显示出，这种材料的低温端为 13°C ，高温端为 66°C ，电压为280伏。他们说，这种材料如果达到实用化，“从汽车的废热中，从暖气的余热中，便可以立即获得电”。他们所使用的材料，据说是某种分子呈无秩序排列的物质。

ECD公司迄今调查的材料大体有一万种以上。这家公司也开始研究非晶态的超导材料。在他们的研究室中，摆满了日本电子公司制造的穿透型和扫描型电子显微镜，以及帕金·埃尔姆公司、GCA公司、通用数据公司、萨姆科公司等制造的各种分析装置和实验装置。其中许多装置都是不少大学的工学院非常想弄到手的。

一位印度的漂亮学者克里休纳·萨普鲁博士说：“氢气吸附材料、催化剂材料和电解质材料的开发已经有了眉目。”这位学者正在以这些材料的组合，来设计双向开关材料燃料电池。从太阳电池、热电池开始到氢气吸附材料、燃料电池，如果制造成功的话，就可以从太阳能出发彻底循环利用氢气。这位学者沉静地充满自信地说：“我们不久将解决人类的能源问题。”奥布辛斯基经理也和颜悦色地说：“国际石油资本在世界上有力量的时代不会太长了，南北问题也将得到解决。”

奥布辛斯基今年（1981年）五十九岁，大学没有毕业。他对于人脑的记忆机制有兴趣，于是想到了非晶态的用途。被他这种不可思议的魅力所吸引，各国的科学家和技术专家都来到他的身边。三年前在京都大学研究生院毕业后来到ECD公司的田中一义，是一位刚满三十多岁的博士。他的目标是要确立“理论化学”这门新学问，使用计算机揭示微观领域的物质世界的秘密。在京都大学任助教的伊津政寿是开发太阳电池生产设备的负责人，他的夫人桃子女士是担当国际业务的副经理。

二十年前在帕金·埃尔姆公司出售分析仪器的董事莱昂内尔·罗宾斯是ECD公司成立以来的一个成员。他说：“奥布辛斯基二十年前便着

眼于能源问题。后来果然出现了能源危机。他一开始寻找代替催化剂白金和胶卷底片银的材料，结果又出现了最近贵金属的价格暴涨。这个人似乎有预见能力。”ECD公司太具有实验性了，因此尚有前途莫测的一面。但是，在开发新材料方面，它确实给我们一种今后将会发生什么事情的预感。

支撑电子学的化学材料

——技术革新的后台主角

在西德慕尼黑设有根据地的、世界第二大综合电机厂家西门子公司中央技术研究总部，中央制造管理部的工学博士J·贝德尔纳茨回忆说：“在六十年代，根本没有想到电子学会如此使用塑料。”接着，他谈到了当前的课题：

问题是如何把塑料作为电子材料使用，把其功能探求到极限。例如，随着材料的尺寸越来越小，材料本身的耐热性便成了很大的问题。我们正同开发了工程塑料聚醚砜的美国飞利浦石油公司共同开发个人计算机用超耐热树脂，并同美国的杜邦公司、英国的ICI（帝国化学工业）公司进行合作。

在伦敦郊区的英国ICI公司树脂事业本部，负责该公司开发的工程塑料聚醚砜树脂的P·W·诺布尔，仿佛接着西门子贝德纳尔茨博士的话说：“电子零件确实是个重要的市场。在接近200摄氏度的高温下可以连续使用的聚醚砜树脂的30%左右是用于电子工业的，例如可用于电子计算机的圆形接线器、线圈成型设备和印刷电路板的接线器，这方面确实是最大的主顾。”

作为支撑电子技术革命的材料，化学材料的重要性正在提高。以个人电子计算机革命的主角硅基板为代表，各种工程塑料、树脂成型产品、胶卷、陶瓷等，正在保护半导体、印刷基板、绝缘材料等各个领域发挥作用。可以说它是使半导体高度集成化、电子制品小型化和薄型化成为可能的“后台主角”。

“原材料厂家一天偷懒就要掉队。”我国最大的半导体厂家、也是世界性通信机和电子厂家的日本电气公司的、超大规模集成电路开发本部部长松仓保夫这样断言。他还说：“随着集成电路的高度集成化，我

们要求原材料厂家不断进行改良。”

大规模集成电路的高度集成化比预想的要快。取代现在的16K（千位，存储容量单位），被视为“超大规模集成电路入口”的64K将在1984年前后普及，预计再过四至五年将进入256K时代。电路的细微化正以微米为单位向前进展，从64K的2.5至3.0微米，到256K的1.5微米，而到1M（百万位、千K）将细微到1微米以下。与此相关，在照相蚀刻电路时使用的感光树脂也有必要具有更高的性能。

松仓部长认为：“到了256K时，将在真空中用等离子体进行蚀刻，抗腐剂也必须具有高感度，以便不侵入等离子体。”尽管256K的时代尚是遥远的，但原材料厂家却作出了迅速的反应。

东洋苏打工业公司最近用氯甲基化聚苯乙烯使超大规模集成电路用抗腐剂（负型）投入生产。关于这种能够适应256K的抗腐剂，科学计测事业部开发部长桥本勉自豪地说：“描画0.3微米的电路是可能的，对于四氯碳等离子体具有五倍于铝的耐性。”东丽公司在开发256K时代的电子束抗腐剂方面也取得了成功。我国的电子产业正在向世界的最尖端挺进，为了建起“电子日本”，原材料厂家也在拼命逼近世界最高水平。

电子材料出现“新面貌”已成为家常便饭。“在原来的环氧树脂的分子结构里，加入电气特性好的橡胶状骨骼锁链，便开发出柔软的耐热变化性能强的新环氧树脂。”日本苏打公司化学品本部开发部长冈屋多津郎说。“在世界上第一次用纸基材料——不饱和聚酯树脂开发出印刷基板。”钟渊化学工业公司电材事业部开发室长田中新弥说。

GGG（钆镨石榴石）被认为是取代硅的下一代存储材料。钆、镨和氧有着同石榴石宝石一样的结晶构造，可同硅一样，把它的单晶体做成薄型圆片使用。在圆片表面形成特殊的薄膜，放入磁场内，象泡一样的又小又圆的磁化部分就会出现或消失，它的这种性质可用于作存储器。因此，人们把GGG制成的这种存储装置称为“磁泡记忆”。

磁泡存储器的特征是，切断电源泡仍存在，因此存储内容不会消失。另外，同硅相比，存储容量有了飞跃的扩大。使用硅材料正在使64K存储器实用化，而GGG已经使下一代的256K、再下代的100万位的存储容量成为可能。着眼于世界上的大型计算机，4M位、10M位的“超超大规模集成电路”级的大容量存储元件的开发也在进展中。

我们为了了解据说正在抓GGG事业的罗纳·普朗克公司，来到巴黎的中心蒙泰纽大街。负责海外宣传的S·A·海克夏说：“本公司是高纯度稀土族的世界性厂家。利用我们取得的经验，提供世界GGG需要量的12%是我们的目标。我们认为，GGG的世界市场规模在八十年代后期将达到每年十亿美元。”在法国政府提出的电子材料要摆脱依靠进口的方针下，该公司同法国原子能委员会（C·E·A）一起设立了合办公司“克里斯马提克”公司，他们正以1981年下半年完工为目标建设真正的GGG生产设备。

在我国，硅基板在国内市场占有率近50%的信越化学工业公司，已经决定生产和销售GGG。此外，日立金属、住友金属矿山、东北金属工业、东京电气化学工业等公司，也象打乱仗一样争先恐后地进入这个新的领域。在化学业界，继信越化学工业公司之后，综合化学的最大厂家三菱化成工业公司，也在研究于1981年内实现国产化的问题。另外，昭和电工公司也以三年后实现国产化为目标决心同美国合作。

正象日立化成工业公司董事长高木正所说，八十年代是“新材料革新技术”的时代。世界化学厂家确信，“现在和将来都是可以同电子技术结合在一起发展”。

在恶劣条件下工作的计算机

——引人注目的耐环境强化元件

在美国加利福尼亚州的硅谷，集成电路的专门厂家，对日本的半导体产业的飞跃发展感到吃惊并提高了警惕，同时也有一群企业不以为然。这就是洛克韦尔国际公司、休斯飞机公司和TRW等以宇宙、航空和国防领域为根据地的半导体厂家。

在这些场合所使用的半导体，都是暴露在冲击、高温和放射线等极为恶劣的环境中的。因此，这个领域的半导体厂家都在美国国防部、美国航空和航天局的保护之下积累了格外高超的技术。

极限状态下的半导体技术只依赖硅材料已达到最高限度。例如，据美国航空和航天局的推测，现在一个人造卫星处理的资料量一年达十亿位，而五年之内要求处理的资料量将千倍于此。当然，决不能把占据一层楼的大型计算机扛到宇宙中去。

作为突破这种技术障碍的新材料，最近突然受到注目的是以人工蓝宝石为基板的集成电路，和使用化合物半导体砷化镓的集成电路等。但是，在美国正式使用这些新材料的技术尚未开发出来。我国在这种机会面前当然不会袖手旁观。因为，如果日本站到“新材料集成电路”这个起跑线上，日本就有可能获得一举缩短在极限条件下的计算机技术方面同美国的差距的绝好机会。

同现在的计算机相比，它就象很少走出冷暖气设备齐全的房间的娇小姐一样，使用这种“耐环境强化元件”制造的计算机的应用范围，就会一下子变得很广。除了用于人造卫星、宇宙火箭和航天飞机以外，还可装备在原子反应堆、放射性废弃物处理、海洋开发、无人通信局、海底电缆、机器人和工作母机等方面发挥威力。

作为新功能元件的研究项目之一，通产省从1981年度开始开发的耐环境强化元件的目标如下：

首先，使现在的产业用集成电路在对于机械振动的耐久力方面提高二倍而达到40G（加速度单位）；在承受机械冲击方面也使其提高二倍而达到3,000G；在耐放射线的能力方面提高10—100倍，即在由十万个元件构成的超大规模集成电路上由 10^4 的四次方增加到 10^5 的五次方拉德（辐射量单位）；运转温度界限由30摄氏度提高到150摄氏度。东芝、三菱电机和日本电气这三个制造卫星的公司对于这个项目都表示了特殊的关心。

东芝半导体技术管理部长榎本兼之说：“硅遇到放射线，电子的流动就会紊乱，导致杂音和错误动作。”蓝宝石基板正确的名字应为SOS（硅在蓝宝石上），即在蓝宝石表面制作的硅薄膜，这样在绝缘体蓝宝石部分没有电流，因此杂音可以减少到最小限度。

而且，“同标准的N·MOS（金属氧化膜半导体）相比，SOS具有比电子速度快三点七五倍、消耗电力只有十五分之一、可集成度高一点七五倍的优点”（美国联合碳化物公司制造负责人简·E·A·莫里兹语）。其缺点是基板的价格比硅要高数倍。

“其实，在几年前我公司就考虑到使用蓝宝石集成电路了。”休斯飞机公司宇宙和通信部门负责人理查德·琼斯说。但是，据说当时还不能制出十分良好的作为原材料的蓝宝石晶体。最近晶体表面的激光加工技术有了提高，蓝宝石作为材料一举变得有了希望。

“谈到砷化镓，其实已开始用于雷达。”雷达部门的经理贾克·C·纳比奥自信地说。该公司考虑从F/A18型开始，在新型雷达上相继采用砷化镓材料。砷化镓基板是半绝缘性的，注入离子或是采用在其表面形成薄结晶的技术使其活性化，便可以作为半导体使用。

电子在砷化镓中流动的速度比在硅中快五倍，因此砷化镓可以制成高速元件，而且具有消耗电力少、不易被放射线损害、工作范围广的特点。但是制造这种晶体是困难的。同高纯度的单晶硅相比，结晶缺陷（分子排列紊乱）是相当显著的。

洛克韦尔国际公司使用难度大的材料砷化镓，相继制出了八乘八位的乘算器、五百门的移位寄存器等集成度较高的集成电路。该公司负责电子部件研究部门的弗雷德·A·布拉姆副经理在强调材料的进步时说：“以前充其量可以制出一英寸的砷化镓晶体，最近开始制出了二至三英寸的砷化镓晶体，真是受到了很大鼓舞。”这家公司是制造航天飞机的主要合同单位。它还在开发下一代巨型客机波音757、767的自动操纵计算机和火箭用计算机等。他们在考虑在这些计算机上使用蓝宝石集成电路。

在开发这种最尖端材料的同时，美国在促进一种技术达到成熟方面也有巨大的包容力。宇宙飞船用的计算机是国际商用机器公司生产的“AP 101”。在这种计算机上，没有使用集成电路存储器，而是使用了日本在数年前就已经停止生产的磁核存储器这种古典材料。

美国宇航局的安迪·爱德华兹说：“在宇宙中工作的机器损坏了一个零件，也是很糟糕的。我们为了检验一台计算机的可靠性，就用去了五年时间。”只有尖端技术同古典材料的协调，才会完成一件伟大的工作。

探讨硅材料的极限

——官民一体开发超大规模集成电路

在美国国防部的巨大的五角大楼中，“人们把超高速集成电路（VHSIC）称为‘一个系统放在一个硅片上’。这个说法的含义是很深刻的”。说这话的是超高速集成电路总负责人拉里·W·萨姆尼博士。他们的构想是，动员现在可以考虑的所有极限技术，在结晶硅这种极为普

通的材料上，实现大型计算机的超高速功能。

统率美国陆、海、空三军的国防部为什么决心去开发一个硅片呢？用一句话来说，就是为了对抗苏联的威胁。据说“苏联在用比美国预想的还要快的速度发展电子技术”。实际上有报告说，苏联已经能够生产同美国个人用电子计算机的最大厂家英特尔公司的八位个人用电子计算机性能几乎相同的产品。

在现代战争中，超精密的攻击技术是战略的要害。形成这种状态的契机是越南战争。在这场战争中使用了载有电视摄影机的斯马特炸弹。这种炸弹不去破坏水库，而是只把旁边的发电站作为破坏目标。这种高效率的成果使军界人士目瞪口呆。现在要求攻击目标的精度与其说是一个地点，不如说是一个建筑物，甚至是建筑物的哪个窗户。

人们都不会彼此扳动可能灭绝人类的全面战争的枪机。如可能出现那种情况，就有必要躲过雷达网去破坏特定的原子反应堆。如果是发达国家这样干，那么破坏掉它的通信网或几个主要金融机关，就可使其社会机能陷入瘫痪。能达到这种目的的组装了超高速集成电路的武器叫作“智能武器”。

现在让我们具体看一下超高速集成电路的用途。首先用于使红外线数据形成画面以诱导导弹的装置，连接在潜水艇的超声波探知器上的解析装置，以及把反潜侦察机的合成开口雷达的数据立即形成画面的装置；另外，还用在野战军通信用的密码编排和破译机上。现在用的这种装置有的重约九公斤，如果使用超高速集成电路，就可以装入衣服口袋。下一代战斗机和军用人造卫星所要求的计算机至少每秒钟要处理三十亿个指令。这种计算机如用现在的技术去制作，重量要达十吨，消耗电力要达一百千瓦。这便形成本末倒置。美国陆、海、空三军对超高速集成电路的利用，据说至少可以举出十九个领域。

另外，电路的高度集成化，还可降低成本和提高可靠性。1975年制造的人造卫星，使用了一千万个三极管，电源成本每瓦合二千美元，卫星本身的费用每公斤五千美元。由于电路集成化，一个卫星可以节省二千万美元，可靠性也明显提高了。如果使用超高速集成电路，其差别将更大。

五角大楼自1962年把集成电路用于民兵式导弹以来，便成为培育美国半导体产业的父亲。但是，1980年五角大楼的需要只不过是美国半导体

产量的7%弱，而且这种比例还在逐年减少。民间的需要占压倒优势，五角大楼的影响变得薄弱了。但是，日本由于通产省倡导的超大规模集成电路的开发计划获得了成功，细微加工技术方面，一举同美国并驾齐驱。受到这种冲击的美国半导体厂家举国一致再次感到同日本拉开差距的必要性。而美国官民利害一致的项目就是超高速集成电路。

日本的超大规模集成电路同美国的超高速集成电路的相同点和不同点是什么呢？超大规模集成电路是以开发存储技术并将其用于通用计算机为目的的。它把美国商用机器公司作为竞争的目标。超高速集成电路把设计极为高速的微型电子计算机、开发装有这种微形机的武器作为目标。假想敌是苏联。美国企图在电子技术方面同苏联拉开巨大的差距。

细微加工技术就是在把硅这种材料搞到极为纯粹的基础上进行加工。也可以说，电子束、X线和离子束等描绘和拍摄装置、等离子蚀刻装置、激光加工装置、离子注入装置、结晶成长装置等是处于日本的超大规模集成电路技术的延长线上。

但是，彼此的巨大差别是，日本的超大规模集成电路只是在存储器这一有限的领域取得了成果，而美国的超高速集成电路计划是制造包括存储器在内的整个微型机系统，而且是可与大型计算机相匹敌的“超级微型机系统”。日本在存储器集成电路方面已经成为美国的强大的竞争对手。但是，现在日本的厂家还没有开发出世界畅销的微型机，只不过是充当英特尔、莫托罗拉、齐洛格等美国大厂家的“二道贩子”。

日本的超大规模集成电路微细加工的最初目标是在一个芯片上使元件的集成度达到十万个以上，线路最窄的地方在三微米以下。而超高速集成电路把集成度和工作速度的相乘积作为目标。也就是说，不管集成度怎样提高，但若工作速度相同，就不成问题。第一阶段的目标值是微细加工精度为1.25微米，集成度和工作速度的乘积为一平方厘米为五千亿门赫兹（门是元件基本单位，赫兹是一秒一次）。第二阶段的目标设定为微细加工精度为0.5微米，集成度和工作速度的乘积为十亿门赫兹。第三阶段的目标是与第一、第二并行的短期开发计划的综合，将开发多种微细加工装置和辅助技术。参加开发超高速集成电路的厂家都可利用开发成果。

为了警惕机密流到苏联，五角大楼允许在美国国外生产超高速集成电路的超级微型机的可能性是很小的。这种超级微型机的最终目标是制

造无人武器和机械人武器。这种具有眼睛和智能的武器对于移动中的军团或坦克也可以通过自己的判断进行攻击。具有现在的微型机的数百倍性能的超级微型机问世并在美国普及的时候，那将不仅是武器，而且将用于今天日本引以自豪的产业机器人以及飞机、原子能反应堆和各种设备等的中枢部分，取代现在的微型机和计算机。五角大楼已经开发出下一代微型机用的高性能的程序语言“Ada”。

这样看来，就可以明白，以前在微型机方面比较薄弱的美国国际商用机器公司为什么如此迷恋于超高速集成电路。即使在通用计算机方面，也许有相当的市场将被超级微型机所吃掉。甚至有消息说，国际商用机器公司同得克萨斯仪器公司在开发超高速集成电路合作中达成这样的默契：在最终只留一家的情况下，彼此看成为二次供货者。可以说，在硅材料建立系统这种微观世界中，美苏两个超级大国加日本正在进行“集成电路世界大战”，而这一大战就是在超大规模集成电路和超高速集成电路领域中展开的。

光传导信息

——光纤和光元件

象头发那样细的透明纤维，可以传导一万二千路电话的信息。人们所期待的划时代的大容量传导手段光纤通信正在朝着实用化大踏步前进。

“一提起光纤便想起茨城通信研究所。”

国内外光纤厂家异口同声说的茨城通信研究所位于茨城县东海村。它的正式名称是日本电信电话公社茨城电气通信研究所。在光纤方面以具有世界最高技术水平而自豪的这所研究所共有三百人左右。研究人员的平均年龄很轻，只有三十至三十五岁。

成型零件研究室室长片山祐三最初给我们看的是一本图表，共一百八十三页。“虚线是世界最高水平，实线是茨城通信研究所的水平。”我们随着说明看去，1976年后，虚线和实线完全重合在一起了。在图表中记录着开发这种传送损耗很小的光纤的经过。世界上最高的水平是，玻璃光纤一千米损耗零点二分贝，塑料光纤一千米损耗一百分贝。这两种光纤都是茨城通信研究所开发出来的。

光纤维材料的性质大体分为石英玻璃和MMA（异丁烯酸甲脂树）脂。前者传导损耗小，价格高，用途以通信为中心。后者价格低廉，传导损耗巨大，传导信息不能超过五十米，用于建筑物内通信和计算机终端线路。

片山室长研究的是塑料光纤维。“请你们拿起电话听筒试一下！”实验室中的简单的电话是用光纤维来连接的。“喂！喂！”能够听见那是理所当然的，但实际听一下仍使人感到惊异，似乎觉得声音很清晰。

“这是塑料光结合管，用于连接头发般的纤维。这里摆的是把光纤维传过来的光分为两个方向的器具。”在茨城通信研究所里，还在不断开发旨在使光纤维实用化的辅助机器。在玻璃光纤维领域，它拥有世界上没有先例的被称为气相轴沉积法的光纤维的生产技术。

光纤维通信的原理，是使用半导体激光器使投在中心部位的激光光线在包层内不断折射前进。但是，线心和包层都必须用纯粹的石英玻璃制作，确立大批量生产技术尚是课题。美国柯宁公司开发的外涂法是在心线外侧用玻璃层压。而电信电话公社开发的气相轴沉积法是在沿纤维的轴向沉积玻璃，因此被认为最有大量生产的可能性。

古河电气工业公司的光系统开发事业部技术课长稻尾胜三说：“对于我们通信技术工作者来说，光纤维的出现是一生中难以遇到一次的机会。”光纤维的特征不只是传导的信息量大。首先，由于光纤维的传导损耗小，同轴电缆必须以十公里左右的间隔设置的增幅中继器，可改为以二十公里至数十公里为间隔设置；其次，附近的电缆和雷电不会给光纤维以电、磁干扰也是一个很大的优点。

再从实用方面看，美国已经制订了用光纤维连接波士顿、纽约和华盛顿的计划。光纤维的总长度为八万公里。更大的计划是用光纤维连接西海岸的西雅图和圣地亚哥，光纤维的总长度为十万公里。柯宁公司和西屋电气公司两家起着推进作用。在西德，从美国柯宁公司引进了光纤维技术的西门子公司，同柏林电话局一起已经使连接一般家庭的光通信系统实用化。

在日本国内，在连接神户市三宫车站和“1981年人工岛博览会”的新交通系统“无人驾驶电车”的站台上，监视人上下车的电视摄像机便采用了光纤维。其结构是：摄相机摄出的画面由光纤维传导并集中管理。在大阪至神户的高速公路上，也是用光纤维缆线来监视交通量的。

电信电话公社在1978年进行实用化试验的成果的基础上，于1981年春决定进行商用试验。据说“要在东京、大阪等全国十二个电话局之间，总长一百一十公里的范围内采用光通信进行电话中继”。把光纤用于公众通信在我国这还是第一次。

实用化的“最大规模”是横断太平洋的光纤电缆。从日本至夏威夷、从夏威夷至美国本土将分别由日本和美国铺设。古河电工公司认为这项工程将“于1989年实现”。

推进我国光纤实用化的，是同玻璃光纤有关的电信电话公社、古河电工、住友电气工业、藤仓电线等电线厂家。生产能力1981年八家总和每月约为八千公里。出口也在猛增，因此各家都在争先恐后地增加设备。

另外，在塑料光纤方面，电信电话公社和三菱人造丝公司正在带头开发。“今后在建筑物内通信方面将迅速普及塑料光纤。确认汽车后方视野的显像镜也将使用塑料光纤。”三菱人造丝企划开发部长加藤哲二充满信心地说，要把年间销售额尽快地增加到现在的二十倍，即一百亿日元。他还说，“传导损耗达到一公里二百分贝，同唯一的对手——美国杜邦公司的一公里五百分贝大大拉开了距离”。

光纤的迅速实用化，也波及到了提供复盖材料的厂家。石英管包在直径为0.125毫米的光纤的外侧，信越化学工业公司的子公司——信越石英公司从西德的赫尔劳斯公司进口，在国内销售，计划在1981年实现国产化。保护光纤外侧的是工程塑料之一的聚酰胺（尼龙12），全部由载塞尔化学工业公司从西德进口，一手提供给光纤厂家。针对这种状况，东芝陶瓷和宇部兴产两个公司分别在石英管和尼龙12方面拼命向先走一步的公司发动攻势，破坏其优势。

我国的光纤在技术和质量方面都达到了世界最高水平。光纤引发的“通信革命”正迫在眼前。

在光通信中同光纤同等重要的是光元件。所谓光通信的电话网的结构，简单地说来就是在送话器的扩音器中把声音变为电气信号，发光元件再把电气信号变为光信号。这种信号在光纤中传输，接受信号的对方的受光元件再把这种光信号变为电气信号，使受话器的喇叭发出声音。在距离过远、信号变弱时，在途中设置由受光元件和发光元件构成的中继器就可以了。

但是,同光纤已经完全进入实用化的阶段相比,光元件尚处于开发材料的过程中。日本电信电话公社武藏野电气通信研究所半导体元件研究室室长池上彻彦是这样描述光通信的状况:“在乡村的羊肠小道上应以时速二、三十公里前进的汽车,似乎是突然来到了百米宽的高速道路上。”

既然有了大量汽车能够高速奔驰的道路(光纤),那就需要造出不出事故的高性能的汽车(光元件)。现在作为电话线使用的同轴电缆可容纳十万路电话,但一根细细的光纤便可轻而易举地容纳二百万路电话。

所谓光元件是指接受电气信号使光振动的发光元件以及与此相反的、接受光使之变成电气信号的受光元件。发光元件的材料是化合物半导体。在受光元件中,有硅或锗等一种元素的和化合物的两种。可以预料,就象三极管和二极管等个别半导体集中在一个数毫米见方的硅片上而形成集成电路一样,光元件将来也会进展到光集成电路。光集成电路将把发光、受光元件到包括透镜、滤光镜和反光镜等在内的巨大的光学系统集中到一块芯片上。

作为发光元件,也包括激光二极管(也叫LD、半导体激光器)和发光二极管(LED)。激光从一点上发出相位整齐的强光。在数微米的一点上具有极强的电流,因此存在着一个逐渐减弱的问题。LED是向四面八方发光的,因此使光流入细细的纤维时大半的输出功率化为无用。能够发出集中的细光的激光器如果能够廉价大量生产的话,那么把它用于录相盘、数字立体声等家用电器的日子也就来到眼前。LED已经用于各种显示器。砷化镓、磷化铟是原材料。

受光元件是把光变为电气的器件,因此同太阳电池、照相机的曝光表和复印机的滚筒等是基本上一样的。光通信用的PIN受光二极管(PD)是由正电荷多的P层、中性的I层和负电荷多的N层构成。雪崩受光二极管(APD)能发出使电子象雪崩那样大量活动起来的现象,因此具有使弱信号大大增幅的功能。作为PD和APD的材料,已经开发出了结构复杂的高功能元件,这种元件以磷化铟作为基板,上面有四、五层化合物的结晶层。

在光元件的研究方面,电信电话公社、日本电气、富士通、日立制作所和三菱电机等日本厂家同美国的贝尔系统(由美国电报电话公司、

贝尔研究所、西屋电气公司等组成的贝尔电话公司集团) 走在世界的最前列。

人们已经知道, 光在光纤维中通过时, 光的减弱率最小的是红外线领域中0.8微米、1.3微米和1.5微米的波长。符合这种波长的发光元件和受光元件的开发也取得了进展。

向远方传送信息时, 光和电都是走得越远信号越弱。中继器在途中对信号增幅, 再生出强信号。现在东京到大阪间的同轴电缆平均1.5公里便有一个中继器。光信号的衰减是很小的。如果使用波长为零点八微米的光, 二十公里才用一个中继器, 因此维修和管理都将是很轻松的。

0.8微米带的技术课题日美两国都已经能够解决。发光元件是以砷化镓材料为基板、上面制出镓铝砷膜的“激光二极管LD”, 受光元件使用硅“雪崩受光二极管”。在0.8微米波长时, 日本电信电话公社同美国贝尔研究所决定使用同样的材料。在下一个课题——1.3微米波长上, 两家想选用完全不同的元件和材料。

在发光元件上, 是在磷化铟基板上用铟、镓、砷和磷四种元素构成元件。在这一点上, 电信电话公社和贝尔研究所走的道路是相同的, 但前者在努力搞激光二极管(LD), 后者则加紧研究“发光二极管(LED)”。激光因为能够发出波形整齐的强光, 所以更适合进行图像和数据通信等更高速度和大容量的通信。

但是, “激光在寿命方面存在着问题, 不太适应温度的变化, 在生产方面成本高。”在新泽西州马来希尔的贝尔研究所, 光通信元件部的负责人A·A伯科强调了发光二极管的优点。对此, 电信电话公社反驳说: “激光的寿命、温度变化和生产成品率等问题已经得到解决。”

在1.3微米波长的受光元件方面, 日美两家从使用材料开始就是不同的。电信电话公社同富士通公司一起开发了古典半导体材料锗APD。贝尔研究所用砷化镓电场效应三极管(FET)的组合的办法搞出了以磷化铟为基板, 由铟镓砷构成的“PIN受光二极管(PD)”。如果是APD的话, 有一个元件就可以了, 而PD没有增幅作用, 因此另外还需要三极管。

实际上, 两家都希望得到在理论上性能最好的铟、镓、砷的APD。但是, 成为基板的磷化铟是非常难处理的材料, 作为APD很难形成充分的结晶。我国的三菱电机公司等正在这方面拼命努力。

在设在新泽西州的贝尔研究所中，整流二极管（LED的一种）的发明者著名的查尔斯·A·巴拉斯、中国人李天培、日本人小川谨一郎的三人小组在雄心勃勃地进行挑战。他们正在开发在一个LED上振荡两个以上的波长，同时能够接受两个以上波长的光的PD。二者都是以磷化铟为基板的铟镓砷的元件。一个元件若能处理两种波长的光，那么在同一根纤维上的信号的容量就会一举倍增。同时，也可以说这是制造下一代光集成电路的第一步。

“现在的光元件尚处在真正的手工操作阶段。”日本电气公司光电子研究所所长内田禎二说。虽说是激光，也不过是二毫米见方的元件，为了使光发生共振，要在两端制出镜面。在实际上，它是用刮脸刀切割晶体的办法制作的。

四元化合物半导体的制作方法是，在炉中并排摆着熔化了原材料的碳容器，依次让作为基板的晶体在各容器中移动，生产工艺是极为原始的。虽然有适于大量生产的金属有机物化学气相成长法这种技术，但是这种技术的实用化尚需要相当长的时间。

在一个光元件中，除了主要的半导体外，还需要米粒般的玻璃透镜、反光镜和方解石做的滤光镜之类的东西。一边微调光轴，一边用镊子将它们排好。当初手巧的“三极管姑娘（女从业员）”曾经支撑了日本半导体产业的黎明期，这种手艺人的技巧重新有了用场。

因此，为了使光电子技术发展成为大产业，“有必要再上一层楼，让光集成电路问世”（内田禎二语）。已经有人提出了这类建议：在材料方面，如果使用通光透明的晶体——锂酸铌，制出光集成电路将是可能的。光集成电路的出现，将成为开辟光电话、光交换机和光计算机这种真正光时代的原动力。

把屋顶变成发电站

——廉价而结实的太阳电池

据美国能源部等有关方面的预测，在公元2000年美国将面临着二百五十万兆瓦的能源短缺。如果用太阳电池解除这种短缺，就必须在五万平方英里（正好相当于密西西比州的面积）上铺满太阳电池。若把美国三分之一家庭的屋顶和大厦上面铺上太阳电池，便可达到这个数字。

现在美国正在盛谈“太阳电池是否成了屋顶建筑材料”。太阳电池在1958年用于人造卫星先驱一号时初露头角。从那时起几乎所有的载人宇宙飞船、通信卫星和宇宙实验室都使用了太阳电池。这种成绩证明：只要花钱就可以造出高性能的太阳电池。但是，作为屋顶建筑材料使用的太阳电池要求廉价和耐久性。如果生产出便宜的太阳电池，市场一下子就可以扩大。

据美国调查公司诺斯提克·康塞普兹公司的调查，太阳电池的世界市场1980年为三兆瓦、二千四百万美元，1990年将达到一百七十兆瓦、二亿一千二百万美元，2000年将猛增到一万兆瓦、五十亿美元。

因此在美国有国际石油资本、电机、化学和金属公司等二十多个企业参加了材料的开发竞争。在欧洲，法国的通用电气公司（CGE）、国营石油公司埃尔夫·阿基坦公司以及荷兰的电机公司菲利浦三家在太阳电池方面进行合作。西德的通用电气公司（AEG）也开始建设太阳光发电设备。

在我国，日本太阳能公司（京都陶瓷、松下电器产业、莫比尔石油、美太古研究所、莫比尔油业等公司合办）和夏普、日本电气等公司1980年共生产了五十千瓦太阳电池。政府的阳光计划预测1985年度以前将需要二千五百千瓦太阳电池，这将成为当前最大的市场。另一方面，在美国，阿尔科太阳能公司一家就具有一百万瓦（一千千瓦）的生产能力。它同太阳能拉克斯、太阳能动力两公司合称为三大家。

太阳电池材料的主流现在是单晶硅，但是硅的带状晶体、非晶态硅和砷化镓的太阳电池也开始进入市场。另外，对硫化镉、碲化镉、硫化铜、铜铟硒和有机物半导体等的研究也有进展。

开发出廉价的太阳电池者将控制市场。因此这种开发竞争已经达到白热化程度。美国能源部设定的1瓦太阳电池的价格目标是：1982年2.8美元，1986年70美分，1989年50美分。

在阿尔科公司，生产一瓦太阳电池需要六至八美元。这家公司认为通过采用单晶硅新制法和组装工序的自动化，可把一瓦太阳电池的成本降低到一美元。查尔斯·F·吉副经理说：“使用集成电路用的高纯度硅生产太阳电池是一种浪费。可以考虑制造不降低发电效率的纯度低而价廉的‘太阳能级硅’。”

阿尔科等公司生产的太阳电池，一枚薄薄的单晶硅园片就是一个电

池。把单晶硅垂直切成萝卜片形，便成为这种园片。在这样的切断过程中有40%的单晶硅成为碎末而飞散。因此人们正在设法从一开始便制造出不用再切的带状结晶薄片。美国的西屋电气、莫托罗拉及日本的日本太阳能、东芝等公司正在开发这种带状结晶的太阳电池。

另一方面，用硅化合物的气体，在不锈钢或玻璃的表面蒸镀一层非晶态硅薄膜，硅的使用量就可以降到最低限度。美国的无线电公司（RCA）、埃克森，日本的三洋电机、三菱电机、富士电机等利用硅烷（硅与氢的化合物）气体，美国的能源转换装置、日本的夏普等公司利用四氯化硅气体，也在研究这种类型的太阳电池。

在气室中，向胶片一样薄的不锈钢板上连续蒸镀硅的办法是可能的，因此这是降低价格的最有希望的办法。能源转换装置公司正在建设这种实验设备。问题是如何使带状晶体和非晶态硅太阳电池达到单晶硅那样的发电效率。

硅元素在地表上的藏量之多仅次于氧气。因此作为资源来说最少令人担心。但是，目前在提炼硅时要消耗很多电力。在生产太阳电池的过程中消耗的电力，大体相当于它所制造出来的太阳电池在十五年间发出的电量。在现阶段，与其说太阳电池发电，不如把它叫作“电气罐头”更确切。

在美国，能源部和亚利桑那州立大学正在继续进行把太阳电池铺在屋顶上、名叫“凤凰窝”的实验。它们的构想是，在屋顶设置的太阳电池的发电规模相当于盛夏时空调器消耗的电力，在其他季节则把剩余的电力卖给电力公司，这时，将使这个家庭的电表指针倒转。这种梦想能否实现，太阳电池的材料掌握着所有关键。

用激光记录信息

——拥有庞大记忆容量的光盘

能够出画面的唱片——录相盘，从1981年下半年首先在美国进入了真正的销售竞争时代。同计算机一起配合使用的产业用光盘与录相盘的原理很相似，但要求有更高的功能。

同唱片形状一样的光盘的特点是，一面能记录十亿信息组（信息量单位）以上的庞大信息量，而且记录内容的任何部分都可以瞬间取出。

开发由光记录和长时间读出时具有稳定功能的材料是光盘实用化的关键。

不管是录相盘还是用于产业的光盘，其技术的出发点都是激光。利用激光可以把光集中在直径只有一微米、相当于头发的五十分之一的小点上，而且，如果是强大的激光，便具有连铁也能熔化的能量。

录相盘和光盘的原理，就象在纸带上穿孔以记忆电波一样，用激光在圆盘表面上穿出无数个肉眼无法看见的微孔以进行记忆。录相盘用“激光穿孔”的手法记录电影等的画面和声音信号，重放时就象放唱片一样，把圆盘放入唱机就可以了。

美国的DVA、荷兰的飞利浦和日本的先锋等公司组成的集团正把录相盘作为产业用系统进行应用开发。

DVA公司经理约翰·J·赖利在强调光盘的应用范围之广时说：“我们集团生产的录相盘在重放时也是使用光的光学方式。因此，这种录相盘具有耐久性，可以同计算机组合在一起，能够制造出立即取出记录在光盘上任何部位的信息的系统。”例如，现在训练飞行员用的模拟飞行装置上使用的是电影胶卷和录相机，要想立即放映出自己所希望的映象是很困难的。因为无论如何也要拿出时间去过卷和倒卷。为此，放映的主要内容只能是作为正确答案的飞行状况。

与此相比，如果使用光学方式的录相盘，便可以立即映出记录在光盘任何部分的画面。事先设定各种各样的飞行状况，而且把这种映象记录在光盘上，用这种办法制造的模拟飞行装置，就可以随着受训者控制的操作杆，根据计算机的指令立即映出从周围的风景直到跑道的各种各样的场面。随着操纵技术的优劣而呈现出不同的变化，就象实际飞行和起飞着陆一样。这种系统是可以设计出来的。据说，美国国防部已经开始开发这种装置。

美国密西西比工学院和犹他大学正在分别研究与此相同的汽车驾驶训练用系统和普通教育用程序。教育用程序是学生同电视对话的学习程序，它能够根据学生的能力不断向前进，或自动地帮助学生复习功课。

但是，为了把现有的民用录相盘用于产业，尚存在着此种录相盘相当难造的问题。为了生产光学方式的录相盘，首先要用激光在玻璃表面涂有感光材料的原盘上记录信息，并进行显象处理，然后把这种玻璃原盘上记录的内容清晰地拍照在镍金属圆盘上。再以此为原版，不断制出

最终产品——丙烯树脂录相园盘。在大量生产相同的节目内容时，采取这种方法是最合适的。

但并不能用这种材料和方法生产用于只需要一张的计算机用光盘。因此，作为能够轻而易举地进行记录的、使用新材料的园盘，最近突然受到人们重视的是DRAW型的光盘。利用这种办法制造一张光盘是很简单的。

我们在美国加利福尼亚州访问了在世界上首先实现这种类型的光盘商品化的风险企业多勒克斯拉技术公司。杰罗姆·多勒克斯拉经理给我们看的光盘是以“在塑料聚合物（有机物聚合体的合成树脂）中，微细而纯粹的白银微粒以完全均一的分散状态悬浮着的东西”作为材料的。在这种园盘上照射稍强的激光点儿，银微粒便吸收能量，达到200摄氏度时，聚合体便熔化，形成微细的孔穴。

重放时，使用未达到高温度的弱激光读出即可。据说这种园盘的寿命达二十年以上。用这种小型装置可以当场进行园盘的录制和重放，而不象现在的光学式园盘那样需要使用直径三十厘米、厚一厘米的很重的玻璃制园盘和具有三百吨压力的丙烯树脂打孔机等。

美国的国际商用机器公司以及美国电报电话公司等八个公司、加拿大的电信电话公司、西德的西门子公司等欧洲的六个公司和日本的六个公司，已经向这家公司订购使用新材料的园盘的样品。多勒克斯拉经理高兴地说，日本的公司是格外热心的，“它们不久将成为我公司的最大用户”。

这种光盘最有希望的用途是：一、通过通信线路传送大容量数据；二、作为办公室自动化的信息档案；三、作为计算机的大容量存储装置；四、用于录相盘原盘的快速制作；五、记录资源勘查卫星的资料。

在我国，日立制作所也已经用八张在玻璃上加金属膜的光盘，试制了能够记录二万页A—四开文件的“文件管理系统”。东芝电气公司也正在开发使用砷材料的光盘系统“托斯档案系统”。索尼公司开始研制使用光盘和微型电子计算机的未来商品——家庭用计算机。

在光盘实用化方面，另一重要事项是开发价格低廉的半导体激光器。不管是半导体激光还是园盘材料，其技术前景已大体明朗。光盘的实用化已近在眼前。

关于用激光读出的光学式录相盘，美国的大电影制片厂和娱乐公司

MCA和荷兰的飞利浦公司早已分头进行开发，并且通过协商制定出通用规格。另外，在此领域独自进行研制的国际商用机器公司同MCA共同设立了DVA公司。日本的先锋公司也入了股，形成了国际激光光盘企业的核心。在美国，DVA公司是这个集团的核心。例如，DVA公司虽然不出面，但实际上也在积极向拥有很多著名电影拷贝的几家大公司推销。DVA公司可以说是美国激光光盘集团的战略据点。处于DVA公司最高地位的约翰·J·莱利1954年在科尔盖特大学毕业以后，二十五年来一直在国际商用机器公司的销售部门工作。他在被指派到DVA公司当经理之前是这家公司负责综合系统部门的世界市场的副总经理。对于国际商用机器公司来说，录相盘是最初的家用电器制品，因此要求与推销计算机时那种重视技术的“老谷商法”略有不同的经营手腕。在洛杉矶郊区的DVA总公司，我们请莱利经理介绍了该集团的活动情况和激光光盘的未来：

问：国际商用机器公司进入直接面向消费者的市场是从录相盘开始的……

答：“国际商用机器公司对于民用市场也有巨大的兴趣。同时它也在考虑激光光盘同计算机结合的巨大可能性。”

问：激光光盘能够用于资料处理吗？

答：“激光光盘同现在的资料处理装置相比，记录密度高十倍到十五倍，因此具有记忆容量非常大的魅力。问题是读出的错误率较高。录相盘即使有千分之一的错误率，画面和音质也几乎不受影响。但是，在计算机等处理数字信息的领域，错误率必须在千万分之一、亿分之一以下。”

问：问题是否出在光盘的材料丙烯树脂上？

答：“不是。问题出在高密度的记忆方式上。在激光光盘一面上以仅仅一点六微米的间隔排列着一百八十亿位信息。为了以数据处理领域的水平准确无误地读出这信息，有必要设计出完全新式的装置。”

问：国际商用机器公司说的计算机同激光光盘的结合是指的数据处理装置吗？

答：“当前第一步考虑的不是记录数字信息，而是由计算机立即检索映像信息的系统。”

问：据说飞利浦和东芝两公司正在开发的能够立即读出存储内容的

光盘，今后能够实用化吗？

答：“从技术上看是可能的。”

问：困难的是材料问题吗？

答：“是的。有必要去开发那种存储之后能够长期稳定保存其记录状态的材料。”

铁驱逐银

——高密度磁带的出现

“铁驱逐银”——如果象征性地表达录相机同八毫米摄影机的抗争，就可以作这种描述。因为，八毫米胶卷是把银的化合物涂在聚酯上，而录相带则使用以铁为主要成分的磁粉。而且，磁性材料通过合金的改良和新制法的开发，性能迅速提高，高密度磁带和小型的、象唱片那样的薄磁盘等“梦幻般的映象媒介”即将出现。

东京电气化学工业公司磁带研究部部长今冈保郎说，为了使磁装置更好地发挥录制和重放的机能，“必须注重纸、笔与橡皮的平衡”。纸是指磁带或磁盘，笔是录相和录音用磁头，橡皮是指消掉用磁头。在改良它们的性能的同时，组装时还须注意彼此的特性要相符合。为了使录相机小型化，磁带厂家正在大力推进相当于“纸”的磁带的磁性材料的研究工作。这方面的主要厂家之一富士摄影胶卷公司磁记录研究所所长明石五郎很有信心地断言：“小型录相摄影机用磁带有必要高密度化，要使它在用比以前低一半的速度时，也不影响画面的鲜明度。用“纯铁”作磁性剂的金属磁带和在真空炉中蒸镀磁性剂的蒸镀磁带等高密度磁带的实用化前途已经明朗。今后的工作是怎样按照机器厂家的产品规格加以改进。”

在这家公司的小田原工厂里，已经摆出了能适应低速的金属磁带和蒸镀磁带，以及其他厂家试制的与这种磁带相适应的装有特殊磁头的录相机。上述两种磁带都能放出与现行录相带不相上下的鲜明的画面。

现在市场上出售的录相用和音响用磁带都是涂敷型的，在聚酯胶卷上涂有四氧化三铁磁性涂料。在音响设备方面，把去氧的“纯铁”作为磁性材料的金属磁带已部分地实用化。金属磁带除使用把磁性材料作成难以生锈的合金之外，还用氧化膜覆盖其表面，并敷以合成树脂，通过

这些办法防止性能的减退。

金属磁带因去氧而相应地增加了保磁能力和磁性密度，因此能用低速录放。在同一时间内，使用较短的磁带便可录制完毕，如果把小型轻量化的录相机同金属磁带配合在一起，就可以作为相当于八毫米摄影机的轻巧的摄影装置使用。

金属磁带的密度相当于使用氧化铁的磁带的三、四倍。但是，人们认为，再想提高密度则是极为困难的。因此最近受到重视的是能够达到氧化铁五倍密度的蒸镀式薄膜型磁带。薄膜型磁带已经用于录放音乐，因为它不需要录相机所需要的那种程度的高密度，松下电器公司已经在出售这种微型磁带“翁古罗姆”。为此，各磁带厂家都把开发能够用于录相机的薄膜型磁带技术作为下一个目标。

制造薄膜型磁带有两种方法：一是在真空炉中加入了熔化了铁、钴、镍等金属，把其蒸镀到胶片上，这叫做真空蒸镀法；二是在真空炉中放入气体，通过放电，使之附着在胶片上，这叫做喷镀法。如上所述，两种制法均已试验成功。在录相机使用方面，大批量生产的技术尚待改进。但是，电子工业界一致认为：“二、三年后添加剂等材料的开发技术将有所进展，成本问题也将得到解决。”这也是最近日本技术走在世界前列的领域。

同改良用于动画摄影的录相机磁带一样，研制把薄型磁盘作为小型记忆媒介、把静止画面录成电视画面再进行重放的系统的工作也在进展。松下开发的彩色静止画面重放装置“薄型录相机存储器”，以及富士摄影胶卷公司制造的用于这种装置的薄磁盘就是其中之一例。

这种装置用薄磁盘录制电视画面或照相机拍摄的瞬间画面等，然后再用电视画面重放。这种装置在京都火车地下街和京都观光导游所已经作为实用品发挥威力。当客人想持续观看电视画面中出现的录相的某一特定画面时，只要按一下这个装置的停止钮，录相的动画就会在一瞬间变为静止画面。其间，本来是配合活动画面的声音仍然向前播送。

利用这种想法，看电视时也可以在自己想看的瞬间画面处使其停下来。收看电视台播放的人可以使电视画面停止和继续，从而可以不跟着电视广播跑，静止地欣赏自己爱看的棒球比赛或相朴的某一场面。另外，在教育节目中播放图表或文章时，可以把要仔细确认的部分停下来。

最有趣的是这种装置同照相机组合在一起使用。如果用薄磁盘取代

现在使用银的胶卷，摄影完毕之后可以立即放出画面。如果照得不满意，还可以象录相机和录音机的磁带一样洗去再照。将来，如果把静止画面重放装置同存储装置结合在一起，可以用电视画面取代影集；把静止画面同复印系统相结合，即使没有银制胶卷也可以印出照片。

不过，我国的电视画面现在是由五百二十五条光线构成的，因此画面的鲜明度不一定很理想。但是，“如果同现在以日本广播协会为中心的电机厂家正在研制的高品位电视（由一千一百二十五条光线构成）相结合，画面便可象彩色照片一样清楚”。松下公司电视事业部课长笹部馨的这句话表明，人们对此抱有很大希望。

富士摄影胶卷公司开发的用于这种装的薄磁盘，使用的是与现在的录相磁带基本相同的伽马氧化铁。但同录相机不同，为了形成静止画面，磁盘高速旋转，同磁头激烈摩擦。因此，为了防止磨损，有必要提高磁盘和磁头双方的材料质量。为此，据说要在涂磁带的磁粉微粒的大小和活化剂等上面下功夫。厂家认为，将来，实现了高密度化，提高了静止画面的鲜明度，“金属磁盘和蒸镀磁盘的商品化是可能的”（富士摄影胶卷公司磁气材料部技术课长平川卓语）。

对相当于磁气映象装置的笔和橡皮的磁头技术的研究也正在进展之中。现在磁带用的磁头使用的是铁素体。所谓铁素体，是由镍、钴、锰、铜、锌等II族金属元素的氧化物和三氧化二铁的复合氧化物形成的强磁体的总称。其他的磁体是用铸造法生产的，而铁素体是把金属氧化物搞成粉状后在1,000至1,200摄氏度的高温下烧制的。在磁头上使用的是软铁素体。把它卷成线圈，电流通过便带磁性，电流切断磁性便消失。磁头很巧妙地利用了这种特征。

问题是将来录相带微型化后，铁素体磁头是否还能够照常使用。业界认为，将来如果录相机用微型磁带改用蒸镀磁带，磁头便可照常使用，就象市场上出售的磁带一样；如果采用金属磁带，磁头材料将使用铁硅铅磁合金或非晶态合金。

以前对于氧化铁、铁素体和磁性材料的特性的研究，大多依靠厂家的经验和灵感。但是，最近由于电子显微镜和测定仪器的进步，对物质结构的分析能力有了显著提高。“解析分子结构、堆积逻辑，便可以发现其新的特性”（东京电气化学工业公司常务董事增岛胜语）。磁性材料的应用范围，今后将逐渐扩大。

接近五感的传感器

——普通材料的活跃

电子正在记忆和逻辑思考等方面取代人的脑子，接近所谓五感——视觉、听觉、嗅觉、触觉和味觉——的技术开发也在迅速进展。电子厂家正在拼命地开发各种传感器，并且使其商品化。但是，关键仍然是材料。松下电器产业公司专务董事城阪俊吉说：“研究开发现在处于一点一点地出成果的阶段。”但是，为了得到感知能力尽可能高的材料，正在拼命地继续努力。

我们听说村田制作所已经销售一个三百日元的红外线传感器，便访问了位于京都府长冈京市的这家公司。该公司的开发部长南井喜一说：“这是估计到防止犯罪和测量温度等方面的需要而开发的商品，但是，玩具世界的订货之多出乎意料。”

红外线传感器接受物体发出的红外线，陶瓷的温度便因其热量而稍微提高，传感器中的电压便敏感地发生变化，利用这种“热电效应”来确认物体。这种感知元件同使用光、超声波和电波等的感知元件不一样，其特点是不用发信装置。另外，能在常温下工作也是一个很大的优点。作为感知元件来说这点是最重要的，但困难的是价钱太高。该公司能够突破价格障碍，据说关键是该公司开发了热电型陶瓷。这种陶瓷是在钛酸锆石酸铅中加入微量的锡酸铋酸铅构成的。

陶瓷是地球上最丰富的无机物。电子业界在积极地把这种无机物烧结的材料用于感知元件。将陶瓷应用到热电型红外线传感器的不仅是村田制作所，松下、三洋、东芝、飞利浦等公司也在积极努力，逐步使之商品化。除了红外线传感器以外，作为瓦斯和湿度等的感知元件，使用陶瓷的也越来越多。

例如，松下公司在高频电子食品加热器上安装的湿度传感器，就是使用的多孔质陶瓷。这种陶瓷是在氧化铬镁中混入氧化钛，在高温中烧制出来的。如果测量对象的温度在三百摄氏度以下，这种陶瓷即使吸水也不起化学变化。松下公司看到陶瓷的这种特点，便制出了用测量吸附水分的量来判断湿度的感知元件。

另外，如果对这种多孔质陶瓷本身进行高温加热，吸附的水分便会

失掉，重新回到平常的状态。这种材料便于稳定感知元件的功能。还有，当测试对象的温度达到300至350摄氏度时，各种气体便发生化学变化而附着在陶瓷上，而且由于附着的气体不同，导电程度也不同，从而也能测试气体。因此，多孔质陶瓷可以作为多种功能的感知元件使用。

为了使感知元件有多种功能，用硅基板作材料的尝试也开始具体化。由于半导体技术的迅速进步，在硅基板上进行复杂而精巧的加工越来越容易，促进了这一领域的技术革新。如果能用硅基板作元件，那么，同微型电子计算机的连接也就容易了，对检测的信息的处理速度也将大大提高。

松下公司正制造“超微粒化的磁粉在硅基板上以膜状覆盖的感知元件”，并期待“一年后能够在家庭防灾和防盗等方面实现商品化”（该公司材料研究所第七研究室主任研究员阿部悖语）。这种感知元件是受到瞩目的新产品，日本和美国的学会都相继要求该公司去介绍这种元件。

这种集成化的超微粒感知元件不仅可以检测温度、湿度和红外线，也能够检测氢、酒精和煤气等，而且，这些功能能够全部组装在一个仅仅二毫米见方的芯片上。其制造方法是，在硅基板内制作扩散电阻和二极管，用氧化硅绝缘膜加以覆盖后，制作电极，然后再在电极上敷上超微粒的气体感应膜。为了提高感应膜的性能，松下公司想出的方法是，在加入氩、氮等惰性气体的炉中制造等离子体。据说这样一来，可以在比普通热处理的温度低的情况下制造，而且可以把感应膜的微粒搞得更细。

目前还在研究把硅基板用于相当人的视觉的感光元件方面。以线的形式捕捉光的信息的硅基板感光元件已经组装在电传机等机器上。现在，各厂家都把开发的焦点转移到录相摄影机等以画面为单位捕捉信息的感光元件上。

在录相机上，为了准确地捕捉光信息，把一个硅基板的感光部分细分为二十万块以上。为此，各厂家都在设法“一方面解决感光部分的均匀性问题，一方面提高成品率”（日立中央研究所第七部主任研究员竹本一八男语）。

为了提高灵敏度，一些厂家采纳了“控制结晶缺陷”这个有趣的想法。东芝公司半导体第一应用技术部岩泽岑男说，着眼于“在一定条件下，内部有缺陷的硅基板感知不到杂音（不必要的红外线等）”这个特点，于是大胆地采纳了“有缺陷的硅基板”的想法。

市场上越来越需要更小、更轻巧和更便宜的感知元件。为此，从普通材料中制出高灵敏度的感知元件这种“炼金术”变得越来越重要了。电机厂家一向重视依赖材料厂家的材料领域的研究工作，新设立或加强了原有的材料研究部门。其背景就是对于新材料的需要发生了变化。

有代表性的传感器及其材料

检测元件	材	料	主要厂家
温度传感器			
热敏电阻	锰、镍、铁等氧化物，碳化硅，	锗，氧化钛钡类半导体	东京电气化学工业、松下电器、大泉制作所、石塚电子
硅温度传感器	硅半导体		得克萨斯仪器公司、日本电气
热电偶	白金铑等		助川电气、冈崎制作所
白金测温电阻	白金线		千野制作所
热笛簧接点元件	锰锌纯粒铁、镍锌纯粒铁		东京电化工业、东北金属工业
热(红外线)传感器			
测辐射热器	锰等氧化物		大泉制作所、石塚电子
热电型红外线传感器	氧化钛钡等晶体		松下电器
量子型红外线传感器	铟铊等		松下电器、日立制作所
磁传感器			
霍尔元件	铟铊，锗，硅		日本胜利、先锋、西门子
霍尔集成电路	砷化镓，硅		松下电器、得克萨斯仪器
磁电阻元件	铟—铊—镍—钴		索尼、电气音响
压力传感器			
电压元件	氧化锌，水晶，聚氟化乙烯等		东京电化工业、东北金属工业
感压二极管	锗，硅		松下电器，索尼
感压橡胶	半导体同橡胶相结合		日本合成橡胶
气体传感器			
感器元件	氧化锡，氧化锌，氧化铁		费加罗，东芝、松下电器
湿度传感器			
金属氧化物类感湿元件	金属氧化物		松下电器、村田制作所
有机物类感湿元件	树脂和碳等		松下电器
受光传感器			
光导电子类	硫化镉、氧化锌等		莫利利卡、滨松电视、新元工业
光二极管	锗，硅		夏普、东芝、日本电气、冲电气
太阳电池	硅，砷化镓		富士电机、三洋电机、京陶
电荷耦合元件和金			勒提空、日本电气、索尼、日
属氧化物传感器	硅		立、松下电器

从仪表上去掉指示针

——正在改进的液晶和发光二极管

用于钟表和计数器等显示数字的液晶和发光二极管的性能正在迅速提高，结果，曾经被认为极为困难的汽车用仪表的电子显示已经阔步前进到实用阶段，能够放在手掌中的超小型液晶电视再进一步就可商品化。“带来了驾驶室显示板的革命”——“滑翔机”牌新丰田车，作为新时代的汽车而受到了电子材料业界的瞩目。因为这是第一种去掉机械式仪表、采用发光二极管作为仪表显示元件的汽车。

作为汽车仪表显示元件，发光二极管的实用化比液晶抢先一步。虽说“滑翔机”牌丰田车的数字显示处于现在最高的技术水平，但仍有改进和提高的余地。

将来数字显示的主流是发光二极管，还是液晶？现在看来二者各有长处和短处，难分高低。哪一方都需要通过新材料的开发进一步提高性能。显示范围越来越广，显示质量也将越来越高。

液晶是这样一种物质：当通过电流时，分子的排列从液体的散乱状态变为结晶般的整齐状态。当把这种液体状的物质夹在玻璃中间装上电路时，就形成浮现文字的显示元件。液晶的长处首先是消耗电力少。事先设计好电路，就可以自由地显示数字、文字和图形。但是，它的反应有点迟钝，特别是在低温下反应缓慢，另外，液晶本身是不发光的。这些都是它的缺点。

发光二极管在通过电流时，电能便转变为光能。其长处和短处正好和液晶相反。因为这种二极管自身是发光的，把发光二极管组合起来，也可以显示复杂的文字，但需要大量的发光二极管。这就提高了成本。另外，蓝色发光二极管迟迟达不到商品化阶段也是厂家苦恼的根源。因为，蓝色适合显示数字，是光的三种原色之一，在实现光的多色化方面是绝对必要的。

为克服发光二极管和液晶的缺点而进行材料开发工作正在迅速进展。例如发光二极管。现在商品化了的红、橙、黄、绿色都是以镓和磷为主要材料，通过改变二者搭配的比例以及混入砷等其他材料，发出不同的颜色的。但是，用镓和磷无论如何也作不出能发美丽的蓝光的二

极管。因此，各厂家都在拚命地寻找新材料。

最近，研究以氮化镓为基础的材料有了进展。西德的西门子公司和松下电子零件公司都已着手进行蓝色二极管的商品化。但现状是，这种蓝光同其他颜色的光相比亮度还不够理想。尽管如此，也已经到了“再过二年用户将把蓝光二极管作为商品接受”的地步（斯坦利电气公司技术部长代理中矢富夫语）。

液晶的毛病是反应速度慢。二极管、荧光显示管在摄氏零度以下也能以零点几秒的速度作出反应，但液晶的反应速度差不多需要一秒钟。至于汽车需要的彩色液晶在低温下的反应速度则需要一至二秒。

当然，液晶的反应速度在这几年也有了长足的进步。数年前，液晶在摄氏零度时的反应速度好不容易才缩短到一秒以内，最近有的在零下二十摄氏度也能以一秒以内的速度作出反应。厂家有信心地说，关于彩色液晶，“1981年以内将出现在 -30°C 也能进行反应的商品”（松下公司开发本部副部长增山勇语）。

液晶的反应速度能够如此迅速地提高，是因为欧洲的厂家相继开发出使用环己烷、苯基环己烷等的液晶材料。例如，含有环己烷的液晶，粘度降低，有松散感。就分子结构而言，液晶元件经常处于容易活动的状态，因此反应速度也相应加快。结果，“因反应慢而被认为难以制造的液晶电视的商品化也已经进入射程之内”（东芝公司电子技术研究所所长藤沼巧一语）。

但是，环己烷是个“两刃剑”，其反应速度是增加了，但恶化了画面的反差。因此，东芝公司利用集成电路技术，把液晶电视的画面细分为五万块以上，以防止反差的恶化。另外，日立、松下等公司也把计算器般大小的液晶电视作为二年后的重要商品而加以重视，为开发反应速度快的液晶，正全力以赴地研究材料。

液晶正着看清楚，斜着看模糊。改善这一缺点对液晶来说是很重要的。特别是对于彩色液晶来说，这是当前的一个重要课题。在制造彩色液晶时，过去是在液晶上加上彩色滤光镜使之发出颜色，最近，在液晶上加入色素的“宾主”方式正在取代过去那种原始作法而成为主流。

过去这种“宾主”式叫做负片方式，液晶内的色素被置于计算器等的显示面的水平面上。加上电压时，只有被加电压的部分色素与表面呈垂直状态，于是颜色消失。这正好同摄影用的负片胶卷的状态一样，一

直存在着难以辨认的缺点。

为了解决这个问题，松下电器公司狠抓了正片型的彩色液晶。这种液晶是先把色素同表面垂直放好，一加电压色素便呈水平状态而显示颜色。该公司于1981年6月出售的彩色液晶表第一次采用了这种方式的液晶。但该公司认为，负片宾主式彩色液晶的最大市场将是汽车的显示装置，因此正在这方面着力改进质量。

在电子业界内部，有人坚持认为，负片型彩色液晶是难以抛弃的。例如，斯坦利电气公司专务董事手岛透就说：“利用黑白变化的负片型彩色液晶，如果在加电压时变白的部分事先放上必要的彩色滤光镜，一块液晶板就可以显示多种颜色，用作汽车显示仪表最合适。”在这种情况下，黑色反差好坏将成为关键。

发光二极管和液晶的缺点正在迅速得到克服。显示元件技术的进步，不仅提高了电子制品的功能，而且也是使电子制品变得更加美观的重要因素。

“创造性技术”的交流

——竞争与协调的新飞跃

因发现隧道二极管而荣获诺贝尔奖金的江崎玲于奈博士想出的新材料中，有一种叫作“超晶格”。由一种原子象格子那样全部整齐排列的所谓单晶体，在自然界中要多少有多少。“超晶格”就是任意把二种以上的原子人工地排列成单晶体那样的格子状的物质。据江崎说，这便“创造出自然界中所没有的崭新的材料”。

以“超晶格”作为材料的元件，有可能使半导体元件具有极其优良的性质。为此，通商产业省决定从1981年开始，在十年间投资三百亿日元研究开发“新功能元件”。其中的课题之一便是研究开发“超晶格”。

虽然用一句话说叫作排列原子，实际上并非那么简单。也许这是在接近造物主的领域。江崎使用了在美国国际商用机器公司开发的分子线结晶成长装置，在高度真空的箱中放置作为基板的晶体，让任意的原子飞至其上，就像积雪那样形成结晶层。在制造过程中，用计算机进行精巧的控制，原子的层叠速度极为缓慢，几乎是一秒钟仅仅淀积一层

原子。要制出一片数毫米见方的晶体，就需要相当大规模的装置。江崎于七十年代试制的“超晶格”材料，是用镓与砷交互整齐排列的原子层和用铅与砷交互整齐排列的原子层彼此交错重叠的办法制成的，每层的厚度只有百万分之几毫米。

在我国，富士通公司用分子线结晶成长装置，试制出在砷化镓基板上重叠镓——铅——砷层的高电子迁移率三级管（HEMT）。这也可以称为只有一层的超晶格元件。现已确认，HEMT用液体氮冷却后，工作速度高达现在三级管的二十五倍。通产省从1981年度开始将以十年计划来开发超级计算机（科学技术用高速计算系统）。该省认为，HEMT将是这种计算机的有希望的元件之一。

真正的超晶格元件除了用于超高速三级管之外，还可考虑用于现在技术不能解决的使可见光、紫外线和X线振荡的半导体元件、超高频和光的接收元件、超高灵敏度感知元件、超低耗电量逻辑元件以及超高密度存储元件等。因此，国外除了国际商用机器公司以外，贝尔研究所、罗克韦尔和美国无线电公司等都在这方面进行开发。

超晶格的实验只有在计算机技术、真空技术、高纯度材料技术和分析技术的金字塔顶才能进行。新材料的开发，正在成为一种“巨大技术”。

在尖端技术领域对日本企业的竞争能力提高警惕的美国开始对日本向巨大技术挑战时采取官民一体的开发体制表示极大的关心。在我国开发的成果中，得到国际上极高评价的是，到一九八〇年为止约投资七百亿日元（其中包括政府补助金三百亿日元）的超大规模集成电路（VLSI）。超大规模集成电路可以说是集材料技术之大成。

在这一开发活动中，有很多后台服务人员支撑着在前台受到欢迎的计算机厂家。这就是材料、光学仪器、化学、机械和分析仪器等近三十个厂家。其中，除了各行业的专业厂家以外，几乎全是不出名的中小企业。因为，开发最尖端的新材料不仅是巨大技术，而且也是“集体技术”。在集体开发技术方面，美国是不太擅长的。

美国的第一流企业也是世界第一流企业。因此，美国人以前的想法是，在强有力的反对托拉斯法下面，每个企业进行彻底的竞争是理想的。但是，日本的半导体企业开始威胁美国大企业的技术优势。为此，美国也摇身一变，选择了集体开发技术的道路。这就是国防部的开发超高速

集成电路计划。

这项计划在从1980年开始的七年间将投资二亿二千五百万美元，有将近五十个美国企业、研究所和大学参加。这对美国来说，是一种异乎寻常的集体开发体制。美国在开始这项计划之前，曾对日本开发超大规模集成电路的体制进行了详尽的调查，而且，要求日本公开有关超大规模集成电路的专利和技术诀窍。

日美之间以半导体为主的技术交流，取得了前所未有的进展。通产省呼吁日美欧各先进国家要在1981年度开始的“第五代电子计算机”的开发中进行技术交流。作为第一次活动，日美欧五个国家于1981年10月在东京举行技术讨论会。在实际的开发体制中，采取“不阻止外资厂家参加的方针”。“竞争与协调的时代”似乎真要开始了。在下一代的技术开发中，超越国家范围的战略已经开始了。

特别是对没有资源的我国来说，超越国界的技术战略的重要性正在增加。比如，不管怎样开发超导电技术，这一技术不能缺少冷却材料液体氮，而这种材料不得不全部从美国进口。氮是从得克萨斯等地油田随油喷出的气体和天然气中提取出来的。而且，氮在美国还有大量储备。

在美国，根据重要战略物资储备法，联邦危机管理局将储备价值达五十亿美元的各种各样的材料。根据联邦危机管理局的指令，总务管理局已经开始储备一亿美元的原材料，其中就包括电子材料不可缺少的许多原材料。在我国，特殊金属储备协会等组织也已经开始工作，但是，东芝公司董事、材料部长安藤显一郎说，“考虑到包括经济在内的综合安全保障，日本的储备几乎等于零”。

由此看来，材料开发也包含着离开资源问题便无从谈起的一面，与此同时，作为关于资源的谈判力量，尖端技术是很起作用的。对于日美半导体产业进行了调查的斯坦福大学工学院教授J·林比尔分析说：

“日美两国如果不同时繁荣，将出现不幸事态。因为，技术的创造不是单行线，应该进行对流。三极管和集成电路的基础都是美国打下的。但是，日本后来拥有的竞争力实在是太强了。这是使美国感到焦急的原因之一。”

东京大学教授菅野卓雄对于日本的未来是乐观的。他说：“战后不久，美国在开发三极管和集成电路时，日本尚处于饥一顿饱一顿的状态，根本谈不上这方面的开发。但是，现在不同了。在最近召开的有关

半导体的国际会议上，日本发表的论文最多，这也不是什么稀奇之事。应该坦率地承认美国早期的功绩。但是，日本今后的技术开发将大踏步地前进。”在创造性的技术开发中成为世界新材料革命的原动力，将是没有资源的日本应走的道路。

结 束 语

因发明隧道二极管荣获1973年诺贝尔物理学奖的江崎玲于奈（国际商用机器公司主任研究员），最近在努力研究“超晶格”元件。超晶格元件作为一种崭新的半导体元件而引人注目。通产省也决定从1981年度开始研究开发。超晶格这种新的半导体材料，是江崎博士等人在位于纽约州约克郡的国际商用机器公司中央研究所里研究出来的。因此，我们请江崎先生谈一谈关于研究超晶格材料的过程和研究新材料的体会。

问：我们听说博士从十年前就开始研究“超晶格”这种新材料了。

答：在世界上，除了有机物，还有大约五十万种物质。其中，进行加工，有效地加以利用的顶多有一万种。超晶格这种新物质不在此列。也就是说，它是第五十万种再加一种的物质。

问：研究超晶格的起因是什么？

答：原来并没有想用这种材料做半导体元件，它是材料科学的研究领域之一，是一个科学定向的研究项目。

问：最初是从砷化镓和砷化铝这两种材料制造超晶格的吧？

答：是的。让晶格常数（表示形成晶体时原子排列的性质的常数）相等的两种半导体相互交错生长十多层，就成为超晶格。一层的厚度最多不超过十至一百埃（一埃等于一亿分之一厘米）。这种材料的性质和原来的半导体不一样。

问：例如它有负电阻（普通的物质通上电流，电压越高，电流强度也就越大，负电阻就是电压越高电流强度越小的性质），是吗？

答：是这样。这种材料有许多有趣的性质。例如砷化镓这种半导体，电子作立体性运动。而在超晶格材料中，电子的运动是二维的、非对称的。超晶格的结构是能源的“障碍”，是等间隔的、连续不断排列的，因此，电子的振动也是二维的。

问：那么说，隧道二极管的发明也就是向半导体中掺入许多杂质，产生了“障碍”的问题了。江崎先生现在具体地在研究什么材料？

答：在进行一贯的研究。目前在用砷化镓、镓锑研究超晶格的性

质。我所搞的是一种萌芽性的研究。我认为，根据新的想法发掘“种子”，是一项重要的工作。种子有什么用途，这是第二步的问题。隧道二极管并不是根据索尼公司（当时的工作单位）的需要（要求）研制出来的。

问：日本在这些基础研究方面是薄弱的。

答：美国的特征是工程技术的基础——“技术的科学”或者说它的外围即“科学的技术”的力量非常雄厚。超晶格的研究就是典型的工程技术方面的基础研究。

问：就是说种子比需求更为重要。

答：贝尔研究所在发明晶体管的时候，如果只重视需求，那就会把改良真空管作为研究课题。在晶体管生产成品率低的时候，如果只注意需求，那就会把力量用在提高成品合格率方面，就不会考虑到集成电路。特别是在材料研究上，不能完全为需求所支配。

问：在技术进步的历史上，技术飞跃期会有连续不断的种种发明和发现。

答：飞跃是在科学和技术相结合的情况下出现的。日本人对这种发展作出的贡献是不多的。如果以发明、发现的数量作纵坐标，以创造性作横坐标，划一个坐标图，那么欧美国家的发明、发现由模仿性强的改良技术向创造性的技术方向扩大，发展中国家有国际性的发明、发现的数量却很少，主要是以改良技术为主。日本的发明、发现数量虽多，但绝大多数是改良技术。从这个坐标图来看，日本可以说是“超大型发展中国家”形态。

问：日本善于找到给自己提出的问题的答案。

答：例如质量管理，就不需要很大的创造性。每个从业员的好主意是重要的。

问：在研究开发上，最重要、最基本的东西是什么？

答：日本的研究人员知识丰富，理解能力也很强，与美国相比，缺少的是评价研究的重要性和意义的能力，缺乏辨别真假的能力，因此，无法打进新的领域，埋头研究开发。

问：不只是研究人员个人的责任，周围的环境是否也是原因之一？

答：在日本，没有一个评价和鼓励独创性的研究的体系，特别是在工程技术领域。我认为，要激励日本的年轻一代，创造一个让他们更能

发挥自己的活动能力的环境和组织。因此，我曾向铃木首相提出建议，为了日本的综合安全保障，要设立“工学学士院”，以推进创造性的科学技术的研究开发。日本学术会议把重点放在自然科学领域，我希望它建立工程技术的基础领域的机构。在美国，有国家工程科学院，在医学领域也有类似的机构。

江崎博士指出，日本在满足需要（企业化的要求）方面行动是迅速的，但是不善于研究技术种子（应用技术的核心）。这也成为日美摩擦的间接因素。在成功的研究开发背后，常常存在着许多徒劳无益的失败。不过还有问题的另一方面，这就是日本不承担在发明、发现问题之前的风险，却轻而易举地把欧美国家产生的独创性研究开发成果发展到商业化阶段。而且，在“制造产品”的阶段，依靠劳动生产率高的日本式体系能生产出比欧美企业远有竞争力的产品。因此，欧美国家产生了一种无可名状的焦躁与不安情绪。从经济的和安全保障的观点来看，日本越来越有必要产生许多欧美国家所需要的那种有创造性的技术开发成果。以上就是在这个领域里取得了先驱性的成果的江崎先生的主张。

对江崎先生创造的超晶格材料，日本的通产省也开始应用开发。我们让江崎先生看了通产省的小册子，其中说，可以设想超晶格元件有种种应用领域。江崎先生吃惊地说：

“什么，会有这样多的用途！？”

创造需求的人与探求种子的人之间似乎还有相当大的距离。

（《新材料革命》完）

日本研制新材料的企业得到大发展

(原载日本《东洋经济》周刊1985年1月12日)

张 红 耿广银 俞宜国 合译

【内容提要：在电子、新材料和生物工程今后将大发展的三大产业中，新材料对企业来说最有发展的现实意义。日本一些企业依靠研制出新材料而取得显著发展，大幅度提高了收益。这些新材料，包括精密陶瓷、金属钛、硅片、激光玻璃和生物玻璃、超硬质点针、单晶体、防火纤维“卡伊诺尔”、须触线、硼铁合金、高纯度金属铬、碳素纤维、极细线等。1985年是日本研制新材料的黄金时代。**】**

在1985年的企业社会中，引人注目的，恐怕是自去年以来依靠改变企业经营方式而获得迅速发展的企业。可以说，这些企业基本上都是与今后三大发展产业即电子、新材料和生物工程有关的企业。

不过，企业实现电子化，这已经是很自然的事情，在当今的社会里，电子化只不过是企业发展的一个前提。生物工程方面的情况是，一些企业刚刚问世，要改变企业的现实尚需时间。

不过，新材料如今已变成现实的东西。陆续有些企业依靠研制出新材料取得显著增长，大幅度提高了收益。1985年是新材料的黄金时代，特别是一些骨干企业将受到重视。这里要举出的是一些典型企业。

日本特殊陶业公司——企业经营

迅速改变到以精密陶瓷为中心

日本特殊陶业公司1984年度下半年销售额为八百一十亿日元，经常收支剧增到一百五十亿。原因是该公司的传统产品超级火花塞稳定增长，精密陶瓷部门迅速发展。

该公司早在1936年作为超级火花塞专门厂家，从日本电瓷公司独立出来。1947年，利用铝的高绝缘性、高强度性和机械特性，开始生产微波使用的陶瓷制电子管用外围器。在生产外围器过程中学到的铝与金属的接合技术，被转移用来生产集成电路组件，而集成电路组件是日本特殊陶业公司今天事业发展的主要产品。

精密陶瓷应用到电子领域，除集成电路组件外，还有利用钛系和氧化锆系的电子传导性和离子传导性的氧传感器等。

另外，该公司还利用铝所具有的耐热性、硬度和耐磨损性等机械特性，研制了切削工具。在这些切削工具中，主要核心是依靠与金属材料复合的碳化钛系和氮化钛系工具。

现在，该公司和文部省高能物理学研究所共同研制了可以在超高温和真空中使用的电波吸收精密陶瓷。此外，还研制了通产省工业技术院月光计划中的项目——蓄电池用和传感器用精密陶瓷，参加了精密陶瓷技术研究组合。

从此，精密陶瓷部门迅速发展，1984年下半年该部门的销售额第一次占总销售额的一半多。其中起带动作用的，是集成电路组件。

集成电路组件的销售额，本年度增长百分之六十，达到二百九十四亿日元。其原因是世界民用电子机械生产形势大好。该公司将相当数量的集成电路组件提供给美国硅谷的集成电路厂家。该公司现在只接受国内外定货的百分之六十，十分繁忙。

随着该公司影响不断扩大，加上能够有选择地接受定货，以及原材料价格稳定，这一切使得收入大幅度增加了。

以前，该公司的收入大部分依靠超级火花塞。但是最近，陶瓷部门的收入和贡献，同超级火花塞相比，决不逊色。现在，该公司的重点目标是，提高产品的质量，增加集成电路组件的利润。

大阪钛制造公司——以干胶片迅速发展 形成住友金属系列新材料的核心

住友金属系列的大阪钛制造公司，是世界第一流的金属钛精炼厂家（年生产能力为一万五千六百吨），同时，在制造大规模集成电路板使用的硅片生产方面，在国内居第二位。

钛和干胶片作为新材料可望增长。大阪钛制造公司在住友金属系列的开发研制新材料的工作中，成为核心公司。

大阪钛制造公司在1952年开始精炼金属钛。金属钛，主要用于生产飞机，需求变动的幅度很大，经历了漫长的艰辛道路才发展起来。

从1980年到1981年，由于美国扩大飞机生产和苏联停止向自由世界提供金属钛，使金属钛价格暴涨。1981年上半年，该公司经常收支创历史最高纪录，为一百亿日元。后来，由于美国减少飞机的生产，该公司把金属钛部门开工率降到百分之三十，因此，从1982年到83年，该公司金属钛部门出现赤字。

不过，从1984年起，美国实行国家储备金属钛，住友金属集团就扩大了压轧工程，金属钛产量逐步提高，现在恢复到50%的开工率，若干部门出现盈余。

该公司从1962年起生产硅片，采用了从多晶硅到单晶硅以及硅片的连续化生产体制。

随着集成电路和大规模集成电路的增产，硅片的批发量也急剧扩大。1982年度硅片的销售额是一百五十三亿日元，而1983年度达二百三十三亿日元，估计1984年度将增加到三百八十亿日元。

1984年度的金属钛的销售额，估计为一百四十亿日元，所以，硅将完全成为主力。

大阪钛制造公司1984年度的估计经常收入为三十二亿日元，据认为多半来自硅片。

HOYA 公司——以光学玻璃技术为核心向光电子领域渗人

HOYA 公司现正制定八十年代企业经营指导方针的“长期设想”。它打算用1985年一年的时间，制定从1986年到1990年的五年经营计划，加强现有部门，扶植新型事业。其核心是以集成电路光掩膜为中心的电子事业和光电子。计划以这两个部门为轴心，到二十一世纪，把现在的销售额七百八十四亿日元扩大二至三倍。

简单地说，HOYA 公司的历史是，追求玻璃这种材料本身所具有的性质，以及研制与玻璃有关的产品。从1941年作为东洋光学玻璃制造所制造光学玻璃以来，它以光学技术为基础，向水晶和眼镜新领域发展。

1960年开始向电子事业渗入。研制了耐碱和膨胀系数低的玻璃，同时，着眼于制造集成电路不可缺少的冷石板。并且，先后发明了玻璃的精密研磨技术、在表面制造铬薄膜的表面处理技术以及保护膜技术，最后向集成电路光掩膜领域发展，即追求玻璃所具有的可能性。这就是HOYA公司的战略。加工厂只要掌握材料本身的技术，即使市场很小，与同行业的其他公司相比，也能够处于优势。不是向完全未知的领域，而是向能够利用自己的技术的事业发展。

这种想法，在争取成为将来主要收入的光电子方面，也没有变化。HOYA公司打算利用本身所具有的光学透镜技术和电子技术，研制激光玻璃，以及与人的骨头具有相同成分的生物玻璃。

激光玻璃是加入铍的特殊玻璃，和过去的固体激光与气体激光相比，具有功率高的特性，可望使用于核聚变和加工机等产业用机器及光通信部器件上。生物玻璃同陶瓷相比，更具有良好的生物体亲和性。HOYA公司准备利用生物玻璃这一良好特性，向人工齿根发展。现在已经达到临床实验阶段，剩下的课题是如何提高强度。

估计光电子领域要达到商业阶段，至少要在九十年代以后。为此，HOYA公司计划今后五年把重点放在电子事业上，下一个五年放在光电子上。

东京钨公司——依靠超硬质点针和单晶制造法维持增长

东京钨公司是冶炼和加工钨、钼的大型厂家。近年来，随着办公室自动化的兴起，作为信息和电子方面的厂家引起了人们的注目，同时，大幅度提高了收入。

该公司最近个人电子计算机和点式打印机使用的超硬质点针的产量，有了大幅度增长。作为点式打印机用的印字针，过去主要是使用特殊钢针和纯钨针，但是，如果用来高速描绘汉字和图形，耐磨性就很差，所以，最近有越来越多的打印机厂家采用寿命长的超硬合金针。

东京钨公司着手研制超硬质点针是在1975年，正式开始批量生产则是在1979年。据认为，该公司超硬质点针的销售额占总销售额的70—80%。按二十厘米的材料棒换算，现在的月生产能力是六十万条。1984年夏天，它的富山工厂进行了扩建，估计最终月生产能力将提高到一百

万条。1984年度的销售额，也将从1983年度的八点八亿日元，提高到十五亿日元。

如果说点式打印机和电子有关部器件是现在增加收益的火车头，那么，将来可望起火车头作用的，是该公司和科学技术厅联合研制的钼的单晶制造法。

钼的熔点高达2,600摄氏度，被用来作为耐热材料，但是，过去的多晶材料由于晶界而产生裂缝和脱落。要消除晶界，只能是采用单晶法，但是，过去的单晶制造法，难以制成大型晶体，在尺寸和形状方面受到很大限制。

该公司联合研制的制造法，被称为二次再结晶法，是在钼的粉末里加上钙和镁的混合粉，分两段加热，得到单晶体。可以期待，这种单晶体在新的领域会有广泛的用途，将代替已有的多晶体，如x射线对阴极、激光镜、核聚变反应堆用的覆盖层和陶瓷电路板的烧结用敷板等。

群荣化学工业公司——大幅度扩大防火纤维卡伊诺尔的生产

群荣化学工业公司，在工业用酚醛树脂生产方面，仅次于联合碳化物公司，是居世界第二位的树脂厂家，它兼营淀粉糖。同酚醛树脂和淀粉糖一样，将来有希望成为经营第三个主要产品的，是防火纤维“卡伊诺尔”。

卡伊诺尔，是将苯酚甲醛纤维熔化后纺成的有三层结构的有机纤维，它的分子结构和过去的防火纤维完全不相同。

它的特点是具有多种特性，不仅具有防火性，而且具有耐化学药品性、耐极低温性、保温性和吸音性。过去的防火纤维，只是冒出火焰而难燃烧，却有熔化、冒烟、收缩等缺点。但是，卡伊诺尔因为它的分子结构特殊，即使遇上火焰也只会碳化，而不冒烟，不熔化，不收缩，遇到高热也不发光。而且，据说火焰消失后，象原来一样结实，保持柔软性，能够重新使用。

三菱化成公司和钟纺公司等曾引进基本专利，打算搞成工业生产，但是失败了。只有群荣化学公司1981年年底在世界上第一次成功地进行工业生产。

不过，1982年和1983年的销售量，估计每年一百吨，换算成金额，不

到二亿日元。其主要用途是，制作安全保护工具和工作服。在国内限于用作核反应堆的电线包膜、汽车的高合器摩擦衬片，国外则用来制作军用手套和救生器等。现在，美国空军正在研究用它来作为防化武器用军服的材料。另外，为了把它的用途扩大到电子领域，这家公司以使用该公司的卡伊诺尔原料作为条件，给了松下电气产业公司专利实施权。其成果是，被用来作为松下电气产业公司的特殊电池和松下电池公司的碳锂电池的材料。

卡伊诺尔的产量，现在是月产十五吨，远远满足不了需要，因此，该公司投资十亿日元，争取在今年内把生产能力扩大到月产六十吨。并且，计划从1985年起，五年投资二百亿日元，把卡伊诺尔的生产能力扩大到月产三百吨。

另外，该公司正在和一些建筑公司联合研制酚醛树脂的半导体有关树脂，研制和卡伊诺尔一样引人注目的新材料硬质纤维板和轻量混凝土用特殊树脂。此外，为了谋求糖化产品的附加价值，还和制药厂家在联合研制家畜用营养剂。

该公司计划，在这些新产品作出贡献的1988年上半年，销售额要达到三百五十亿日元，经常收入为五十亿日元。估计卡伊诺尔等新产品要占总销售额的大约60%。

东海碳公司——第三主力产品须触线将开花

东海碳公司和日本碳公司一样，都是生产电极的老厂。电极以及第二大产品碳黑的销售额，占公司总销售额的90%以上。但是，不管是电极，还是碳黑，其需求对象——钢铁业和轮胎业已经成熟，没有希望再能象以前那样增长，为此，碳化硅须触线迅速被培育成第三大产品。

须触线是将硅和碳的化合物用高温烧结，使硅近100%变成晶体。须触线同碳纤维一样，具有强度高、弹性大、耐热性好等特性，所以，从开始研制时，人们就希望能够作为铝、镁等金属、陶瓷和塑料的强化材料，用来制造汽车和飞机的部器件。

1983年3月，该公司找到了把须触线加压，在形状固定的状态下浸渍铝熔融体的方法。后来经实验证明，用这种方法制造的含15%须触线的铝复合体，和普通的铝合金相比，抗张力和拉伸的弹性分别提高50%，

热膨胀系数也能控制35%。

东海碳公司的第三产品，现在以月产五百公斤的规模投入商业生产，据说1985年将初见成效。

日本电气工业公司——研制硼铁合金增加收益

日本电气工业公司以硼铁合金为主体的合金铁的销售额，占该公司总销售额的75%。但是，作为钢铁等金属生产添加剂使用的合金铁，由于钢铁生产已达到饱和，估计不会有大的增长。而且，因为该公司生产的都是消费产品，所以同国外同行业产品相比，成本竞争能力差。要增加收入，就必须降低对合金铁的依赖性。

值得庆幸的是，该公司在生产合金铁过程中积累了一套生产技术，现在正利用这项技术向新的领域发展。其中的一个项目是属于同一合金铁的硼铁合金。过去，硼铁合金是用铝作为还原剂使用的铝热法制造的，是作为高张力钢的添加剂出售的。后来，改用电炉生产，节约了大约30%的成本，提高了质量，并设法扩大用途，作为非晶质合金用材料。

非晶质合金是以铁、钴、镍等铁族迁移金属为主要成分，含有15—30%的硼、碳和硅等。其中，使用硼的非晶质合金有希望用在控制用变压器卷铁心和磁头上。该公司在北陆工厂内建设年生产能力为一千五百吨的电炉，估计第一年度收入五亿日元，几年后将收入十亿到十五亿日元。

另外，该公司正在扩大高纯度金属铬的产量。据认为，要得到高纯度金属铬，电解法是最合适的。但是，日本电工公司利用热铝法达到了同电解法相比毫不逊色的纯度。和电解法相比，节约了20%的成本。估计高纯度金属铬作为非磁性钢和超合金等新金属材料的原料，需求会急剧增加。

并且，估计高纯度氯化硅作为新陶瓷用的原料，需求将增大。此外，该公司也正在研制可以作为非磁性电子材料的超微粒子氧化铬等。

东邦人造丝公司——扩大碳纤维生产设备

谋求成为世界第一大厂商

东邦人造丝公司，由于生产聚丙烯腈系碳纤维，而成为继东螺工业公司之后的世界第二大厂家，该公司生产丙烯纤维起步较晚，规模也不大，但是，它在生产碳纤维上发挥了技术优势。

现在，它的子公司东邦贝丝纶公司负责生产，而东邦人造丝公司则负责技术开发和销售。

该公司最近提出了扩大碳纤维生产设备的计划，根据这一计划，准备通过扩大设备，到1985年4月，使东邦贝丝纶公司三岛工厂的八十五吨月产量扩大到一百十五吨。目前，东螺工业公司拥有月产一百零五吨的设备，而东邦人造丝公司，由于这次扩大生产设备，从而将超过东螺工业公司，成为世界最大的碳纤维厂家。

该公司研制了两种高强度、中弹性系数的碳纤维（“IM—500”、“IM—400”），这次计划扩大的，就是专门生产这两种碳纤维的设备。

高强度、中弹性系数碳纤维的用途，可望扩大到航空、宇宙领域以及体育和娱乐等事业上。该公司在扩大设备的同时，还将同美国人造纤维公司、西德的安卡公司进行合作，共同开发碳纤维，并且定期进行技术交流。

第一电工公司——在生产极细线方面占压倒优势

最大的线圈厂家第一电工公司，在电线业界生产普遍下降的情况下，发挥其压倒优势，一直保持高速增长的势头。

该公司的产品，70%以上是烤漆线——磁线，其次是氯乙烯绝缘线（电子金属线）、螺铜线。此外，作为加工品，还有继电器、步进电动机等电子元器件。

该公司的优势在于技术力量雄厚。在通常情况下，五十到六十微米的极细电线，80%都是由该公司供应。而十到十八微米的超级细线，该公司几乎提供100%。

第一电工公司在电线业界之所以取得稳定的收益，乃是因为拥有强大的技术力量。目前市场上急需的，是同电子制品小型化和高精密化相适应的五十微米以下的极细线。此外，磁线等也是供不应求，这方面的生产正处于超繁忙状态。为此，该公司的田口工厂计划，到1985年12月，使月产细线五十吨的能力增加一倍。此外，还计划使新建的信乐工厂（建于1984年8月，月产量为五百吨）的生产能力，到1985年8月再增加一倍。为此，1984年度的设备投资额再次增加，达到九十五亿日元，比上年度的四十二亿日元增加了一倍。从企业规模来看，可以说该公司的投资额是异常惊人的，它的人均资本装备率在电线业界也是最高的。但是，该公司的销售额和对总资产的投资额却有所减少，表明该公司在积极增加设备投资的同时，又保持慎重态度，因而受到好评。

新材料,新挑战——主要新材料的动向

(摘自《日经产业新闻》1985年1月4日)

赵 毅 译

【原编者注：电子、信息、航空和航天产业是高级尖端技术时代的主要产业。对支撑这些产业的新材料的需求飞跃增长。而金属、化学、纤维等基础材料产业，也在适应这种需求而积极开发新材料并使之企业化，以便重新得势。各家公司都在设法名副其实地从材料产业转变为新材料产业。本文就各公司的企业战略和新材料的动向作了探讨。】

精密陶瓷业进入批量生产竞争时代

精密陶瓷业从“开发竞争时代”进入“批量生产竞争时代”——1975年到1985年这十年从事精密陶瓷开发的许许多多厂家，在1985年到1995年这十年中，不管怎样也都将尝到现实的优胜劣败的滋味。

对于全力扩大精密化学产品生产的化学公司来说，精密陶瓷是再好不过的目标。

三井东压化学公司已决定批量生产高纯度碳化硅、高纯度氧化铝等三种精密陶瓷。这家公司靠独自的技术研究出以固相反应合成 β 型碳化硅粉的二级合成法。它和岐阜县陶瓷器试验厂联合开发了能使用浇铸成形法的有机胶合剂。

中央玻璃公司也开始发展精密陶瓷生产，1984年底，在三重县松阪工厂研制成功高速印刷机用的上釉氧化铝底板批量生产成套设备。这家公司最近几年发明了碳化硅粉、羟磷灰石、高纯度钛酸盐等多种精密陶瓷，1985年开始正式批量生产。

德山苏打公司，为了使它研制的透光性精密陶瓷企业化，也于1984年4月在德山工厂建成了中试设备。

今后，在精密陶瓷方面领先的昭和电工公司、东芝陶瓷公司、旭玻璃公司等各家公司批量生产的竞争战也是值得一观的。

旭玻璃公司精密陶瓷部门的销售额在1984年达二十亿日元。1985年春开始进行硼化锆系列精密陶瓷的批量生产。它的电导率和铁一样，而且有着不为熔化的金属所浸蚀的特性，因此销路很广。该公司预定在兵库县高砂工厂建成年产十吨的生产能力，1985年用于耐高温耐腐蚀的材料和产业用机器零件等方面可达二亿日元。这家工厂的目标是到1990年使销售额达五十亿日元。

各水泥公司也开始正式兴办精密陶瓷事业。这方面有代表性的厂家就是三菱矿业水泥公司。1983年建成的埼玉县精密陶瓷工厂的生产体制加强了。它将以层状精密陶瓷电容器为中心，扩大温度传感器元件热敏电阻和吸收异常电压的元件电涌吸收器的生产。1984年该公司精密陶瓷部门的销售额估计可达二十五亿日元（1983年度约十三亿日元）。在四、五年内，销售额将增加到三百亿日元。

各公司对工程陶瓷、生物陶瓷等的应用研究，也将适应用户的需求而正式开始。

碳纤维在高级化和加工上分胜负

美国、日本、欧洲在增添生产碳纤维新设备方面的工作都已结束。因此围绕碳纤维的竞争似乎将进一步激化。决定胜负的将是产品的高级化和加工部门的扩充。

1984年，飞机和文娱、体育用碳纤维需求迅速回升。据东洋人造丝公司推算，1984年世界碳纤维市场规模比上一年度增大18%，达二千一百四十吨。但很多人认为，实际上比前一年增长了20—30%。

在对碳纤维需求回升的背景下，世界各地纷纷增添聚丙烯腈系碳纤维生产设备。

在日本，东邦人造丝公司今年四月起增添了年产一千零二十吨到一千三百八十吨的新设备；旭日本碳纤维公司增添年产一百八十吨到三百吨新设备的工作将在今年秋季结束。

在欧洲，东洋人造丝公司系统的法国索菲卡尔新工厂（年产三百吨）于今年春天竣工；东邦人造丝公司系统的西德恩卡新工厂（年产三百五

十吨)今年底竣工。

在美国,赫尔克里士公司年产五百九十吨到九百吨的新设备已于1984年底建成,从今年初开始增产;美国海索格拉菲尔新工厂(年产一百五十吨)1984年底竣工,今年初开始运转。

在台湾,台湾塑料公司年产一百吨的新工厂将于今年夏天竣工。

总起来看,仅仅这几家,就有年产一千六百九十吨的新设备竣工并开始运转。据东洋人造丝公司推算,今年一年世界需求量将达二千五百四十吨,估计比去年增长20%左右。尽管如此,新设备的增长显然超过了需求的增长。

因此,在日本、美国、欧洲、台湾这样一些主要战场上的激烈竞争似将难以避免。决定胜负的关键似乎在于如何制造价钱便宜的、发挥碳纤维“轻而坚固”这一特色的产品。网球拍和高尔夫球用的需求在一定程度上已达饱和点。因此,制造用于飞机材料和各种产业用材的高级碳纤维,扩大销路,已成为最重要的课题。东洋人造丝公司、东邦人造丝公司、赫尔克里士公司今年开始对上述产品实行批量生产,走在其他公司的前头。

另一个关键是扩充加工部门。即使造出硬而坚,也耐冲击的碳纤维丝来,但如果加工时浸透丝的树脂性能不好,那也是难以成为复合材料的。为消除这个缺陷,将继续努力提高环氧树脂的耐热性,使之耐过200摄氏度以上的温度,或提高超耐热性聚亚胺树脂的成形加工性能。

被认为是聚丙烯腈系碳纤维之劲敌的沥青碳纤维,今年企业化的倾向也将日趋明显。现在,三菱化成工业公司已经提出1986年秋开始批量生产的方针,并表明“在开发阶段就取得了高性能”。但三菱化成工业公司的行动,很可能成为刺激因素,而使炼油、钢铁、煤气等企业参加竞争的时期早日到来。

工程塑料:日美市场几乎一样,同新参加者展开争夺战

工程塑料(高性能树脂)和通用塑料相比,耐高温,耐磨损,耐药品腐蚀,而且容易加工。正是因为它有这样一些特性,所以,在电子计算机、办公室自动化机器等各种各样的领域对它的需求在不断增长。

工程塑料的定义,在产业界还没有确定下来,但是已经明确的有所

谓五大工程塑料，即：聚醛树脂（POM）、尼龙66、聚碳酸脂（PC）、变性聚氧化丙烯（PPO）、聚乙二醇二对苯二甲酸脂（PBT）。具有比这些塑料耐热性等更高优异特征的，被称为高性能塑料。计有聚酰胺（PI）、聚醚对酮醚（PEEK）等。

日本工程塑料的总市场，包括出口在内，1983年约达二十八万六千吨，产值为二千二百亿日元。1984年可能生产了三十多万吨。美国的工程塑料消费量，1983年为三十四、五万吨，所以我国的工程塑料市场也增长到大体上和美国一样了。

1984年，这个增长领域纷纷增添新设备，石油化学厂家也纷纷参加进来。在增添新设备方面尤为引人注目的是：出光石油化学公司（聚碳酸脂）、东洋人造丝公司、旭化成工业公司（上述两家均为尼龙66）、三菱瓦斯化学公司（聚醛树脂）、聚乙烯塑料公司（聚醛树脂、聚乙二醇二对苯二甲酸脂）等。

今年成为人们话题的是外资厂家在日本兴办企业。活动特别积极的是杜邦日本公司。尼龙66、聚醛树脂、强化聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）等的年销售额可能达六十亿日元。它通过新设宇都宫工厂、从合成树脂事业部分出独立的塑料部门的事业部、和东洋人造丝公司与三井石油化学公司合办企业等，不断巩固阵地。从杜邦总公司重视日本的政策来看，今年也将采取积极的攻势。

英国的帝国化学工业公司的子公司——ICI日本公司，正在拼命扩大仅次于聚醚磺（PES）、聚亚胺的超工程塑料聚醚对酮醚的市场。现在，正通过三井东压化学公司、住友化学工业公司的销售网开拓需求市场。因为这种塑料有优异的耐热性、透明性、难燃性，销售额将稳步增长。

英国GE（通用电气）公司，通过和长濑产业公司合并而成的EPL公司销售聚碳酸脂和聚乙二醇二对苯二甲酸酯，在这一领域的产业界领先一步。GE公司进而和三井东压化学公司、三井石油化学公司合办，成立基姆普利玛公司，对日本积极发动攻势。

合金：接近实用阶段的“贮氢合金”

由于改变元素组合而带上磁性或者吸附氢气等具有各种性质的合

金,是新金属材料研究的宝库。超电导合金等最尖端技术研究工作覆盖着厚厚的秘密面纱,但是,世界的金属材料厂家和研究所为获得以航空航天和电子、新能源为中心而日趋扩大的需求市场,都开始研制具有高功能的合金。

因电子产业迅速增长而需求急剧增加的是磁性材料。只以永久磁铁硬纯粒铁而言,其需求在1983年和1984年两年期间均增长20%,年销售额增长五百多亿日元。磁性材料几乎都是合金。铝镍钴磁合金,过去甚至被当作永久磁性材料的代名词,它是由铝镍钴组合而成的合金。

即使功能相同的合金,为了降低价格,加强其功能,提高生产效率,其组合成分也在不断变化。据新日铁公司介绍,“由于铝镍钴磁合金难以加工,所以用能够压延的铁铬钴合金代替。”

在精密电动机等使用的高级磁性材料领域,过去主要用钐钴合金,但1983年秋,住友特殊金属公司出售了铁钆合金,引起注意。因为这种合金摆脱了美国的战略物资——昂贵的钆,而且获得了比历来的高级磁铁性能还高的能量乘积。

在高温下熔化的合金经急剧冷却而形成的非晶态合金,也引起全世界的关注。因为可以发挥其以普通金属不可能得到的优异磁性,今后将在广泛的领域应用,如电力用变压器的铁芯材料和磁传感器等。在全世界拥有专利的美国大化学公司——美国联合公司,已在新泽西州建成批量生产工厂,企图在这一合金领域称霸世界。

日本工学院大学副教授须田精二郎说,贮氢合金“今后将开始工业化”。贮氢合金的性质是,冷却或加压,则吸附氢,反之,加热或减压,则释放出氢。因此正在研究把它应用于回收工厂废热或家庭冷暖设备。瑞典斯塔德比克国立研究所为了实际应用地区冷暖系统,1984年秋,和工学院大学签订合同,开始共同研究。

和贮氢合金一样,很可能在能源领域引起革命的是,实现电阻为零状态的超电导合金。据说,迄今已对铌钛合金、铌锡合金等一千多种超电导体进行研究。在常温下发生超电导现象的合金还没有研制成功,如果这种试验研究获得成功,那就会立即应用于磁悬浮列车、核聚变、电磁流体发电等方面。

激烈的竞争时代揭开序幕——向国际市场发展的战略迅速展开 外资系统加强对日攻势

各个新材料厂家1985年最重要的话题似乎将是“迅速展开向国际市场发出的战略”。各家公司一齐出动，争取和以航空航天产业等巨大技术的圣地美国为中心的海外企业合作，确保海外生产据点，好象支撑高级尖端技术时代的新材料不存国界。

住友电气工业公司正在美国北卡罗来纳州建设光纤电缆工厂。1985年底投入生产。据说，这家工厂还将增添开发研究光纤和砷化镓等新材料设备。日本钢管公司和美国的大航空航天机器厂家马丁·玛丽埃塔公司合作，在美国国内建立生产钛合金等新金属材料的据点。

在综合化学公司中，住友化学工业公司正在积极地向海外扩展。这家公司生产的氧化铝长纤维是一种划时代的新商品，这是要象生产纤维一样连续生产含氧化铝85%、含二氧化硅15%的多结晶精密陶瓷。因为这是一种高功能的产品，据认为美国航空航天产业是它的独占市场。在1985年内将实际建成和美国公司合作的供求体制。

宇部兴产公司研制的一种超过碳纤维的复合强化材料硅钛碳混合纤维，也企图打进美国市场，将采取类似的行动。

和海外厂家合作在国内生产的动向也是引人注目的。例如，东洋人造丝公司和杜邦公司从1985年春天开始，通过两家大公司的合营公司东洋人造丝杜邦公司（总公司设在东京）生产杜邦公司的聚亚胺胶卷。东洋人造丝公司还在杜邦公司独霸世界市场的商品聚酰胺纤维生产中进行合作。据说，三年内还将在国内进行生产。

东洋纺织公司引进荷兰DSM公司研制的、强度为碳纤维二倍的高强度聚乙烯纤维制造技术，预定于1985年下半年实现企业化。

以自己独特的技术开展力量打破海外厂家垄断的动向也活跃起来了。信越化学工业公司的氮化硼（PBN）制作炉，已经研制成功，似将打破美国联合碳化物公司的垄断。三井石油化学工业公司已经研究出足以对抗荷兰DSM公司技术的、制造高强度聚乙烯纤维的技术，开始用中试设备进行生产，并拿出样品。

三井东压化学公司已取得美国国家航空和航天局研制的聚亚胺树脂

胶合剂生产专利,它将发挥这一优势,从1986年初春开始以世界为对象进行正式生产。钟渊化学工业公司也将使用批量生产超耐热聚亚胺胶卷的技术推进企业化。

在国内各厂家以向国际市场发展为中心而展开研制新材料战略的过程中,把目标集中于日本市场的外资公司的攻势也将进一步加强。这样既可以日本市场为舞台觊觎东南亚,又可以根据需要增加接触新技术的机会。

美国莫顿·奇奥克尔公司的电子材料部门、子公司戴纳克姆公司,美国金钢砂公司与日立化成工业公司的合营公司日立金钢砂公司,已开始生产半导体用树脂和特殊碳化硅。此外,还有西德赫希斯特公司的日本法人赫希斯特日本公司,以及杜邦公司的日本法人杜邦日本公司,都在1985年内开始建立生产半导体用特殊树脂的据点。

1985年,将作为在技术开发、市场开拓两方面,围绕新材料展开激烈竞争的时代揭开序幕的一年,而留在人们的记忆中。这大概已是肯定无疑的了。

通产省推算:新材料产品市场

到二〇〇〇年将达四十二万亿日元

到2000年达五万四千亿日元——这是通产省产业结构研究会作出的关于新材料市场规模的推算。目前实用化的新材料市场规模虽小,但预料1985年到2000年将迅速增长。因为新材料比旧材料增殖价值高,所以运用新材料的产品市场,到2000年将一跃而扩大到四十二万亿日元。

新材料的市场规模,到1981年为止只有大约五千亿日元。实际应用的只限于集成电路板用精密陶瓷和用于汽车、电子设备零件的工程塑料(高性能树脂)等一部分。和现有钢铁、有色金属、化学、纤维等旧材料市场(已达六十七万亿日元以上)比较,还不到1%。

但是,在电子、新材料、生物技术这三大高级尖端技术中,估计新材料将仅次于电子材料而广开应用领域并迅速实现产业化。

据通产省推测,到2000年,市场规模将达到五万四千亿日元,其中二万八千亿日元将是新材料开辟的新市场,其余二万六千亿日元是旧材料的代替市场。按材料的种类来说,精密陶瓷为一万九千亿日元,工程

塑料等高功能高分子材料和非晶态合金等新金属材料均为一万五千亿日元，碳纤维等复合材料为四千亿日元。精密陶瓷和新金属的用途是作超大规模集成电路用的半导体单晶体和电路板。另一方面，高功能高分子和复合材料，是利用其重量轻、强度大的优点，用作轻量结构材料。

这种新材料开创的新市场，预料也将达到四万八千亿日元。而最大的则是使用新材料的产品市场，一跃而达四十二万亿日元。今后不同产业之间合作开辟产品市场的动向也将进一步活跃起来。

不同种类的新材料的市场规模

	1981年	2000年		合计
	新材料	新材料	有关的现有材料	
高功能性高分子材料	0.2	1.5	0.5	2.0
精密陶瓷	0.2	1.9	1.9	3.8
新金属材料	0.1	1.5	2.3	3.8
复合材料		0.4		0.4
合计	0.5	5.4	4.8	10.2

注：据通产省产业结构研究会调查，按1981年价格，单位为万亿日元。

因四舍五入，各项目之和与合计未必一致。

下一代产业基础技术的研究开发现状

(摘自日本《最新技术情报杂志》1985年8月号)

刘梅华译 张可喜校

【原编者注：二十一世纪要实现“技术立国”这一目标的日本，现在必须做好什么样的准备呢？通产省所推进的《下一代产业基础技术研究开发计划》是长达十年的长期计划，它从材料、生物技术和新性能元件等领域选择十二个题目，进行研究开发。现在已经过去了约三分之一的岁月，在各个领域都取得了成果。本文谨对计划的成果和课题作如下展望。**】**

为什么要进行“下一代产业基础技术研究开发”

进入八十年代以来，我国面对这样的课题：一面受能源制约，一面要保持我国的活力，并进一步提高国民生活的质量。

国家产业结构审议会在所谓的《八十年代的通商产业政策设想》(1980年3月)中指出：我国是个资源小国，要克服这种脆弱性，就必须实行“确立经济安全保障”和旨在实现“技术立国”的政策。

通往“技术立国”的道路——下一代产业基础技术

为了实现我国技术立国的目标，重要的是强有力地推进可望在九十年代取得惊人进展的航空和宇宙、信息处理和新能源开发、生物技术等基础技术，并提高我国的水平。而航空和宇宙、信息处理和新能源开发、生物技术等基础技术，是确立下一代产业和实现广阔范围的现有产业的高级化所不可缺少的。据说，在这一方面，我国比欧美发达国家落后五至十年。

作为旨在实现这一目标的措施，通产省从1981年度开始新设立“下

一代产业基础技术研究开发制度”，它以有计划的高效率的研究开发方式来积极发挥民间潜力。

因此，欧美国家对这一新制度予以强烈关注。

这一新制度以什么为目标？

“下一代产业基础技术研究开发制度”，作为九十年代可望发展的新产业不可缺少的基础技术，具有如下特点：

一、它是革新性很强的基础技术。它所产生的波及效果也很大，而且范围很广；

二、研究开发需要很长时间，即从八十年代初期到九十年代初期的约十年时间，研究开发资金也很多，然而研究开发取得成功的把握却不大，乃是所谓风险很大的技术；

三、由于美欧发达国家已开始对它积极进行研究开发，因而它也是我国必须迅速着手研究的技术。

作为重点研究上述三点之后的结论，在新材料、生物技术和新性能元件这三个领域，提出了如下十二个题目：

I、新材料：1、精密陶瓷；2、高效率高分子分离膜材料；3、导电性高分子材料；4、高结晶性高分子材料；5、高性能控制结晶合金；6、复合材料。

II、生物技术：1、生物反应器；2、细胞大量培养；3、重组脱氧核糖核酸利用技术（重组DNA）。

III、新性能元件：1、超晶格元件；2、三维电路元件；3、耐环境强化元件。

用什么样的战略和技术来推进这一新制度？

作为推进这一新制度的战略来说，要通过产业界、国家（国立试验研究机构）和学术界这三者的合作来进行研究开发。也就是说，为了充分利用产业界的潜力，在委托民间企业进行研究开发的同时，国立试验研究机构也要有效地运用其实际成绩来进行研究开发。如有必要，大学方面也予以合作。

根据这一战略，为了有效地进行研究开发，采用了如下的战术：原则上对同一题目采用实施多种研究方法的并行方式；把约十年的整个计

划分为三个阶段，在各个阶段设立一定的目标；由专家组成的评价委员会在各阶段对各种方式的研究开发状况和成果进行评价。

扎扎实实地推进的十二个开发课题

I—1、精密陶瓷

这个题目的研究开发由精密陶瓷技术研究组合负责。

目的：对于可望作为结构材料的氮化硅、碳化硅及其他材料，规定其作为高强度材料、高耐腐蚀性材料和高精密耐磨材料的开发目标和性能，研究开发其实用化的基础技术。

第一期的主要研究成果（见第一表）。

第二期以后的研究开发方向：关于结构材料用精密陶瓷，最重要的技术课题是提高产品的可靠性。关于进入第二期后的样品制作，随着形状的复杂化，其体积相当于第一期试片的数百倍到一千倍。要提高可靠性，必须作出特殊的努力。因此，要在密切合作的基础上发展制造、评价和设计等三项技术。关于样品，要证实它的整体性。

I—2、高效率高分子分离膜材料

目的：谋求化学工业等的分离工艺的高效率化和节能化。而且，要开发在过去难以进行膜分离的领域也能使用的革新性高效率分离膜材料的基础技术。

第一期的主要成果：作为第一期的研究开发计划而强调的是“解明膜分离控制因子”（见第二表）。

第二期以后的研究开发方向：不言而喻，根据研究开发过程中得到的信息加以修改是最合适的。当第一期结束时计划在第二期开发新材料和加工技术等，在第三期实现膜材料和加工技术的高级化并作出最终评价。

I—3、导电性高分子材料

目的：研究开发导电率同金属一样高（在室温条件下是 10^5s/cm ）、稳定而加工容易的电气材料，和具有金属所没有的新性能的导电材料。

第一期的主要成果：在第一期探索了广泛的材料，研究了聚合法和掺杂（通过使其含有杂质来提高导电性）的方法，研制出达到光点值和目标值的材料（见第三表）。

第二期研究开发的方向：在第二期，要以在第一期得到的良好结果的材料为主，解明导电机制和掺杂机制，进一步加强高导电性。另外，还强调要解明导电性高分子的劣化机制，谋求提高其在空气中的稳定性，同时实现成形和加工技术的高级化。

I—4、高结晶性高分子材料

目的：开发既具有易于加工并耐腐蚀的高分子材料特性，又具有同金属相匹敌的力学特性的结构材料。

第一期的主要成果：在第一期，主要是探索了新的高结晶性高分子材料及其加工方法（见第四表）。

第二期的研究开发方向：限定研究对象材料，正式进入要素技术的开发阶段，与此同时进行小规模试制，并研究材料评价的方法。

I—5、高性能控制结晶合金

目的：为了实现在宇航、飞机、代替能源的开发、热机和海洋开发等方面所必需的、富于耐热性和轻量性的强韧金属材料，要根据合金设计进行成形和加工等，开发控制金属组织的高性能结晶合金。前半期的主要研究成果见第五表。

后半期研究开发的方向：使每项要素技术更加高级化，谋求在试片形状水平上实现开发合金的高性能化，同时确立同复杂形状的零部件相应的一系列的工艺技术。

I—6、复合材料

目的：开发发挥轻量的、符合要求的高强度、高刚性、高耐热性等特性的树脂系列复合材料（FRP）和金属系列复合材料（FRM）。到1984年为止的主要研究开发成果见第六表。

1、1985年以后研究开发的方向：关于开发树脂系列复合材料，1985年度是第二期的第二年度，要促进在第一期开发的新高性能树脂的高度化研究，以通过开发成形技术来实现复合化，并着手研究崭新的成

形技术。

2、关于开发金属系列复合材料，在第二期的最后一个年度，将谋求提高材料性能，发展、扩充成形加工技术。

3、关于设计和质量评价技术，要谋求树脂系列复合材料和金属系列复合材料的设计技术的综合与扩大。质量评价要谋求评价方法的高级化，对开发材料的性能进行评价。

Ⅲ—1、超晶格元件

目的：为了实现能发挥超高速处理，超多重处理等多种功能的信息处理机，要开发周期性的多层层叠，由不同材料形成的薄膜晶体的超晶格性能元件和开发超结构晶格元件。这种超晶格结构元件在数千埃以下的半导体薄膜晶体内具有控制电子活动的晶格电极。第一期的主要成果见第七表。

第二期以后的研究开发方向：1、迅速制作超晶格元件模型（热电子晶体管等），评价其作为超高速元件的可能性；2、关于超晶格物性，通过从理论方面进一步推进研究，谋求开发独特元件。

Ⅲ—2、三维电路元件

目的：为了实现超小型高功能信息处理机、即所谓具有人工脑的多功能性处理机，要开发通过层叠结构超高密度集成逻辑功能和存储功能的层叠高密度集成元件，以及开发集成了包括信号变换功能和传感器功能等在内的、复合式多功能的层叠多性能集成元件。第八表表明了第一期的主要成果。

第二期研究开发的方向：1、谋求确立三维电路元件的设计方法，探索清楚地表明层叠结构特点的性能元件。另外，谋求进一步提高在第一期已开发出的SOI（Semiconductor On Insulator绝缘体上的半导体元件）再结晶化技术。2、表明作为三维电路元件的要素技术——基于层叠法的SOI晶体成长技术的用途。

Ⅲ—3、耐环境强化元件

目的：谋求实现在太空、原子反应堆、汽车和飞机等移动体、成套设备等不利的环境条件下进行高度的信息处理的各种机器和装置。为此，

要确立提高耐辐射、耐热和耐机械冲击的耐环境强化元件所需要的基础技术。第九表表明了第一期的主要研究成果。

表一 精密陶瓷的研究开发第一期的主要成果

1、制造技术

原料合成技术

基于二氧化硅还原法合成氮化硅粉末——东芝公司（1983年）

基于金属硅氮化法合成高质量氮化硅粉末——电气化学工业公司（1984年）

成形、烧结技术

开发出高温高耐腐蚀性氮化硅材料——日本特殊陶业公司（1983年）

开发出高强度氮化硅——东芝公司（1984年）

开发出高精密耐磨性氮化硅材料——住友电气工业公司（1984年）

基于HIP（高压—碰撞压力）的氮化硅烧结——神户制钢所（1984年）

开发出基于射出形成的高度碳化硅材料——旭玻璃公司（1983年）

2、评价技术

评价陶瓷的摩擦、磨损特性的技术——工业技术院大阪工业技术试验所（1983年）

模型圆板的旋转破坏试验——石川岛播磨重工业公司（1984年）

碳化硅烧结体的扩散蠕变——科学技术厅无机材料研究所（1984年）

氮化硅原料粉体的评价和烧结——工业技术院名古屋工业技术试验所（1983年）

评价氮化硅和碳化硅原料粉体特性的技术——工业技术院名古屋工业技术试验所（1984年）

氮化硅在拉伸应力下的断裂变化——日本电瓷公司（1984年）

3、应用技术

精密陶瓷设计技术的开发课题和今后对策——石川岛播磨重工业公

司 (1983年)

精密陶瓷机械加工技术——工业技术院机械技术研究所 (1984年)

表二 高效率高分子分离膜材料研究开发第一期的主要成果

1、以液—液分离为主

分离膜的超微细孔和液体分离性能——仓丽公司 (1984年)

关于分离膜用材料评价法的研究——帝人公司 (1983年)

利用温度差分离有机物水溶液的膜——载塞尔化学工业公司 (1984年)

分离膜的构造形态和液体分离性能——东螺公司 (1984年)

异体性的分离——工业技术院制品科学研究所 (1983年)

水—酒精系列等的膜分离——工业技术院化学技术研究所 (1983年)

使用膜法的酒精水溶液的分选——横滨国立大学工学院 (1984年)

2、以气—液分离为主

含氮聚合体分离膜的研究——旭玻璃公司 (1983年)

关于聚合物的分子之间反向和透气性的研究——旭化成工业公司 (1984年)

具有微分相结构的聚合物的合成及其膜材料的应用——工业技术院化学技术研究所 (1984年)

基于等离子体聚合的膜合成——工业技术院纤维高分子材料研究所 (1984年)

高分子膜的气体分离性能——工业技术院制品科学研究所 (1984年)

合成多胺酸的透气性——明治大学工学院 (1983年)

表三 导电性高分子材料的研究开发第一期的主要成果

1、乙炔系列导电性高分子

以氰基乙炔热反应物为中心的导电材料——东螺公司 (1984年)

一元共轭系列导电性高分子的高次结构效果——旭化成工业公司
(1984年)

卤素涂料和聚乙炔的微观结构——工业技术院电子技术综合研究所
(1984年)

聚联乙炔系列导电性高分子——工业技术院纤维高分子材料研究所
(1984年)

导电性高分子的电子状态和各种物性——京都大学工学院 (1983
年)

2、吡咯系列导电性高分子

提高聚吡咯系列的导电性——帝人公司 (1984年)

3、导电性电荷移动络合物

培育导电性电荷移动络合物——工业技术院电子技术综合研究所
(1983年)

4、五氟化砷掺杂技术

旨在开发导电性高分子的五氟化砷掺杂技术——住友电气工业公司
(1983年)

表四 高结晶性高分子材料的研究开发第一期的主要成果

1、材料方面的接近

从材料方面对高结晶体高分子材料的接近——三菱化成工业公司
(1983年)

使用溶液成形技术对高结晶性高分子的接近——帝人公司 (1984
年)

2、从加工成形技术方面的接近

从高结晶性高分子材料的加工成形方面的接近——东螺公司 (1983
年)

通过高分子的定形和成形实现高弹性模量化——旭化成工业公司
(1984年)

3、其他

纤维高分子材料研究所对高结晶性高分子材料的研究——工业技术
院纤维高分子材料研究所 (1983年)

使用光局部化学聚合法产生刚性高分子——东京大学工学院 (1984
年)

表五 高性能控制结晶合金的研究开发第一期的主要成果

1、单晶体合金技术

前半期的开发目标是开发适合于单晶体化的合金，同时用单晶体制
造单纯试片形状等零部件。

超合金的单晶体制造技术——石川岛播磨重工业公司 (1983年)

超合金单晶体的凝固控制技术——日立制作所 (1984年)

波及到超合金单晶体特性的熔化原料组成的影响——大同特殊钢公
司 (1984年)

单晶体镍基超合金的合金设计——科学技术厅金属材料技术研究所
(1984年)

陶瓷壳型技术——工业技术院名古屋工业技术试验所 (1984年)

超合金单晶体化技术的概要与合金设计——科学技术厅金属材料技
术研究所 (1984年)

2、超塑性合金技术

目标是开发富于超塑料的耐热、高韧性镍合金和轻量、高韧性钛合
金，并确立其制造工艺。

(1) 合金设计

镍基超塑性合金的合金设计——科学技术厅金属材料技术研究所
(1984年)

钛合金的合金设计——科学技术厅金属材料技术研究所 (1984年)

(2) 制造技术

镍基超合金的粉末制造技术——大同特殊钢公司 (1983年)

钛合金的粉末和超塑性——三菱金属公司 (1983年)

晶粒细微化技术和超塑性——神户制钢所 (1983年)

超合金的晶粒微细化条件及其超塑性——工业技术院机械技术研究所 (1984年)

应用粉末铸造法的晶粒细微化技术——工业技术院机械技术研究所 (1984年)

(3) 成形加工技术

使用高压CIP(铸铁管)的预制成形——住友电气工业公司(1984年)

超合金薄膜材料和机械特性——日本制作所 (1983年)

3、微粒分散强化合金技术

使氧化物微粒等分散在母金属中, 开发出更耐高温的合金

微粒分散强化镍基超合金的合金设计——科学技术厅金属材料技术研究所 (1984年)

镍基超合金的机械合金技术——住友电气工业公司 (1984年)

微粒分散强化合金的单向再结晶处理技术——石川岛播磨重工业公司 (1984年)

表六 复合材料的研究开发第一期的主要成果

1、树脂系列复合材料

高性能材料

复合材料用耐热树脂的开发动向——东螺公司 (1983年)

聚喹恶啉系列树脂的开发状况——东螺公司 (1984年)

聚酰亚胺系列树脂的开发状况——帝人公司 (1984年)

环氧系列树脂的开发状况——三菱化成工业公司 (1984年)

成形加工技术

复合材料的成形加工技术——三菱重工业公司 (1983年)

一体化结构铸型成形法——川崎重工业公司（1984年）

树脂系列复合材料迅速硬化技术——丰田汽车公司（1984年）

CFRP（碳素纤维增强塑料）的激光切断加工——富士重工业公司（1984年）

使用检测各种电物性的CFRP的成形工艺管理法——川崎重工业公司（1984年）

2、金属系列复合材料

高性能材料

碳纤维的表面特性和铝强化用表面处理——工业技术院大阪工业技术试验所（1984年）

同CF—AI复合材料的强度有关的纤维和矩阵的变化——东螺公司（1984年）

Sic连续纤维—AI系列中间材料的开发状况——日本碳精公司（1984年）

成形加工技术

碳及碳化硅（PCS）系列纤维强化金属的成形加工——三菱重工业公司（1984年）

CVD（化学气相淀积）系列纤维强化金属的成形加工——石川岛播磨重工业公司（1984年）

金属系列复合材料的开发指标——富士重工业公司（1984年）

3、设计、质量评价技术

利用各向异性的最佳设计——富士重工业公司（1984年）

复合材料结构的最佳设计技术——东京大学工学院（1984年）

太空用复合材料的评价——三菱电机公司（1984年）

复合材料的缺点和可靠性评价——工业技术院制品科学研究所（1984年）

真空和辐射劣化的特性——三菱电机公司（1984年）

温湿度循环和热冲击劣化的特性——工业技术院纤维高分子材料研究所（1984年）

表七 超晶格元件研究开发第一期的主要成果

1、关于超晶格元件基础技术的研究

砷化铝镓、砷化镓系列分子束外延技术和晶体评价——富士通公司
(1982年)

使用新材料制作超晶格晶体——住友电气工业公司 (1982年)

硅分子束外延基础技术——以制成超晶格元件为目标——日立制作所 (1982年)

2、超晶格功能元件技术的研究开发

应用分子束外延法的砷化铝镓和砷化镓超晶格结构及其应用——富士通公司 (1983年)

新材料系列超晶格晶体的分子束外延成长 (第一期和第二期) ——住友电气工业公司 (1983年)

新材料系列超晶格晶体的分子束外延成长——住友电气工业公司
(1984年)

使用分子束外延法的砷化铟—砷化镓超晶格结构的制作及其评价——住友电气工业公司 (1985年)

使用分子束外延法的掺杂和硅化物膜的形成——以实现超晶格结构为目标——日立制作所 (1983年)

3、超结构晶格元件技术的研究开发

使用分子束外延技术的砷化铝镓和砷化镓异质结构及其应用——富士通公司 (1984年)

使用分子束外延技术的砷化铝镓—砷化镓超晶格结构和热电子晶体管——富士通公司 (1985年)

矽分子外延和超结构晶格元件——日立制作所 (1984年)

使用矽分子外延技术的异质结构和杂质超晶格的制作与评价——日立制作所 (1985年)

使用MOCVD (有机金属化学金相淀积) 法的砷化铝镓的晶体成长和砷化铝镓—砷化镓异质界面的形成——索尼公司 (1985年)



基于MOCVD法的神化铝镓—神化镓超晶格结构的制作及其评价
——索尼公司 (1984年)

基于MOCVD法的神化铝镓—神化镓超晶格结构及其应用——索尼
公司 (1985年)

表八 三维电路元件的研究开发第一期的主要成果

三维电路元件的可能性及技术课题——日本电气公司 (1982年)
使用激光器退火的大面积SOI (绝缘体上的半导体) 晶体成长 (开
发公司同上, 1983年)

使用射频偏离喷镀法的平整结构的形成 (开发公司同上, 1984年)
使用无晶核再结晶法的三维SOI的晶体学上的定向性控制 (开发公
司同上, 1985年)

旨在实现三维集成化的晶体成长技术——三菱电机公司 (1982年)
激光再结晶化层的电的评价 (开发公司同上, 1983年)

控制晶界的SOI形成和层叠结构设计的评价 (开发公司同上, 1984年)
加工技术: 从一维、二维到三维——东芝公司 (1982年)

使用电子束退火的硅薄膜晶体生长 (开发公司同上, 1982年)
SOI生长和层叠设计的基础研究 (开发公司同上, 1984年)

基于电子束再结晶化的层叠SOI CMOS (互补金属—氧化物—半导
体) 设计 (开发公司同上, 1985年)

在化合物半导体上的层叠晶体生长技术——冲电气工业公司 (1983
年)

矽电路板上的神化镓集成电路和化合物双层化的方法 (开发公司同
上, 1984年)

基于低温外延的单结晶层的形成——三洋电机公司 (1983年)
应用于三维电路元件的尖晶石分子束外延生长法 (开发公司同上,
1985年)

在层叠结构元件上形成层间绝缘层——夏普公司 (1983年)
基于浸蚀逆向法的平整化技术和层叠设计的应用 (开发公司同上,
1985年)

基于激光照射的岛结构单晶化层的形成——松下电气产业公司

(1983年)

应用双重激光束的再结晶化和层叠元件的形成(开发公司同上, 1985年)

表九 耐环境强化元件研究开发第一期的主要成果

1、MOS(金属—氧化物—半导体)型硅集成电路元件制作技术的研究开发

基于MOS和LSI(大规模集成电路)技术的耐环境强化方法——东芝公司(1982年)

从设计加工方面看到的MOS设计的耐辐射特性——东芝公司(1984年)

MOS设计的耐辐射特性的改良——东芝公司(1984年)

MOS设计的耐辐射特性的改良——东芝公司(1985年)

2、双极型硅集成电路元件制作技术的研究开发

耐环境强化元件的需求及双极LSI技术的课题——日立制作所(1982年)

氧化膜硅界面的基础研究和双极设计的耐辐射特性——日立制作所(1983年)

双极设计的耐辐射特性的改良——日立制作所(1984年)

耐辐射双极设计的研究——日立制作所(1985年)

3、化合物半导体集成电路元件制造技术的研究开发

从耐环境性来看化合物半导体集成元件的特性——三菱电机公司(1983年)

砷化镓设计的放射线照射效果——三菱电机公司(1983年)

砷化镓设计的耐环境特性——三菱电机公司(1984年)

砷化镓设计的耐辐射特性——三菱电机公司(1985年)