

开拓未来的新材料

〔日〕石川欣造 澤岡 昭

田中良平 等 编

王魁汉 郝士明 王君超 译

冶金工业出版社

开拓未来的新材料

〔日〕石川欣造 澤岡 昭 田中良平等 编

王魁汉 郝士明 王君超 译

冶金工业出版社

简 介

《开拓未来的新材料》系译自日本森北出版株式会社1983年出版的《未来をひうく新素材》一书。全书共分三篇：陶瓷材料、金属材料和有机材料。书中系统而全面地介绍了开拓未来的18种新型材料。书中各章分别由该领域的著名专家撰写。内容丰富、简明扼要，不但对基本原理有深入浅出的说明，而且还列举了最新研究成果及其应用实例，是一本有关新型材料的高级科普读物。

本书可供从事新型材料研究和生产的工程技术人员阅读，也可供陶瓷专业、金属材料专业以及有机材料专业的大、中专院校师生参考。

开拓未来的新材料

〔日〕石川欣造 澤岡 昭 田中良平 等 编
王魁汉 郝士明 王君超 译

冶金工业出版社 出版 发行

（北京北河沿大街嵩祝院北巷38号）

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 9 5/8 字数 247 千字

1989年7月第一版 1989年7月第一次印刷

印数00,001~2,000册

ISBN 7-5024-0079-6

TF·22 定价 5.10元

编 委 会

- 石川欣造 御茶之水女子大学家政学部被服学科 教授
東京工业大学名誉教授、工学博士
- 澤岡 昭 東京工业大学工业材料研究所 教授、理学博士
- 田中良平 東京工业大学研究生院综合理工学研究科材料科学专业 教授、工学博士
- (编委按50音图顺序排列)

作 者

- 宮下 忠 日本电信电话公司茨城通信研究所光元件研究室 室主任、工学博士
- 山根正之 東京工业大学工学部无机材料工学科 教授、工学博士
- 福長 脩 无机材质研究所超高压电站综合研究官、工学博士
- 米屋勝利 東芝综合研究所金属陶瓷研究所 主任研究员、工学博士
- 澤岡 昭 東京工业大学工业材料研究所 教授、理学博士
- 岡崎 清 防卫大学校电气工学科 教授、工学博士
- 本间敏夫 東北大学选矿冶炼研究所 教授、理学博士
- 杉本孝一 关西大学工学部金属工学科 教授、工学博士
- 藤森啓安 東北大学金属材料研究所 教授、理学博士
- 太刀川恭治 金属材料技术研究所超低温机械材料研究组综合研究官、工学博士
- 官川松男 長岡技术科学大学工学部 教授 東京都立大学名誉教授、工学博士

- 田中良平 東京工业大学研究生院综合理工学研究科材料科学专业 教授、工学博士
- 福田敦夫 東京工业大学工学部有机材料工学科 副教授、理学博士
- 井上 隆 東京工业大学工学部有机材料工学科 副教授、工学博士
- 仲川 勤 明治大学工学部工业化学科 教授、工学博士
- 高久 明 東京工业大学工学部有机材料工学科 副教授、工学博士
- 石川欣造 御茶之水女子大学家政学部被服学科 教授 東京工业大学 名誉教授、工学博士
- 宫坂啓象 東京工业大学工学部有机材料工学科 教授、工学博士
- 長谷川正木 東京大学工学部合成化学科 教授，工学博士
- (作者按章节执笔顺序排列)

译 者 序

石川欣造等编的《开拓未来的新材料》一书，由陶瓷材料，金属材料 and 有机材料三部分组成，共十八章，每章均由该领域的权威人士撰写。本书取材新颖，内容丰富，是兼有知识性、趣味性的高级科普读物，对于普及“第四次产业革命”中有关新材料方面的知识，开发新型材料、节约能源，无疑是一本难得的好书。

参加本书翻译的有：王魁汉（第一篇）；郝士明（第二篇及第三篇中第13、14章）；王君超（第三篇中第15、16、17、18章）。

因时间仓促，水平有限，译文难免有不妥之处，敬请读者指正。

译 者

1985.10.15

前 言

我们生活的三大支柱是能源、信息和材料（信息也可称为电子学）。这三大支柱的重要性已经被呼吁很久了，而今天人们的实际感受正在更加深刻。

然而，这三大支柱并非各自独立，它们之间具有不可分割的密切关系。

没有能源，既不能装配电子仪器与系统，也不可能使其运转，更不能研制出所需的材料并按要求加工成制品。

应用电子的控制系统，在能源、材料的开发及生产中是不能缺少的。这点不需赘述。

同理，如果没有材料，既没有能量转换与利用，也无法考虑电子仪器与系统。

一部由石器时代开始的工具史，是人类制造、使用工具的历史。就是把它说成是生活材料的历史也并不过分。因此，材料是支持人类生活重要支柱之一的事实，直到二十一世纪后也不会改变。

但是，现在一切事物正以惊人的速度向前发展。如果有了新的设想，或者欲研制更高级的机械设备与系统，那么，现有的材料在大多数情况下，已经是配合不上了。因此，强烈地要求开拓新型材料。

采用硅集成电路的计算机也有它自己的限度。为了提高计算机的存储能力，同时又具有很高的运算速度，必须采用性能上远远优于硅集成电路的高密度磁泡储存器及约瑟夫森元件，因而此领域的研究工作十分活跃。在过去不到四十年内，从电子管发展到超大规模集成电路（LSI），一个元件的体积缩小到万分之一。而现代超大型电子计算机是由十亿个元件组成的。可是，在数毫米的方形硅片上敷设的元件，从10万个增加到100万个、1000

万个时，每个元件均产生焦耳热，元件的电阻热叠加起来，结果使温度升高，以致达到硅熔化的程度。

如采用约瑟夫森元件，上述问题就迎刃而解了，因此就能研制出容量更高的大型电子计算机。可以预言，未来的计算机，将比现有的占据大厦内大会议室那么大的最新型计算机的性能高50倍，能装成像一本字典那样大小。如果约瑟夫森计算机能问世，就可能研制出超小型的、而且具有与人类的视觉和说话能力相媲美的智能装置。

因此，为了实际制出约瑟夫森元件，采用何种合金，什么材料才适合？用何种方法制作超微型电路？所有这些全靠开拓新型材料和探讨新的加工技术。

以上只不过是其中的一例，在致力于现有材料改造的同时，要攻克开拓新型材料的技术难关，掌握突破关键的例子是数不胜数的。材料关系到所有机械装备的高级化和高性能化，其中新型材料应起的作用也将是十分重要的。

一般将材料多分为陶瓷、金属及有机材料三类。

用陶瓷之一的玻璃或碳素等的纤维与塑料复合形成的玻璃钢FRP、CFRP等典型的复合材料近几年尤为引人注目。本书暂将材料大体上分为上述三类，并在各类材料中，又分别选出6种新材料，请在第一线上进行研究或指导新材料开发的各位专家撰写说明。

陶 瓷 材 料

陶瓷、玻璃及水泥等无机材料，在广义上统称陶瓷。从狭义上讲是指由粉末烧成的固态多晶体。

在人类进入文明的同时，陶瓷就是不可缺少的，这一事实今后仍不会改变。具有悠久历史的陶瓷，由于原料来自天然物质，所以，作为工程材料则缺乏可靠性。采用人工合成的高纯物质作原料和对制造工序的管理促成了陶瓷的高性能化。其中陶瓷的电子器件、光学陶瓷材料的实用化已经完成。本书将介绍光导纤维、光学玻璃及电子陶瓷的最新进展。

另一方面，在以陶瓷发动机为代表的结构陶瓷领域内，只是刚刚完成基础性研究，预计距实用化的路程还相当遥远。陶瓷是硬而脆的材料。所以，将陶瓷用于汽车发动机是不可思议的，然而，由于能源价格高涨及资源问题，研制高效率的陶瓷发动机的必要性就与日俱增。为适应社会的强烈需要，要付出艰苦的努力。为了把陶瓷作为结构材料，它必须比任何工程材料的性能都波动小、可靠性高。尽管前途多难，但曙光在前。有关陶瓷材料的这类问题，将以氧化锆 (ZrO_2)、氮化硅、碳化硅为例予以说明。此外，氧化铝、莫来石、碳化钛等多种陶瓷正在实用化，或者正在研究。因篇幅所限，本书不能对这么多的内容均予阐述。但是，陶瓷材料的强度究竟能达到多高？将以金刚石及高压型氮化硼陶瓷为例予以说明。

金属材料

钢、铁、铸铁之类的钢铁材料、铝、钛等轻合金，或铜合金、锌合金等金属材料的种类极其繁多，用途十分广泛。大部分金属材料用作机械或加强各种结构体或构成可靠形状的结构材料。另外，金属材料还可制作永久磁铁、硅钢片、坡莫合金（高导磁铁镍合金）等磁性材料，温度变化，长度却不改变的因瓦合金 ($36Ni, <0.2C, 0.7Mn$) 及超级因瓦合金，弹性不变的埃林瓦尔合金（镍铬恒弹性合金），该合金是钢琴中不可缺少的琴弦材料，生产电缆线的铜、铝等材料，总之，在功能材料方面，金属材料也是大有作为的。

最近，新型材料在蓬勃发展，有许多属于功能材料范畴的新型金属材料的开发，已列入议事日程。

在新型功能材料中，首先应指出的是形状记忆合金。其次是敲不出声音，即具有吸收振动特性的防振合金以及电阻为零的金属即超导合金。具有高强度、磁性及耐腐蚀等多种特性的非晶态合金，首先在高导磁材料方面开始了实用化。本书将依次介绍它们的最新进展与应用实例。

在属于结构材料的非功能材料中，像金属球胆那样，用小的力就可进行大量塑性加工的超塑性合金，也是具有很大魅力的材料。

另外，作为结构材料的代表——高强度钢及超高强度钢的开发已取得显著进展，对钢铁材料室温强度的研究，可以认为似乎已达到极限了，那么，高温强度的研究情况如何呢？用于喷气式发动机的超耐热合金，也在接近其极限，陶瓷材料的崛起已势在必行，本书将阐述这一动向。

有机材料

有机材料与陶瓷及金属材料相比，具有如下突出特点：

(1) 比重小 采用有机材料时，因其比重小可以轻量化，这是极有利的。目前正在大量开展研究的是，高强度有机高分子材料，在下一代产业的基础技术开发的课题中就包括具有高结晶度的高分子材料，由此也可以看出，有机材料作为结构材料的重要性。

(2) 特殊功能 正如有机材料的名称所示，这是通过有效地置换各种原子团等，并将其复合，有效地研究出天然的，尤其是人类等生物为生存而进行的复杂的生理机构，以谋求在工业上的应用。各种实用化的薄膜材料就是一例。生物能在地球上出现，又能生存至今的原因是它们具有巧妙的功能。有机材料恰好能有效地模仿这些功能，为今后的发展带来了美好的前景和希望，所以，可以说包含着无限的可能性。

(3) 加工性能 有机材料在成型过程中，往往需要各种复杂的形状。如能提供适当的温度、熔化条件，虽然粘度不一定很低，只要流动性好，往往容易成型。而且，当需要精加工时，还能组合成“保型材”。

目前，在各领域内，正在逐步推广使用的工程塑料是很好的例子。

(4) 大量生产性 具有精密、高度复杂功能的有机材料，

也许未必需要大量生产，但在多数情况下，必须纳入大生产的轨道。对于金属材料的生产率来说，有机材料颇具竞争力。

(5) 化学稳定性 有机材料同金属相比，在大多数情况下，其化学性能更为稳定。现有的聚四氟乙烯（商品名称为特氟隆）就是一种极好的材料，而且，此种材料比较容易制备。但另一方面，分解、销毁此种材料却极其缓慢，这也是使用时必须考虑的问题。

(6) 耐热性能差 目前正在开展改善耐热性能的各种有机材料，不久的将来，应能满足此种要求。

有机材料基本上是由各种原子团聚合而成的，由于人们相当理解各种原子团的性质、功能，在此基础上有可能对所有材料进行分子设计。今后，依据所需材料的性质、功能，以分子水平来设计、制造适宜材料的研制工作，将逐步增加，从而使优良的符合需要的有机材料的研制变得容易。

本书在出版发行过程中，承蒙森北出版社编辑部柳沢茂八、吉松启视两位先生大力协助，在此深表谢意。

1983年10月

编者

目 录

译者序

前 言

第一篇 陶瓷材料

第一章 光导纤维(光纤)材料——改变社会的光导纤维

维(宫下)	1
细如毛发, 长达100km的光导纤维	1
光导纤维	1
光导纤维材料的选择	4
光导纤维的有关问题	6
石英系光纤是佼佼者	6
光纤材料的各种制备方法	7
金太郎法(软糖式)制备光纤	9
光纤具有与空气相同的透明度	11
用双坩埚法制备多元系光纤	13
非氧化物光纤在长波区域损耗低	14
氟化物光纤	14
硫属元素化合物光纤	15
晶体光纤	16
塑料光纤	16
参考文献	16
第二章 新型玻璃——玻璃概念的变化(山根)	18
多样化玻璃	18
光学玻璃——光的传播媒质	19
折射率具有某种分布的玻璃——自聚焦透镜	22
核聚变的触发——大功率玻璃激光器	23

让激光偏转——法拉第旋转玻璃·····	24
膨胀系数为零的玻璃·····	25
理想的建筑材料——GRC ·····	26
可机械加工的陶瓷——晶体化云母玻璃·····	28
同生物体结合的晶体化玻璃·····	29
玻璃技术概论·····	30
参考文献·····	31
第三章 高强度氧化物陶瓷——不可思议的高强度陶瓷——	
ZrO_2 (福长) ·····	34
ZAT炉的故事 ·····	34
耐热陶瓷——能反复加热吗? ·····	36
把获得组织均匀的陶瓷作为目标·····	38
纯粹的脆性·····	41
强化的氧化物陶瓷及其应用·····	44
参考文献·····	46
第四章 非氧化物陶瓷——在高温下耐高应力的硅化物	
陶瓷 (米屋) ·····	47
多种多样的非氧化物陶瓷·····	47
起决定作用的高温结构材料——硅化物陶瓷·····	47
以研制发动机为目标的硅化物陶瓷·····	50
抗热震性强的氮化硅·····	52
尺寸精度高的反应烧结 Si_3N_4 ·····	53
高密度 Si_3N_4 的制备·····	54
耐热性能优异的 SiC ·····	55
陶瓷材料的快速评价方法·····	58
用统计法探讨陶瓷材料的强度·····	59
开创技术革新的精密陶瓷·····	60
参考文献·····	61
第五章 超硬质材料——最强的材料——金刚石烧结制	
品 (泽冈) ·····	62

最强的材料.....	82
多晶金刚石——黑金刚石.....	83
金刚石的亲戚——C-BN	64
c-BN的烧结制品	65
用NaCl作高压介质	66
用冲击法制备w-BN.....	67
用w-BN制备超级陶瓷	68
烧结体只是硬度高还不能实用化.....	69
切削钢的硬质材料.....	70
实用材料中最强的材料.....	71
日本处于领先地位的BN工具	73
人造黑金刚石的生产.....	73
参考文献.....	74
第六章 电子陶瓷——盖世的日本电子陶瓷（冈崎）	75
电子陶瓷.....	75
高性能电容器——钛酸钡.....	76
电容器小型化的诀窍——多层化.....	78
BL电容器	78
压电陶瓷.....	79
半导体陶瓷.....	83
磁性陶瓷.....	85
电光学陶瓷.....	86
绝缘陶瓷.....	87
参考文献.....	88

第二篇 金属材料

第七章 形状记忆合金——加热能回复原来形状的合金，废	
 热利用及医疗上的新武器（本间）	89
聪明的合金.....	89
形状记忆合金的历史.....	89

形状记忆的机理·····	91
什么样的合金具有记忆能力·····	92
形状记忆的利用方式·····	94
为了可逆地利用形状记忆·····	94
形状记忆合金在一般工程上的应用·····	95
形状记忆在热致机构上的应用·····	97
形状记忆在医疗方面的应用·····	98
形状记忆式热发动机·····	99
结束语·····	102
参考文献·····	102
第八章 防振合金——敲不出声音的合金（杉本） ·····	103
敲不出声音的合金·····	103
防振合金的功能·····	103
防振合金的种类与性能·····	105
防振合金的应用·····	108
后记·····	113
参考文献·····	113
第九章 非晶态磁性材料——原子无序排列产生低矫顽	
力和高导磁率（藤森） ·····	114
作为新磁性材料而引人注目的非晶态金属·····	114
非晶态金属高导磁率的原因——各向同性和无应变状	
态·····	115
非晶态软磁合金设计的基本着眼点·····	116
节能变压器铁芯材料·····	122
Co系非晶态高导磁材料——正式用作电子设备元件·····	123
结束语·····	125
参考文献·····	126
第十章 超导材料——零电阻的世界，能量和机器新领	
域的开拓（太刀川） ·····	128
超导材料的特征·····	128

Nb—Ti系合金线材的制法及特点	132
Nb_3Sn 及 V_3Ga 化合物超导线材的制法及特点	134
新型超导材料的开发	139
广阔的超导应用领域	141
参考文献	143
第十一章 超塑性合金——蕴藏多种前途的组织控制合金 (宫川)	
超塑性合金带来了什么前景	144
超塑性现象何时发生	144
微细晶粒超塑性合金的特征	145
超塑性合金用在什么地方	150
参考文献	156
第十二章 超级耐热合金——实现喷气发动机和气轮机高输出、高效率的支柱 (田中)	
为什么需要超级耐热合金	157
对超级耐热合金性能的要求	159
超级耐热合金开发的趋势	159
如何提高高温下的耐蚀性	163
镍基和钴基合金的代表	165
镍基超级耐热合金——由制造工艺的开发带来的突破	166
高温气体炉和原子能炼钢用超级耐热合金的开发	169
高效率气轮机与超级耐热合金的开发	170
结束语	171
参考文献	172

第三篇 有机材料

第十三章 液晶——向微型彩色电视世界前进 (福田) ..	173
走近身边的液晶	173
液晶的种类与特征	173
物理功能的利用——液晶显示、液晶快门和传感器	177

化学功能的利用——液晶乳化化妆品·····	184
液晶在加工过程中的重要性——液晶抽丝与碳素纤维·····	186
结束语·····	190
参考文献·····	190
第十四章 工程塑料——轻型汽车用什么制造（井上）·····	192
前言·····	192
工程塑料是怎样的材料·····	193
塑料的分子构造、固体结构及性能·····	194
对工程塑料的要求·····	199
五大类工程塑料·····	205
特殊工程塑料（超级工程塑料）·····	206
结束语·····	211
参考文献·····	212
第十五章 分离膜——能由气体、液体中分离出需要的物质（仲川）·····	213
非多孔质膜的膜分离原理·····	214
气体分离膜·····	216
用蒸馏方法不能分开的液体的分离膜·····	221
选择分离水溶液中溶质的膜·····	222
由水溶液分离纯水的膜（逆渗透膜）·····	225
分离膜的实用形式·····	227
急需开发的高级分离膜·····	228
参考文献·····	229
第十六章 高弹性高强度材料——从宇航事业到体育用品中轻、强而坚固的材料·····	231
碳纤维——黑色坚固的高强度材料（高久）·····	231
碳纤维是用什么制成的·····	231
碳纤维开发的历史与现状·····	231
为什么制成碳纤维·····	232
碳纤维的制造·····	233