

山东省泰山科技专著出版基金会资助出版

中国工程院  
中国科学院 《中国材料发展现状及迈入新世纪对策》咨询项目

# 材料科学与工程国际前沿

山东科学技术出版社

山东省泰山科技专著出版基金会资助出版

中国工程院 《中国材料发展现状及迈入新世纪对策》咨询项目  
中国科学院

# 材料科学与工程国际前沿

山东科学技术出版社

# 目 录

## 第 1 章 跨世纪的信息存储对材料的挑战和展望

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1.1 引言 .....                 | 1  |
| 1.2 信息存储的要求和方式 .....         | 2  |
| 1.3 磁存储 .....                | 4  |
| 1.4 光存储 .....                | 6  |
| 1.4.1 高密度光盘信息存储 .....        | 6  |
| 1.4.2 超高密度光盘信息存储 .....       | 8  |
| 1.5 展望——提高数据传输速率对材料的要求 ..... | 10 |
| 参考文献 .....                   | 10 |

## 第 2 章 显示材料

|                     |    |
|---------------------|----|
| 2.1 引言 .....        | 11 |
| 2.2 主动发光显示 .....    | 11 |
| 2.2.1 CRT .....     | 11 |
| 2.2.2 FED .....     | 13 |
| 2.2.3 PDP .....     | 16 |
| 2.2.4 LED .....     | 18 |
| 2.2.5 无机场致发光 .....  | 21 |
| 2.2.6 有机场致发光 .....  | 27 |
| 2.3 被动显示——LCD ..... | 29 |
| 2.4 展望 .....        | 30 |
| 参考文献 .....          | 31 |

## 第 3 章 从电子材料到光子材料

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 3.1 引言 .....                   | 33 |
| 3.2 电子材料长盛不衰 .....             | 33 |
| 3.3 光电子材料的蓬勃发展 .....           | 35 |
| 3.4 光子材料方兴未艾 .....             | 37 |
| 3.5 展望——面向“太元世纪”的电子、光子材料 ..... | 40 |
| 参考文献 .....                     | 41 |

## 第4章 低维半导体结构材料及量子器件

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 4.1 引言                          | 42 |
| 4.2 低维半导体结构的制备和评价技术             | 42 |
| 4.2.1 半导体超晶格、量子阱材料              | 42 |
| 4.2.2 超晶格、量子阱材料生长和精细加工相结合的制备技术  | 47 |
| 4.2.3 应变自组装量子点(结构)生长技术          | 49 |
| 4.2.4 低维半导体材料的其他制备技术            | 51 |
| 4.2.5 低维半导体材料的评价技术              | 52 |
| 4.3 低维半导体材料的电子结构                | 54 |
| 4.3.1 电子在不同维度材料中运动的波函数、本征能量和态密度 | 54 |
| 4.3.2 其他势阱下电子在量子线中运动的波函数和本征能量   | 57 |
| 4.3.3 其他势阱下电子在量子点中运动的波函数和本征能量   | 59 |
| 4.4 固态量子器件研制进展及应用               | 61 |
| 4.4.1 基于超晶格、量子阱材料的量子器件          | 61 |
| 4.4.2 固态纳米量子器件                  | 72 |
| 4.4.3 量子点激光材料和激光器               | 76 |
| 4.4.4 分子电子学器件                   | 78 |
| 4.4.5 量子比特构造和量子计算机              | 80 |
| 4.5 低维半导体结构材料及量子器件的存在问题和发展趋势    | 81 |
| 4.5.1 存在问题                      | 81 |
| 4.5.2 发展趋势                      | 82 |
| 4.6 展望                          | 82 |
| 参考文献                            | 82 |

## 第5章 微电子芯片技术发展的材料问题

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 5.1 引言                     | 85  |
| 5.2 衬底材料                   | 86  |
| 5.3 栅结构材料                  | 90  |
| 5.3.1 栅绝缘介质                | 90  |
| 5.3.2 栅电极材料                | 92  |
| 5.4 随机存储器(DRAM)电容材料        | 93  |
| 5.5 非挥发性铁电存储器(NVFRAM)的铁电材料 | 94  |
| 5.6 局域互连材料                 | 97  |
| 5.7 互连材料                   | 99  |
| 5.8 集成电路关键加工工艺             | 105 |
| 5.8.1 光刻和刻蚀技术中的材料问题        | 105 |
| 5.8.2 化学机械磨蚀(CMP)技术中的材料问题  | 107 |

|              |     |
|--------------|-----|
| 5.9 展望 ..... | 109 |
| 参考文献 .....   | 110 |

## 第6章 微电子发展对封装材料提出的新挑战

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 6.1 引言 .....                          | 113 |
| 6.2 微电子封装的发展动向 .....                  | 113 |
| 6.2.1 微电子封装依存 IC 的跃进而发展 .....         | 113 |
| 6.2.2 何谓微电子封装技术 .....                 | 116 |
| 6.2.3 封装技术发展及对材料的要求 .....             | 117 |
| 6.3 基板 .....                          | 120 |
| 6.3.1 PWB (printed wired board) ..... | 120 |
| 6.3.2 陶瓷基板 .....                      | 121 |
| 6.3.3 金属基板 .....                      | 121 |
| 6.3.4 复合基板 .....                      | 121 |
| 6.3.5 有机基板 .....                      | 122 |
| 6.3.6 Si 基板 .....                     | 125 |
| 6.3.7 下一代基板材料选择方案 .....               | 125 |
| 6.3.8 基板的相关技术 .....                   | 126 |
| 6.4 框架材料的研究现状 .....                   | 126 |
| 6.4.1 集成电路对引线框架材料的要求 .....            | 126 |
| 6.4.2 国外铜基引线框架材料的研究与发展 .....          | 127 |
| 6.4.3 国产铜基引线框架材料的研究与发展 .....          | 130 |
| 6.5 凸点发展综述 .....                      | 131 |
| 6.5.1 FCB 技术及其发展 .....                | 131 |
| 6.5.2 倒装焊的发展简况 .....                  | 132 |
| 6.5.3 凸点芯片的倒装焊 (FCB) 技术 .....         | 135 |
| 6.6 无铅焊料研究 .....                      | 137 |
| 6.6.1 无铅焊料性能要求 .....                  | 137 |
| 6.6.2 替代元素产量 .....                    | 138 |
| 6.6.3 替代元素成本 .....                    | 138 |
| 6.6.4 替代材料的环保性和安全性 .....              | 139 |
| 6.6.5 替代材料的局限性 .....                  | 139 |
| 6.6.6 无铅钎料研究现状 .....                  | 139 |
| 6.7 介质材料 .....                        | 140 |
| 6.8 可靠性技术 .....                       | 141 |
| 6.8.1 焊点可靠性问题的存在 .....                | 142 |
| 6.8.2 焊点可靠性的研究 .....                  | 144 |
| 6.8.3 可靠性研究发展动态 .....                 | 150 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 6.9 封装领域的国际组织 ..... | 151 |
| 6.10 展望 .....       | 151 |
| 参考文献 .....          | 152 |

## 第7章 生物医学材料前沿——组织工程材料

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 7.1 引言 .....               | 157 |
| 7.2 组织工程的可降解聚合物材料 .....    | 158 |
| 7.2.1 材料的选择 .....          | 158 |
| 7.2.2 生物降解材料 .....         | 159 |
| 7.2.3 合成降解聚合物 .....        | 161 |
| 7.3 聚合物支架的研究与制备 .....      | 162 |
| 7.3.1 纤维连接法 .....          | 163 |
| 7.3.2 溶剂浇注和颗粒提取法 .....     | 163 |
| 7.3.3 层压膜法 .....           | 163 |
| 7.3.4 熔融膜压法 .....          | 163 |
| 7.3.5 聚合物——陶瓷纤维泡沫复合物 ..... | 163 |
| 7.3.6 相分离法 .....           | 164 |
| 7.3.7 原地聚合法 .....          | 164 |
| 7.4 细胞与聚合物之间的反应 .....      | 165 |
| 7.4.1 评价细胞对聚合物反应的方法 .....  | 165 |
| 7.4.2 细胞与聚合物表面的反应 .....    | 166 |
| 7.5 组织、细胞的微环境 .....        | 167 |
| 7.5.1 细胞要素 .....           | 168 |
| 7.5.2 可溶性生长因子 .....        | 169 |
| 7.5.3 胞外基质 .....           | 169 |
| 7.5.4 蛋白多糖和糖胺聚糖 .....      | 169 |
| 7.5.5 血小板反应蛋白 .....        | 170 |
| 7.5.6 纤维结合素 .....          | 170 |
| 7.5.7 胶原蛋白 .....           | 170 |
| 7.5.8 胞外基质对细胞功能的调控 .....   | 170 |
| 7.6 人工皮肤 .....             | 171 |
| 7.7 骨组织工程 .....            | 173 |
| 7.7.1 骨 .....              | 174 |
| 7.7.2 骨病变的组织细胞治疗 .....     | 174 |
| 7.8 人工肝支持装置 .....          | 175 |
| 7.9 人工血液 .....             | 179 |
| 7.9.1 第一代修饰 Hb 血液代用品 ..... | 179 |
| 7.9.2 第二代修饰 Hb 血液代用品 ..... | 180 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 7.9.3 第三代修饰 Hb: 微囊化 Hb ..... | 181 |
| 7.10 人工神经.....               | 182 |
| 7.11 心血管系统.....              | 183 |
| 7.12 人工胰.....                | 184 |
| 7.13 展望.....                 | 185 |
| 参考文献.....                    | 185 |

## 第 8 章 生物科学给材料科学发展带来的机遇

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 8.1 引言 .....                  | 190 |
| 8.2 分子自组装——构建材料和生命的共同工具 ..... | 191 |
| 8.2.1 分子自组装 .....             | 191 |
| 8.2.2 生物体中的分子自组装 .....        | 191 |
| 8.2.3 分子自组装在材料科学中的应用 .....    | 195 |
| 8.3 天然生物材料的结构及结构仿生 .....      | 200 |
| 8.3.1 天然生物材料的结构 .....         | 200 |
| 8.3.2 结构仿生 .....              | 202 |
| 8.4 生物体中形成材料的过程及过程仿生 .....    | 203 |
| 8.4.1 生物体中有机物的形成过程及过程仿生 ..... | 203 |
| 8.4.2 生物体中无机物的形成过程及过程仿生 ..... | 205 |
| 8.5 细胞——将生命现象融入材料科学 .....     | 215 |
| 8.5.1 细胞与生物医用材料 .....         | 216 |
| 8.5.2 细胞与组织工程 .....           | 216 |
| 8.5.3 细胞与材料合成 .....           | 216 |
| 8.6 基因工程——在分子水平上设计和制造材料 ..... | 219 |
| 8.6.1 基因工程 .....              | 219 |
| 8.6.2 基因工程用于合成高性能高分子材料 .....  | 220 |
| 8.6.3 基因工程在合成无机材料方面的应用 .....  | 223 |
| 8.7 直接利用生物体来生产材料 .....        | 223 |
| 8.8 展望 .....                  | 224 |
| 参考文献.....                     | 228 |

## 第 9 章 超导材料的研究与发展

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 9.1 引言 .....          | 231 |
| 9.2 实用低温超导材料进展 .....  | 233 |
| 9.3 高温超导材料进展 .....    | 234 |
| 9.3.1 单晶 .....        | 234 |
| 9.3.2 高温超导块材 .....    | 235 |
| 9.3.3 高温超导线(带)材 ..... | 236 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 9.3.4 薄膜 .....         | 238 |
| 9.4 超导材料的应用 .....      | 239 |
| 9.4.1 低温超导材料的应用 .....  | 239 |
| 9.4.2 高温超导材料的应用 .....  | 240 |
| 9.5 超导研究的投入及组织形式 ..... | 245 |
| 9.6 展望 .....           | 248 |
| 参考文献 .....             | 251 |

## 第10章 电池材料

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 10.1 引言 .....                     | 254 |
| 10.2 人类社会面临的问题 .....              | 254 |
| 10.3 21世纪——电池的社会 .....            | 255 |
| 10.3.1 信息家电的能源——促进经济持续发展 .....    | 256 |
| 10.3.2 电动车和混合电动车的动力——降低环境污染 ..... | 257 |
| 10.3.3 储能和调峰电池——节省能源 .....        | 259 |
| 10.3.4 燃料电池——高效利用能源 .....         | 259 |
| 10.4 材料是发展高能电池的基础 .....           | 259 |
| 10.4.1 常用电池材料 .....               | 260 |
| 10.4.2 典型电池用材 .....               | 260 |
| 10.5 新电池材料的研究 .....               | 265 |
| 10.5.1 分形结构 .....                 | 265 |
| 10.5.2 纳米材料 .....                 | 266 |
| 10.5.3 与创新概念相关的材料 .....           | 267 |
| 10.6 电池再生和废电池材料的回收 .....          | 268 |
| 10.7 电池材料发展对其他领域的影响 .....         | 269 |
| 10.8 展望 .....                     | 269 |
| 参考文献 .....                        | 269 |

## 第11章 薄膜技术前沿的现状和发展

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 11.1 引言 .....                    | 271 |
| 11.1.1 薄膜的气相沉积工艺 .....           | 271 |
| 11.1.2 薄膜材料科学 .....              | 272 |
| 11.2 气相生长金刚石工业反应器设计原理 .....      | 273 |
| 11.2.1 气相生长金刚石工业型反应器设计要求 .....   | 273 |
| 11.2.2 辐照场和温度场的计算机模拟和实验验证 .....  | 275 |
| 11.2.3 流场传热模拟计算 .....            | 277 |
| 11.2.4 HFCVD 新型反应器设计若干原理问题 ..... | 278 |
| 11.2.5 几点结论性意见 .....             | 281 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 11.3 高性能离子镀防护层技术.....           | 282 |
| 11.3.1 低温沉积技术.....              | 282 |
| 11.3.2 新型镀层材料.....              | 285 |
| 11.3.3 多层复合技术.....              | 289 |
| 11.3.4 复合表面工艺.....              | 289 |
| 11.3.5 高性能镀层的应用和发展前景.....       | 291 |
| 11.4 纳米多层膜的结构、力学性能及应用前景.....    | 292 |
| 11.4.1 弹性行为反常.....              | 292 |
| 11.4.2 硬度增强.....                | 295 |
| 11.4.3 强度提高.....                | 295 |
| 11.4.4 纳米多层膜的结构研究.....          | 297 |
| 11.4.5 应用.....                  | 299 |
| 11.4.6 结论.....                  | 299 |
| 11.5 燃气轮机叶片先进防护涂层.....          | 300 |
| 11.5.1 涂层体系.....                | 300 |
| 11.5.2 涂层材料和结构.....             | 302 |
| 11.5.3 力学分析.....                | 304 |
| 11.5.4 制备工艺.....                | 305 |
| 11.5.5 结论.....                  | 306 |
| 11.6 金属/电介质纳米多层膜电磁工程的微观原理 ..... | 307 |
| 11.6.1 纳米科技.....                | 307 |
| 11.6.2 微观原理框架.....              | 309 |
| 11.6.3 低维材料本构特性尺寸效应的实验研究结果..... | 314 |
| 11.6.4 讨论.....                  | 318 |
| 11.7 结论.....                    | 319 |
| 参考文献.....                       | 319 |

## 第 12 章 CVD 金刚石膜研究进展及产业化趋势

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 12.1 引言.....                | 328 |
| 12.2 金刚石的低压化学气相沉积.....      | 328 |
| 12.2.1 历史回顾.....            | 328 |
| 12.2.2 CVD 金刚石膜沉积研究进展 ..... | 331 |
| 12.3 金刚石膜工业化应用研究进展.....     | 337 |
| 12.3.1 金刚石膜工具应用.....        | 337 |
| 12.3.2 金刚石膜的热学应用研究.....     | 341 |
| 12.3.3 金刚石膜的光学应用研究.....     | 345 |
| 12.3.4 电子学应用.....           | 353 |
| 12.3.5 国内外研究和应用水平的比较.....   | 360 |

|              |     |
|--------------|-----|
| 12.4 展望..... | 363 |
| 参考文献.....    | 364 |

## 第 13 章 高温合金的发展动向

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 13.1 引言.....             | 371 |
| 13.2 有益和有害的微量元素.....     | 373 |
| 13.2.1 微量元素的来源和提炼.....   | 374 |
| 13.2.2 微量元素对力学性能的影响..... | 376 |
| 13.3 微晶和单晶.....          | 380 |
| 13.3.1 微晶高温合金.....       | 380 |
| 13.3.2 单晶高温合金.....       | 382 |
| 13.3.3 NiAl 单晶 .....     | 389 |
| 13.4 “试错”法和合金设计.....     | 390 |
| 13.4.1 合金设计.....         | 390 |
| 13.4.2 合金设计实例.....       | 391 |
| 13.5 展望.....             | 396 |
| 参考文献.....                | 396 |

## 第 14 章 复合材料的进展状况及发展趋势

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 14.1 引言.....                     | 399 |
| 14.1.1 复合材料的发展机遇.....            | 399 |
| 14.1.2 复合材料将遇到的挑战.....           | 401 |
| 14.2 复合材料的研究重点和新生长点.....         | 402 |
| 14.2.1 基础性研究重点的进展.....           | 402 |
| 14.2.2 纳米复合材料.....               | 408 |
| 14.2.3 功能、多功能、机敏和智能复合材料.....     | 412 |
| 14.3 复合材料的应用.....                | 415 |
| 14.3.1 复合材料在基础设施中的应用.....        | 415 |
| 14.3.2 复合材料在交通运输领域中的应用.....      | 415 |
| 14.3.3 生物医用复合材料.....             | 417 |
| 14.3.4 复合材料在电子芯片封装热适应材料中的应用..... | 418 |
| 14.4 展望——复合材料的现状和发展对策.....       | 419 |
| 参考文献.....                        | 419 |

## 第 15 章 功能陶瓷研究的进展与前瞻

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 15.1 引言.....            | 421 |
| 15.2 电子片式元件及材料.....     | 421 |
| 15.3 压电陶瓷与器件应用研究进展..... | 427 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 15.3.1 压电陶瓷驱动器与超声马达  | 428 |
| 15.3.2 多层复合压电陶瓷变压器   | 438 |
| 15.4 复合与复相功能陶瓷材料及器件  | 440 |
| 15.5 软化学制备与功能陶瓷薄膜    | 444 |
| 15.6 半导体陶瓷材料与信息敏感技术  | 448 |
| 15.7 功能陶瓷与器件的集成化、机敏化 | 452 |
| 15.8 微波介质陶瓷材料        | 454 |
| 15.9 电子封装陶瓷基片材料      | 456 |
| 15.10 固体氧化物燃料电池      | 458 |
| 15.11 光子带隙材料         | 460 |
| 参考文献                 | 462 |

## 第 16 章 高分子材料科学研究动向及发展展望

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 16.1 国际动向                    | 464 |
| 16.1.1 合成技术                  | 464 |
| 16.1.2 成型加工研究趋向              | 465 |
| 16.1.3 绿色化技术                 | 466 |
| 16.2 我国现状                    | 467 |
| 16.3 发展展望                    | 467 |
| 16.3.1 通用高分子材料高性能化新技术、新原理的研究 | 467 |
| 16.3.2 高性能和功能高分子材料的研究        | 468 |
| 16.3.3 发展纳米复合新技术             | 468 |
| 16.3.4 油田开发用高分子材料            | 469 |
| 16.3.5 聚合物成型理论和技术研究          | 469 |
| 16.3.6 废弃高分子材料回收处理与再生利用研究    | 470 |
| 参考文献                         | 470 |

## 第 17 章 高性能与高功能纤维的发展

|                  |     |
|------------------|-----|
| 17.1 引言          | 472 |
| 17.2 高性能纤维       | 472 |
| 17.2.1 碳纤维       | 472 |
| 17.2.2 高强高模有机纤维  | 478 |
| 17.3 高功能纤维       | 480 |
| 17.3.1 分离功能纤维    | 481 |
| 17.3.2 其他功能纤维    | 483 |
| 17.4 展望——发展机遇与对策 | 484 |
| 参考文献             | 485 |

## 第 18 章 计算材料科学的成就与展望

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 18.1 引言                         | 486 |
| 18.2 计算材料科学研究的背景和意义             | 486 |
| 18.2.1 使材料设计、加工及成形改性由“技艺”走向“科学” | 486 |
| 18.2.2 应用背景和效益                  | 487 |
| 18.2.3 意义                       | 487 |
| 18.2.4 加速建立计算材料科学               | 488 |
| 18.3 国际研究成就及动态                  | 488 |
| 18.3.1 新材料的计算辅助设计               | 489 |
| 18.3.2 半导体                      | 490 |
| 18.3.3 材料动力学行为的纳米工程             | 491 |
| 18.3.4 高温材料                     | 491 |
| 18.3.5 复合材料、聚合物、陶瓷              | 492 |
| 18.3.6 磁性材料                     | 493 |
| 18.3.7 强相互作用材料                  | 494 |
| 18.3.8 合金相图                     | 496 |
| 18.3.9 表面和界面                    | 497 |
| 18.3.10 人工薄膜生长                  | 498 |
| 18.3.11 光学性质                    | 499 |
| 18.3.12 化学动力学                   | 500 |
| 18.3.13 材料热加工工艺                 | 502 |
| 18.3.14 铸造工艺                    | 503 |
| 18.3.15 锻压工艺                    | 503 |
| 18.3.16 焊接工艺                    | 504 |
| 18.4 展望                         | 505 |
| 参考文献                            | 507 |

## 第 19 章 纳米材料的研究进展与展望

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 19.1 引言            | 508 |
| 19.2 纳米材料的制备与合成    | 509 |
| 19.2.1 惰性气体冷凝法     | 509 |
| 19.2.2 机械球磨法       | 512 |
| 19.2.3 非晶材料的晶化处理   | 514 |
| 19.2.4 其他          | 516 |
| 19.3 纳米材料的结构特征与稳定性 | 516 |
| 19.3.1 基本结构参量      | 516 |
| 19.3.2 晶界结构特征      | 517 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 19.3.3 晶粒结构特征       | 518 |
| 19.3.4 结构热稳定性       | 519 |
| 19.4 纳米材料的奇异性能      | 520 |
| 19.4.1 纳米晶体的基本物性    | 520 |
| 19.4.2 纳米材料的力学性能    | 521 |
| 19.4.3 纳米材料的磁性      | 524 |
| 19.4.4 纳米材料的催化与贮氢性能 | 526 |
| 19.5 纳米材料的成功、机遇与挑战  | 528 |
| 19.5.1 纳米材料应用       | 528 |
| 19.5.2 商业化前景与研究的投入  | 532 |
| 19.6 展望             | 533 |
| 参考文献                | 533 |

## 第 20 章 水泥研究的成就和发展方向

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 20.1 引言                  | 540 |
| 20.2 波特兰水泥               | 540 |
| 20.2.1 水泥熟料矿物的结构与特性      | 540 |
| 20.2.2 水泥生产的过程与原理        | 543 |
| 20.2.3 水泥的水化与硬化理论        | 545 |
| 20.2.4 水泥石硬化体的结构与工程性质    | 549 |
| 20.3 水泥混凝土               | 553 |
| 20.3.1 高效外加剂             | 554 |
| 20.3.2 高性能矿质掺合料          | 556 |
| 20.3.3 水泥混凝土界面结构         | 561 |
| 20.3.4 水泥混凝土的耐久性         | 562 |
| 20.4 展望——我国水泥科学技术发展方向的思考 | 563 |
| 20.4.1 国民经济发展的重大需求       | 563 |
| 20.4.2 资源、能源、环境方面的严重挑战   | 563 |
| 20.4.3 关于水泥科学技术发展方向的思考   | 564 |
| 参考文献                     | 567 |

## 第 21 章 纸和木质材料的学科前沿

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 21.1 引言                | 569 |
| 21.2 纸和木质材料学科          | 570 |
| 21.2.1 木材学             | 570 |
| 21.2.2 制浆造纸学           | 572 |
| 21.2.3 木质材料学           | 574 |
| 21.3 纸和木质材料学科前沿特点与发展趋势 | 576 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 21.4 展望——我国纸和木质材料学的主攻方向和突破点..... | 577 |
| 21.4.1 主攻方向.....                 | 577 |
| 21.4.2 突破口.....                  | 577 |
| 参考文献.....                        | 578 |

## 第 22 章 腐蚀与腐蚀控制研究的回顾与展望

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 22.1 引言.....            | 580 |
| 22.1.1 腐蚀损失.....        | 581 |
| 22.1.2 腐蚀控制.....        | 581 |
| 22.2 腐蚀及其控制研究.....      | 581 |
| 22.2.1 亟待解决的腐蚀问题.....   | 582 |
| 22.2.2 长期服役后出现的新问题..... | 584 |
| 22.2.3 几个重要的基础问题.....   | 584 |
| 22.3 展望.....            | 593 |
| 参考文献.....               | 594 |
| 后记 .....                | 596 |

# 第 1 章 跨世纪的信息存储对材料的挑战和展望

## 1.1 引言

众所周知，冷战结束后，发达国家对世界争夺的重心已经转移到信息领域。由于信息高速公路具有军民兼容、深度军备和国家利益等特征和倍增国力的功能，当前发达国家及一些发展中国家都先后制定了本国“信息高速公路”计划，全面规划本国国家利益在信息领域的发展方向，还特别具体规定了 20 世纪末和 21 世纪初所要达到的目标。近几年，全球的信息量以接近指数型上升，今后几年会以更快的速度增长，见图 1.1。当前信息的发展以多媒体化和数字化为主要特征。由于信息的多媒体化，人们需要处理的不仅是数据、文字、声音、图像而且要活动图像和高清晰的图像等。信息的数字化中，信息以字节表示其容量。如表 1.1 所示，一页 A4 文件为 2KB（千字节），一张 A4 黑白照片为 40KB，而一张 A4 彩色照片就占 5MB（兆字节）。放 1min VHS 质量的全活动图像（Full Motion Video, FMV）要 10MB，而放 1min 广播级的 FMV 就要占 40MB，因此信息量日益俱增。信息数字化的主要应用领域在移动通信网（GSM）、数字视频广播（DVB）、数字电视（DTV）和数字多用光盘（DVD）等。以数字视频技术为例，与信息模拟技术相比较，它具有图像质量高（抗噪声、抗亮度与色度的干扰）、传输速度快（所需频率资源少）、处理方便（可用芯片软件）以及容易网络化等优点。

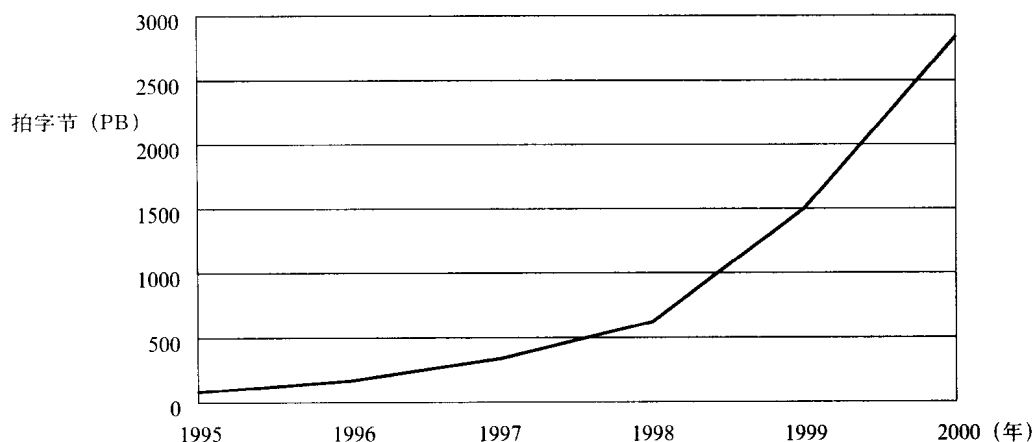


图 1.1 预测全球信息量增长趋势

1PB=10<sup>6</sup>GB

表 1.1 信息多媒体化

| 文本<br>(A4) | 图   | 照片                    | 音频                                   | 视频                                     |
|------------|-----|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 2KB        | 8KB | 40KB (黑白)<br>5MB (彩色) | 1MB (1min Plaza)<br>10MB (1min HiFi) | 10MB (1min VHS 录像)<br>40MB (1min 广播电视) |

在信息技术的几个环节（获取、传输、存储、显示、处理）中，信息存储是关键。从 20 世纪 80 年代到 90 年代，人们最关心的是信息处理，即如何提高计算机芯片的处理速度和效率，全球掀起了计算机主处理器（CPU）大战；90 年代后期通讯网络掀起，大家可以共享数据和通讯，有人讲“网络就是计算机”。进入 21 世纪，人们要考虑如何有效地存储及管理越来越多的数据和如何应用这些数据，信息存储空间日益拥挤，信息数据的采集和数据管理体系的复杂性越来越高，以及网络的普及，Internet/intranet/extranet 逐步进入单位和个人，21 世纪信息技术的浪潮将在存储领域兴起。就以目前的计算机系统来讲，外部设备的价格就已超过主机。20 世纪末全球包括计算机系统、软件、网络以及家用和服务等领域的存储市场已达 700 多亿美元，跨世纪将超过 1000 亿美元，成为 21 世纪的信息主要市场。

## 1.2 信息存储的要求和方式

数字化信息存储的要求为：高存储密度、高数据传输率、高存储寿命、高的擦写次数，低价格设备投资和低价格信息位。

以计算机系统存储为例（图 1.2），存储方式分为：随机内存储、在线外存储、离线

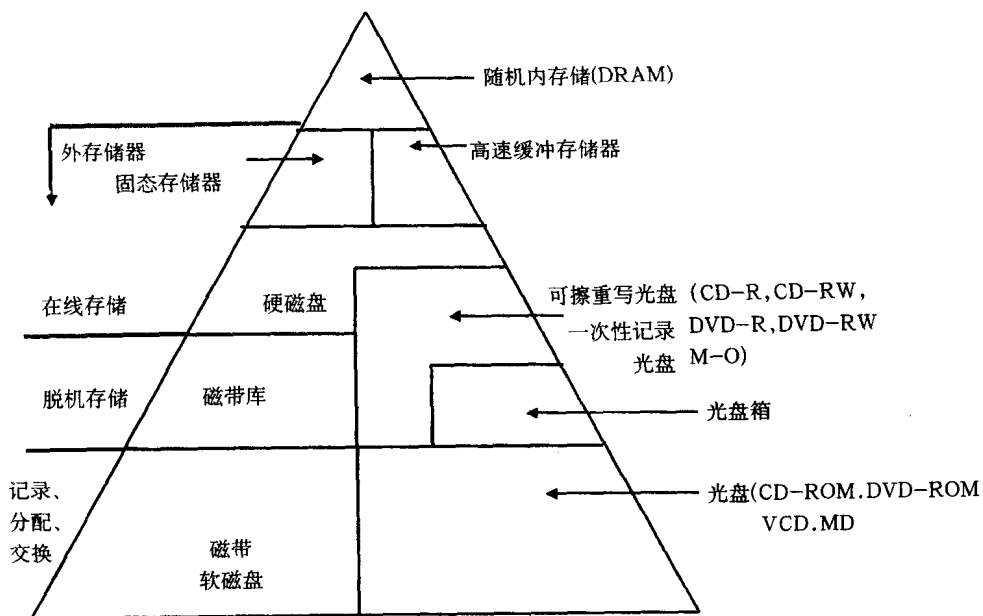


图 1.2 计算机系统中各种方式的存储器

外存储和脱机存储。

随机内存存储器要求集成度高、数据速度快，一直以大规模集成的微电子技术为基础的半导体动态随机存储器（DRAM）为主。随着大规模集成度的提高，光刻线度的不断缩小，存储容量也不断提高，见表1.2。大规模集成电路是以硅工艺为基础的，为克服线度的极限，硅工艺近年来作了很大的改进。DRAM芯片的价值也大幅度下降，256MB的DRAM芯片已开始大规模生产，用多块内存芯片的联接，使内存扩容至1GB也已实用化，所以PC的内存会更大。但随之而来的带宽瓶颈问题就更为突出。因此发展各种内存技术，如时钟同步（Synchronize）SDRAM，芯片对接口（Rambus）RDRAM等。

表 1.2 半导体动态随机存储（DRAM）

| 时间 | 1998 年          | 1999 年       | 2000 年       | 2005 年      | 2014 年        |
|----|-----------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| 容量 | 64M~128 M       | 256M         | 1~4G         | 10~20G      | 256G          |
| 光刻 | 0.3~0.2 $\mu$ m | 0.18 $\mu$ m | 0.15 $\mu$ m | 0.1 $\mu$ m | 0.010 $\mu$ m |

最近发展的固体（闪）存储器（flash memory）是不挥发可擦写的存储器，基于半导体二极管的集成线路，比较紧凑和坚固，可以在内存与外存间插入使用，它的缺点是存储量小和价格高。目前从闪存储芯片的结构、操作和组装上改进，以增加存储密度，例如目前可以在38mm×33mm×33mm尺寸的闪存卡上存储64MB，并且60片闪存芯片可以连接起来。

在现代数字数据外存储中磁存储技术早已先入为主。磁带、软磁盘和硬磁盘已普遍应用，形成了巨大的产业，而磁存储技术近年来仍然迅速地发展着。

光存储最早的形式为缩微照相，从20世纪初开始，经历了较长的时间，成为文档资料长期保存的主要形式。60年代初激光出现后，激光全息技术受人注目，因为它能实现三维图像存储，具有更大的存储容量。但是，由于不能进行实时数据存取，并和计算机不能联机，因此皆不能与磁存储相比。光盘存储技术是20世纪70年代开拓出来的。光盘存储技术发展到80年代，便在声视领域内促成了激光唱片（包括声响唱片CD和激光视盘LD）和激光唱机产业的兴起。发展之迅速，出乎人们的预料。

与磁存储技术相比，光盘存储技术具有以下特点：①存储寿命长。只要光盘存储介质稳定，一般寿命在10年以上，而磁存储的信息一般只能保存3~5年。②非接触式读/写和擦。目前光盘机中光头与光盘间有1~2mm的距离，光头不会磨损或划伤盘面，因此光盘可以自由更换。而高密度的磁盘机，由于磁头飞行高度（几个微米）的限制，较难更换磁盘。③信息的载噪比（CNR）高。光盘的载噪比可达到50dB以上，而且经多次读写不降低。因此光盘多次读出的音质和图像的清晰度是磁带和磁盘无法比拟的。④信息位的价格低。由于光盘的存储密度高，而且只读式的光盘（如CD或LV唱片）可以大量复制，它的信息位价格是磁记录的几十分之一。

光盘存储技术目前还有它的不足之处，如光盘机（或称驱动器）比磁带机或磁盘驱动器要复杂一些，因此价格目前还较贵。光盘机的信息或数据传输速率目前比磁盘机低，平均数据存取时间在20~100ms之间。

表1.3列举了光盘存储和磁存储的一些性能比较。