



普通高等教育“十二五”精品规划研究生系列教材

# 印刷包装 功能材料

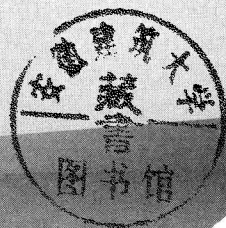
李路海 编著



中国轻工业出版社

普通高等教育“十二五”精品规划研究生系列教材

# 印刷包装功能材料



李路海 | 编 著 ■■■■■■■■■■

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

印刷包装功能材料/李路海编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2013. 1  
普通高等教育“十二五”精品规划研究生系列教材  
ISBN 978-7-5019-8971-3

I. ①印… II. ①李… III. ①装潢包装印刷—印刷材料—研究生—教材 IV. ①TS851

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 208971 号

## 编写目的及适读范围

印刷包装属于交叉应用行业, 基础理论涉及材料学各个领域。为了适应印刷包装及相关专业研究生教育中印刷包装功能材料教学要求, 从功能材料的基本概念出发, 结合印刷包装技术的近期发展, 从印刷功能材料、包装功能材料、信息功能材料以及复合材料和薄膜功能材料、表面活性剂等角度出发, 以功能材料基本概念及其材料、功能材料应用技术基本理论、基本制备工艺为主。

书中大部分内容, 来自作者在研究生功能材料课程教学工作中, 引用的相关领域专家文献, 还有相当部分, 是作者以及与作者合作的研究生、本科生科研工作的成果。本书适合印刷包装及相关领域研究生, 本科生课程学习教材, 适合专科生和技校生进一步拓展知识之用, 适合印刷包装行业科技工作者和从业人员, 作为了解功能印刷包装材料新发展之参考。

责任编辑: 杜宇芳

策划编辑: 杜宇芳 责任终审: 劳国强 封面设计: 王超男

版式设计: 王超男 责任校对: 燕杰 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 北京君升印刷有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 17.5

字数: 426 千字

书号: ISBN 978-7-5019-8971-3 定价: 46.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

101508J1X101ZBW

材料学被称为 21 世纪最有前途的学科, 是一门重点研究材料的组织、结构和性质的关系, 探索自然规律的学科, 具有基础研究属性。与此同时, 材料学研究面向实际应用, 为经济建设服务, 又属于应用科学。所以材料科学与工程是关于材料成分、结构、工艺与它们的性能和用途之间的有关知识的开发和应用的科学。印刷包装功能材料, 是功能材料的重要组成部分, 着重研究功能材料在印刷包装行业的应用。

中国是印刷包装大国, 是印刷包装行业从业人员最多的国家, 但是, 中国的印刷机技术和新型印刷材料技术, 目前都落后于世界发达国家。伴随世界范围绿色印刷包装产业发展, 各种功能性印刷包装材料开发与应用, 已经提上议事日程。

作者曾经多年从事功能性印刷材料科研和产业化工作, 在卤化银感光材料用成色剂, 喷墨印刷承印材料和墨水, 电泳显示电子纸显示材料, 电子印刷用导电油墨及其应用技术方面, 完成过一系列科研课题, 研究成果及其产业化项目曾经获得省部级科研成果奖励 6 项, 获得中国国家专利授权 3 件。本书相当部分内容, 来自作者已经发表和未曾发表的研究成果, 还有更多基础内容, 来自行业专家发表的公开学术成果。

本书旨在向读者介绍印刷包装功能材料基本概念, 介绍上述材料的构成及其应用原理, 引导读者学习、了解和进入功能性印刷包装材料领域。

为了使印刷包装领域的研究生, 对印刷包装功能材料有比较全面的了解, 教材内容包括功能材料概述、印刷功能材料、印刷电子材料、薄膜功能材料以及表面活性剂等。所有内容, 紧密结合印刷包装功能材料编写, 旨在使读者在了解功能材料的基础上, 了解印刷包装功能材料与功能材料的关系, 为了便于作为教材使用, 编写中注重了部分基础理论的介绍, 并提供了一些思考练习题。

特别感谢北京印刷学院材料物理与化学专业硕士研究生, 他们不仅选读了本人负责讲授的功能材料课程, 而且对教学内容, 提出过许多宝贵意见。还有许多同学和年轻教师参加了本书编写。其中, 第一、第二章由李路海编写; 第三章由李路海编写, 李文博、方华、冷娴、李树坤参与; 第四章由李路海编写, 赵文、莫黎昕、胡旭伟、李伟伟参与; 第五章由李路海编写, 李金丽、秦睿睿参与; 第六章由李路海编写, 辛智青、汪唐伟、方一参与; 第七章由李路海编写, 于雪梅、史庆平、孙莎参与; 第八章由李路海、吕玉斌编写; 第九章由李路海编写, 冉军参与。樊鑫明和付继兰参与了本书润色修改。

本书编写过程中, 从不同侧面引用了相关专家的著述, 在此感谢; 引用标注不全不尽之处, 望海涵。

本书出版, 受到北京市教委经费资助。一并致谢。

北京印刷学院 李路海  
2012 年 2 月 15 日

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第一章 绪论 .....              | 1  |
| 第一节 功能材料的发展和分类 .....      | 1  |
| 一、功能材料与材料工程学的基本概念 .....   | 1  |
| 二、材料分类 .....              | 2  |
| 三、功能材料的分类和特征 .....        | 3  |
| 第二节 印刷包装功能材料的现状和展望 .....  | 5  |
| 一、电子信息材料 .....            | 5  |
| 二、生物医用材料 .....            | 5  |
| 三、能源材料 .....              | 5  |
| 四、生态环境材料 .....            | 6  |
| 五、智能材料 .....              | 6  |
| 思考题 .....                 | 8  |
| 第二章 功能性承印材料 .....         | 9  |
| 第一节 喷墨印刷承印物 .....         | 9  |
| 一、喷墨印刷原理及分类 .....         | 9  |
| 二、喷墨印刷用纸的基本要求 .....       | 9  |
| 三、喷墨印刷用纸的构成 .....         | 10 |
| 四、喷墨介质分类 .....            | 11 |
| 五、喷墨承印物吸墨原理 .....         | 17 |
| 六、喷墨打印介质功能性助剂及其作用原理 ..... | 28 |
| 七、喷墨印刷承印物生产 .....         | 32 |
| 第二节 热升华打印纸 .....          | 33 |
| 一、热升华打印成像原理 .....         | 33 |
| 二、色带与承印物构成 .....          | 33 |
| 第三节 热敏纸 .....             | 36 |
| 一、热敏纸构成 .....             | 36 |
| 二、热敏纸用功能材料 .....          | 36 |
| 思考题 .....                 | 38 |
| 第三章 功能性油墨 .....           | 39 |
| 第一节 喷墨油墨的基本构成及分类 .....    | 39 |
| 一、喷墨油墨的基本组成 .....         | 39 |
| 二、喷墨油墨分类 .....            | 40 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 三、喷墨印刷油墨的性能要求 .....    | 44  |
| 第二节 喷墨墨水/油墨着色剂 .....   | 45  |
| 一、染料墨水着色剂 .....        | 45  |
| 二、染料的颜色与结构 .....       | 54  |
| 三、颜料墨水着色剂 .....        | 58  |
| 第三节 防伪油墨 .....         | 69  |
| 一、防伪油墨分类 .....         | 69  |
| 二、防伪油墨功能材料 .....       | 70  |
| 第四节 电子油墨与静电印刷墨粉 .....  | 75  |
| 一、静电印刷与电子油墨 .....      | 75  |
| 二、静电复印与墨粉 .....        | 76  |
| 第五节 转移印刷油墨 .....       | 78  |
| 一、转移印刷分类 .....         | 79  |
| 二、转移印刷对移印油墨的要求 .....   | 79  |
| 三、移印油墨的分类 .....        | 80  |
| 四、化学镀用移印油墨 .....       | 80  |
| 第六节 陶瓷油墨及其无机颜料 .....   | 81  |
| 一、陶瓷油墨无机颜料 .....       | 81  |
| 二、印刷油墨无机颜料的分散 .....    | 87  |
| 第七节 其他功能性油墨 .....      | 88  |
| 思考题 .....              | 88  |
| 第四章 印刷电子材料 .....       | 90  |
| 第一节 印刷电子与印刷电子材料 .....  | 90  |
| 一、印刷电子 .....           | 90  |
| 二、印刷电子材料 .....         | 90  |
| 三、印刷技术及其应用 .....       | 96  |
| 第二节 导电油墨 .....         | 97  |
| 一、导电油墨国内外发展概况及趋势 ..... | 97  |
| 二、导电油墨分类 .....         | 98  |
| 三、喷墨印刷导电油墨 .....       | 100 |
| 第三节 纳米银及其导电油墨 .....    | 101 |
| 一、纳米银性质及其制备方法 .....    | 101 |
| 二、纳米银导电油墨的特点 .....     | 104 |
| 第四节 印刷电子介电材料 .....     | 104 |
| 思考题 .....              | 105 |
| 第五章 功能包装材料 .....       | 106 |
| 第一节 功能材料型智能包装材料 .....  | 106 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 一、导电高分子材料智能包装 .....         | 107 |
| 二、观察窗 .....                 | 107 |
| 三、柔性电池包装 .....              | 107 |
| 四、高阻隔材料 .....               | 108 |
| 五、保鲜包装材料 .....              | 119 |
| 六、可食性包装材料 .....             | 123 |
| 七、耐高温蒸煮材料 .....             | 128 |
| 八、水溶性包装材料 .....             | 130 |
| 第二节 信息型功能包装 .....           | 132 |
| 一、无线射频识别系统(RFID)与功能包装 ..... | 132 |
| 二、“指示型”智能包装 .....           | 134 |
| 三、电致变色功能包装 .....            | 136 |
| 四、信息智能包装的发展 .....           | 137 |
| 第三节 功能结构型智能包装 .....         | 137 |
| 一、自动加热和自动冷却包装 .....         | 137 |
| 二、儿童安全包装 .....              | 137 |
| 三、显窃启包装 .....               | 138 |
| 四、纳米保鲜包装 .....              | 138 |
| 思考题 .....                   | 138 |
| 第六章 信息功能材料 .....            | 140 |
| 第一节 信息记录与存储材料 .....         | 140 |
| 一、概述 .....                  | 140 |
| 二、光学信息记录材料 .....            | 140 |
| 三、磁记录存储材料 .....             | 149 |
| 四、光盘存储材料 .....              | 152 |
| 五、新型信息存储材料 .....            | 153 |
| 第二节 信息显示材料 .....            | 154 |
| 一、信息显示技术及其分类 .....          | 154 |
| 二、阴极射线显示材料 .....            | 155 |
| 三、液晶显示材料 .....              | 156 |
| 四、等离子体显示材料 .....            | 159 |
| 五、场致发射显示材料 .....            | 160 |
| 六、柔性发光显示材料 .....            | 161 |
| 七、电子墨水与电子纸 .....            | 163 |
| 思考题 .....                   | 181 |
| 第七章 薄膜功能材料 .....            | 182 |
| 第一节 薄膜功能材料制备方法简介 .....      | 182 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 一、物理气相沉积法              | 182 |
| 二、化学气相沉积法              | 184 |
| 第二节 薄膜功能材料及其应用         | 185 |
| 一、半导体薄膜                | 185 |
| 二、电学薄膜                 | 186 |
| 三、信息记录用薄膜              | 197 |
| 四、光学薄膜                 | 199 |
| 五、敏感薄膜                 | 203 |
| 六、反渗透膜                 | 204 |
| 七、新型光学薄膜的研究及应用         | 206 |
| 第三节 纳米功能材料             | 208 |
| 一、纳米科技诞生               | 208 |
| 二、纳米技术与纳米材料的概念         | 210 |
| 三、纳米材料的特性              | 211 |
| 四、几种典型的纳米材料            | 214 |
| 五、纳米材料制备               | 216 |
| 第四节 碳纳米功能材料            | 216 |
| 一、碳纳米管                 | 216 |
| 二、富勒烯 $C_{60}$         | 220 |
| 三、石墨烯                  | 222 |
| 第五节 纳米材料分散和涂覆          | 225 |
| 一、产品性能的强化              | 225 |
| 二、纳米粒子分散与涂覆成功应用所要具备的条件 | 226 |
| 三、纳米粒子分散和涂覆在印刷包装行业中的应用 | 226 |
| 思考题                    | 227 |
| 第八章 造纸填料               | 228 |
| 第一节 加填的目的与作用           | 228 |
| 第二节 填料的性质              | 228 |
| 一、填料的光学性质              | 228 |
| 二、填料颗粒形态与粒度            | 229 |
| 第三节 填料的类型              | 231 |
| 一、高岭土                  | 231 |
| 二、碳酸钙                  | 231 |
| 三、滑石粉                  | 233 |
| 四、二氧化钛                 | 234 |
| 五、三水合铝                 | 235 |
| 六、无定型硅石和硅酸盐            | 236 |
| 七、辅助填料                 | 237 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 思考题 .....                | 238 |
| 第九章 表面活性剂 .....          | 239 |
| 第一节 界面与表面 .....          | 239 |
| 一、界面概念 .....             | 239 |
| 二、表面张力与表面能 .....         | 239 |
| 三、液面的曲率与附加压力 .....       | 241 |
| 四、毛细现象 .....             | 241 |
| 五、溶液的表面性能 .....          | 242 |
| 第二节 表面活性剂 .....          | 243 |
| 一、表面活性剂概述 .....          | 243 |
| 二、表面活性剂的结构与分类 .....      | 244 |
| 三、表面活性剂的 CMC 和 HLB ..... | 245 |
| 第三节 表面活性剂在印刷技术中的应用 ..... | 247 |
| 一、吸附平衡恢复作用 .....         | 247 |
| 二、润湿作用 .....             | 247 |
| 三、表面活性剂的功能性作用 .....      | 253 |
| 四、喷墨介质用表面活性剂 .....       | 256 |
| 思考题 .....                | 261 |
| 参考文献 .....               | 262 |

# 第一章 绪论

工程材料分为结构材料和功能材料两大类。尽管人类对功能材料的研究和应用很早,但功能材料的概念到 1965 年才由美国贝尔研究所 J. A. Morton 博士提出,20 世纪 60 年代以来,各种现代技术如微电子、激光、红外、光电、空间、能源、计算机、机器人、信息、生物和医学等的兴起,促进了功能材料的快速发展。

功能材料是指具有优良的物理、化学和生物或其相互转化的功能,用于非承载目的的材料。换言之,具有特殊物理性能、化学性能和生物性能的一类材料统称为功能材料。它可将光、声、磁、热、压力、位移、角度、重量、速度、加速度、化学能、生物能等转换为电信号,或将某一种性质的量转化为另一种性质的量,从而实现对能量和信号的转换、吸收、存储、发射、传送、传感、控制和处理等功能。有些功能材料可以有选择地吸附某种物质,或者只允许某种物质通过,而且有分离、催化或传感某种物质的功能。

伴随印刷包装技术的发展,对功能性印刷包装材料的需求越来越多,与之对应的应用领域也不断扩展,诸如印刷电子、包装防伪、高科技产品包装方面的印刷包装材料,例如电子油墨、导电油墨、智能包装、生物可降解包装以及保鲜气调包装材料,需要不断发展和完善。因此,学习、研究开发印刷包装功能材料及其应用技术与工程,具有重要意义。

## 第一节 功能材料的发展和分类

### 一、功能材料与材料工程学的基本概念

材料与能源、信息并列为现代科学技术的三大支柱,材料的使用和发展是一个国家科技和经济发展水平的标志。

功能材料和结构材料一样有着悠久的发展历史。我国早在两千多年以前就把天然磁铁做成指南器(司南),它是方向敏感或地磁场敏感的器件。天然磁铁是人类最早应用的敏感功能材料。直到 20 世纪 60 年代初人们都没有把材料分成功能材料与结构材料,功能材料的名称是 60 年代末、70 年代初出现的,1978 年日本国内召开了一次功能材料讨论会,1978 年 12 月日本金属学会报出版了功能材料专辑。1971~1981 年间日本先后出版了《功能材料入门》、《高分子功能材料》、《陶瓷功能材料》和《电子陶瓷基础与应用》等书。与此同期,我国材料科学家也把功能材料列为材料的一大类。

随着新功能材料的发展,传统材料工程(包括传统的冶金工程和粉末冶金工程)已不适应新材料的发展。新材料工程、如材料表面优化工程、超微粒子材料工程、薄膜材料工程、纤维材料工程、特种条件下制造材料的工程(包括微重力材料工程、超高压材料工程)等相继出现。新材料工程的出现,又促进了新型功能材料的发展。现在材料科学家已认识到新材料

工程、新设备与工艺已成了发展新材料的关键。一种新材料工程或新工艺的出现,将会促进多种新材料的发展。材料科学应把新材料工程与新工艺、新设备的研究放在重要的位置上。

所谓材料,是指人类用于制造物品、器件、构件、机器或其他产品的那些物质,材料与物质并非一个概念。

材料科学是研究材料的组织、结构和性质的关系,探索自然规律,属于基础研究。材料学研究面向实际应用,为经济建设服务,又属于应用科学;工程学科则研究材料在制备工程中的工艺和工程问题。因此,材料科学与工程是关于材料成分、结构、工艺与它们的性能和用途之间有关知识的开发和应用的科学。

材料工程学有四要素和五要素说。材料作为一门独立的学科,是从 20 世纪 60 年代开始的。材料的研究和制造的发展,经历了从经验、定性和宏观向理论、定量和微观的发展历程。20 世纪 70 年代,美国学者首先提出了材料科学与工程(Materials science and engineering)这个学科全称,定义材料科学与工程是关于材料成分、结构、工艺与它们的性能和用途之间的有关知识的开发和应用的科学,并提出了四面体模型,如图 1-1 所示。

中国学者认为,材料工程由五要素构成,包括加工、合成、结构、性质和使用效能。相互关系如图 1-2 所示。从图示可见:

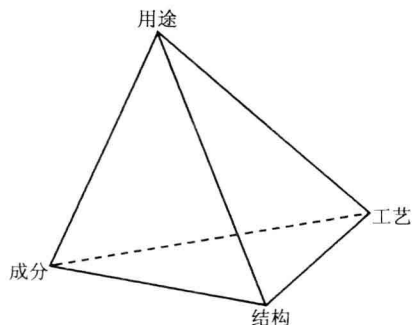


图 1-1 功能材料四要素说图示

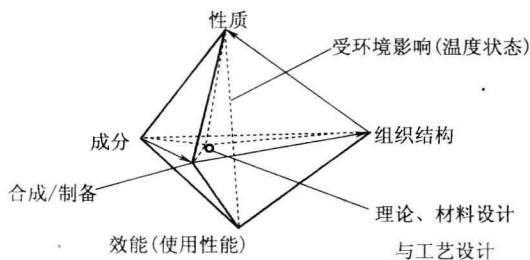


图 1-2 材料工程学五要素说图示

① 材料的使用效能是材料性质在使用条件下的表现,材料性质与使用效能有特殊关系。

② 材料理论和材料设计或工艺设计,在材料制备过程处于四面体中心,是材料工程学研究的核心。

## 二、材料分类

材料一般分成结构材料(Structural materials)和功能材料(Functional materials)两大类。结构材料是指能承受外加载荷而保持其形状和结构稳定的材料,它具有优良的力学性能,在物件中起着“力能”的作用。功能材料是指具有一种或几种特定功能的材料,它具有优良的物理、化学和生物功能,在物件中起着“功能”的作用。

按显示功能的过程,功能材料可分为一次功能和二次功能材料。一次功能是当向材料输入的能量和从材料输出的能量属于同种形式时,材料起能量传送部件作用,又称载体材料,主要有:①力学功能如惯性、黏性、流动性、润滑性、成型性、超塑性、高弹性、恒弹性、振动

性和防震性;②声功能如吸音性、隔音性;③热功能如隔热性、传热性、吸热性和蓄热性;④电功能如导电性、超导性、绝缘性和电阻;⑤磁功能如软磁性、硬磁性、半硬磁性;⑥光功能如透光性、遮光性、反射光性、折射光性、吸收光性、偏振性、聚光性、分光性;⑦化学功能如催化作用、吸附作用、生物化学反应、酶反应、气体吸收;⑧其他功能如电磁波特性和(常与隐身相联系)、放射性。二次功能是当向材料输入的能量和输出的能量属于不同形式时,材料起能量转换部件作用,又称高次功能,主要有:①光能与其他形式能量的转换,如光化反应、光致抗蚀、光合成反应、光分解反应、化学发光、感光反应、光致伸缩、光生伏特效应、光导电效应;②电能与其他形式能量的转换,如电磁效应、电阻发热效应、热电效应、光电效应、场致发光效应、电光效应和电化学效应;③磁能与其他形式能量的转换,如热磁效应、磁冷冻效应、光磁效应和磁性转变;④机械能与其他形式能量的转换,如压电效应、磁致伸缩、电致伸缩、光压效应、声光效应、光弹性效应、机械化学效应、形状记忆效应和热弹性效应。

### 三、功能材料的分类和特征

#### 1. 功能材料分类

功能材料是指具有优良的物理、化学和生物或其相互转化的功能,用于非承载目的的材料。功能材料的种类繁多,为了研究、生产和应用的方便,需要进行分类。由于着眼点不同,分类的方法也不同。

由前述内容可见,目前主要有以下六种分类方法:

(1)按用途分类 功能材料大致可分为十大类:电功能材料、磁功能材料、光功能材料、热功能材料、力学功能材料、振动功能材料、化学功能材料、能源功能材料和物质有关的功能材料、生物功能材料等。也可以分为电子、航空、航天、兵工、建筑、医药、印刷包装等材料。

(2)按化学成分分类 分为金属(习惯上叫精密合金)、无机非金属(如半导体材料,功能陶瓷材料等)、功能无机非金属材料、功能高分子材料和功能复合材料。

(3)按聚集态分类 分为气态、液态、固态、液晶态和混合态功能材料。其中,固态又分为晶态、准晶态和非晶态。

(4)按功能分类 分为物理(如光、电、磁、声、热等)、化学(如感光、催化、含能、降解等)、生物(如生物医药、生物模拟、仿生等)和核功能材料。

(5)按材料形态分类 分为体积、膜、纤维和颗粒等功能材料。

(6)按维度分类 分为三维、二维、一维和零维功能材料。三维材料即固态体相材料。二维、一维和零维材料分别为其厚度、直径和粒度小到纳米量级的薄膜、纤维和微粒,统称为低维材料,其主要特征是具有量子化效应。

从材料应用的角度,凡着重使用其物理性质或物理化学性质的材料叫功能材料。据此,功能材料可分为:①磁功能材料;②电功能材料(导体,半导体,超导材料,电阻材料等);③光功能材料;④弹性(声与振动)功能材料;⑤热功能材料;⑥射线与微波功能材料;⑦化学功能材料;⑧生物功能材料;⑨其他功能材料等。若从材料的功能特性角度,可以说,凡是具有能量与信息的转换,输送,存储,发射,吸收,控制与处理功能特性之一的材料,称为功能材料。据此,可将功能材料分为:①能量转换功能材料;②信息转换功能材料;③能量与信息输送材料;④能量与信息存储材料;⑤信息发射材料;⑥能量与信息吸收材料;⑦能量与信息处理材

料;⑧其他功能材料等。

从产生时期角度,可分为老(传统)的功能材料与新功能材料。在功能材料领域,新材料占整个功能材料的 80% 以上,由此认为整个功能材料均属于新材料领域。

日本学者曾经针对复合功能材料,提出换能材料的概念。所谓换能材料,是从外部输入

某种特性(磁、电、光)后,而输出特性与输入性质迥然不同的材料的总称。例如,给某一材料外加了机械力,材料两端就会产生出与输入特性不同的电压,这就是所谓“压电效应”。输入与输出的性质,有电、光、磁、热、力等,它们相互之间存在着如图 1-3 所示的关系。例如:把热能变成电能的,叫做“热电效应”,把电能变成光能时叫做“电光效应”。在这些变换材料里,产生了与输入  $X$  性质不同的输出  $Y$ ,它们之间有式 1-1 所示的关系:

$$Y = k_0 X \quad (1-1)$$

$k_0$  是耦合系数(或称换能效率),表示  $0 < k_0 < 1$  的值,没有换能功能的材料,  $k_0 = 0$ 。

由图 1-3 可见,换能材料能把各种不同的信息输入和输出,对信息处理来说是一种不可缺少的材料。Villarl 效果是指力的作用对强磁材料磁化性能的影响。

## 2. 功能材料特征

与结构材料相比,功能材料具有以下主要特征。

(1) 功能材料的本质特征是其功能对应于材料的微观结构和微观物体的运动。

(2) 功能材料的聚集态和形态多样化,包括前面提到的气态、液态、液晶态、非晶态、准晶态、混合态和等离子态以及一般晶态;三维体相材料、二维、一维和零维材料;平衡态、非平衡态等。

从纳米结构被约束的空间维数出发,纳米结构材料可分为 4 种:①零维的纳米原子团簇;②一维纤维状纳米结构,长度显著大于宽度,如碳纳米管;③二维层状纳米结构,长度和宽度尺寸至少要比厚度大得多,晶粒尺寸在一个方向上为纳米级;④三维的纳米固体。目前人们对纳米材料进行了大量研究,重点是三维结构的纳米固体,其次是层状纳米结构,对线状纳米纤维研究较少。

(3) 结构材料常以材料形式为最终产品,而功能材料有相当一部分是以元件形式为最终产品,即材料元件一体化。

(4) 功能材料是利用现代科学技术,多学科交叉的知识密集型产物。

(5) 功能材料的制备技术采用先进的新工艺和新技术,如急冷、超净、超微、超纯、薄膜化、集成化、微型化、密集化、智能化以及精细控制和检测技术。

功能材料以物理功能材料为主,包括:

(1) 单功能材料 导电、介电、磁性、信息记录、储热、隔热、光学、红外、旋光材料等。

(2) 功能转换材料 压电、光电、热电、声光、磁光、声能转换、磁敏材料等。

(3) 多功能材料 防震降噪、三防(热、激光、核)材料、耐热密封、电磁材料。



图 1-3 换能效应的关系图

(4)复合和综合功能 形状记忆、隐身、电磁屏蔽、传感、智能、显示材料等。

(5)新形态和新概念功能材料 液晶、非晶态、梯度材料、纳米、非平衡态材料。

## 第二节 印刷包装功能材料的现状和展望

### 一、电子信息材料

光电子技术是现代信息科学技术的重要组成部分,信息的传递可由光子负担,而信息的产生、处理、检测、存储和显示等功能则由光子和电子联合来完成。光电子信息系统包括光载波源、光控制与信号加载、光信号传输、处理和接收(检测和显示),所需要的光电子器件材料多种多样,从无机物到有机物,从单晶到非晶态,从半导体到绝缘体,可达几十种之多。光电子材料是指光电子技术中所需用的材料,在功能性智能包装材料方面,有许多正在开发的实际应用。

功能材料是当代新技术如能源技术、信息技术、计算技术、空间技术、海洋工程技术、生物工程技术的物质基础,是新技术革命的先导和引爆剂。各国政府首脑与科技决策部门已认识到,要有高技术,首先要有高级材料(包括功能材料),一个国家能否掌握新材料是一个国家能否在科学技术上处于领先地位的王牌。

人类对能量需要量的猛增,以及能源结构的不断变化,使得能量转换材料的需要量迅速地增加。开发新能源材料已成为人类面临的紧迫问题。未来的社会是信息社会,用信息转换材料做成的各种功能元器件可将生产与科技活动过程中的磁、电、光、声、热、温度、射线、位移、距离、重量、速度与方向等非电信息转换成电信息,输入计算机进行信息加工处理,再利用信息的反馈实现过程的自动化、遥测与遥控。信息转换、存储、输送材料是信息技术的“钢铁”。

### 二、生物医用材料

作为生物体部分功能或形态修复的材料称为生物医用材料,简称生物材料(Biomaterials)。

### 三、能源材料

能源材料是指那些正在发展的,可能支撑新能源体系的建立,满足各种新能源及节能新技术所要求的一类材料,包括新能源材料、节能材料和贮能材料。能源是人类社会生存与发展的重要物质基础,是现代文明的三大支柱之一,是人类发展未来 50 年面临的十大问题之一。

太阳能电池材料是新能源材料研究开发的热点,目前最有希望大量应用的是硅太阳能电池,单晶硅光电池光电转换效率高,但材料价格较贵。多晶硅光电池效率达 13%,半导体 GaAs 的转换效率可达 20%~28%。采用多层复合结构,通过选择性吸收涂层和光谱转换涂层可进一步提高转换效率。伴随印刷电子技术的发展,柔性太阳能电池研究进展迅速,导电高分子等功能材料,在功能性印刷油墨制造、智能窗等功能型包装材料以及太阳能包装等方面,潜力很大。

## 四、生态环境材料

生态环境材料是具有良好的使用性能或功能,能够和环境相协调的材料,这类材料消耗的资源 and 能源少,对生态和环境污染小,再生利用率高。生态环境材料不是指某一具体的新材料,而是指那些考虑到资源和环境问题的新材料的总称。从材料的制造、使用、废弃直至再生循环利用的整个过程,都具有环境友好特性。

在印刷包装功能材料领域,生态环境材料研究的主要内容包括:生物可降解材料技术,废物的再生资源化技术,材料制备加工中的洁净技术以及资源、能源节省技术,开发使用使经济可持续发展的环境协调性材料,例如,仿生材料和环境保护材料等。

## 五、智能材料

智能材料(Intelligent Materials,简称为IM)是能够感知环境变化并通过自我判断,得出结论执行相应指令的材料,智能材料也可以定义为能以最恰当的方式响应环境变化并根据此变化显示自己的功能;还可以定义为具有智能和生命特点的各种材料,系统集成到一个总材料系统中,以减少质量和能量并产生自调节功能的系统。它是继天然材料、合成高分子材料、人工设计材料之后的第四代材料,是现代新材料发展的重要方向之一,它对未来高新技术的发展,实现结构功能化,功能多样化具有支撑作用。

智能材料系统和结构,集传感、控制和驱动(执行)等功能于一体,它能适时地感知与响应外界环境的变化,做出判断,发出指令,并执行和完成动作,在高水平上实现自检测、自诊断、自监控、自修复及自适应等多种功能。目前研究开发的智能材料,有形状记忆材料、压电材料、电(磁)致伸缩材料、光纤和电流变体、磁流变体等。利用这些材料的功能,通过多种材料组元的功能复合和仿生设计,将智能属性“注入”包装材料系统的结构中,得到集传感、控制和驱动于一体的智能材料系统和结构。

智能材料的内涵极为广泛,涉及的材料从无机到有机,结构层次从宏观(如大型工程构件)到微观(如纳米组装材料)。其研究与开发涉及物理、化学、力学、电子学、计算机科学、仿生学、生命科学和控制论等,极大地促进了材料科学技术和信息科学技术、生物工程技术等的交叉渗透和融合,在国民经济各部门特别是高技术领域里具有重要的作用。例如,在航天航空飞行器、空间平台系统、核反应堆、桥梁、大坝、海底工程、高层民用建筑等大型重要工程结构系统中,能够在线“感觉”自身的负载以及所受应力、振动、冲击、温度、损伤等状况,进行主动和动态的监测与控制,通过自适应调整 and 自修复等方式,消除隐患,提高安全性和可靠性,利用智能材料制造的飞机机翼可以自己弯曲、自动改变形状,有效地调整升力或阻力,不仅可以减轻飞机的质量,还能提高飞机(特别是战斗机)的适应性和存活率。在船舶设计制造方面,一种随外界压力变化而改变自身弹性的智能材料可用于潜水艇的设计中,这种潜水艇即使在深海高压下仍能保持其刚性。又如,具有自我调节功能的汽车悬架可以识别路面的变化,并相应改变自身的刚度,提高乘坐的舒适性和安全感。利用变色材料制成的电致变色智能窗,可使办公室节省电能达40%。在气调包装材料方面,改善和提高保鲜包装材料的功能性作用。

从国内外功能材料的研究动态来看,功能材料的发展可归纳如下:

① 开发高技术所需的新型功能材料,特别是尖端领域(如航空航天、分子电子学、高速

信息、新能源、海洋技术和生命科学等)所需和在极端条件(如超高压、超高温、超低温、高烧蚀、高热冲击、强腐蚀、高真空、强激光、高辐射、粒子云、原子氧、核爆炸等)下工作的高性能功能材料。

② 功能材料的功能由单功能向多功能和复合或综合功能发展,从低级功能(如单一的物理功能)向高级功能(如人工智能、生物功能和生命功能等)发展。

③ 功能材料和器件的一体化、高集成化、超微细化、高密度化和超分子化。

④ 功能材料和结构材料兼容,即功能材料结构化,结构材料功能化。

⑤ 进一步研究和发展功能材料的新概念、新设计和新工艺。已提出的新概念有梯度化、低维化、智能化、非平衡态、分子组装、杂化、超分子化等;分子设计、分子自组装技术在柔性包装智能电路印刷方面,已经得到一定的应用。

⑥ 完善和发展印刷包装功能材料检测 and 评价的方法。

⑦ 加强功能材料的应用研究,扩展印刷包装功能材料的应用领域。

具体功能材料的发展趋势如下:

① 电功能材料。包括传统的导电材料、超导材料、电阻材料、半导体材料、引线框架材料、搭焊金属导线、彩电显像管阴罩带材、阴极材料和电敏感功能材料等。半导体材料重点发展砷化镓单晶材料,发展大尺寸、高纯度、低缺陷、低成本单晶硅材料和非晶硅材料。

② 磁功能材料。包括稀土永磁材料、铁氧体磁性材料、硅钢片、粘结磁体、非晶态软磁材料、铝基复合磁性材料、磁流体、磁屏蔽材料、磁记录材料、磁致伸缩材料、磁致冷材料、磁敏感功能材料等。

此外欧洲、美、日等国正在开发磁致冷材料,超磁致伸缩材料和新一代的稀土化合物永磁材料。

③ 光功能材料。包括光反射材料、光吸收材料、导光(光纤)材料、光记录材料、激光材料、非线性光学材料、光电转换材料等。可见光功能材料涉及利用太阳能的传统材料,光电子材料和新能源材料。目前人类社会正在由微电子时代向光电子时代过渡,光功能材料在现代科技中将日趋重要。国外目前正在大力开发功能人工晶体材料(包括激光材料,非线性光学材料),光电材料和非晶硅半导体材料等。

电转换材料是重要的太阳能转换材料。太阳辐射到地球表面的能量每年可达 80 亿亿瓦,比目前世界消耗的总能量还大 2 万倍。太阳能是取之不尽的能源,应大力发展太阳能转换材料。

④ 弹性(声与振动)功能材料。这一类材料涉及形状记忆材料、超弹性材料、高弹性材料、恒弹性材料、高阻尼(减震)材料等。

⑤ 功能高分子材料。化学功能和分离功能高分子材料主要包括高分子催化剂、高分子试剂、高吸水性树脂、高分子絮凝剂、螯合树脂、离子交换树脂、分离膜材料等。

⑥ 光功能高分子材料。主要包括感光高分子材料(可发生光化学反应)、光导材料(塑料光导纤维、光曲线传播)、光致变色材料和光导电材料(能量转换)、光电材料、光盘(信息贮存)、高分子光敏剂、紫外线吸收剂、高分子液晶等。

⑦ 光磁(电)功能高分子材料。主要包括导电高分子材料、光电导高分子材料、压电和热电高分子材料、声电高分子材料、高分子驻极体、高分子超导体、磁功能高分子材料(结构型与复合型)等。

⑧ 生物医用(机体外与机体内)功能高分子材料。主要包括人工脏器用材料,如人工肾、心脏等。

⑨ 高分子药物及药用高分子。生物降解材料如生物降解塑料等。

⑩ 声功能高分子材料。主要包括吸音功能高分子材料、声电功能高分子材料等。

在众多的功能材料中,从材料的组成来看,化合物功能材料最活跃,是最有发展前景的功能材料。

### 思考题

1. 简述功能材料的定义及特征。
2. 结合一种印刷包装材料简要叙述一下功能材料四要素说结构模型。
3. 简述物理功能材料的分类并举例。
4. 结合个人知识,预测功能材料的发展趋势。
5. 就某种功能材料,综述其在印刷包装中的应用。