

国家教委规划教材

中等职业学校电子电器专业

(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编

姜有根 主编

静电复印机原理与维修

高等教育出版社

国家教委规划教材

中等职业学校电子电器类专业

(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

静电复印机原理与维修

全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编

姜有根 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书是由国家教委职教司组织编写的全国中等职业学校电子电器类国家规划教材。全书是以劳动部、机电部、商业部最新颁发的家用电子产品、家用电器中级工人技术等级标准为依据编写的。

本书共分五章,分别介绍复印技术的发展,静电复印机原理、结构、选用、安装以及使用和维护。

本书除作为职业高中电子电器专业用书外,亦可供复印机操作维修人员、营销人员以及岗位培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

静电复印机原理与维修/姜有根主编. —北京:高等教育出版社,1996.3(1998重印)

ISBN 7-04-005425-6

I. 静… II. 姜… III. ①静电复印机-基础理论②静电复印机-维修 IV. ①TB852.2②TS951.4

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第06062号

*

高等教育出版社出版
新华书店总店北京发行所发行
国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 13 插页 1 字数 320 000

1995年9月第1版 1998年1月第4次印刷

印数 15 628—21 637

定价 10.40 元

关于国家教育委员会规划教材的说明

为了贯彻《国务院关于大力发展职业技术教育的决定》，提高中等职业学校的教学质量，抓好教材建设工作，国家教育委员会职业技术教育司对通用性强、经济发展急需、专业开设稳定的一部分专业，以及必须统一要求的一部分课程，组织编写了少量的示范性教材。

这些教材正式列入国家教育委员会所制定的八·五教材选题规划。它是通过全国性专业教学研讨会，并在有关业务部门的指导下，与相应的教学计划、教学大纲相配套，由国家教育委员会组织的教材编写组编写而成。这些教材在理论体系和技能训练体系方面均作了新的尝试。

我们希望各地根据实际情况，认真组织试用，及时提出修改意见，使之不断完善和提高。

国家教育委员会职业技术教育司

1992年11月

前 言

1992年9月国家教委职教司召开了由北京、四川、江苏、广东、辽宁、山东、河南、福建、浙江、湖南、湖北、内蒙、天津、重庆、武汉、广州、济南等省市教委选派出的专业教师、教研员参加的全国职业高中电子电器专业教学研讨会议。这次会议审定通过了全国职业高中电子电器专业教学计划与部分专业课程教学大纲。《静电复印机原理与维修》就是根据通过的教学计划而编写的。全书编写中依据了劳动部及有关部门最新颁发的家用电子产品，家用电器中级工人技术等级标准。

自1938年10月22日卡尔逊(C. F. Carlson)和奥托·克奈(Otto. Kornei)协作研制出第一张静电复印品以来，复印技术一直得到人们的关注。

1963年在德国科隆召开的科学大会上首次推出和认定“复印技术”一词，并获得全世界的公认。

复印技术是20世纪中发展最快的技术之一。自70年代以来，微电子技术、计算机技术、光导纤维技术、传感器和遥感技术及数字显像和数字通信技术均达到一个较高水平。由于这些技术的发展，促使复印技术向数字化、智能化方向发展。复印机的功能日趋完善，必将促进信息社会的发展，加速经济和科学技术前进的步伐。

复印技术在高信息的时代里发挥着巨大作用，复印技术作为现代化科学管理技术的必然手段之一，在国家行政管理、科研、教育、国防建设、企业生产、贸易往来中，可准确无误、高效率地完成信息收集和处理、文件传真和传递、情报资料、档案图纸的快速录制和长期存储的工作。而且成本较低。

由于复印原理不同，不同型号复印机的结构亦有差异。其复印方法可分为：银盐复印、铬盐复印、铁盐复印、重氮复印、热熔复印、光致变色复印和静电复印、缩微照相复印、联网复印等方法。采用较为广泛的是银盐复印、重氮复印和静电复印法。

随着第三次技术革命大潮的涌现，复印技术的高速发展，给从事维修工作的人员带来了新的课题和要求，需要不断知识更新。复印机维修所涉及的技术面较大，提高复印技术理论基础和维修技术、技能是当务之急，为此，我们参考国内外有关文献、资料并结合自身教学和维修的体会编写了本书。本书主要结合实际介绍静电复印机的基本原理、使用方法和技巧，维修技术和经验。

静电复印机的原理、维修教学一般需要50课时左右，建议实验课占10课时，实验条件完备的单位，还可适当增加实验课时。

全书由姜有根（第一章第一至三节、第二章、第三章第十节）、苏永昌（第三章第一至九节）、石玉芳（第一章第四节、第四章、第五章）编写。王伦为本书的初稿做了校阅工作。姜有

根任主编。由陆柏明主审。

本书在编著过程中得到了北京职业技术教育中心教研部等多方面的支持，在这里向对本书的编写给以关心和帮助的刘志平、沈大林等各方面同志表示感谢。同时欢迎广大读者对书中不妥之处予以批评指正。

编者

1994年4月

目 录

第一章 复印技术概述 1	第十节 控制电路 65
第一节 复印技术简介 1	参考题 87
第二节 静电复印技术 3	第四章 静电复印机的选用、安装、
第三节 我国复印机行业的概况 4	使用和维护 88
第四节 静电复印机的发展趋势 5	第一节 静电复印机的选用 88
参考题 7	第二节 静电复印机的安装 96
第二章 静电复印原理 8	第三节 静电复印机的使用 99
第一节 静电复印技术的基础知识 8	第四节 静电复印机的日常维护和
第二节 几种重要的光导材料..... 13	定期保养 111
第三节 几种重要的静电复印法 17	参考题 115
参考题 25	第五章 静电复印机常见故障及
第三章 静电复印机的结构 26	维修方法 116
第一节 静电复印机的基本结构及	第一节 维修技术常识 116
技术性能 26	第二节 纸路故障及排除方法 135
第二节 晒鼓 28	第三节 图像质量类故障 144
第三节 充电装置 31	第四节 复印机自诊检测功能的运用 152
第四节 曝光装置 34	参考题 159
第五节 显影装置 42	附录一 复印机自诊模拟代码汇编 161
第六节 转印和分离装置 49	附录二 复印机技术名词英汉对照表 176
第七节 定影装置 53	附录三 理光 FT-4085 自诊程式 184
第八节 清洁装置 58	附录四 理光 FT-4085 维修检测要点 ... 194
第九节 输纸装置 61	

第一章 复印技术概述

静电复印机已经成为当代信息社会的重要支柱和传播媒介之一，全世界平均每 300 人就有一台复印机。我国复印机行业从 60 年代起步到今天，从科研生产到售后服务，已形成一个具有相当规模、结构完整的新兴行业。复印机已在我国各行各业得到广泛应用，成为四化建设中不可缺少的信息传递工具。

第一节 复印技术简介

复印技术是随着科学技术的发展而产生和发展起来的一门新技术。所谓“复印”，就是利用可见光（或非可见光）将原稿按确定的比例投射到光敏材料上，再经过相应的处理后得到原稿的复制品。早期的复印技术有多种，重要的几种如表 1-1 所示。其中应用较普遍的是银盐法和重氮法。表 1-2 中列出几种复印方法的原理及优缺点。

表 1-1 早期复印技术分类

复 印 法	分 支	光 敏 材 料
银盐法	扩散法	银盐涂层负像纸
	稳定法	
	染料转移法	
重氮法	干法	重氮化合物涂层纸
	湿法	
蓝图法		高价铁盐涂层纸
红外光法	直接法	单宁酸涂层纸
	转印法	

银盐法是从银盐照相法演变来的，使用的银盐涂层负像纸须经过两次复印才能得到正像。它有两个分支，包括银盐扩散法（图 1-1）和银盐稳定法。银盐扩散法的工艺过程是先将原稿与涂有卤化银层的负像纸相对紧贴在一起，用光从负像纸一侧进行照射 [图 1-1 (a)]，原稿的明区反射大量光线，使相对应的银盐层变黑；暗区反射光线很少，与之相对应的银盐不受影响。然后将负像纸与涂有胶体银和硫代硫酸钠的正像纸相对紧贴在一起，浸入显影液中，负像纸上未受光部分，为正像纸胶体银吸收而凝聚，形成黑色影像 [图 1-1 (b)]。显然这种方法的缺点是一张负像纸只能复制一张正像。而银盐稳定法的复印过程和照相基本相同，是用负像纸作为第二原稿对光敏纸进行曝光，再经过显影，得到正像复印件。在这种方法中，负像纸复印件可反复使用，一张负像纸能复制多张正像。银盐法复印的图像清晰而层次丰富，可复印任何种类的

原稿，它的复制品可作为重氮复印的原稿使用，复印设备结构简单，成本低廉，但是，所用的光敏纸成本高，操作复杂，复制速度慢，复制品不宜长期保存。

表 1-2 几种复印方法原理及优缺点

方 法	原 理	优 点	缺 点
银盐扩散	从银盐照相法演变而来，感光纸上涂有卤化银乳液，经曝光后，原稿上白色部分反射光，使银盐层析出黑色的银颗粒，原稿上黑色部分不反射光，所以形成负像；然后与涂有胶体银和硫代硫酸钠的正像纸，一起浸入显影剂中，其未受光部分，为胶体银吸收而凝聚，形成黑色影像	影像清晰度高，层次好；任何一种原稿都能复印；可制成二底图，做重氮法的底图；复印设备结构简单，价格低	贵重金属银的消耗量大，复印件成本高；复印速度慢，效率低；复印件不宜长期保存，日久发黄褪色
重 氮	涂有重氮盐的感光纸，见光分解，而未见光部分经强碱显影，重氮盐和偶联剂产生偶联反应，生成偶氮染料，形成图像。	由染料构成的图像，分辨率高；感光纸价廉，复印成本低；由于感光性能低，有无电源均能使用，可利用阳光进行工作；设备简单，易操作	原稿必须是半透明的；复印过程中，原稿易损伤；复印件不宜长期保存，日久会变色
热 敏	涂有焦性没食子酸和硬脂酸铁的感光纸，在高温下生成黑色	复印速度快，易操作；设备简单，造价低，单双面原稿均可复印	复印件质量差；受热后，复印件会变色；复印件成本高
静电复印	利用半导体的光电导效应，并结合照相原理，而形成的一种纯物理的复印技术	复印速度快，效率高；操作方便，性能可靠；复印件成本低；感光体可重复使用；复印质量好，易控制；复印件可长期保存	设备复杂，价格高；分辨率和层次不如银盐法

重氮法使用的光敏材料为重氮化合物。其原理如图 1-2 所示。复印时将底基透明的原稿放在有重氮化合物涂层的光敏纸上，并使之贴紧，用紫外线曝光，将曝光后的光敏纸用显影剂显像，

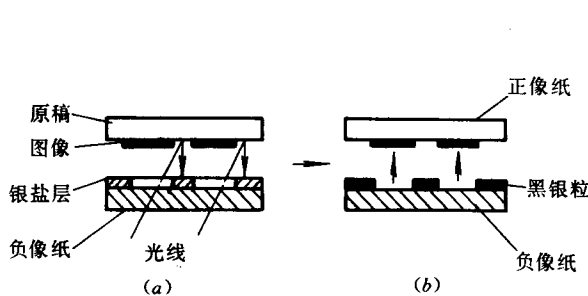


图 1-1 银盐扩散法复印原理

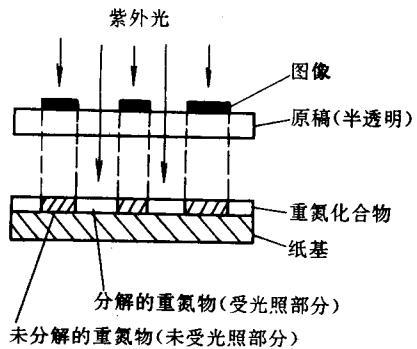


图 1-2 重氮法复印原理

见光处的重氮化合物因失效而不能与显影剂反应，未见光处（原稿的字迹、图像区）的重氮化合物与显影剂发生化学反应变成蓝色的染料而形成蓝色图像。重氮法复印，操作简便，复制品层次好，设备不复杂，可制成大型复印机，工程设计图纸至今仍多用此法晒图。其主要缺点是要求原稿透明度好，而且要有一定韧性，常用的硫酸纸底稿，无法进行大批量复印。

第二节 静电复印技术

静电复印法是利用“静电摄影”原理复制出复印品的。利用此原理制成的静电复印机的发展大致可分为三个阶段。

1938年~1960年，这是从原理的发明到商业复印机出现的阶段。

1935年美国物理学家卡尔逊（C·F·Carlson）和他的助手开始在实验室里探索静电复制法，1938年10月22日获得成功。他们利用涂硫的锌板作为感光板，在暗室中用手帕摩擦硫薄膜表面使之带电，然后把写有文字的玻璃板遮在感光板前面，用白炽灯进行曝光，形成静电潜像，再用石松子粉作为显影粉撒在感光板上，吹去多余的粉，玻璃板上的文字就以黑粉像的形式在感光板上显现出来，他们又用蜡纸覆在感光板上，经过加热加压，使粉像转印到蜡纸上，世界上第一张静电复印品诞生了。在以后的12年中，由于硒及其它光敏材料的出现，电晕充电、转印技术的应用，显影方法的不断改进，促进了静电复印技术的发展。1950年，美国施乐公司（当时叫哈洛伊德公司）制成了世界上第一台用手工操作的平板式硒静电复印机。它的感光板是在铝基平板上镀一层硒膜制成，称为硒板，它的复印过程依次由充电、曝光、显影、转印、消电、固化、清洁等工序组成。1954年，用转鼓式静电复印机代替了平板式静电复印机，其关键就是把多项工序依次间隔作业法改为多项工序同时连续作业法，这一改革，为提高复印速度开辟了道路，从而出现了机械化、自动化水平很高的高速转鼓式静电复印机。1960年，美国施乐公司又首次推出了Xerox914型办公自动化复印机。

1961年~1980年，这是静电复印机大发展阶段。这个时期的主要特点是复印机的生产和销售都出现了高速度的增长；复印机的品种发展快、变化大。市场的需求和激烈的竞争，促进了新技术不断出现。

1980年至今，这个时期的主要特点是世界复印机市场趋于成熟化，主要表现在生产增长速度放慢，产品朝着小型化（或超小型化）、多功能化、彩色化和数字化方向发展。

目前，最小的A4幅面的复印机的重量只有10千克（数字式的仅有6千克），无级变倍功能已在分速15张以上的复印机中普及，多功能（包括扩大的编辑功能）已成为复印机的主流。彩色化的发展使复印机突破了传统黑白复印的框框，双色、三色复印功能也越来越多地出现在中、高档彩色复印机中。彩色复印机近十年来发展尤为突出，其复印效果已达到以假乱真的程度。

静电复印机按其使用的纸张性质的不同，可分为特殊感光纸复印机和普通纸复印机两类。特殊感光纸复印机是将原稿图像直接复印在光敏半导体材料涂层纸上，称为直接法复印。目前很普及的普通纸复印机则是利用转印方法在普通纸上复印出原稿的图像，称为间接法复印。间接

法复印机的感光体可以反复使用(几万次~十几万次),复印品用普通纸,这就大大降低了成本,因此,虽然静电复印机(都属于间接法复印机)结构复杂,价格很高,但却具有复印速度快、效率高、操作方便、性能可靠、复印质量好、易控制、复印品可长期保存、总核算成本较低等诸多优点,所以静电复印机在很短的时间得到迅速发展和广泛应用。

第三节 我国复印机行业的概况

我国静电复印技术的研究开始于60年代初期,当时国内的一些科研单位就已经在从事静电复印方法和静电材料方面的研究工作。1966年初,国家科委复印技术研究所(现改名为机械电子工业部天津复印技术研究所)成立,它的主要任务是从事复印技术和复印设备(包括现代办公设备)的基础理论研究及新材料、新产品的开发和研制。同时它也是负责我国复印机行业工作(标准化和情报等方面)的归口研究所。在这期间,我国的一些地区的工厂也开始了复印机的试制工作。60年代末70年代初,天津和上海相继试制成功我国最早的1:1带缩微、放大功能的复印机和A0幅面的工程图纸复印机。从70年代中期到80年代中期,我国很多地区都开展了复印机的试制和生产,前后投放市场的复印机大约有20多种,但这远不能满足国民经济对复印技术的需要,与世界先进水平相比,差距很大。为了尽快改变这一落后状态,于1978年9月在武汉市召开全国复印工业科研座谈会,会上除对感光 and 显影的材料作了定点生产部署外,还确定了主机生产与配套零部件生产之间的专业协作关系。1980年6月在天津召开第一届全国复印技术讨论会,这次会议是对我国20年来复印科研以及复印工业成果的一次大检阅,对我国复印技术的发展起到了积极的推动作用。从80年代中期开始,各地陆续从国外引进了先进的复印技术,其中包括复印机整机及部件装配生产线。到目前为止,我国已形成生产能力的主要静电复印机生产厂家已有七家,生产复印机品种约20余种,投入安装、使用的总数已超过10万台,这些复印机绝大部分具有80年代世界先进水平,复印速度为15~50张/分,并且具有多种先进功能。在引进整机及部件装配生产线的同时,为了提高整机的国产化率,又陆续引进了相应配套材料和关键部件的生产技术和生产线,并在天津复印技术研究所内建立了国家复印机质量监督检验测试中心,负责对各复印机厂生产的各种型号复印机和配套材料定期进行质量检验和产品等级评定。

各复印机生产厂在保证产品质量、发展生产、满足市场需求的同时,非常重视售后服务业务,在商业系统的协同下,已基本形成了全国性的维修服务网点,并举办各种形式的技术培训班,向广大复印机用户提供优质服务。

复印机作为一种先进的图文信息复制工具,在改善办公条件、提高办公效率方面起着重大作用,它已和其它办公自动化设备组成一体化办公系统,成为现代化办公必不可少的设备。科学技术和国民经济的发展,必将促使现代复印技术的进一步普及与提高,使之得到更广泛的推广和应用。

第四节 静电复印机的发展趋势

世界复印机工业已经有 30 多年的历史，目前它的年产量已达到 300 多万台，工业发达国家平均每 50 人一台复印机。每年用复印机复印的张数在一万亿张以上。复印机新品种开发的速度越来越快，包括手持式、个人用、普及型、标准型、中级型、高级型、高速型、超高速型、全彩色、大幅面以及数字式复印机等，当今的复印机市场可以说是琳琅满目，五彩缤纷，应有尽有。因此可以说，世界复印机工业已进入高度成熟、羽毛丰满的时期。我国复印机工业发展至今，已 20 多年的历史，占领市场的产品主要是引进产品。到 1985 年底为止，有 11 家工厂从国外 9 家企业以散件组装方式进口了 22 种机型。随着改革开放的不断深入，经济建设进一步搞活，复印机市场继续呈现增长趋势。全国各复印机厂家生产的复印机机型种类越来越多，每年大致以 3 万台左右的数量递增，复印机已成为我国发展办公自动化的重要产品之一。现将静电复印机的发展趋势作一简单介绍。

一、多功能和高性能

随着复印技术自身的发展并汲取了其它学科的先进技术（如半导体技术、传感器技术等），办公用复印机的发展趋向于多功能和高性能。许多功能，如无级变倍、自动曝光、自动倍率选择、自动用纸尺寸选择等，都将成为办公室复印机的标准功能。自动双色变换、“双页连印”、消框（消除周围黑影）、除影（消除复印书本、杂志时中央的阴影）、“取出”和“删除”等功能越来越多地出现于中、低档复印机中。而编辑功能，最初只用于原稿中局部图文的“取出”和“删除”功能。现在静电复印机编辑功能已扩大到包括“取出”、“删除”、“左、右移位”、“移中”、“消除四周黑框和中央黑影”、“操作记忆顺序”、“缩放编辑”、“对角二点取出方法”、“合成”等功能在内的许多新功能。由于编辑功能的发展，使办公用静电复印机的效能大大增加，使办公用复印机由单纯的复印工具向加工、编辑的方向发展。例如比较普及的小巧的 NP-3525 复印机，不仅有许多特殊的编辑功能，还有自动双色套印功能，两个内藏式显影器，可以使黑色和其它颜色相配合，用控制面板上的按键进行两种颜色的套印。自动色彩变换功能，采用区域固定方式，可以规定对齐和遮光，6 种不同的复印规格可以使用彩色变换选择复印键进行选择。可以复印两种颜色，在某个区域以一种颜色加重着色，而复印品其余部分着以黑色。自动双面复印功能，即带有翻面器，可在复印过程中自动进行双面复印；能够连续自动双面复印达 30 张。

二、数字化

数字式激光印字机是激光技术、数字化技术与复印技术相结合的产物。光电耦合器件（CCD）的问世，为复印过程数字化打下了基础。日本 Canon 公司推出的世界第一台数字复印机 NP-9030，它将原稿转变为数字信号，再将数字信号变为图像并复印在普通纸上。NP-9330 智能复印机是继 NP-9030 数字式复印机之后的又一次新的尝试。与 NP-9030 相同，该机仍采用 CCD 扫描原稿，它将数字处理技术和激光印字系统相结合的方式，采用无定型硒感光鼓和单组份跳

跃显影技术,获得每毫米 250 画素的高解像力。复印速度 31 张/分,变倍范围 35~800% (9030 为 35~400%),同时具有更高的智能和编辑功能。数字式复印机在图像质量上和各种功能方面都标志着复印技术发展到了新的阶段,预示着下一代复印机的功能。可以预料,到 2000 年,数字激光复印机将以更快的速度发展,应用范围将更加广泛。它把复印机传统的模拟过程变为数字化过程,除了作为多功能的复印机外,还可以作为电子计算机终端、文件编辑终端、传真复印机输出终端、缩微胶片复印机终端等,这是一种功能极为丰富的办公自动化设备,具有较好的发展前途。

三、彩色化

静电复印机彩色化的趋势在近年来表现尤为明显。由于信息媒体的丰富多彩,彩色复印日益增多,导致彩色复印技术的社会需求。所谓“彩色化”既包括单色、也包括双色和彩色功能的发展和普及。通过更换不同颜色的显影器选择单色复印的复印机已经得到普及,彩色色调剂的品种现已达十几种。双色功能是指机内装有两个单色显影器,利用开关操作或者选择按键来实现单双色变换。有一些机型双色功能与编辑功能结合使用,使原稿的突出和重点部分如标题、重点文字段落等在复印品上被复印成彩色。彩色复印是指一次送纸而能获得彩色原稿复印品的自动彩色复印功能。实现全彩色通常有 4 种方法:

1. 银盐照相法;
2. 电子照相法;
3. 热转印法;
4. 喷墨方法。

数字复印机能较容易对彩色再现进行调节,可得到较好的彩色复印品。近年来,美国和日本彩色复印机市场活跃。有人预测,21 世纪是国际信息技术彩色化的全盛时期。作为信息技术重要工具之一的彩色复印机也必将活跃在其中。

四、大幅面工程复印机

工程图纸复印机由于其快速、无差错,免去了描图、描校等繁复的工序,可直接复制二底图等一系列优点,现已成为建筑设计、大型厂矿企业等许多行业不可少的复制工具。FS20B1 工程图纸复印机和 TF-4000 工程图纸复印机是我国自行研制的产品,所有部件和原材料均为国产。该机性能可靠,复印品质量好、稳定,可与进口机型的复印品相媲美。这说明我国大幅面工程复印机的制造水平正在接近国际先进水平。美国、日本等先进国家的大幅面工程复印机新产品的开发速度正在加快,反映了在工程图纸复印领域激烈的竞争。

五、光导材料的发展趋势

在目前使用的硒合金、硫化镉、有机光导体等光导材料中,硒合金光导技术比较成熟,由于硒合金具有较理想的“电摄影”性能,而且国外镀膜设备比较先进,工艺水平较高,硒合金光导体仍占主导地位。由于在生产硫化镉工艺中“三废”处理困难,其发展受到了一定程度上

的限制，故此硫化镉感光鼓的应用趋于减少。OPC 有机光导体由于采用功能分离型结构，感度和寿命大大提高。有机光导体的新型感光鼓无毒、原料资源丰富、成本低、易加工成形，近年来得到迅速发展，在不久的将来会成为占主导地位的光导体。无定形硅感光体由于无毒、寿命长，灵敏度高、光谱响应宽，可以应用于激光复印机中，它是一种新型的富于生命力的感光材料，在技术上将逐步趋于成熟，可在特殊要求的复印机中使用。

六、复印显影技术发展趋势

在显影方式方面，瀑布显影已被淘汰，液干式显影方式的应用显著减少，双组份显影剂仍占主导地位，单组份显影剂具有许多优点，有很好的发展前途，今后还需进一步提高性能，使之占有主导地位。

参考题

1. 静电复印技术与早期复印技术的共同点及区别是什么？
2. 静电复印机发展主要经历了哪几个阶段？
3. 静电复印机有哪些突出的优点？
4. 静电复印机的发展趋势。

第二章 静电复印原理

静电复印是静电摄影技术的应用，它与前述其它复印技术的本质区别在于它是一个纯物理过程，是把光电导和静电两个根本不相干的物理现象结合在一起的崭新的摄影方法。一台现代静电复印机，它涉及机械、电子、光学、静电摄影、微型计算机控制和传感技术等多种学科，这些学科的综合应用决定着静电复印机性能的优劣、效率高低、质量好坏，所以，要使用、维护好静电复印机，使之更好地发挥作用，就必须对这些主要原理有一个初步的了解。

第一节 静电复印技术的基础知识

一、半导体物理知识

静电复印是静电摄影原理的重要应用，它的核心是利用半导体光电导特性制成的感光部件，通常称其为光导体，又因其多制成鼓状，所以又称为感光鼓。

自然界中的物质按导电能力可分为导体、半导体和绝缘体三大类。物质的导电能力可用电阻率衡量，电阻率越小导电能力越强。在物理学中电阻率的单位是欧姆·米，简称欧·米，记作 $\Omega \cdot m$ 。导体的电阻率在 $10^{-6}\Omega \cdot m$ 以下，绝缘体的电阻率在 $10^8\Omega \cdot m$ 以上，半导体的电阻率介于两者之间，为 $10^{-5} \sim 10^7\Omega \cdot m$ 。

任何物质都是由分子组成的，分子是由原子组成，原子由原子核和围绕原子核运动的电子组成，原子核由质子和中子组成。电子带负电，质子带正电，两种粒子所带电量相等，一个电子所带电荷目前被认为是自然界中最小的电量，中子不带电。核电荷数相同的原子统称为一种元素。正常的原子是中性的，它的核外电子数与核内质子数相等，对外不显电性。电子围绕原子核运动，其到原子核的距离并不是任意的，只能取一些允许值，每一个值代表一个电子所处的一条轨道，这些轨道也不是均匀分布的，而是分别集中在几个壳层之中。这些壳层中可能的轨道数（即电子数）也是不一样的，最靠近原子核的称为K壳层，只有两条可能的轨道，最多容纳两个电子，它外边是C壳层，有8条可能的轨道，第三层为M壳层，有18条可能的轨道，……。原子的最外一个壳层称为价电子层，其中的电子称为价电子，这一壳层中可能的电子轨道数不超过8个，即价电子数目不超过8个（K壳层为最外层时价电子数不超过两个）。有1个价电子的元素称做1价元素，有2个价电子的元素称做2价元素，……有7个价电子的元素称做7价元素，有8个价电子（只有K壳层的有两个价电子）的元素化学性能十分稳定，很难与其它元素发生化学反应生成化合物，称为惰性元素。

在常温下，半体的价电子几乎全部成为自由电子，绝缘体则近乎于没有价电子成为自由电子，半导体中只有一部分价电子成为自由电子。由于导体中有大量的自由电子，因此导电能力

强；由于绝缘体中基本上没有自由电子，因此基本上不导电；半导体中自由电子数目比导体少，比绝缘体多，因此导电能力介乎导体和绝缘体之间。

半导体又分为本征半导体和掺杂半导体，它们的导电机制是不同的。本征半导体由同种元素的原子组成，各原子之间靠共价键相结合。以半导体硅为例，它的原子有三个壳层、4个价电子 [图 2-1 (a)]，“·”表示价电子，其各原子之间的价电子是共用的，也就是每一个价电子同时属于两个相邻的原子，这种共用价电子的结构形成共价键 [图 2-1 (b)]。由图 2-1 (a) 可以看出，每一个硅原子的价电子壳层中的电子数已增加到 8 个，达到稳定状态。

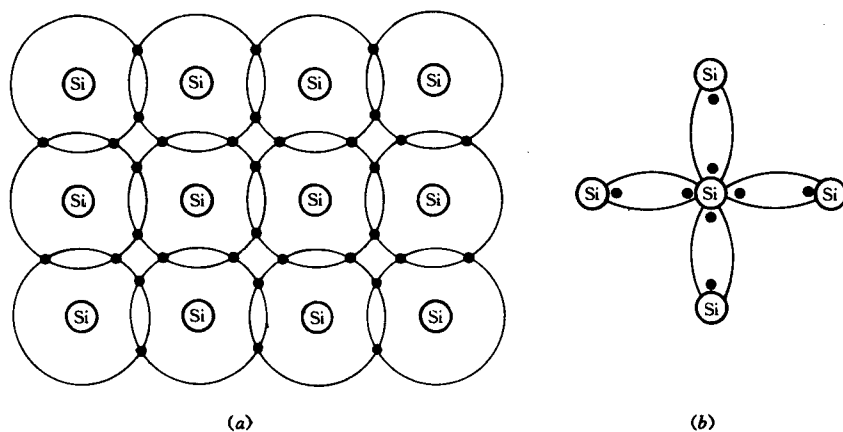


图 2-1 硅晶体中共价键

(a) 共用价电子形成共价键

(b) 共价键的图示

本征半导体中的自由电子是由少数价电子获得外来热能而挣脱原子核的束缚形成的，同时在价电子层中出现相同数量的“空穴” (图 2-2)，这个过程称做热激发。显然在本征半导体中，自由电子和空穴是成对出现的，称做电子空穴对。

物理学中规定正电荷移动的方向为电流方向。在电场作用下，自由电子逆着电场方向定向移动，空穴则顺着电场方向定向移位。携带电荷定向移动形成电流的粒子称为载流子。绝缘体中基本上没有载流子，导体中只有自由电子一种载流子。半导体中有两种载流子：自由电子和空穴，能形成两种电流：电子电流和空穴电流。当然，这两种载流子中只有电子可以自由移动，所以这两种电流在本质上是一样的，只不过电子电流由自由电子的定向移动形成，空穴电流靠非自由电子的定向移动去依次填充空穴，使空穴位置表现出形式上的定向移动。

在本征半导体中有选择地掺入其它元素形成掺杂半导体。掺杂后，电子为多数载流子的半导体称为 N 型半导体；空穴为多数载流子的半导体称为 P 型半导体。无论 N 型半导体还是 P 型半导体，内部正负电荷的总量还是相同的。自然界中绝对纯净的本征半导体是没有的。

半导体的重要物理性质在于它的导电能力在一定条件下会发生明显变化。半导体受到光照后其载流子浓度增加、电阻率下降、导电能力增强的现象称为光电导。静电复印技术所需要的

就是光电导特性良好的半导体材料，现代静电复印机上普遍应用的硒、氧化锌、硫化镉、有机光导体等都是较理想的光电导材料。

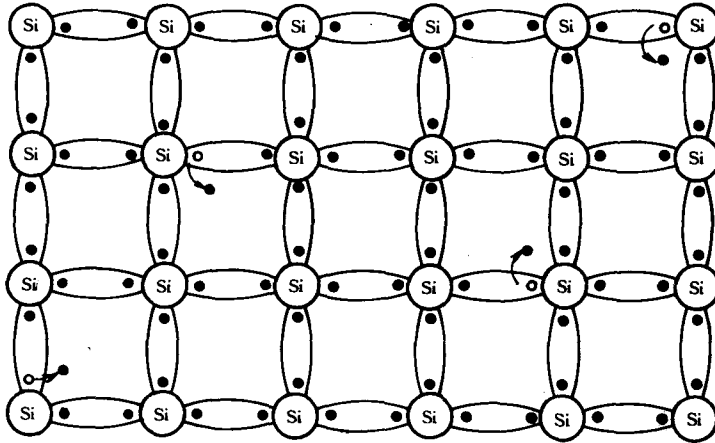
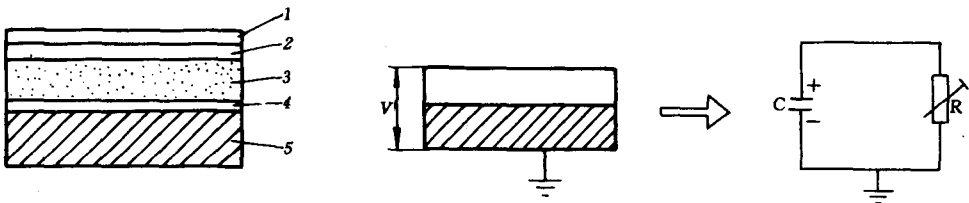


图 2-2 单晶硅中电子空穴对

静电复印机所用的光导体，是在导电基体（铝箔、铝板、铝筒或其它金属材料）上，直接涂敷或真空蒸镀一薄层光电导材料，其微观结构如图 2-3 (a) 所示。[图 2-3 (b)] 为光导体的等效电路。不同材料构成的光导体其性能也不同，把具有整流性能的感光薄层叫做“卡尔逊层”，有内极化性能的感光薄层叫做 PIP 层。目前的静电复印机的感光体表层都属于“卡尔逊层”。不同的感光材料的整流方向也不同，如硒是 P 型半导体，表面只能沉积正电荷，这是因为对光导层表面充正电荷，在光导层与基体界面处就会感应出等量的负电荷，在 P 型半导体中，负电荷不能移动，因此光导层表面的正电荷与界面上的负电荷只能相互吸引，而不会中和。若对



(a) 光导体的微观结构

(b) 光导体的等效电路

图 2-3

1—上阻挡层 2—光导层 3—传输层 4—下阻挡层 5—导电基体

其充负电荷，则在光导层与基体界面处感应出正电荷，P 型半导体的主要载流子是空穴，自由移动较容易，通过空穴的移动，使界面上的正电荷不断与光导层表面的负电荷中和 [这种移动称为“注入”，使光导层表面电压不能达到所需要的数值，(图 2-4)] 这种只允许一种极性的电流