

# 各种感光成象方法

(英) 库尔特. I. 雅各布森 著  
拉尔夫. E. 雅各布森

印刷工业出版社

# 各种感光成象方法

[英] 库尔特·I·雅各布森  
拉尔夫·E·雅各布森

沈斌仁 译

印刷工业出版社

## 内 容 提 要

本书作者从四百七十余项专利和文献中，摘引了约五百位科学家关于各种感光成象原理和过程的论述。内容比较广泛。

虽然由于商业上技术保密的缘故，书中未能一一列举具体配方和操作步骤，但仍向读者提供了一幅幅比较清晰的草图，展现了各种感光成象方法的概貌。

本书适合于从事印刷业照相制版方面工作的科技人员、印刷院校有关师生及从事摄影方面工作的人员阅读。

## 各种感光成象方法

〔英〕 库尔特·I·雅各布森  
拉尔夫·E·雅各布森  
沈斌仁 译

印刷工业出版社出版

（北京复外羊靛殿2号）

北京第二新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米1/32 印张：10 4/32 字数：264千字

1985年11月 第一版第一次印刷

印数：1—5,000 定价：2.85元

统一书号：15266·028

## 前 言

本书作者库尔特·I·雅各布森是哲学博士、英国皇家摄影学会会员；拉尔夫·E·雅各布森是理科硕士、哲学博士、英国皇家化学学会会员。他们合著的这本书阐述了常规的卤化银和非卤化银各种感光成象方法。他们摘引了约五百位科学家在四百七十七项专利或其他文献中所叙述的内容，介绍了各种成象方法的原理和过程。虽然由于专利和商业上技术保密的缘故，书中不可能一一列举具体配方和做法，但仍向读者提供了一幅幅比较清晰的草图，展现了各种感光成象方法的概貌。

读者可以看到，虽然书中有的感光成象方法，如无机体系尚在实验阶段，离实际应用还早；然而书中提到的大多数感光成象方法却已经得到应用的实例。除了久已为人们所熟悉的卤化银黑白成象方法和彩色成象方法以外，近年来还有一些方法也陆续在国内出现。例如第3.3节的染料漂白法；第4.1节的银盐扩散法（一次成象法）；第9.5节的重氮微泡法；第10.1.2节的羰基化合物的光引发、光聚合法（固体树脂版）；第12.1节的静电照相法等。本书向读者提供的素材如能对于感光成象方法的试验研究工作有所帮助，则是我所期望的。

原书书末附有专用名词索引和文献作者索引，每章末附有参考文献与作者姓名，这两处本书略去了，需要查阅的读者可以从原书查找。

译者

# 目 录

绪论	(1)
第一章 成象体系	(3)
1.1 卤化银晶体内电子的激发	(6)
1.2 原子和分子的受激态	(8)
1.3 光化学效应	(9)
1.4 成象的效率	(10)
第二章 卤化银体系	(13)
2.1 卤化银体系的原理	(13)
2.2 照相乳剂的制备	(14)
2.2.1 沉淀	(14)
2.2.2 物理成熟	(15)
2.2.3 凝固和水洗	(16)
2.2.4 后成熟(化学增感)	(17)
2.3 乳剂成分	(19)
2.3.1 卤化银	(19)
2.3.2 明胶和其他保护胶体	(21)
2.3.3 物理成熟的加速剂	(24)
2.3.4 物理成熟的阻滞剂	(25)
2.3.5 化学增感	(25)
2.3.6 稳定剂	(27)
2.3.7 光谱增感	(28)
2.3.8 涂布添加剂	(31)
2.4 溴化银蒸发薄膜	(31)
2.5 常规的卤化银体系	(33)
2.5.1 显影的历程	(33)
2.5.2 显影的化学	(35)

2.5.3	典型显影液的成分 .....	(40)
2.5.4	定影和稳定 .....	(41)
2.5.5	漂白(银的除去).....	(41)
2.6	以非常规潜影化学为基础的成象体系 .....	(42)
2.6.1	曝光过度作用 .....	(42)
2.6.2	赫歇尔效应 .....	(42)
2.6.3	光增溶溶解 .....	(43)
2.6.4	印相纸 .....	(47)
2.6.5	光显影 .....	(47)
2.6.6	光显影和热稳定 .....	(50)
<b>第三章</b>	<b>常规的卤化银彩色体系.....</b>	<b>(51)</b>
3.1	彩色体系 .....	(51)
3.1.1	彩色负片—正片体系:负片 .....	(52)
3.1.2	彩色负片—正片体系:正片.....	(56)
3.1.3	彩色反转体系 .....	(58)
3.2	黑白影象转变为彩色影象 .....	(60)
3.2.1	初级彩色显影 .....	(60)
3.2.2	二级彩色显影 .....	(61)
3.2.3	成色剂 .....	(64)
3.2.4	银的除去 .....	(71)
3.3	用银影破坏染料(染料漂白法).....	(72)
3.4	用调色法转变银影 .....	(75)
3.5	用吸收法形成影象 .....	(76)
3.6	染料—明胶转移法 .....	(79)
<b>第四章</b>	<b>扩散转印体系.....</b>	<b>(80)</b>
4.1	银盐扩散体系 .....	(80)
4.1.1	扩散转印逆转体系举例 .....	(83)
4.2	染料转移体系 .....	(86)
4.2.1	染料显影剂 .....	(86)

4.2.2	能释出可扩散染料的偶合剂 .....	(94)
4.2.3	偶合染料 .....	(97)
4.2.4	无色染料显影剂 .....	(98)
<b>第五章 以非常规法为基础的体系</b> .....		(99)
5.1	赛伯梯效应 .....	(99)
5.2	腐蚀——漂白法 .....	(100)
5.3	物理化学混合显影法 .....	(101)
5.3.1	等密度胶片 .....	(101)
5.3.2	单浴 .....	(104)
5.4	物理显影体系 .....	(104)
5.4.1	艾塔克法 .....	(106)
5.4.2	菲利浦物理显影体系 .....	(109)
5.4.3	P-4法 .....	(112)
5.4.4	加钡的铁化合物 .....	(113)
5.4.5	物理显影体系的应用 .....	(115)
5.5	活化——稳定 .....	(117)
5.6	起始显影的增溶溶解 (SID) .....	(117)
5.7	卤化银干法体系 .....	(119)
5.7.1	干银法 .....	(119)
5.7.2	半干法 .....	(120)
<b>第六章 无机体系</b> .....		(122)
6.1	非卤化物的银盐体系 .....	(122)
6.2	非银的无机物体系 .....	(123)
6.2.1	铁化合物 .....	(123)
6.2.2	铜化合物 .....	(125)
6.2.3	重铬酸盐胶体 .....	(125)
6.2.4	卤化钡 .....	(127)
6.2.5	卤化铈 .....	(130)
6.2.6	硫属化物 .....	(130)

6.2.7 汞化合物	(132)
<b>第七章 热印体系</b>	(134)
7.1 热印法	(134)
7.2 感光热印法	(138)
7.2.1 用无机草酸盐的感光热印法	(138)
7.2.2 氧化铅感光热印体系	(140)
7.3 热——不溶法	(140)
<b>第八章 光致变色体系</b>	(141)
8.1 光致变色现象	(141)
8.2 三重激发态的形成	(144)
8.3 离解为离子(异种溶解分裂)	(144)
8.4 离解为自由基(同种溶解分裂)	(147)
8.5 顺-反异构化	(147)
8.6 互变现象(分子内部的氢原子转移)	(148)
8.7 氧化还原体系	(149)
8.8 光致变色聚合物	(150)
8.9 无机光致变色化合物	(151)
8.10 光致变色影象的定影	(153)
8.11 光致变色体系在成象方面的应用	(156)
8.11.1 光致变色缩微成象体系	(156)
8.11.2 光致变色蒙版	(157)
8.11.3 光致变色体系的其他成象应用	(157)
<b>第九章 重氮体系</b>	(158)
9.1 重氮成象体系	(161)
9.1.1 重氮型印相法	(162)
9.1.2 一种成分和两种成分的重氮型原料	(164)
9.2 重氮磺酸盐	(167)
9.3 自动偶合	(170)
9.4 氧化	(170)



9.5	微泡体系	(171)
9.6	重氮接受层	(174)
9.7	重氮凸纹影象	(175)
9.8	金属重氮化合物法	(181)
9.9	重氮热印体系	(181)
9.10	重氮体系的应用	(181)
<b>第十章</b>	<b>聚合体系</b>	<b>(183)</b>
10.1	光聚合作用	(183)
10.1.1	光引发	(186)
10.1.2	羰基化合物的光引发	(188)
10.1.3	重氮化合物的光引发	(190)
10.1.4	有机硫化物与过氧化物的光引发	(191)
10.1.5	铁化合物用过氧化物显影剂的光引发	(191)
10.1.6	卤化银的光引发	(193)
10.1.7	卤代烷属烃的光引发	(195)
10.1.8	染料增感反应的光引发	(197)
10.1.9	抑制	(201)
10.2	光电解聚合	(202)
10.3	光聚影象的定影	(204)
10.3.1	光的活化与光的钝化	(204)
10.4	量子的产生与光聚作用的有效感光性	(206)
10.5	光致交联与光增感聚合物	(207)
10.6	光聚物的应用	(213)
10.6.1	光聚物印版	(214)
10.6.2	光聚物胶片抗蚀膜	(215)
10.6.3	转印体系	(216)
10.6.4	光致粘附形成影象	(217)
10.6.5	为全息照相记录用的光聚物	(219)
10.6.6	快速存取显示	(220)

10.6.7 以分散光聚作用为基础的彩色印刷体系 .....	(222)
10.6.8 光聚物的其他成象应用 .....	(226)
<b>第十一章 有机成色和漂白体系 .....</b>	<b>(227)</b>
11.1 成色体系 .....	(227)
11.1.1 有机卤素化合物 .....	(227)
11.1.2 芳香胺——卤代烷属烃体系 .....	(230)
11.1.3 吡啶——卤代烷属烃体系 .....	(233)
11.1.4 苯乙烯染料基——卤代烷属烃体系 .....	(234)
11.1.5 菁染料基——卤代烷属烃体系 .....	(237)
11.1.6 无色结晶紫——卤代烷属烃体系 .....	(240)
11.1.7 聚合的酮——卤代烷属烃体系 .....	(243)
11.1.8 糠醛衍生物——芳香族伯胺——碘仿体系 .....	(244)
11.1.9 N-乙烯化合物——卤代烷体系 .....	(246)
11.1.10 芳香胺——卤代砷体系 .....	(248)
11.2 硝酮体系 .....	(249)
11.3 无色染料体系 .....	(250)
11.4 彩色漂白体系 .....	(257)
11.4.1 稳定的自由基 .....	(257)
11.4.2 染料的光致还原与光致氧化 .....	(259)
11.5 液晶体系 .....	(263)
11.6 光致荧光体系 .....	(266)
11.7 成色和漂白体系的应用 .....	(267)
<b>第十二章 电子照相体系 .....</b>	<b>(269)</b>
12.1 静电复印体系 .....	(272)
12.1.1 光电导材料 .....	(276)
12.1.2 硒感光版 .....	(278)
12.1.3 无机颜料粘合剂光电导体 .....	(279)

12.1.4	有机光电导体 .....	(281)
12.2	持久内部极化体系 .....	(283)
12.3	持久导电体系 .....	(287)
12.4	迁移成象体系 .....	(289)
12.5	塑料变形成象体系 .....	(291)
12.5.1	油膜 .....	(292)
12.5.2	热塑塑料记录 .....	(292)
12.5.3	磨砂变形 .....	(293)
12.5.4	电荷转移法 .....	(294)
12.5.5	应用热塑光电介质的方法(光致变化法) ..	(296)
12.6	光电泳体系 .....	(297)
12.7	电热印体系 .....	(298)
12.8	光电解体系 .....	(299)
12.8.1	光电解聚合体系 .....	(299)
12.8.2	无色染料的光电解体系 .....	(301)
12.8.3	以电解和化学显影为基础形成影象 .....	(303)
12.9	彩色电子照相体系 .....	(305)
12.10	各种可控磁场体系 .....	(308)
12.10.1	磷光体介电常数中的变化 .....	(308)
12.10.2	半导体氧化物的光致还原 .....	(309)
12.10.3	颜色中心的熄灭 .....	(310)
12.10.4	催化体系 .....	(311)
12.11	电发光体系 .....	(311)
12.12	电子照相体系的应用 .....	(312)

## 绪 论

感光成象在我们日常生活的许多方面起着巨大的和重要的作用。书籍、报纸和纺织品的生产都离不开它们，而电子工业更建立在用感光成象方法制作印刷集成电路的基础上。感光成象除了在照相、电影和电视方面明显地得到应用以外，在信息的储存与输送，文件复制和象 X 射线这样不可见的辐射的记录方面也得到应用。在本书中我们试图叙述与阐明从常规的（卤化银）到非常规的或新的不以卤化银为基础的各种感光成象方法。

虽然以卤化银为基础的感光成象方法，自从1830年代塔尔波特（Talbot）发明负片——正片照相机以来一直为人们所应用，但从那时起也发明了许多别的感光成象方法。事实上1826年倪斯（Niepce）所制做的第一张相就不是以卤化银为基础，如果换在今天，也会被称为新的或非常规的成象法。感光成象常常单独与卤化银联系起来，许多书上忽视了非银成象法。卤化银在照相方面依旧广为应用，但在其他许多方面已被别的方法所取代。

目前卤化银体系几乎应用于任何感光成象法，它的潜力很大。因为卤化银具有如下的特性：宽范围的光谱感光性（从 X 射线到红外线），可以有选择地对特定的光谱部分感光因而可复制彩色，极大的感光度和高度的解象力，以及银可以回收与重复使用。卤化银也有它的局限性，其用途越来越局限于常规照相方面。举例来说，翻拍文件以前用卤化银照相机，但现在许多商业上用静电复印机就可以完成。卤化银材料又用于显微照相，但现在重氮体系也广为应用在这方面。

过去多种非银体系感光度较低对许多成象实用来说是不利的，但现在由于发明了新的强光源而改变了这种情况。本书提到的许多非银体系还具有形成实际上无颗粒性影象的优点。再者虽

然对卤化银的干法过程有了一些成功的尝试，但为了得到影象通常还需要麻烦地用溶液几次进行处理，而许多非银体系却不需要这样的处理。

更有甚者，在可能发生核意外事件、核战争或为开矿而应用核爆炸时存在着一种危险——我们希望危险程度不大——就是卤化银体系会由于对离子辐射的敏感而受到重大的损害，例如在射线照相中那样。

为特殊的成象目的现在已经应用并且发展了许多非银成象体系，其中多数在本书中讲到。如果要把所有可能应用的可以想象的体系都详细叙述的话，这工作对我们来说是几乎无法完成的，而这本书也将篇幅过于冗长。因此我们略去了已在许多专题论文中广泛论述的、已为人们所应用的卤化银体系的多种使用的细节。我们在后几章关于非银体系的论述中列举了做法和用途实例。一般说来，我们集中注意那些依靠各种物理和化学现象进行的许多不同的感光成象方法的历程。

# 第一章 成 象 体 系

今天在许多工艺领域中，讲到某种体系的概念是很平常的了，例如医学射线照相法、文件复制法等照相体系就是这样。聂加 (Nitka) 在 1966 年曾下定义说，一种照相体系包括一个辐射源，一个需要记录的对象，一个接受者或一个记录媒介。

在多数情况下记录媒介的成象特性是决定因素，它对这个体系其他部分起决定作用。已经研制了依靠吸收辐射而引起广泛的化学或物理变化的成象体系，其基本步骤如图 1.1。

光成象体系可分为五大类，如图 1.2 所示，即：照相的；光化学的；光热印的；光电印的；电视的。

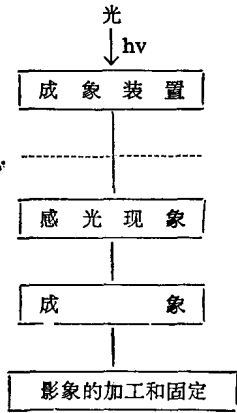


图 1.1 基本的光成象体系

以上每一类中都有几种在商业上常用的体系，其数目还在快速增长，不单是这几类，还有一些具有良好前景的混合体系。

这些发明中大多数的主要目的是：(1) 提高卤化银体系现在的感光度。这个问题现在由于某些光电子体系已经在这方面比

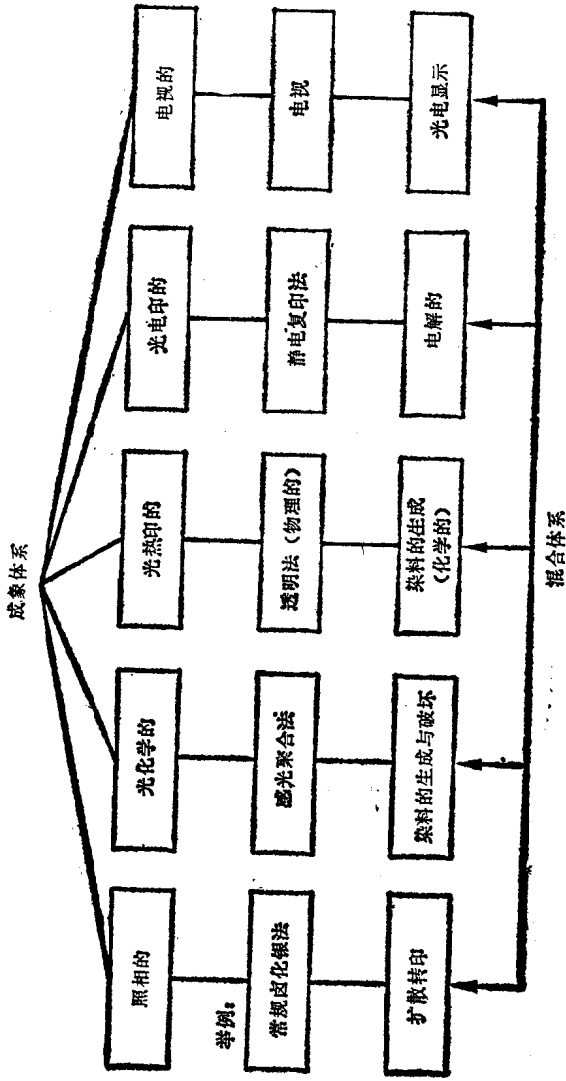


图 1.2 成象体系举例

卤化银更为优越而显得尖锐起来；(2)把卤化银体系的感光度与非卤化银体系相比较；(3)设计最简单可行的体系，最好是干的加工过程。

如前所述，讲到“体系”时，需要说明组成这体系的各个部分。如图 1.1 所示，先需要一个成象装置，如照相机或类似的东西，然后是感光现象导致成象，最后经过加工和固定而使影象完成。

表 1.1 第一竖行列举了许多可利用的感光现象。然后用物理或化学方法进行放大或显影。当然影象必须是能看见的，而这可以由于化学反应而变色，由于光学性质的变化和物理的或机械的性质变化来完成。最后一步影象的形成也可以用化学的、电子的或其他的方法来完成。

表 1.1 形成影象的步骤\*

感光现象	放大的性质(显影)	成象现象	定影
光解	化学的	因化学反应而变色；	化学的
分解	热	氧化	热
氧化	静电的	还原	电子的
还原	电子的	分解	电磁的
光合成	(电子)	合成	
光致变色	电磁的	光学性质的变化；	
光聚合		吸收	
光增感		反射	
光吸收		散射	
光吸附		二色作用	
光催化		物理性质的变化；	
光磁化		(机械的)	
(电解光学的)		溶解度(鞣化)	
光导		表面湿润(疏水—亲水)	
光发射			
光电介质效应			
光电磁等			

\* 本表选自罗别勒 (Robillard) 1964 年在照相科学与工程期刊上发表的文章“照相的新成就”。



## 1.1 卤化银晶体内电子的激发

当晶体中邻近的原子彼此靠近到一定程度时，量子的机械交换力变为有效而使单个原子的能级伸展到能带中去。实际上晶体中的所有光电导现象可以用图1.3的能带结构来定性解释。

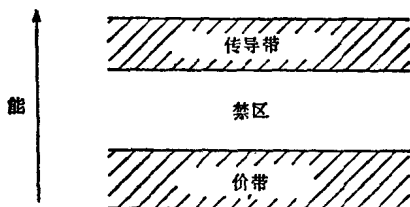


图 1.3 固体的能带结构

在电子可以“自由”行动的“允许”能带之间是一个“禁止”区域，叫做能级距离。如果只存在完全填满的和完全空白的能带，就不能导电，这种固体就是一种绝缘体。

如果入射光的能量足以架桥越过这个距离，电子就从完全填满的能带即价带上升到空白的能带即传导带，造成导电。会发生这种情况的固体就叫做半导体。

一个电子象这样从价带移动到传导带的时候留下了一个空位，在晶格中带阳电荷。这样的电荷叫做“缺陷”电子或“空穴”，它是可以移动的。当电子回到空位或被一些不纯净或不完全的部分所捕获时就会与空穴重新结合。

在照相成象体系中导电起着重要的作用。卤化银是半导体，而光电导现象导致潜影的生成。在最初电子阶段以后，再由电离过程和化学反应来形成影象。这种类型的影象在本书中叫做化学影象。

在卤化银中生成潜影有一系列过程，开始是晶体吸收辐射而激发电子到传导带。卤化银的一个重要特点是在乳剂制造时可以