

萬 有 文 庫

第 二 集 七 百 種

王 雲 五 主 編

照 相 化 學

(下)

鈴 木 庸 生 著

高 銛 譯

商 務 印 書 館 發 行

學 化 相 照

(下)

著 生 庸 木 鈴

譯 銛 高

書 叢 小 學 科 然 自

中華民國二十五年三月初版

照

原著者 鈴木庸生

譯述者 高 銛

發行人 王 雲 五
上海河南路

印刷所 商務印書館
上海河南路

發行所 商務印書館
上海及各埠

編主五雲王
庫文有萬
種百七集二第
化相
册二
究必印翻有所權版

學

(本書校對者朱仁寶)

第八章 感光度之測定

(一) 乾片之黑變 乾片照光後，加以顯影，則在光量之一定限界以內，照光多者其部分之黑色比之於照光更少之部分，更爲深濃。此黑變者，乃游離之銀所成，實非由絕對的不透明物而成。蓋有種種之階段自透明部分以至不透明部分相合而成者也。乾片黑變所須之光量愈少者，稱爲感光敏銳之乾片，亦即所謂感光度之高者是也。由此觀念，往昔之表現乾片之感光度者，乃以乾片起微黑爲目力所僅可辨者所須之光量表示之，此種極微黑變所須之光量，稱之曰初感 (Schwellenwert, threshold value)。至於今日，猶測定初感而以此初感表示乾片之感光度，所謂蕭納 (Scheiner) 氏度或曰厄特爾及赫奚脫 (Eder Hecht) 氏度者，即此種之表示也。

在今日，乾片之黑變與所需光量已能系統的表示，同時乾片對光之特性亦能定其義矣。由赫爾脫 (Hurter) 氏及特利斐爾特 (Driffeld) 氏之觀念，乾片上之黑變可以下式表之：

通過則光線之強度 (intensity) 設爲 I_1 。

通過後光線之強度設爲 I ，

則稱 $I - I_1$ 之比爲透明度。

透明度之反數即 $\frac{1}{I - I_1}$ ，稱爲不透明度。

此不透明度之常用對數即 $\log \frac{1}{I - I_1}$ 。則稱爲黑度 (Schwärzung) (註 1) 而以 S 表之。 $S = 1$ 時，即不透明度爲一〇，透明度爲 $\frac{1}{10}$ 時，乾片之黑度，即爲使所照光線通過十分之一， $S = 2$ 時，其黑度即爲只使所照之光線通過百分之一； $S = \infty$ 時，其黑度即爲只令所照之光線通過千分之一也。由多數實驗，知此黑度乃與顯影後生成之銀量爲正比例。欲得此 $S = 1$ 之黑度，在普通乾片上，每百平方公分上有 $0.1 - 0.3$ 公分之銀已足。

黑度之觀念既如上述，則以乾片曝於種種強弱不同之光，由顯影以後所得結果，求出所照之光與所生成之黑度間之關係，則何以使乾片上生出光象。即明暗之階調，可以明瞭。測定初感，同時求知乾片之性質，此種方法，廣義的言之，稱之曰感光度之測定 (Sensitometry)。

(二) 光源及光之照法 光源之用以測定感光度者，必須其光強不變者方可。爲求此不變之光強，赫夫納 (Hefner) 氏用醋酸戊燈，哈爾可脫 (Harcourt) 氏用戊烷燈，其他尚有英國之標準光度燭 (standard photometric candle) 及一定電壓下鎢絲電燈等，皆曾用爲光源。鎂之金屬線亦曾用之。光源之種類甚多，尙無一定之標準。

在蕭納氏感光計則用苯燈，(已與醋酸戊燈比較者)。赫爾脫與特利斐爾特氏之感光計則用英國標準燭，厄特及赫脫 (Eder-Hecht) 氏感光計則用鎂絲，英國之度量衡局則用一定電壓下鎢絲燈等，種類甚多。

嚇夫納氏之醋酸戊燈具有不變性，且爲曾經研究之光源，故著者曾取以作標準。

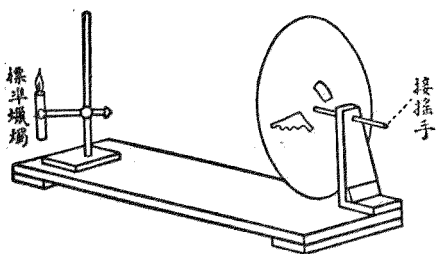
以種種不同量之光線照於乾片，是曰曝光，有兩種方法：一則使其光強一定不變，而使其所照於乾片之時間變動；一則使乾片之照光時間一定而變化其光強。

前者爲赫爾脫及特利斐爾特氏與蕭納氏之感光計所用之方法，如第三十一圖第三十二圖所示。於金屬製之圓板上，切多數之扇形，扇形之角，次第減少，將此圓板置於乾片之前，在一定時間

之曝光中，不絕的旋轉，則在各扇形之後為不同時間之曝光。其曝光時間之長短，與扇形之角為比例，故曝光時間乃可決定。赫爾脫與特利斐爾特氏之板上，有扇形九個，蕭納氏者有扇形二十三個，故蕭納氏之感光計上時間之分割乃更細。

後者為哥爾堡 (Goldburg) 氏所創造，製於玻璃作楔形，一端透明，漸增其黑，達他端即變為不透明。將此楔置於乾片上，於一定時間下加以曝光，則應此楔之黑度，乾片上之各部乃受光強各異之光。

曝光單位，普通以赫夫納氏燈於距離一公尺之所，曝光一秒間所受之光量為單位，稱之曰秒公尺燭光 (B. M. S.)。赫夫納氏燈與英國之標準燭稍有不同，赫夫納氏燈光如假定之為 1，則英之燭光乃為一·一四。(註二) 乾片之最敏感者，其初感大約為○·○一秒公尺燭光。



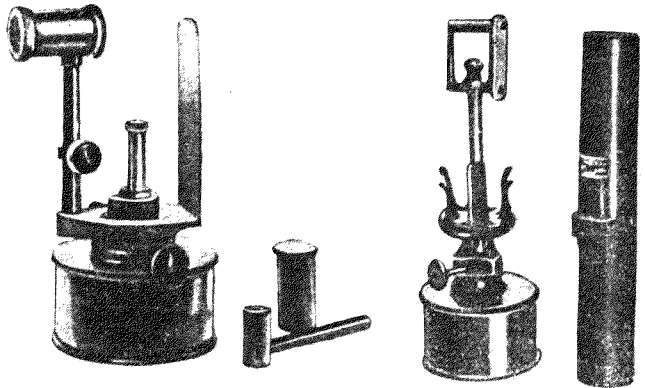
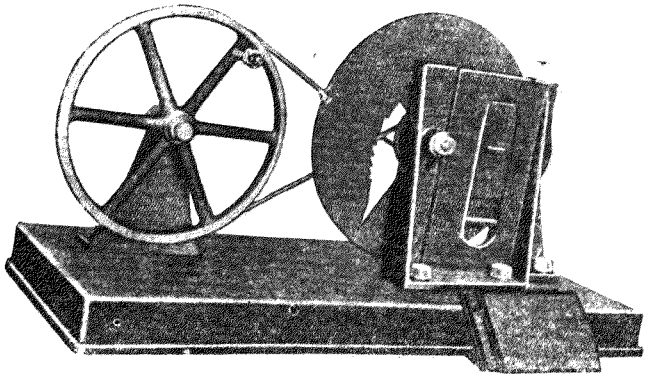
第三十一圖 赫脫及特利斐爾特氏之感光計

(三) 赫脫及

特利斐爾特氏之感

光計 第三十一圖

所示者即此感光計之略圖也。圓板上之扇形分爲九段，最近中心者爲百八十度，自是爲九十度，四十五度，二十二度半，……每次皆爲前扇形之半。圓板之他一面有置乾片之框，上



第三十二圖 蕭納氏之感光計

有搖柄，可以旋轉，如一面旋轉，一面作適當時間之曝光，（燭光之距離如爲一公尺，則時間約爲一百六十秒）則在扇形後之乾片部分所受光量，可以秒公尺燭光計之。

（四）蕭納氏之感光計 此感光計與前述之赫脫及特利斐爾特氏之感光計相似，特其圓板上所切之扇形爲數更多，由 c 、 b 、 a 、 1 、 2 、 3 、 \dots 順次漸小，達於 20 。 c 與 20 兩角之比，約爲二百比一。自 20 以至 c ，角度漸大，其增大之比爲 $\sqrt[22]{200}$ 約等於 1.27 倍。其附屬之苯燈置於距片一公尺之所。如用赫夫納氏燈，則其距離爲 3.63 公尺，旋轉其搖柄，一面曝光，則一分鐘後，扇形各部所受之光量有如下表（苯燈之光爲赫夫納氏燈之 $\frac{1}{13.2}$ ）。

扇形號數	秒公尺燭光
20	0.013
19	0.016
18	0.021
17	0.026
16	0.033
15	0.042
14	0.054
13	0.069
12	0.088
11	0.112
10	0.143
9	0.182
8	0.232
7	0.295
6	0.376
5	0.478
4	0.610
3	0.779
2	0.994
1	1.263
a	1.604
b	2.046
c	2.614

第三十二圖所示者爲蕭納氏之感光計及其附屬之苯燈及赫夫納氏之醋酸戊燈。

將苯燈置於一公尺距離或將赫夫納氏燈置三·六三公尺距離可作一分鐘之曝光，以之顯影，（註三）則其起初感時扇形之號數，稱爲蕭納氏度。例如云蕭納氏十三度之乾片，即指曝光於蕭納氏感光計之第十三號之扇形後，始有目可僅見之微黑之乾片，即其初感爲 $0 \cdot 069$ B.M.S. 在赫脫及特利斐爾特氏之感光計，其顯影用含有溴化鉀之顯影液，於華氏表六十五度下行之；在蕭納氏感光計之顯影，則以普通之顯影液於攝氏表十八度下行之。

比較二種乾片，一般常以同一之顯影液，於同一時間加以顯影而比較其初感，在余則以爲此不甚合理。蓋乾片不同，骨膠層中所含之銘明礬之分量不同，碘化銀之量亦有不同，則其顯影有遲速，自不待言。由此諸點，余以爲顯影當進行至微生被翳時而比較之，實近於實際。

（五）楔之用法 在本章第二節曾述及楔之用矣，如將其重疊於乾片之上，以一定之光源，一定之時間，加以曝光，則乾片之各部上，應楔之黑度而受曝，可本以測定初感。

今於敘述之前，先就實際上常用之紙片感光計（scale photometer）加以一言。此器製於

半透明之紙，作階段式之重合，如第三十三圖所示，以此重於乾片之上，而加曝光。今假設光線之強為 I ，則當其通過此紙一層後，其一部分即為紙所吸收，通過之光強乃為 $I(1-\chi) = I_1$ 。若為光線通過時紙所吸呼光量之比，此數隨紙之種類而異。通過第一層紙之光再通過其次一層時，復為吸收，其光強乃變為 $I_1(1-\chi) = I(1-\chi)^2 = I_2$ 。由此類推，則通過 n 層紙後之光強，必為 $I_n = I(1-\chi)^n$ 。此種感光計，由薄紙相重而成，故製之極簡，用以比較二種乾片之感光度（初感），甚為便利。僅為作比較之用時，光源可不須一定，日光電光以至火柴之光，皆得用之。

楔也者，即將此感光計本為階段的者使之為連續者耳。製時可用正方形或長方形之玻片，大約為 $9 \times 12 \text{cm}$ 將其正面磨光，一如塗乳劑於玻片之方法，先以氧化鎂及氫氧化銨摩擦之，次作成四—六%之骨膠液，取其一部分加以墨液。墨液加入之度，可以下法定之，即滴其一點於玻片上，須使玻片下所置之白色物尙可察見為度。此時之液色帶赤，欲使其純黑，可加入少許之青色或綠色染料之溶液，再滴一點於玻片，使其現出純黑為止。更取一較大之玻片或金屬片，以水準儀及木楔將其置於桌上水平位置，於其上再置前述之刷磨已淨之玻片，在其一邊之中央，復置厚約一—一

• 五公釐之玻璃片或其他之金屬等適當之物，使其成一斜面，如第三十四圖所示。於是將前製之加墨骨膠以布片濾過，去其塵埃，以塗乳劑之方法塗於片上，俟其凝固，置於乾片架上，令之乾燥。所餘未加黑色之骨膠，與此已加者，再為混合，變其傾斜角度再製之，可得傾斜甚急之楔及傾斜甚緩之楔甚多。

將紙片感光計用之紙片漸次變薄，同時漸次增加其層數，以至其極，即為階段不存之楔矣。在第三十五圖中，假設 A O B 為楔，在其上之一點 S 之厚為 b ，OS 之距離為 a 。今以 db 表紙一層之厚，以 n 表紙之層數，則 n 可以 $\frac{b}{db}$ 表之。又通過紙一層之際，由吸收所失之光量 χ 可以 $c \cdot db$ 表之， c 者為物質固有之恆數。今設有光強為 I 之光線投射於 S 點上，通過之後，光強變而為 I' ，則前之紙片感光計所得之 $I'_n = I (1 - \chi)^n$ ，即可以 $I' = I (1 - c \cdot db)^{\frac{b}{db}}$ 表之，即 $I' = I e^{-cb}$

是即蘭貝爾脫 (Lambert) 氏之定律也。即

$$\ln \frac{I}{I'} = -cb, \quad c \text{ 為吸收恆數。}$$

移於常用對數： $\log \frac{I}{I'} = kb$

b 者以恆數乘 a 之值也。此式亦可表以下式：

$$\log \frac{I}{I_0} = ka = s \quad (\text{第一節})$$

s 即 S 點上之黑度也。楔之黑度乃與自 O 點以至 S 點之距離為比例而變移。K 即稱為楔之恆數。由此假設

S₁ 點之黑度為 s₁，自 O 之距離為 a₁，

S₂ 點之黑度為 s₂，自 O 之距離為 a₂，則

$$s_1 = ka_1,$$

$$s_2 = ka_2,$$

$$s_1 - s_2 = k(a_1 - a_2).$$

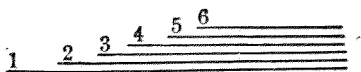
a₁ - a₂ 者即 S₁ 與 S₂ 間之距離也。故此楔上二點上黑度之差，即為二點間之距離乘 k 之積。測定感光度時，K 之值以在 0.2 至 0.5 間者為最合。

楔之應用大抵皆以之比較二種乾片。此楔內之一點之黑度之值如能知之者，用標準燭光之

燈，以一定時間曝此重楔之乾片，則楔後各部之秒公尺燭光可得而知之。用此楔以成之感光計，若厄特爾及赫須脫 (Eder - Hecht) 氏感光計者，即其一也。此感光計為一楔，大為 9×12 cm.，上有分度者也。以之蓋於乾片而加曝光，曝光之光源為二公釐之鎂絲，著於鐵絲之上，在距離三公之酒精燈中燃之。此種光源固不正確，僅可用以作兩種乾片初感之比較。所得陰畫顯影，則如第三十五圖所示。

(六) 黑度之測定

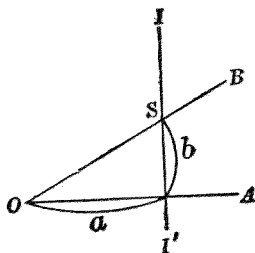
欲知乾片再生光影之狀態，則黑度乃有測定之必要。此種測定，可由化



第三十三圖 紙片感光計



第三十四圖 楔狀感光計



第三十五圖

學的方法將片面之銀，加以定量分析而得之。然其事極繁，故皆用光學方法以行之。其中最簡者，為朋生 (Purgen) 氏之光度計。即兩個光源之間，置一紙片，上有一油點或蠟所浸潤之點，自其兩側以觀察此紙，可求得一點，油與紙之差異不可復見，是即等照明點也。再測其光源之距離，在一方之光源與紙間

將欲加測之黑

度之物置入，節

調紙與光源間

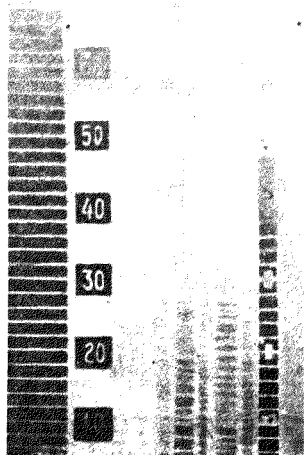
之距離，求出一

等照明之點，而

測其與光源之距離。由二乘反比定律，算出其所吸收之光。其他尚有霍夫納 (Hofner) 氏及馬騰

(Marten) 氏之分極光度計，亦所常用者也。其中最常用者，為哥爾堡氏之黑度計 (Densograph)，

第三十七圖所示者即其裝置之大略也。具二個小電燈。其所射出之光線通過一磨光玻片。再過



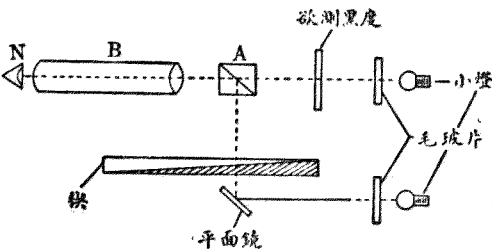
第三十六圖

厄特及赫須脫感光計所曝得之陰畫

一已經顯影之乾片上之將測黑度之部分。其一則由平面鏡之反射通過此楔而達於A。A為蘭麥及勃羅 (Lummer-Brohn) 氏之稜鏡，使兩光線同現於一視界之裝置也。以望遠鏡B視之，即見視界之內有兩部分，一明而一暗。將楔移動，令兩部分同一，所測得者即欲測之黑度，乃與楔之黑度相當。由楔之位置可知黑度之值。更加以複雜之裝置，使其自記者，即第三十八圖所示之機，此機為一般所通用者也。

在普通之照相乾片之陰畫上，其透明部分之黑度，大約為○·一至○·三。現為黑色者，黑度大約為二至二·五。黑度高至三或其附近者，已殆不透明矣。

(七) 照相上之明暗再生 肉眼所見實物之明暗階調，使其再生者，照相術之目的也。在實物上，肉眼所得之感覺，自暗以至明，乃為漸加。明與暗間無判然之區別，故其差異，謂之為等差的增



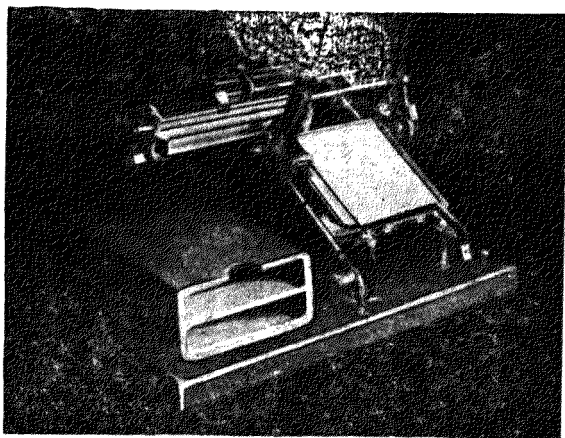
第三十七圖 哥爾堡氏黑度計圖解

減者，毋寧謂爲等比的增減。再現此感覺之照相陰畫，其透明度之增減亦當爲等比的漸進。然而黑度既由不透明度之對數而定，則不透明度爲等比的增減者，黑度乃爲等差的增減。今以此觀念爲基，在乾片上行種種之曝光，顯影而得之陰畫上，測定其與曝光對應之黑度，取以與曝光之對數比較，其關係果爲直線的，則照相上已能達再生天然明暗之目的矣。今試以露光爲E，其條件乃爲

$$\frac{D}{E \log \frac{D}{E}} = \text{恆數}。$$

以露光之對數爲橫軸，與此相應之黑度爲縱軸，就種種乾片求此線者，即得S形之曲線。此

曲線可以示乾片之性質，或其製成此乾片之乳劑之性質，故稱之曰示性曲線。



第三十八圖 哥爾堡氏黑度計

(八) 示性曲線 一般照相用乾片皆得一曲線，如第三十九圖所示。此曲線可分爲五部分：第一部分爲自 A 向左之部分，卽不照光而亦生出之黑度，是卽被翳也。大抵之乾片，皆由顯影液之作用，全面現少許之黑度。是卽被翳，其多少則隨乾片而異。佳者在 $0 \cdot 1$ 左右，劣者有時竟達 $0 \cdot 6$ 至 $1 \cdot 0$ 。生 $0 \cdot 4$ 以上之被翳之乾片，殆不堪實用。第二部分爲自 A 至 B 之部分。在此部分始由曝光而轉黑，其初爲初感，A 點之橫軸卽示此初感之值。在 A 與 B 間，黑度之增加，不與曝光之比同進，故此部分僅生極淡之畫面，故常稱之曰曝光不足 (under exposure) 之部分。第三爲自 B 至 C 之部分，殆爲直線的進行，是卽再生天然明暗調之部分也。是爲正確曝光 (right exposure) 之部分，第四部分爲自 C 至 D 之部分，在此部分，黑度之增加又不與曝光同增，而得一對比甚少之黑畫之部分也。是曰過度曝光 (over exposure) 之部分。自 D 以後，是爲第五部分，曝光進行黑度反減之部分也，故曰反轉 (solarisation) 之部分。此種反轉現象由何種機構而來，尙無確切的說明。在成熟乳劑中，所屢起之現象也，在不熟乳劑則無之。起反轉現象之乳劑中，加以少許之不熟乳劑，卽可以阻其現出。已經反轉之乾片，若再曝光，則黑度又增。再加曝光，又復反轉。如是者，由曝光之進

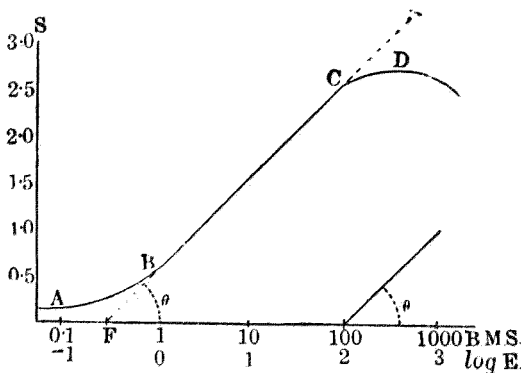
行，此現象乃反覆至數次。

赫脫及特利斐爾特氏之感光測定法，能由此示性曲線，一面測定感光，一面表示乾片之一二性質。

(九) 赫脫及特利斐爾特氏之感光度測定法

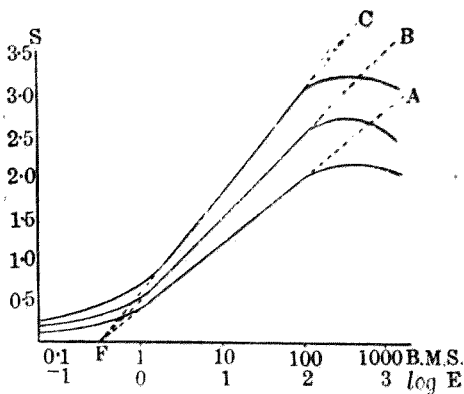
由兩氏之感光計（用蕭納氏之感光計亦可）作一定之曝光於乾片上，將此乾片，於不加溴化鉀之焦性沒食子酸之顯影液中，（註四）以一定時顯影，定影，水洗後，用適當之光度計或黑度計測定與扇形相應部分之黑度，得第四十圖所示之示性曲線。將此曲線之直線部分延長，使與橫軸相交。設 F 為其交點，在 F 上之 $B. M. S.$ （標準燭）稱之曰定光點（inertia）。以

此值（ $B. M. S.$ ）除此測定法之固有恆數 34 所得之商，是曰赫脫及特利斐爾特氏之度數（ $H. D.$ ）。



第三十九圖 示性曲線

度)。此數不有正確之意義，蓋既不示其初感，亦不示其他之實際示質。由兩氏之說，則謂此數足以實際的表示曝光之初期，在圖上F之位置爲○·三，以H. D. 度示之者， $34 \pm 0.3 \parallel 113$ ，卽爲一三，曲線之直線部分與橫軸之夾角稱之曰 θ 。而其 $\tan \theta$ 稱之 γ 。將其示於圖上，在橫軸之點(100)上引一直線，平行於BC在(1000)點上所立之縱軸與之相交，此交點之黑度之數卽爲 γ 。 γ 大則對比大， γ 小則對比小，故此 γ 者，實乾片上對比之尺度也。一切之乾片在一定之時間範圍以內，時間延長，黑度卽增加，同時對比亦增大。由不同曝光而得之黑度之比，則無甚變化。如顯影之時間延長，至一定之極限時間以上，卽全面生翳。最初所得黑度之



第四十圖

A B C 所示者，乃以同一之乾片作同一之曝光，而以不同時間顯象所得之曲線。A 爲二分間，B 爲四分間，C 爲六分間。

比，即逐漸破壞，自曝光最少之部分開始，終乃爲全面皆黑。此時之 γ ，稱之曰 γ_8 （無限大 γ ）。此 γ_8 者，即此乾片所能得之最大對比之尺度也。顯影甚久，黑度大增，故 γ_8 之測定，乃甚困難而不易得。乾片用以撮製線畫者，須大對比，故 γ_8 必須甚大。撮製人象之乾片，不須甚大之對比，故 γ_8 可小。

要之，赫脫及特利斐爾特兩氏之感光度測定法之目的，在得其示性曲線，更由此以決定 *artia* γ 及 γ_8 耳。

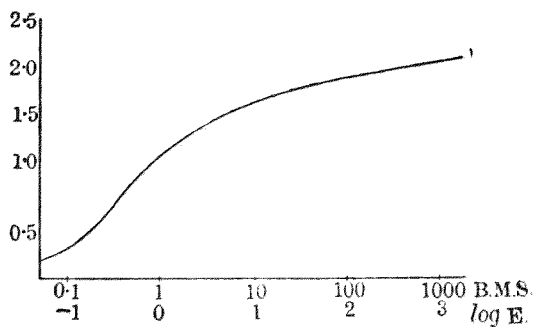
（十）定光點 由赫脫及特利斐爾特氏之說，乾片之同一曝光者，不論用何種顯影液，只時間不同者，在一定時間範圍之內，各部黑度之比，決不有變。又云：將示性曲線之直線部分延長，皆通過一點，有如第四十一圖所示。顯影各異而得之三曲線，A B C 其直線部分之延長，皆通過 F 點。是乾片之定光點爲一定不變。然而多數之德國學者，皆反對此說：謂此等直線，決不能通過一點 F。又云有種乳劑其示性曲線中，不有直線部分可見。實際上人象乾片之乳劑以及電影之軟片乳劑等，其示性曲線皆如第四十一圖所示，無直線部分者也。含有溴化物之乾片，變更其顯影時間者，定光

點亦隨之而變，此事實已爲人所知矣。而由顯影液之種類不同，亦稍不同，故所謂定光點者，乃不能以正確之一點表示之者也。

赫脫及特利斐爾特兩氏之感光度測定上，關於定光點既有上述之疑義，而 γ 之測定，亦頗困難。故驟觀之，其測定方法，似無甚意義。然因以得示性曲線，由此以表示乾片之各性質，此種企圖，在吾人之乾片研究上，實創一新途，功業自在，不可沒也。

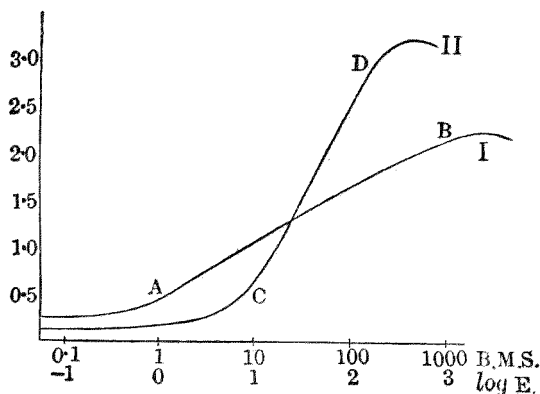
(十一) 完全陰畫及乾片之幅 乾片之曝光如在其示性曲線之直線部中者，黑度與曝光之對線，其關係乃直線的。換言之，即爲比例的。因此陰畫之不透明度，乃與所照物象之明暗爲比例。此種陰畫，是曰完全陰畫

(perfect negative)。曝光出此直線部分



第四十一圖 無直線部分之示性曲線

以外，不透明度乃不與物體之明暗為比例。所得陰畫，不為曝光不足，即為曝光過度。故實際攝影時，曝光當使其在此直線部分以內，實為重要。示性曲線之直線部分，所含曝光之數愈多，則乾片之幅（*latitude*）愈廣，即能得完全陰畫之曝光範圍大小，即為乾片之幅之廣狹。此幅亦隨物象之明暗階調而異。第四十二圖所示者，I之示性曲線之A B間，假定為直線。自一至一〇〇〇間之曝光間，皆可以得完全之陰畫。在II之曲線C D間，自一〇至一〇〇之曝光，可得完全之陰畫。將此二乾片，試加以比較，在I有自一至一〇〇〇之曝光可行，在II只自一至一〇之曝光可得。此時即I之幅，比諸II之幅為



第四十二圖 示性曲線之幅

百倍。

乾片之能具 I 之曲線者，設其物象所具階調，爲自一至一〇，攝影時，在與 A B 對應之橫軸上，曝光在一至一〇〇〇間，皆可得完全之陰畫。卽其最大之曝光可在於一〇，進至一〇〇〇亦無妨。卽以最小曝光之百倍曝之者，亦可得完全之陰畫。易言之，卽以最小曝光時間之百倍時間曝之，亦屬無妨。假設被撮物體有自一至一〇〇之明暗，由上述理由，則其曝光時間，可自最小曝光以達十倍之曝光。換言之，可以最小曝光時間之十倍時間曝之，亦屬無妨。假設物象之明暗乃自一至一〇〇者，用此乾片以撮取之者，唯有一種之曝光，（卽其曝光時間）較此適宜時間更長或更短者，均不可也。

（十二）各種感光度之比較 各種感光度之測定法，有其各異之根本觀念及方法。加以光源不同，顯影液之種類時間及溫度等，均各稍有差異。故嚴密之比較乃不可得。今爲參考計，舉通用之比較表如後：

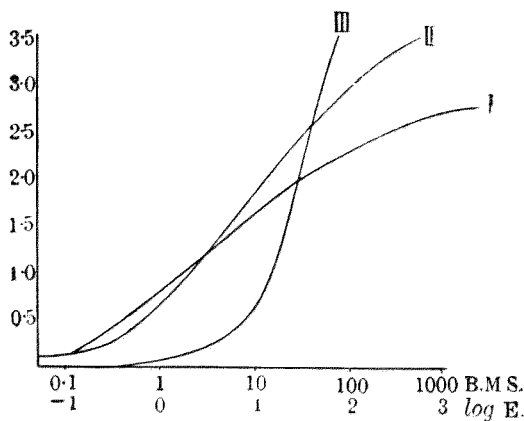
上述之各種感光度測定法，尙有數種，顧其方法不完全，且未通用，今且略之。

茲更舉各種乳劑之示性曲線如次。以爲之例。

各種感光度比較表

初感(B.M.S.)	蕭納氏度	厄特赫須脫氏度	(1) H.D.度	(2) H.D.度
1.263	1	42	9	6
0.994	2	46	12	8
0.779	3	48	15	10
0.610	4	50	19	13
0.478	5	53	24	17
0.376	6	56	31	22
0.295	7	58	39	27
0.232	8	61	50	35
0.182	9	64	64	45
0.142	10	66	82	56
0.112	11	68	104	72
0.088	12	71	133	91
0.069	13	74	170	117
0.054	14	77	216	150
0.042	15	80	276	190
0.033	16	82	351	240
0.026	17	84	448	388
0.021	18	86	510	390
0.016	19	88	727	500
0.013	20	90	800	636

(十三) 示性曲線之簡單求法 乾片之示性曲線，用紙片感光計或楔形感光計，可以簡單求得。求之之法，如所用為楔，即取有方形之楔具同一之K者，或以製圖用之透明紙每隔二公釐重合而得之紙片感光計二個，互為直角而重合之。以乾片軟片及顯影紙置於其下加以曝光，而顯其影，即得一種之曲線的陰畫，雖不甚明瞭，更取一種對比極多之乾片，如印刷用乾片者，置諸其下，曝光後，顯其影，即得一陽畫，較前之對比更多。再以之重於同一乾片上，再為曝光顯影，則所得者對比又更大於前。反覆數次，即可得一顯明之曲線。楔之K及一定點之黑度（可由光度計測知）已知之者，或所用紙一層之 γ （此亦可由光度計測得）已知之者，



第四十三圖 各種乳劑之示性曲線

I人象用乳劑；II業餘者用乳劑；III陽畫用乳劑（不熟乳劑）。

則初感之定光點及 γ 等，均易求得。此時紙與楔雖均可用，紙製之紙片光度計，似更勝於楔也。

(註一) 在英國， $\log \frac{1}{I}$ 稱爲密度 (Density) 而示之以 D。然而密度之爲言，頗易混淆。故著者特以德文之 *Belichtungszahl* 爲本，而譯之曰黑度。

(註二) 英國之標準燭製於鯨蠟，一時間燃去七·七八公分，即燃去英國單位之一二〇克冷。赫夫納氏燈則用於德國，以純粹之醋酸戊爲燃料，燈心則入洋銅所製之管內，管之內徑爲八·〇公厘，外形爲〇·二或〇·三公厘，管端離其容器爲二五公厘，焰高四〇公厘，點火十分鐘以後用之。此燈之光，定之爲一燭光。

(註三) 在蕭納氏之初感測定，本無一定之顯影液，在以前曾用草酸鐵顯影液。

(註四) 赫脫及特利斐爾特氏所用者，爲下列之顯影液：

焦性沒食子酸

八公分

結晶碳酸鈉

四〇公分

結晶亞硫酸鈉

四〇公分

水

一〇〇〇立方公分

以上之顯影液，於十八·三度即華氏六十五度下顯影。在以前赫脫及特利斐爾特氏厄爾特氏安特勒生 (Andresen) 氏等，均曾用下列之顯影液：

(A) 草酸鉀(正)

一分

蒸餾水

四分

(B) 硫酸亞鐵

一分

檸檬酸

〇〇·〇一分

蒸餾水

三分

(C) 溴化鉀

一分

水

一〇〇分

使用時，將 A 液百分，B 液二十五分，O 液十分，相混合，於十八度下顯影五分鐘。
其後赫脫及特利斐爾特兩氏，以其顯影液中合有溴化鉀，使乾片之定光點變更，乃廢止而改用不加溴化鉀之
前述顯影液。

第九章 乾片之曝光及顯影

(一) 曝光與溫度 普通化學反應不起於光之作用者，反應速度恆由溫度之高低而變移。多數之反應在零度及百度間，每加十度，反應速度約增二·五倍，此數常曰溫度恆度。然而乾片生潛影之反應，其溫度恆數甚小，大抵在一·〇三及一·〇八間。故對於攝影，溫度殆不有關係。換言之，即在零度下生成潛影之所須曝光時間，比諸在三十度下所須之時間，不過有一〇%至三〇%之差，亦即實際上不有甚影響。溫度恆數，由所受光線之波長不同而微有變化，由達勒斯紀 *Dale*-*Ny* 氏之測定，其結果如次：

光之種類

溫度恆數

白色光 久經乾燥之乾片

一·〇六

青色光 ($\lambda = 436 \mu\mu$)

一·〇四

黃色光 ($\lambda = 579 \text{ m}\mu$)

1.08

綠色光 ($\lambda = 546 \text{ m}\mu$)

1.08

實際上吾人之攝影時期，多在常溫之範圍內，故溫度對於曝光，可云爲無關係。

(二) 光強與曝光之時間 以光強 I 與曝光之時間 t 相乘所得之積 It ，稱之曰曝光 (exposure)，以 E 示之。乾片由曝光而生成之銀量（如其所生爲潛形，則由顯影而生之銀量），對於一定之曝光，乃爲一定。即 s （黑度） $\propto It$ ， A 爲恆數。是式也，爲朋生及羅斯可 (Punson-Roscoe) 氏之定律。照相乾片上是否爲此定律所範，由試驗之結果，則見此定律毫不足範之。即以強光短時間所得者，與弱光長時間所得者，縱其曝光相等，所得之黑度乃不相同。因此須瓦爾芝紀爾特 (Schwarzschild) 氏乃實驗的綜合而得一實驗式，有如下式：

$$s = AIt^p$$

p 稱爲須瓦爾芝紀爾特氏之恆數，在一般之照相乾片，爲近於 0.9 之數。 A 亦爲一恆數，雖由乾片之種類而異，不甚變化者也。由此式，乾片雖作同一之曝光，強光下所得者，黑度恆大於弱光

下所得者。

須瓦爾芝紀爾特氏之式，與實際不得正確符合，斯他克 (Stark) 氏乃起而改正之，而得一實驗式：

$$S = A I^q t^p$$

由其後之研究，在此式中之 p 及 q ，既各自可變，隨 $I \lambda t$ 等之不同而變化。因此乾片之示性曲線，亦不能正確的表現其性質。

(三) 曝光之注意 乾片由曝光而生潛影，潛影由顯影而得不同之黑度，以表現明暗之階調，故其表現當力求被攝物體之明暗之再生，而不能不製成完全陰畫，如第八章第十一節所述者。欲得此完全陰畫，必須適當之曝光，不可過度，亦不可不足。

景色及其他攝影上，有種種之曝光表。利用此表，曝光時間之大抵，可得而決定。有時曝光時間無標準以決之者，可用數種曝光時間攝影，顯影後，擇其最完全者之一，以為陰畫。選取曝光時間時，其選取方法當為等比的，而不為等差的。如其所取為等差的，則其時間加增，而黑度之增加甚小，實

際乃無裨益。曝光爲等比的進行，黑度乃爲等差的增加，卽曝光時間之取捨，不可爲一、二、三、四、五……等等差之數，當爲一、二、四、八、十六、三十二……等等比之數，以增減而選定之。

(四) 物象之明暗階調及其再生 物體明暗之階調，爲等比的。以此觀念爲基，則以乾片之示性曲線上之直線部分，曝於乾片，而得一完全之陰畫卽可矣。然而實際上以實物與照相並置而觀之，在吾人目中，得明暗階調之近似的再生之感，甚爲稀少。卽以室內爲例，普通之室隅現於吾人目中，甚爲明亮者，製爲照相，則甚黑暗，幾無物可見。室內之人，顏面衣服在窗之反方向者，在目中曾可睹及，製爲照相，則此半面之人物衣服，皆極黑暗。凡此不同之點，皆起於目之感光與乾片之感光，有不同者在。今試一察，目之構造，在光線之入口有虹彩，此與攝影鏡之光圈相似者也，爲瞬間的開閉，以變動瞳孔之大小，因以加減入目之光量。而在網膜上，有紫線之液 (Sclerotic)，網膜爲此液所潤，以節調感光，蓋此物質過光卽失其紫色，暫時之後，此物又復重新分泌。此物質減少，目之感光度減少；此物質增加，感光度卽增加。以目視極明之所，其時虹彩收，卽將瞳孔縮小，不使多量之光線侵入，同時網膜上之紫液亦爲之漂白而減其感光度，故比較的明物之階調，可以覺知。以目視較

暗之所，虹彩張，使瞳孔擴大，以容多量之光射入，同時網膜上之紫液存在，而增其感光度，故比較的暗所之階調，亦可感知。目之構造既有此巧妙異常之作用，見於物體者之明暗，欲求之於照相之畫像上，自不能滿足。進以爲譬，目之作用，乃似有一攝影師居於其中，明所之階調以低感光度之乾片撮之，暗所之階調以高感光度之乾片撮之，綜合而作成一畫面，以達於腦。

照相上階調之再生，既不能滿足，乃不能不有補正之。補正之方法，即對於被撮之物體，加以照明及遮光。照明者用於光線不足之方面，以白色之反射板或散光電燈等照之。遮光則用以防強光之射入，而置一遮光板。風景攝影則用黃色楔狀之光篩 (acreen)。在今日此種遮光及照明，止於技術的及藝術的研究，科學的研究，則未之及焉。

(五) 光暈及光滲 乾片之一點爲強光所射照者，其所射照之溴化銀粒子，乃作用如發光體，將光線反射於四方，此光線通過乳劑層，以達於乾片玻片之背面，其中一部分由玻片之面反射以再返於玻片，一部分則爲屈折而入於空氣中。此種光線之中，在玻片及空氣之界面上，以爲全反射之角而進行者，或其以與此近似之角而進行者，乃多量爲所反射，以回達玻片上之乳劑。在此種

狀態下，作適當之曝光而顯影者，則在此光點之周圍，成一定半徑之圓形。此圓稱之曰初期之光暈 (halation)。再作長時間之曝光者則此光線在乳劑層之表，又爲全反射，如第四十四圖所示，再達於玻片之背面，由全反射而入於乳劑中，再得一圓。此即爲第二期之光暈。以故對於明亮之物體，如室內之明窗，白衣之人物等，作過度之曝光者，輪廓即失明瞭。欲防此弊，可於乾片之背面，塗以一種物質，與玻片有相似之屈折係數者。在此物質內，加入不透明之物，或能吸收光線之色素，使爲薄層，以附於玻片之後，即於糊精液中，加入油煙或其褐色染料，以筆或刷塗於玻片，而乾燥之可矣。軟片比諸玻片更薄， μ 之距離更小，故其光暈，結果乃不如玻片之甚。茲舉塗料之一種，以爲之例：

水	一〇〇立方公分	糊精	一〇〇公分	油煙	一〇公分
---	---------	----	-------	----	------

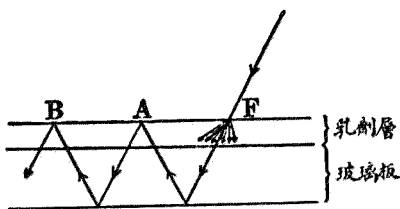
油煙之外，可用可羅色 (crosein) 紅十公分。伊阿勝 (eosin) 二公分，及搭脫拉辛 (tartrazin) 二公分之混合物，加入之。

更有一方法以避此光暈。即於玻片之上，先塗不熟乳劑一層，再於上塗以普通之乳劑。此不熟乳劑，比諸成熟乳劑，吸收之光多，同時其感光度低，故能防光暈。

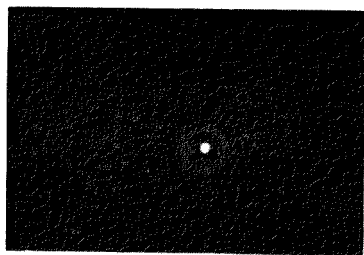
乾片之一部分為強光所照時，溴化銀粒子將其反射，使附近不當光線所在之溴化銀粒子，亦起感光，此現象曰光滲 (Irradiation)。蓋其現象頗似於光之滲出，故有此名，而亦無防避之方法者也。

(六)顯影 乾片之顯影，乃用顯影液。顯影液有多數之種類，對於溴化銀骨膠乾片，多用鹼性顯影液。試將各種顯影液之成分，加以總觀，即可見其有一定之形式存焉。即第一點皆為還元劑。所用

者為苯駢苯酚，等之胺，或氧之誘導體。在鹼性溶液中，與空氣相遇，即吸收氧氣，變為褐色之樹脂狀物質。第二點：皆為鹼性。使用之物質，為碳酸鈉，及碳酸鉀，其他若苛性鉀，苛性鈉，及氫氧化銨，碳酸銨等，(註一)亦間或用之。第三點：皆含有保存劑。還元劑之鹼性溶液，與空氣相觸，氧化極速，不得不有



第四十四圖 光暈



第四十五圖 小電燈光所生之光暈

以防之防之道，即加亞硫酸鹽類，尤以亞硫酸鈉爲所常用。蓋亞硫酸鈉爲一種之還元劑，液中有此物之存在，液中之氧之濃度，即不能增高。顯影液之氧化，乃得以防止，或使其遲緩。第四點：皆有節制劑。所用者以溴化物爲主，如溴化鉀、溴化鉍等。其目的則在使顯影之速度減小，同時使在發生性銀上，有多量之沉澱着附。（第六章第四節）以上各物之混合比例，大約如次：還元劑 0.5 至 1.0 公分，無水碳酸鈉 1.0 公分（如用碳酸鉀則爲 5 公分），亞硫酸鈉 5 公分，水 100 立方公分，混合而製之。此種分量，固有出入，特其增減不多者，在結果上並無大差異。

在阿米倒爾 *amidol*（二胺酚之鹽類），及草酸鐵之顯影液，則不加鹼。亞硫酸鈉之量過多者，引起一種之被翳。蓋其液能溶解少量之溴化銀，結果乃如乳劑中加有硝酸銀者。溴化鉀之量則不一定，依其情形，百立方公分之顯影液中，一比十之溶液只加一二滴者有之，加入至二十立方公分者亦有之。有一種乾片，其乳劑中本加有溴化鉀者，顯影液中，自不必更加矣。

顯影之溫度以二十度左右爲宜，溫度過低，則顯影因之而遲。顯影劑用焦性沒食子酸及米倒爾 (*metol*) 與對苯二酚等，雖不甚著，如其所用爲對苯二酚者，則遲延甚著。溫度上升，顯影愈速，達三

十度以上，骨膠層在定影及水洗之際，有溶出或剝脫之虞。

(七) 顯影之實施 顯影實施上，所感爲困難者，卽判定其顯影告終之適當時機。對於曝光不足及曝光過度之乾片，顯影亦甚困難。欲避此困難，乃有少數之系統的配定之方法，茲述之如次。

(1) 曝光不明乾片之顯影法 乾片之有適當曝光者，顯影自屬甚易。然而在曝光適當與否不明之乾片，可以爲曝光不足，亦可以爲曝光過度。故必於此種假定下行之，卽用稀薄之顯影液，而多加溴化鉀溶液於其中，由此顯影可知其乾片爲曝光不足，或曝光過度。蓋在顯影液中，畫象速現者，卽此乾片爲過度之乾片。卽用此顯影液進行其顯影可也。至適度而止。如其顯影不足，乃改以普通之顯影液顯其影。如其顯影仍不足者，卽可知其爲曝光不足之乾片。卽當用溴化物甚少之顯影液，或不含溴化物之顯影液顯其影。

(2) 因子顯影法 各種顯影液中，投入曝光適當之乾片，曝光最多之部分，首卽轉黑。自投入以至轉黑之時間，對於顯影終了之時間，有一定關係（詳後節）。此數稱爲顯影因子 (development factor)。由此因子可以明確決定顯影告終之期。由此以確定適當顯影之方法，是曰因子

顯影法 (factorial development) 蓋爲瓦金 (Watkin) 氏所創始之方法也。實際上欲行此方法時，乾片投入於顯影液內，測定其最初現黑所須之時間。將此測得之時間，乘以顯影係數，所得之時間，卽爲顯影所須之時間。繼續行之可也。由實驗上，知此顯影係數由曝光之大小而變化甚少 (除極端者外)。

(3) 池浸顯影法 以乾板置於乾片架上，浸於顯影液之池中。液則爲數倍稀釋之液，浸後加以搖動，除其表面所附着之氣泡，對於多數乾片及軟片之顯影，極便使用。而對於曝光相似之乾片，尤可得極良好結果。是法用顯影液以浸乾片，故曰池浸顯影法 (tank development, Stundentwicklung)。由顯影液濃度不同，大約爲三十分至二時間，顯影方終。所用之顯影劑，爲焦性沒食子酸，雙苯二酚，給利辛 (glycine) 等之作用甚緩者。常有人以爲用池浸法顯影，則多數之乾片中，曝光過度及曝光不足者，可以互相補償。而得一全部良好之陰畫。此實一種之迷信耳。曝光不足及曝光過度者，池浸法亦不足以補正之也。

(八) 顯影之還元劑 還元劑中用以爲顯影劑者，其種類甚多。卽在同一狀況下，用以爲顯

影液者，其作用乃各不同。其中顯影之進行甚速者有之，極遲者有之，得極黑之色者有之，不甚黑者亦有之。由顯影液之稀釋，作用亦有起變化者。由溴化鉀之加入，顯影之遲速，及黑色之着附，亦生少許之變化。關此各項性質，實驗之者，爲休勃爾（Heil）氏。茲列休勃爾氏之所研究各顯影劑之性質於次。在錄表以先，摘錄其大要如左。

在5%之碳酸鉀溶液中，以各種顯影劑之一般使用量之平均量加入，而製之爲顯影劑。

如其所用爲苛性鹼者，以ONa或ONa²相當之OH之基所必須之量加入而製之。

在十八度至二十度下，以受有一定曝光之乾片加入顯影，最初黑色現出所須之時間（秒數），假定爲初現時間。

初現時間之逆數，稱之爲比速度，以最大者爲一〇〇，而計算之。所謂質地者，即其全部階調已經現出時，曝光最多之部分所現之黑度。

所謂延遲者，即加有〇·二%之溴化鉀時，或溫度降下十度時，及以同容之水使之稀薄時，初現時間延遲之秒數。

顯影液	初現時間 秒	比 速 度	延遲			保存 耐久 度	質 地	質地對 KBr 之影響	顯影 因子
			加 ○· 二 % KBr	降 下 十 度	加 1:1 之 水				
Pyrocatechin, NaOH	15	100	5	10	20	0.3	0.6	小	—
Metol-Hydrochinon Rapid (註二)	15	100	15	25	0	1.0	0.5	大	24
Metol K ₂ CO ₃	20	75	5	10	0	0.5	0.8	微	30
Edinol K ₂ CO ₃	20	75	30	25	0	0.8	0.4	小	20
Hydrochinon NaOH	25	60	110	105	70	0.4	1.0	小	—
Metol-Hydrochinon normal	25	60	25	30	55	1.0	0.5	大	24
Adurool K ₂ CO ₃	30	50	30	45	25	0.6	0.6	大	5
Amidol	30	50	50	60	5	—	0.4	大	18
Pyrogallol K ₂ CO ₃	40	38	35	55	40	0.5	0.5	大	—
Para-amido-phenol K ₂ CO ₃	40	38	70	30	30	0.5	0.5	大	—
Rodinal (Agfa)	40	38	45	40	30	0.9	0.5	小	20
Glycin NaOH	45	33	90	70	125	0.8	0.5	小	—
Fikonogen K ₂ CO ₃	50	30	85	55	80	0.6	0.5	小	9
Pyrocatechin K ₂ CO ₃	60	25	140	60	70	0.6	0.5	多大	10
Metol-Hydrochinon neutral	60	25	130	100	65	1.0	0.4	小	28
Hydrochinon K ₂ CO ₃	70	21	95	80	120	0.4	0.7	大	5
Glycin K ₂ CO ₃	75	20	210	130	115	1.0	0.5	多大	12
Ferrous oxalate	75	20	280	90	80	0.8	0.5	小	—
Diogen K ₂ CO ₃	95	16	115	120	80	0.7	0.4	大	12

由上表，顯影液之性質大抵可以知之。有當注意者於此，卽在同一還元劑，所加炭酸鉀之分量增加，卽爲顯影甚速之顯影液。如所加爲苛性鈉，則加速尤著，如加以溴化鉀或使其溫度下降，或加水稀釋，則顯影之速度皆因而減低。

顯影用之還元劑，卽所謂顯影劑者，市場有種種之名稱。爲參考計，茲將其物質及名稱。例表記之於下。

學名	附註
Chlorohydrochinone	熔點103°C
2-Amidophenol	鹽酸鹽
o-2Oxybenzol	Pyrocatechin (英)
Amidonaphtol-2-sulphonate	
p-Oxyphenylglycin	Hydroquinone
p-Methyl-amidophenol	
p-Methylamidophenol 及 hydrochinone 之化合物	
o-Methylamidophenol 之硫酸鹽及 Hydrochinon 之混合物	
p-Amidophenol 大抵爲硫酸鹽	其與亞硫酸鈉及鹼類之混合物稱爲 Rodnial 或 Unal
123-3Oxybenzol	焦性沒食子酸 Pyrogallie acid (英)
Amidoxybenzyl alcohol	鹽酸鹽
p-Methylamidophenol 及 Chlorohydrochinone 之化合物	
Hydrochinon 及 phenylene diamine 之化合物	
p-Amidosalic acid	鹽酸鹽

名	稱
Adurol	
Amidol	Acro. (Eastman)
Berenzkatcchin	Kachin Eleonal
Diogen	
Eikonogen	
Glycin	Jconyl
Metol	Elon Motol Genol Satrapol Metagol Monomet Phenomet
Mctochin n	Metol- Hydrochinon
Orthol	
Paramidophenol	Kodelon
Pyrogallol	Pyral
Edinol	
Chloranol	
Hydramin	
Neol	

用於顯影劑之化合物凡數十種，其間無一定之規律可求，然其含有苯核一個者，必含有二個以上之OH或NH₂，皆在o或p之位置，其在m之位置者，不為良好之顯影劑。

(九) 減感劑及減感顯影法 露薄克勞勒 (Luppo-Crauer) 氏將顯影劑之稀薄溶液，置於空氣中，暫時之後，以乾片浸入，即見其感光度已大為低下。其低下尤甚者為 diarnidophenol 之溶液。蓋此等溶液在空氣中氧化時，生出一種之色素。在此色素中，是否有一種物質有減低感光度之力。研究之結果，在 safranin 之種類中，亦有同樣作用之物質。其中 pheno-safranin 之感光度減低為最甚。用此以顯影，則在比較的明光之下，乾片得以顯影。而創一新法，是曰減感顯影法。物

質之具性質如 pheno-safranin 者，曰減感劑 (desensitizer, Desensibilisator)。其後更發見多數之減感劑，用此減感劑以顯影者，則在較明之黃光或橙光之下，可以進行，故顯影之進行程度可得察及。

實行此法，先作成二千分之一之 pheno-safranin 之水溶液，在暗所或紅光之下，將乾片浸入，約一二分間，再行取出，於黃光之下，用普通顯影液，加以顯影。更有一法，以 safranin 溶液十立方公分加於百立方公分之顯影液中，於紅光下將乾片顯影，約一分間，再取出於黃色光下，繼續顯影。然有種顯影液，因 safranin 之加入而起沉澱，故以分二次行之為愈。

Safranin T 及 Phenosafranin 等，亦可用之。其他比較的色素甚淡而有效者，有如 pynakriptomol green, pynakriptomol yellow 等，亦可用以達同一目的。著者曾發見 diphenylamine 之誘導體，為有效之減感劑。其中尤以 2-diamido-diphenylamine 為最有效。其四萬分之一之溶液，亦有減感作用。由種種試驗之結果，減感作用一般皆與減感劑之濃度有關係。試以減感乾片之初感與原來乾片之初感之比，假定為 D，即 $\frac{\text{減感乾片之初感}}{\text{原來乾片之初感}}$ ，而稱之曰減感度。在一定濃度之範

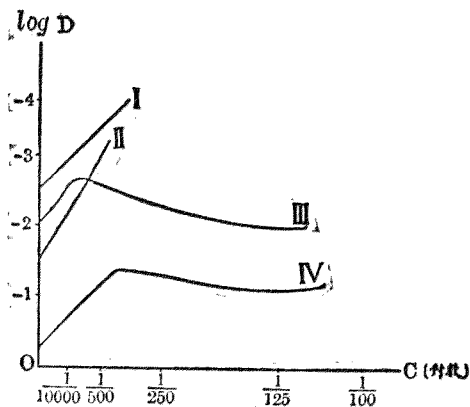
圍內，有下之關係：

$$\log D = K \log C \quad (C \text{ 爲減感劑之濃度})$$

K 爲一恆數。以圖示之者，有如第四十六圖所示。在任何減感劑，濃度不大，上述關係，皆可成立。

減感劑之機構如何，迄今尙無一定之說明。或者減感劑吸收於溴化銀粒子之表面。而得一種誘導物質，在光之存在下，能將溴化銀所生成之發生性銀氧化。此減感作用，今假定其基因於吸着於溴化銀粒子之物質，則由弗羅特利奚 (Freundlich)

氏之定律，則吸着物質與濃度有關係。且其關係與減感之法則有同一之關係。今試以 X 爲吸着量，m 爲吸着媒之總量，則 $\frac{X}{m}$ 之值，即爲所求吸着之強矣。由弗羅特利奚氏之說，其間乃有下式之關係：



第四十六圖 減感度

$$\frac{x}{m} = a C^{\frac{1}{n}} \quad a \text{ 爲恆數, 取其對數, 則得下式。}$$

$$\log \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \log C + \log a \quad \text{即}$$

$$\log D = K \cdot \log C + A \quad \text{變其座標之位置, 則得}$$

$$\log D = K \cdot \log C$$

既有此種關係存在, 則減感作用乃基因於溴化銀粒子表面所吸着物質之作用, 或亦近於事實。

減感劑似必須一定之分子構成。試將多數之減感劑爲現今所已發見者, 加以總觀, 即見其皆有 diphenylamine 之構造, 有 $\text{O}-\overset{\text{I}}{\text{N}}-\text{O}$ 之核, 則爲顯著之事實。著名之減感劑, 爲數甚多, 茲列之於次:

Phenosafranin, Safranin T, Pinasafröl Aurantia, Rhodulin, Basic Scarlet N (含有 Safranin 之誘導體), Pinakryptol (Pinakryptol green 及 Pinakryptol yellow 之混合物) Pinakryptol green (2-aminoflavindulin), Pinakryptol yellow (dequinoxylamine 之誘

導體)Acridin yellow及Methylene Blue之混合物 Neutral Red, Nile Blue 6B, Rosoin
dulin, Indulin Scarlet Amethyat Violet 等均爲減感劑之著名者也。

(十)逆轉顯影法 乾片所生成之陰畫，使轉爲陽畫之方法，曰逆轉顯影法 (reversing
Umkehrung)。只須一片乾片或一張之顯影紙，即可得陽畫，故爲極便利之方法。曝光以後之乾片
顯影，卽爲陰畫。在此陰畫由光線之強弱，有未還元之溴化銀存留其上，將此部分還元以爲銀，可得
一畫象。對於陰畫爲陽畫者，逆轉顯影者卽利用此理，而行於實際者也。先將乾片表面陰畫所成之
銀除去，而使其餘存溴化銀，而再還元之。欲除去表面所生成之銀，可用過錳酸鉀之酸性溶液，重鉻
酸鉀之酸性溶液亦可用之。將已顯影之乾片水洗後，以此等溶液處理之，黑色之部分卽行消失。消
失水洗之後再加以一次之曝光。或在明所一面曝光，一面顯影，(用以前之顯影液)，則殘存之溴
化銀，皆爲還元而得一陽畫。今舉所用之溶液二種於後，以爲例示：

1. 高錳酸鉀 二公分 硫酸(強) 一〇立方公分 水 一〇〇〇立方公分
2. 重鉻酸鉀 二公分 硫酸(強) 二立方公分 水 一〇〇〇立方公分

施行本法之際，須用顯影液之能生多對比畫象者，有如對苯二酚顯影液，作極端之顯影，使乾片全面皆黑者，方得優良結果。次即以高錳酸鉀或重鉻酸鉀處理之，處理後欲除盡其餘液，可用2%亞硫酸鈉溶液浸之；第二次之顯影，須一面曝光，一面以長時間行之。因其使骨膠層底部之溴化銀還元而為銀，故時間須長。如作用甚速之顯影劑顯之者，則表面之溴化銀速即還元，所得畫像，階調不佳，有時竟生被翳。故宜採作用甚緩之顯影劑，有如格利辛及雙苯二酚等。第二次顯影告終後，再用硫硫酸鈉定影而水洗之，更加以適當之調色亦可。

此種方法往往利用於電影之軟片，蓋有時其所須者，只一本已足時，即可省去先製陰畫再以製陽畫之手續，故極有價值。

在透明板上及紙上，均可應用此逆轉顯影法，以直接得陽畫。

(十一) 顯影液之調合方法 顯影液之調合，其成分與分量大抵與本章第六節所述者相同。鹼性顯影液在空氣中與氧素化合甚速，而致變色，變為黑褐色之樹脂狀物質，欲防此氧化，乃作二種溶液：一種為還元劑，即顯影劑，加以保存劑，即亞硫酸鈉之溶液者；一種為碳酸鉀或碳酸鈉之

溶液，加以適當之溴化鉀溶液者。使用時，始將兩液混合，茲舉常用之二三例於左：

(1) 焦性沒食子酸顯影液

(A) 水（煮沸後不與空氣相觸而降冷者） 一〇〇〇立方公分

結晶亞硫酸鈉（如爲無水物則用半量） 二〇〇公分

焦性沒食子酸 二八公分 硫酸 十二滴

(B) 水 一〇〇〇立方公分

結晶碳酸鈉（如爲無水物則用半量） 一〇〇公分

使用時，取A液一容積，B液一溶積，再加水一容積，混合之，溴化鉀製爲十分之一溶液，顯影液中，每百立方公分中加三十滴至百滴可矣。

(2) 對苯二酚顯影液（甲）

雙苯二酚 一〇公分 亞硫酸鈉（結晶） 七五公分

碳酸鈉（結晶） 一五〇公分 水 九〇〇立方公分

溶解後使用之。此液如加栓以貯之者，能耐長時間之保存。溴化鉀適量，此液能經數次之使用，液舊則益佳。

對苯二酚顯影液（乙）

水 一五〇立方公分 結晶亞硫酸鈉 四〇公分 碳酸鉀（無水） 七〇公分

以上各物溶解後，使用時，以水稀釋為四倍乃至六倍。

（3）對苯二酚苛性鈉顯影液

（A）對苯二酚 二五公分 亞硫酸鈉 二五公分

溴化鉀 二五公分 水 一〇〇〇立方公分

（B）苛性鉀 五〇公分 水 一〇〇〇立方公分

使用時，以A液及B液作等量之混合，能得最大之對比。

（4）米倒爾碳酸鈉顯影液

（A）水 一〇〇〇立方公分 米倒爾 一〇公分

結晶亞硫酸鈉 一〇〇公分

(B) 水 一〇〇〇立方公分

結晶碳酸鈉

一〇〇公分

於加亞硫酸鈉以前，將米倒爾溶於水中。使用時，取A及B兩液，以同容積混合之，每百立方公分中，加十分之溴化鉀溶液五至十滴。

(5) 米倒爾對苯二酚顯影液

水 一〇〇〇立方公分

對苯二酚

一〇公分

米倒爾 五公分

結晶亞硫酸鈉

一六〇公分

碳酸鉀 二〇〇公分

溴化鉀

四公分

以上各物溶解後使用之。使用時，以水稀釋為四至五倍。

又

水 一〇〇〇立方公分

對苯二酚

七公分

米倒爾 七公分

結晶亞硫酸鈉

一五〇公分

結晶碳酸鈉

一五〇公分

溴化鉀

一公分

以上各物溶解後，使用之。使用時，取液一容積加水一至三容積。此顯影液中，加有碳酸鉀者，比之於用碳酸鈉者，對比更大。以對苯二酚製之，亦可得同樣之顯影液。

(6) (Para amidophenol) 顯影液

水

一〇〇〇立方公分

結晶亞硫酸鈉

八〇公分

結晶碳酸鈉

八〇公分

鹽酸對胺酚

四公分

此顯影液之作用甚緩，而不有生翳之弊。

(7) 阿米倒爾顯影液

此顯影液殆不能保存，故必須於使用時調合之。

水

一〇〇〇立方公分

結晶亞硫酸鈉

五〇公分

先製成此溶液，使用時取此液百立方公分，加阿米倒爾〇·五公分，使之溶解而用之，有時尚須加以多量之溴化鉀。

(8) 格利辛顯影液

以結晶亞硫酸鈉二十五公分，加於百立方公分之水中，使之溶解而加入五公分之格利辛，一面攪拌，一面加入二十五公分之碳酸鉀，使之溶解。使用時，用水稀釋為三倍至五倍。格利辛顯影液中即不加溴化鉀，作用極遲，故透明而不生翳。

(9) 濃厚格利辛顯影液（粥狀）

在大播鉢中以五十公分之結晶亞硫酸鈉，八十立方公分之溫水，及二十公分之格利辛，百公分之碳酸鉀，加入而研之，此時發生碳酸氣，起泡而成粥狀，全容積變為百五十立方公分。如其容積小於此者，更加水，使為百五十立方公分。使用時，加以十五倍之水，即得濃厚之顯影液，作用甚遲，須六分至十二分間，頗便於旅行之用。

(10) 格利辛池浸顯影液

溫水

二〇〇立方公分

結晶亞硫酸鈉

一·五公分

結晶碳酸鈉

二五公分

格利辛

一·五公分

全部溶解後，再加冷水八百立方公分而用之，最適之溫度為十五度，浸入後約十五分間至二時間，顯影可終。正當曝光之乾片，約三十分間，顯影即終。

(11) 焦性沒食子酸池浸顯影液

水

一〇〇〇立方公分

亞硫酸鈉（無水物）

五公分

碳酸鈉（無水物）

六公分

焦性沒食子酸

二公分

依上列各物之次序，而將各物溶入，於十五度至二十度下，約十五分間至二十五分間，顯影即終。

(註一) 有時亦加正磷酸鈉，然無甚特別之作用。

(註二) 取米倒爾及對苯二酚之量為三十八對十二之比，相混合，取此混合物五公分，加三十公分之結晶亞硫酸鈉，及一·三公分之無水碳酸鈉，而共溶於一公升之水中，所製得者，稱為中性液。更加入〇·五%之無水碳酸鈉（五公分？）者，稱為標準液。加以二%無水碳酸鈉（二〇公分？）者，稱為急性液。

第十章 定影及定影以後之處理

(一) 定影之機構及其實施方法 乾片在定影以後，必去其餘存之溴化銀。去除之法，是曰定影。定影之用劑，以硫硫酸鈉之溶液爲主。(註一)此劑以外，別無適當之物質，可用於此，氰化鉀亦有用之者，然其性質極毒，加以與空氣之氧氣，共同作用於還元所生成之銀，有溶解以去之傾向，故一般乃不能用之。可用於溴化銀骨膠乳劑者，只此硫硫酸鹽而已。以乾片投入於硫硫酸鈉之溶液中者，溶液即自骨膠之表面滲入，與溴化銀粒子相觸，作成複鹽，乃爲可溶性物質。由此作用，可知溴化銀之溶於硫硫酸液中，乃由數段合成。第一爲硫硫酸鈉之滲入，第二爲溴化銀粒子與此相觸而溶解，第三此溶解之溴化銀復通過膠層而滲出。一般以爲溴化銀之溶解速度，大於滲入滲出之速度。然而事實上，溴化銀粒子之大者，定影完成所須之時間，比諸粒子小者恆長，可知其溶解，亦須相當之時間。

息帕特 (Sheppard) 與米斯 (Mees) 兩氏及瓦維克 (Warwick) 氏曾測定定影之速度，由其所得結果，則定影速度，可以下式表之。

單位時間內所溶解之溴化銀之量，假設為 K ，乾片中所存在之銀之全量，設為 a ，在 n 時間內所殘存之溴化銀之量，設為 x ，則

$$x = a(1-K)^n$$

此值由溫度及硫硫酸鈉之濃度而變化，與乾片中之銀之全量，骨膠之性質及骨膠之硬化與否，有關係。然而即在同一溫度同一濃度之下，氯化銀之乳劑，比溴化銀乳劑為速，即同一溴化銀乳劑粒子之小者，比諸大者亦更速。

在常溫下，含有四%硫硫酸鈉之溶液，溶出溴化銀之速度為最大。比此更濃厚者，或比此更稀薄者，速度皆小於此。至於溫度關係，由必帛 (Piper) 氏之研究，不論硫硫酸鈉之濃度如何，溫度上昇，溴化銀之溶出速度，即隨而增加。在七十度以上，不論在何種濃度之液中，皆示同一之速度。在高溫度下，骨膠層即逐漸溶解，實驗已不可得矣。

徵諸文獻，謂以氯化銨加入於硫酸銨者，則溶出更速。實際在某溫度下，硫酸銨之溶解速度，高於硫酸銨。一五%之硫酸銨溶液比諸四〇%之硫酸銨溶液，速度高且兩倍。然而在二三%之溶液中，兩鹽皆有同一之速度。濃度再以上時，銨鹽比銨鹽之溶解速度更大。

然而銨鹽之價高，一般尚不能用之。故一般於硫酸銨之溶液中，加以氯化銨而用之。氯化銨加入於硫酸銨中，能增大溴化銀之溶解速度者，原因所在，殆因硫酸銨之一部分，變為銨鹽之故。加以氯素離子比較的甚多，溴化銀乃變為中間物質之氯化銀，氯化銀更易溶解於硫酸銨中，益助其溶解。溴化銀之溶解速度，隨硫酸銨之濃度，及所加氯化銨之量而變化，此事實已由魯麥勒 (Lumiere) 氏、色物茲 (Seywitz) 氏、必帛 (Piper) 氏等加以研究矣。由必帛氏之說，大體上，關係皆如第四十七圖所示。圖之橫軸上為氯化銨之%，縱軸為溶解之時間，各曲線所示者，表示硫酸銨之一〇，二〇，四〇%。由此等研究結果，溶出最速之硫酸銨溶液之調合法，乃如下列。

硫酸銨

一五〇公分

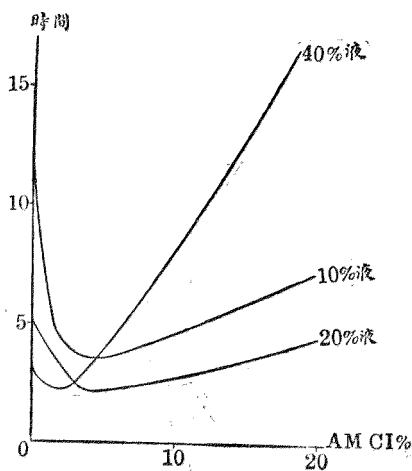
氯化銨

三三公分

加水使為一〇〇〇立方公分。

一般以為定影時，自乾片入液，溴化銀溶去，溶去之後，尚須繼續浸溶，所須時間為自乾片入液至溴化銀溶去之時間。實則定影液如為新液，溴化銀溶去，不現其跡，即可告終。不必此再一倍時間之浸溶。如定影液中所含溴化銀已至二%以上者，乾片在液中，縱已全似溶去而取出，其後亦必生缺點，處理困難。最佳方法，新舊兩液同用。在舊液中定影完成以後，再取出浸於新液，暫時放

置，使其溶存之溴化銀全部浸出，溴化銀即極易完全除去。定影液中加有亞硫酸氫鈉及明礬者，所能定影之銀量隨而減少，含有一五%硫硫酸鈉之定影液一公升，能將含溴化銀 0.3 公分之 9×12 cm. 乾片百張定影。如加以一.五%之亞硫酸氫鈉者，只能定影六十張。如其加有九.五%



第四十七圖 硫硫酸鈉之溶解度

之明礬者，只能定影七十五張。一公升之二五%之酸性硫硫酸鈉溶液，能定影一萬五千平方公分之乾片或軟片。

紙類之定影甚速，其二五%之酸性液，只須二十五秒至三十秒間，即已完全定影。蓋紙為多孔性，溶液之浸潤甚速。一般紙上之溴化銀及氯化銀之粒子，皆甚細微，故其溶解甚易。

定影而只用硫硫酸鈉者，與乾片或紙上之顯影液混合，且為鹼性。不久即使乾片或紙面轉為褐色而生斑紋。如其在夏日，則骨膠變為柔軟，水洗之際，往往有剝落之虞。欲防此弊，即在使溶液帶酸性，以微量之磷酸或有機酸加入，似可使為酸性。然而硫硫酸鈉即因而起分解，析出硫黃。如以酸式鹽若亞硫酸氫鈉加入之者，則不生此弊。今舉數例，示其調合法如次：

1 硫硫酸鈉溶液（一比四）

一公升

酸性亞硫酸鈉溶液

五〇至一〇〇立方公分

（以二氧化硫飽和於結晶碳酸鈉溶液而製得）

2 水

一公升

結晶亞硫酸鈉

五〇公分

硫酸（強） 一一公分 （或用酒石酸 一五公分）

硫酸鈉溶液 二〇〇公分

3 硫酸鈉 二〇〇公分 亞硫酸氫鉀 二〇公分

水 一〇〇〇立方公分

在夏日時，骨膠變軟有剝落之虞。故以明礬或鉻明礬加入其中而用之，今舉其調合方法如次：

1 A 硫酸鈉 二五〇公分 水 一〇〇〇立方公分

B 明礬（細末） 三一公分 冰醋酸 六三立方公分

無水亞硫酸鈉 三一公分 水 四五〇立方公分

各分別溶解，以B液加於A液中即得。

2 水 一〇〇〇立方公分 硫酸鈉 二〇〇公分

鉻明礬 五公分 酸性亞硫酸鈉溶液十二至十五立方公分

或固形亞硫酸氫鈉 四公分

(二) 水洗 乾片或紙類定影以後，浸入之硫硫酸鈉必須除去之。同時溶解而存於其中之溴化銀，亦須除去之。除之之法，即為水洗。在同一狀態下以水洗者，所洗去之硫硫酸鈉之量，即自膠層以浸出於水中之量，對於時間為指數的關係。以原存之硫硫酸鈉之量假定為 A，由水洗而減去之硫硫酸鈉之量假定為 M，t 為時間，K 為常數，則 $\frac{AM}{t} = K(A-M)$ 。然而對於此式一般謂為未嘗全合。普通實際上水洗時，藉主觀的判斷，以決定其時間為三十分或一時間，乃至更長之時間。更有一法，以觀水洗之終點，是否已達。即用含有碳酸鈉之稀薄高錳酸鉀溶液，以觀其顏色。實際上則鮮用之，茲舉其調合法如次：

碳酸鈉

一公分

高錳酸鉀

○·一公分

水

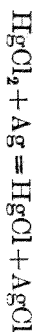
一〇〇〇立方公分

將乾片自水中取出，自其一隅點水於試驗管中，而以高錳酸鉀之溶液加入。如有硫硫酸鈉之存在者，即轉為青色或綠色。亦有用稀薄之澱粉碘液以試驗之者，如其水中尚有硫硫酸鈉時，碘澱粉液即因而褪色。

又或以氧化劑如過硫酸銨，過碳酸鉀，過氧化鈉者，稱為硫硫酸鈉消去劑 (hypo-eliminator)，謂可以使存在之硫硫酸消失。其實際之功效如何，殊不能無疑，而使用之者亦甚少也。

(三) 補力 曝光不足之乾片，畫象甚薄，而對比極少。曝光雖足，顯影不足者，亦如是。欲使其成完全陰畫，必有以補之，是曰補力。蓋由種種之化學反應，使於作成畫像之銀上，析出別種物質，或使別種物質與畫象之銀為置換，以增加其黑度，同時更增其對比也。一般行補力以後，階調之比，皆由以變化。用以為補力之劑者，普通為水銀、銅、鉛、鈾等之鹽類，茲分列之。

(1) 水銀補力法 以氯化汞之溶液作用於乾片，即起下式之反應：



氯化亞汞及氯化銀皆為不溶性之物質，而存於骨膠層中。於是本為黑色之畫面，即銀之黑色部分，轉為白色。水洗以後，再以氫氧化銨溶液，亞硫酸鈉溶液，或其他種種之顯影液，作用之者，白色之畫面，再轉為黑色。所轉成之色，無論用何種顯影液，恆較前更黑。用氫氧化銨（十分一）為顯影液者，殆由下列之反應，而轉為黑色。



以亞硫酸鈉溶液（十分之一）作用之者，其轉為黑色之反應，恐極複雜，殆由於銀及汞之一部分為金屬狀態以析出。

普通顯影液作用而使之轉黑，其反應恐極其複雜，內容如何，尙未能詳知。亞硫酸鈉有溶解氯化銀之作用，故所用之顯影液宜不含有亞硫酸鈉者，阿米倒爾及草酸亞鐵顯影液等，亦可用之。由草酸亞鐵顯影液所生成之黑色，（註二）殆為銀與汞之混合物。再以氯化汞之溶液中，則又生成氯化亞汞。再以草酸鐵還元之者，比以前之黑色更為深濃。反覆行之數次以後，可得甚深之色。氯化汞用於增力者，為其2%之溶液，（註三）欲其保存，可加以同量之食鹽。蓋氯化汞由日光之還元而變為氯化亞汞，加食鹽者，即防其還元而生沉澱。又或以溴化鉀加於氯化汞之溶液，亦可使用。加有碘化鉀者，亦可用之。此補力液之特性，即在骨膠層中雖有微量之硫硫酸鈉之存在，亦不有影響。在其他之補力液，如或水洗不足，有微量之硫硫酸鈉存於骨膠層中者，即生成金屬之硫化物而現斑紋。加有碘化鉀者（碘化汞補力液），即無此虞。故在定影以後，只須短時間之水洗，即可行補力處

理，實一可貴之增力液也，其調合方法如次：

A 氯化汞

四公分

水

一〇〇立方公分

B 碘化鉀

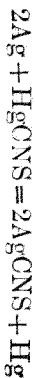
一〇公分

水

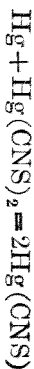
一〇〇立方公分

將A液加以攪拌，而注入B液中，以此液浸畫象者，現為赤褐色，水洗之，即轉為橙色，充分水洗以後，以阿米倒爾或對笨二酚之顯影液顯之者，則變為黑色。

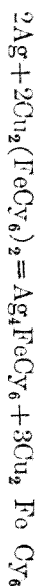
以氯化汞飽和於硫氰化鉍之濃厚溶液時，即生成硫氰化汞及硫氰化鉍之複鹽，其非常稀薄之溶液，可用以為補力液（ Agf_2 補力液）。以乾片浸入，畫象即轉為灰黑色，漸增其黑，約十分間而達其極限，再以上則黑色復又減少。故必察其最適之時期取出，而加以水洗。其反應有如下述：



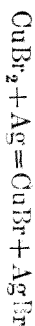
其後轉為褪色者，其反應為



(2) 銅鹽補力法 是法蓋以鐵氰酸銅作用於銀，使生成鐵氰酸銀及亞鐵氰酸銅，而增加其黑度，其反應如次：



或以溴化鉀混合於硫酸銅之溶液而以作用於銀，即得溴化亞銅，以之作用於硝酸銀，即得低級之溴化銀，而增加黑度，其反應如次：



此法對於棉膠溼片，亦可適用，其調合法如次：

水 六〇〇立方公分

檸檬酸鉀（中性）

六〇公分

硫酸銅溶液（十分之一）八〇立方公分

赤血鹽溶液（十分之一）七〇立方公分

以乾片浸於此液中，畫象即轉為黑褐色。以酒石酸鉀或酒石酸鈉代檸檬酸鉀者，則畫象為紫黑，其補力甚大。

(3) 鉛鹽補力法 此法與前法相似，在鉛鹽存在之下，以銀還原鐵氰酸鉀，同時生成亞鐵氰酸鉛。此鐵氰酸鉛及亞鐵氰酸銀（白色），以硫化物之溶液處理之，或以鹼性顯影液處理之者，即轉為黑色，是曰鉛鹽補力法。含有鉛鹽及鐵氰酸鉀者，當使之為酸性，其調合法如次：

(A) 硝酸鉛

四六公分

鐵氰酸鉀

七〇公分

醋酸

二〇立方公分

水

一〇〇〇立方公分

(B) 硫化鈉

五〇公分

水

一〇〇〇立方公分

補力後，水洗之。

(4) 鈾鹽補力法 本法亦與前相似，在鈾鹽存在之下，以鐵氰酸鉀作用於銀，即生亞鐵氰酸鈾及亞鐵氰酸銀。鐵氰酸鈾為赤褐色，能吸收多量之光線，因而增加畫象之黑度，實為最強補力法之一。亞鐵氰酸鈾微溶於硬水，故補力過度時，可以水洗滅之。其液之調合法如次：

A 硝酸鈾

二五公分

水

一〇〇〇立方公分

B 鐵氰酸鉀

二五公分

水

一〇〇〇立方公分

使用時，以A液十容B液十容加混合，而以醋酸二·五容加入之。

可。如在其水洗以後，黃色斑點不能除去者，可以十分之一硫氰化鉍溶液浸之，或以下液浸之亦可。

檸檬酸鉀

五公分

硫酸鈉

二五公分

水

一〇〇〇立方公分

(5) 鉻鹽補力法 重鉻酸鉀之溶液由鹽酸而為酸性者，以作用於銀，銀即轉為氯化銀。同時鉻之某種化合物，亦生成而混合於氯化銀之中。此化合物現在尙未能詳知，大約為鉻之低級氧化物，即 CrO_2 或 Cr_2O_3 與骨膠化合而得之化合物。水洗以後，此化合物與氯化銀仍殘存於膠中，再以不含亞硫酸鹽之鹼性顯影液處理之，使氯化銀還元（阿米倒爾、焦性沒食子酸、米倒爾、對笨二酚等，最為適用）。此鉻之化合物，有褐色，故畫象之黑度，增加甚大。在某範圍以內，補力之多少，可由鹽酸之多少以調節其補力。即鹽酸愈少，補力愈強。氯化銀在顯影液中還元以後，再以重鉻酸鉀溶液（含有鹽酸者）浸之者，再析出鉻之化合物。反覆處理，可使鉻之化合物蓄積而得強大之補

力。

下所示者，調合法之一例也：

1 重鉻酸鉀

一〇分

2 重鉻酸鉀

二〇分

鹽酸（比重一·一六）

二分

鹽酸（比重一·一六）

四〇分

水

一〇〇〇分

水

一〇〇〇分

1 液之補力，強於 2 液，2 液應用於顯影陽畫紙者，可得青綠色之調色法。

硫黃補力法 以含有溴化鉀之鐵氰酸鉀溶液作用於乾片者，片上之銀即變為溴化銀，而片即轉為白色。水洗後，再以硫化鈉作用之，溴化銀即轉為硫化銀，而片亦轉為褐色，其黑度大於銀所成之黑度，故可達補力之目的。此法亦用陽畫之顯影紙，而得褐色（詳後）。

補力法之大要，已詳盡於此。由補力法所得之階調，與原片之階調，自有少許差異，而其對比增加之比，亦自有異。為參攷計，今將原片之 γ ，與曾經加補力以後乾片之 γ 之比，列之於下：

原片之 γ ，以 γ_1 代之，加補力以後乾片之 γ ，以 γ_2 代之。

補力方法	$\frac{\gamma_2}{\gamma_1}$
氯化亞汞氫氧化銨	一·一五
重鉻酸鉀與鹽酸阿米倒爾	一·四五
溴化汞阿米倒爾	一·一五
鐵氰酸鉀溴化鉀硫化鈉	一·三三
碘化汞	二·五〇

由上所述，可知補力之方法，皆基於銀之還元性，將來必尙有進步者也。實際上能以一液而成之方法，比須用二液者更爲優良。補力之現出，必須有銀之存在，故曝光不足之乾片，陰影部之細紋，本不存於乾片上者，縱加以補力，細紋亦不能自生而現出，是不可不知也。

(四) 減力 乾片之曝光過度者，在其顯影之際，全面皆現黑色。即爲曝光適度之乾片，如其顯影過度者，全面亦現爲黑色。此種乾片用以製陽畫時，乃極爲不便，必減少其黑度，使爲適當之黑度。此減少之方法，是曰減力法。一般皆以含有氧化劑之硫酸溶液，或稀薄之酸液，以溶去其銀。

減力劑有三種之區別，而各異其作用。第一種為並行 (subtractive) 的減力劑，如以之浸潤於乾片時，所有之銀平均溶解，故當光少黑度小之部分，第一消失，故對比變為甚急，階調亦因之而異。第二種為比例的 (proportional) 的減力劑，具一性質，應黑度之比而溶解其銀，故黑度之變化甚少，階調不甚變。第三種為超比例的 (superproportional) 減力劑，具一性質，在最黑之部分，作用最大，在黑度甚小之部分，作用乃極微，其結果對比乃因之而減少，同時階調亦生變化，如第四十八圖所示。

平行的減力劑，多用於曝光過度之乾片，結果甚佳。在此種曝光過度之乾片上，表面皆因此過度曝光，而致全面皆黑。骨膠乳劑層吸收光線之力甚強，故稍入於骨膠之內層，當有適當曝光之層，故由此並行的減力劑，將表面及近於表面之銀溶而去之者，則存於層內有適當曝光部分之畫象，得以現出。屬於此者，減力劑有多種，茲舉之如次：



第四十八圖 對於黑度減力劑之作用

(1) 華麥 (Farmer) 氏減力液 於定影液中，加入少量之鐵氰酸鉀（故又曰硫硫酸鈉鐵氰酸鉀減力液），而以乾片浸入，鐵氰酸鉀為銀所還元，成為亞鐵氰酸鉀，同時銀則氧化而溶入於硫硫酸鈉之溶液中，硫硫酸鈉溶液用四分之一溶液，更以十分之一鐵氰酸鉀溶液滴入數滴，使帶微黃色，即可以乾片入之。在其達適度之稍前，取出而加以水洗。在水洗中，此減力猶有少許之進行，故必於適度之稍前取出之。鐵氰酸鉀於硫硫酸鈉之溶液中，分解極速，分解後即失其色，失色以後，液即失效，必更滴數點用之。

(2) 厄特爾氏減力劑 先以昇汞溶於水中，溶後加碘化鉀，即生赤色之沉澱。次加氰化鉀入之，其減力作用甚為和緩，唯各物質多具極烈之毒性，必須注意。其調合法如次：

氰化鉀

五公分

氯化汞

二·五公分

碘化鉀

二·五公分

水

一〇〇〇立方公分

(3) 碘氰減力劑

碘液（十分之一以碘溶解於碘化鉀之溶液中而得）

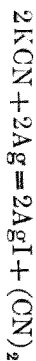
六立方公分

氰化鉀液（十分之一）一立方公分

水

一〇〇〇立方公分

此減力劑對於黑度小之部分作用爲多，故必更稀釋而用之。其反應如次：



由此反應所生成之碘化銀，溶解於過量之氰化鉀溶液，所發生之氰氣，性極毒，必須注意，不可吸入。
 (4) 硫酸銻減力液 此溶液作用於銀，生成硫酸銀而溶出，有時須稀釋至三倍而用之。其調合法如次：

硫酸銻

一〇公分

水

一〇〇〇立方公分

強硫酸

四立方公分

比例的減力劑，與黑度比例而減力，故只減其對比，階調可仍而不變。顯影之過度者多用之。有數種類，如下所述：

(1) 高錳酸鉀減力劑

A 高錳酸鉀

五〇公分

水

一〇〇〇立方公分

B 硫酸 五〇立方公分 水 一〇〇〇立方公分

使用時，以A液一分，B液二分，水六十五分，相混合。減力以後，常因高錳酸鉀之作用而生斑紋。欲除去此斑紋，可以硫硫酸鈉溶液，或酸性亞硫酸鈉溶液浸之，而後水洗。此減力劑之作用，蓋位於並行的比例的兩種減力劑之中間者也。亦可以下之調合法製之：

水 二〇〇立方公分 高錳酸鉀 〇·一公分

強硫酸 一五——二〇滴

(2) 草酸鐵減力劑〔貝立芝紀(Belitzky)氏減力劑〕

水 二〇〇立方公分 草酸鐵鉀 一〇公分

亞硫酸鉀(結晶) 八公分 草酸 二·五——三公分

硫硫酸鈉 五〇公分

亞硫酸鉀亦可用當量之亞硫酸鈉代之。草酸鐵之作用，乃如氧化劑，使銀溶出於硫硫酸鈉之溶液中。

(3) 高錳酸鉀高硫酸銨減力液 高錳酸鉀之作用，乃位於平行的及比例的減力之間，已述於前矣。如以超比例的減力劑（即平行之反對者）高硫酸銨，適當配合之者，即可得一純然之比例的減力劑矣。

A 高錳酸鉀

○·二五公分

稀硫酸（十分之一）一五立方公分

水

一〇〇〇立方公分

B 高硫酸銨

二五公分

水

一〇〇〇立方公分

在使用時，以A液一分，B液三分混合之。

以上各種皆用氧化劑，使銀變為硫酸銀而溶出之。或利用其溶解於硫硫酸鈉溶液之反應者也。

超比例的減力劑，對於黑度甚高之部分，作用最大，而黑度甚小之部分，則幾無作用。高硫酸銨之溶液，使之帶酸性者，即具此作用。高硫酸銨何以具此奇妙之性質，迄無定論，足以說明之。意者原因所在，乃銀之離子，轉為氧化之觸媒。換言之，黑度甚高之部分，在小時間內生多數之銀離子，因此

在此部分氧化之進行乃大（息勒（Schuller）氏斯吞吉（Stenger）氏赫勒（Heller）氏等之說）如其所用爲不純之高硫酸銨，減力之進行，乃爲不規則的，而不能爲超比例的減力。其中尤以鐵之存在，能使其作用爲不規則的。其所以然者，殆鐵亦有觸媒之作用也。

此減力法多應用於印刷乾片，過黑之部分，使之變薄，本薄之部，則使其仍舊。高硫酸銨必須純粹物質，即其所用之水，亦必須爲蒸餾水。

高硫酸銨溶液，用其二%者，使用時每百立方公分，更以百分之食鹽水一·五——二·五立方公分加入之，以防其起不規則的作用。起不規則作用之原因，因爲不純物質之存在。然而乳劑自身之性質，及其顯影方法，似亦有關係。例如用阿米倒爾所現影之乾片，如用高硫酸銨以減力者，最初之作用，乃在半影部，後乃及於黑色部分。不論其原因何屬，此減力液之作用，終爲不正確。減力告終之際，宜即以亞磷酸液或硫硫酸鈉溶液（均爲十分之一）浸之，以停止其減力作用。否則在水洗之際，減力往往進至過度。

尙有一極簡之方法，即將乾片在定影液中作稍長時間之浸潤，即得少許之減力。蓋藉空氣中

之氧，使銀溶出於液中，酸性硫酸鈉溶液之減力，爲平行的或比例的，中性溶液則或爲比例的或爲超比例的，由其濃度而異。

減力亦可於顯影時行之，例如取水百立方公分，重鉻酸鉀〇·七五公分，強鹽酸三立方公分，明礬五公分，作成溶液，以乾片浸入，片上之黑色部分之銀，即變爲白色。水洗以後，再以下液顯影，液之調合方法如次：水百立方公分，亞硫酸鈉三公，阿米倒爾〇·五公分，酒精百立方公分。此液之作用甚徐，待其得適當之黑度，即取出而浸於定影液中。其時片上殘存之氯化銀，未經顯影液之作用者，即溶出於定影液中，而達減力之目的矣。

(五) 被翳及其處理法 被翳在顯影時發生，即全片爲黑色所籠，或爲其他色所被蓋之現象。有時亦只生於一部分，有如起於邊緣者，如緣翳之類。

潛影的被翳，乃爲乾片自身所生，其生於全面者，稱之曰化學被翳(chemical fog chemische Schleiier)。此種被翳由乳劑之製造法、貯藏法、乾片之新舊等，因子而異。由顯影液之不同，而亦生差異者也。

乳劑之骨膠不良，或顯影液中存有多量之亞硫酸鹽、溴化物、氫氧化銨等，溶解物質時，或顯影液中混有少量之定影液時，乾片起一種之被翳，在透過光線下，現為赤色，在反射光線下現為綠色，帶稱之曰兩色被翳 (*dichloric fog, dichroitische Schleier*)。

顯影之際，如時間過久，全板現黃色或褐色，為一種之被翳。漏光亦為被翳之因。而其他摩擦，壓迫等，機械作用，亦能生成此翳。定影之際，如乾片之一部分，突出於空氣中者，則亦生翳。

欲防被翳之發生，當自其根本上防其發生。發生以後，欲除去之，則甚困難。減力劑及以前節末節所述之處理法，或可補正。或以千分之一高錳酸鉀溶液浸之，再浸以亞硫酸氫鈉溶液等處理之法，皆可試之者也。

(六) 修正 乾片上所生之明暗階調，不能滿足時，可加以修改，是曰修正 (*retouch*)。畫象中之某部須刪除時，或欲使照片現畫意時，亦加以修正。修正所用之方法，乃以鉛筆毛筆等，在陰畫上增加其濃度，或以刀刻去層，或以研磨劑磨去其層，使減少黑度。以上皆為機械的方法，至於化學的方法，唯以棉蘸補力液，或減力液，塗其必要部分而已。至其詳細，不在本書範圍以內，乃藝術的

研究，故略於此。陰畫之片甚為光滑，鉛筆不易塗上，故加一層之假漆，使之受筆，茲舉數例於下。

(1) 凡命塔氏漆 以丹馬脂溶於百立方公分之四氯化碳中，更加馬尼刺松香之細末，於隔水鍋上，加熱而濾過之。

(2) 以乳香溶於四氯化碳中。

(3) 以丹馬脂五公分至十公分溶於四氯化碳中。

修正時，亦將此種溶液塗於修改之部分而修正之。

(七) 顯影陽畫之調色 透明片之成於溴化銀、氯化銀骨膠乳劑者，顯影液加溴化鉀以顯其影，則由所加溴化鉀之量，而得種種色彩，自紫色、赤色、褐色，以至黑色。由同法之調色，亦可行於燈光紙，特由製造時所用乳劑之種類，紙之種類，而異其色彩。欲得同一之色調，事實上殆不可求。一般用於陽畫之調色法，其所用者為銅、鈾、鈹、銲等之化合物。

硫黃調色法 有種種方法，其以一液法行之者，即用硫化鈉或其他可溶性之硫化物及硝基苯之化合物，以為氧化劑，使作用於銀。常用者為對硝基苯磺酸鈉，及 4 硝基 2 甲苯磺酸鹽類。其法

取硫化銀之飽和溶液十五分，對硝基苯磺酸鈉溶液（十分之一）一分，混合而使用。

更有一法，即用含有食鹽明礬之硫磺酸鈉熱溶液，由硫磺酸鈉之分解而生硫黃，結果乃得硫化銀之調色。其調合法如次：

硫磺酸鈉

四〇〇公分

明礬

九〇公分

水

二〇〇〇立方公分

先以硫磺酸鈉溶於水中，勤加攪拌，而以明礬加入，煮沸三分間，降冷至常溫，另取硝酸銀一分溶於三百立方公分中，將強氨水滴下，使成硝酸銀銹溶液，一面攪拌，以加入上液中。又另以碘化鉀三分溶於三百立方公分之水中，而加入前液。使用時，將液熱至五十度，保持其溫度，而以紙片浸入，加以搖動，使溶液之作用達於全面，約十五分至三十分間，而調色告終。

多硫化物之稀薄溶液，使之作用於紙，亦可得調色，特其最初之骨膠必須用明礬，使之硬化而已。

由二液以調色者，將乾片上之銀，於氯化物或溴化物之存在下，以氧化劑處理之，即轉為氯化

銀或溴化銀。此時畫象轉為白色，俗稱之曰漂白。再以硫化鉀作用之可矣。漂白液之調合法如次：

1 溴化鉍

一一公分

鐵氰酸鉀

三五公分

水

一〇〇〇立方公分

2 A 強鹽酸

一五〇立方公分

水

一〇〇〇立方公分

B 高錳酸鉀

四・五公分

水

一〇〇〇立方公分

使用時，取A及B液各一分，與水六分混合之，由本液所生成之斑點，在硫化物之溶液內，大抵皆消失。如或不消失者，浸於亞硫酸氫鈉之溶液中，即可除去。漂白之後，用以着色者為硫化物之溶液，即一至二%之硫化鈉溶液可矣。

硫黃調色所得者，為褐色。

銅及鈾之調色法 銅調色法所用溶液如次：

A 硫酸銅

七公分

中性檸檬酸鉀

二八公分

水

一〇〇〇立方公分

B 鐵氰酸鉀

六公分

中性檸檬酸鉀

二八公分

水

一〇〇〇立方公分

使用時，將 A B 兩液，同量混合，所得者，稍帶紫色。

鈾調色法所用之溶液如次：

硝酸鈾

五公分

中性檸檬酸鉀

五公分

鐵氰酸鉀

二公分

鉍明礬

一〇公分

純鹽酸

〇・三立方公分

水

一〇〇〇立方公分

本調色液所得者為帶赤之黑色，調色進行即為帶赤之褐色，終乃為絳紅色。畫象之保存期不長，為其缺點。

鐵之調色法

以鐵氰酸鉀與鐵鹽作用，即得青色之畫象，其調合如次：

A 鐵氰酸鉀

五公分

氫氧化鉍水

五滴

水

一〇〇〇立方公分

B 檸檬酸鈹

二公分

強鹽酸

五立方公分

水

一〇〇立方公分

先將畫像浸於A液中，俟其全部漂白後，取出加以水洗，再浸於第二液中，約四或五分鐘，即可得青色之調色，再用次液浸之。其調合法如次：

硫化鈉

二公分

水

一〇〇立方公分

鹽酸

五立方公分

由此液之浸潤，銀之硫氰化物即轉為硫化物，其色與青相和，而得帶綠色之調色。

鈎之調色法 畫紙浸於鐵氰酸鉀溶液者，銀則變為鐵氰酸鹽，再以浸於氯化鈎溶液中者，即得帶黃色之色調，如含有微量之鐵者，即得綠色之色調。其溶液之調合方法如次：

氯化鐵

四·八公分

氯化鈎

四·〇公分

氯化鈹

一〇·〇公分

強鹽酸

一〇立方公分

水

一〇〇〇立方公分

上述以外，尚有多數不甚適用之調合法，茲均略於此。其外尚有以鐵氰酸鉀作用之者，一部分使轉為鐵氰酸銀，因其有吸取染料之力，故以不能染骨膠之染料染之者，即生成一種色素，而得一種調色法，此法多用於影戲之軟片。

透明片或紙之含有多量之溴化銀者，金調色法，殆不有效果，則為事實。

(註一) 最初生成 $\text{Ag}(\text{CN})_2\text{SO}_4$ 之鹽，為不溶解性，由過量之硫磺酸鈉之作用，而得可溶性之 $\text{Ag}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)_2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 。

(註二) 參照第八章第九節之附註。

(註三) 濃厚之液能侵蝕骨膠。

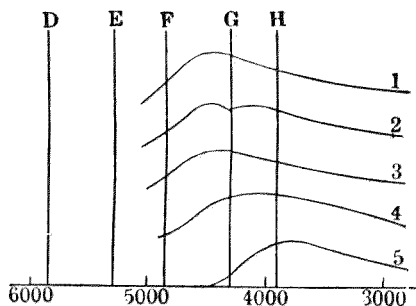
第十一章 溴化銀之色感光

(一) 感光與光之波長關係 總上所述，不過曰氯化銀受光之作用而變化，統言之曰，感光而已。然而詳細言之，光有各種之波長。故言感光，必及波長。銀之鹵族化合物，對於光線，並非一切波長，皆有作用。實則由波長不同，感光度大有差異。今試以普通乾片溴化銀骨膠乳劑所製者，於太陽之分光景下，作一定時間之曝光，顯影以察之。在分光景之各部分，皆異其感光之程度。赤色、橙色、黃色、綠色之各部分，幾不有感光作用可得，青色、紫色及紫外線之各部分，則皆有少許之感性可見，而其感光最大之部分，乃在太陽分光景上 F 線與 G 線之間，即波長約四五〇〇Å 之青色部分。波長大於此者，感光度即急減，波長五一〇〇Å，即綠色部分以上者，殆不有感光作用矣。波長之短於是者，亦逐漸減其感光度，而止於紫外部波長約三四〇〇Å 之所。(註一) 溴化銀棉膠乾片其最大感光之所，在太陽分光景之 G 線附近，即波長約四三〇〇Å 之所紫色之部分。波長大於此，感光度即

急減，至F線（綠色），即在波長四八〇〇Å以上之光線，殆不有感光之作用。波長小於此，感光度亦漸減。達於波長三四〇〇Å之紫外部，氯化銀骨膠乾片比諸溴化銀，其最大感光部分為波長更小之部分，即為H線與K線間之紫外部，即波長約三九〇〇Å之所。波長一大，感光度即急減，亦與溴化銀相似。波長漸短，感光即漸減，亦與前相似。此兩種乳劑之最大感光之所，雖大略如上述，然決非一定不變，由乳劑之種類及曝光之大小，而有少許之變化。例如溴化銀骨膠乳劑在曝光小時，最大感光之部分有四五〇〇Å以下波長之處。同為溴化銀骨膠及碘化銀骨膠之混合乳劑，由其製法不同，而感光亦異。溴化銀乳劑及碘化銀乳劑各別製造而混合之者，在G線附近，有二個最大感光之部分。以溴化物及碘化物加於骨膠中，再以硝酸銀處理而得之混合乳劑，只有一個之最大感光部分，兩者間有顯著之不同。

第四十九圖所示者，即各種波長之光線對於種種乾片及乳劑感光狀態，表以曲線之理想圖也。1為溴化銀骨膠乳劑，2為溴化銀乳劑與碘化銀乳劑之混合而得之乳劑，3為骨膠溶液中含溴化物碘化物以硝酸銀處理而得之混合乳劑，4為溴化銀棉膠乳劑，5為氯化銀骨膠乳劑。

(二) 溴光銀之色感光 千八百七十三年福格爾 (Vogel) 氏以偶然之故，而得一極重要之大發見，氏曾取商品乾片。因欲防光暈而曾以赤色之某種色素混入者，曝光於太陽之分色景，影象以後，發見其對於比較的大波長，甚為普通乾片所不感光者，而亦能感之。於是遂繼續其研究，發見溴化銀乳劑中，如混以微量之赤色素 Corallin 者，溴化銀粒子染為紅色，同時對於綠黃光線之本不能感者，而亦能感光。此種發見，在當時不為人所重視，實乃一重大發見，為今日整色照相，天然照相，三色製版術等之基礎者也。Corallin 以外，尚有多數之色素，能以此新性質，附與溴化銀棉膠乳劑，使得對於比較的大波長之光線，有感光性。例如紅色之 Eosin, Ethyl eosin, Phloxin 等，與乳劑以感紅光及綠光之性質。Ethyl red 則使其感光及於黃色，或橙色。alizarin blue G 使其感光及於赤色，暗赤色，及紫外線。其他 Nigrosin, Wollschwarz 4B



第四十九圖 乾片及乳劑之感光狀態

葉綠素等 (Chlorophyll) 等亦與乳劑對赤光之感光性。此外尚有多數之色素，有同樣之性質者。若是者，乾片或乳劑能在自身可得感光之波長以外，感及其他光線者，此性質稱之曰色感光 (color sensitivity)。然而此種色素，只對於溴化銀棉膠乾片現其作用，對於溴化銀骨膠乳劑乾片，則其效力極薄。欲使溴化銀骨膠乾片，感及大波長之光線，乃甚困難。然自千八百八十二年發見 Eosin 對於溴化銀骨膠乳劑乾片有少許之效力，附與一性質，對綠色及黃色有感光性，於是瓦特好斯 (Waterhouse) 氏，福格爾 (Vogel) 氏，休曼氏，厄特爾氏等，乃起為狂熱之研究。將數百種之色素，皆加以探索，而其結果，只發見數種色素有此效力。如 Erythrosin (Tetraiodofluarëscain) 能使溴化銀骨膠乾片，有綠色黃色之色感光性，Cyanin 使其對橙色光有稍佳之感光性。其後千九百零四年至千九百零五年，肯尼奚 (König) 氏製出 Isoeyanin 系之色素 Orthochrom, Pinachrom, Pinaeyanol, Dicyanin 等色素，始得使溴化銀骨膠乳劑有良好之色感光性。最近米斯 (Mees) 氏及格脫孔斯脫 (Gutekunst) 氏始製出 Kryptoeyanin 使對紫外線有感光性。最近由尾形氏之研究，製出 Illuminol G, Illuminol R, Kryptoeyanin O. A. 等色素，為甚佳之色感光

色素。

此等色素皆能使溴化銀骨膠乳劑，於其自身所能感光之光線以外，感及其他波長之光線，是曰色感光性色素或曰色感劑 (colour sensitizer)。

溴化銀骨膠乾片全面與以僅少之曝光時，此乾片對於太陽分光景之全部，皆得感光。於溴化銀骨膠乳劑中，加以微量之膠狀銀者，亦可得同樣之性質。然是二者，有時竟為反轉，如以硫酸氫鈉之溶液（約三%）浸而水洗之者，亦能使乾片感及大波長之光線，達於赤線。

（三）色感光性色素（感光劑）之種類 色感光色素之種類極多，由其作用之不同，大要可分為三種：

（1）綠色或整色感光色素 此種色素，能附與乾片以一種性質，對於黃色或綠色能感光，色素自身之色則為紅色，或帶青之紅色，是曰綠色或整色感光色素 (green or orthochromatic sensitizer)。

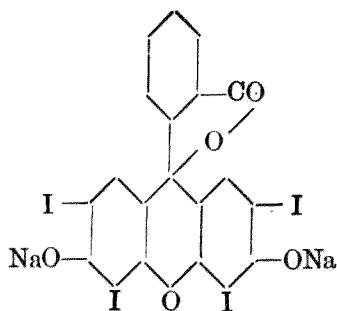
（2）赤色感光性色素 屬於此者，皆為青色、青綠色、或綠色之色素，對於乾片則附與一性

質，使感及於橙色赤色及赤外線，是曰赤色感光性色素 (Red sensitizer)。

(3) 全色感光性色素 屬於此者為紫色，或紫青色之色素，使乾片對綠色黃色之感光性，同時且使其對於橙色赤色亦有少許之感光性，是曰全色感光性色素 (panchromatic sensitizer) 或亦譯作泛色感光性色素。

以上三種色素中，茲擇其常用者，加以簡略之記述於下：

(1) 綠色或整色感光性色素 此等色素之內，用於溴化銀骨膠乳劑者，為 Erythrosin，其構造為 Fluorescein 中之四氫原子為碘所置換者之鈉鹽，紫紅色，甚溶於水及醇，其構造式如上：



以乾片浸於此物之稀薄水溶液中，約二至三分間，乾燥之，即得有對綠及黃色光線之感光性。如以此物質之微量，加於溴化銀骨膠乳劑（鉍法）而製以成乾片，亦得同樣之性質。然對於酸性

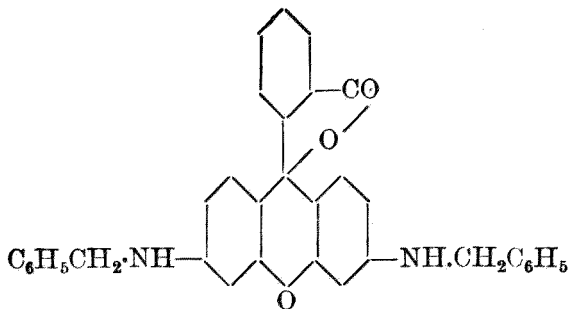
乳劑，或酸性乳劑所製之乾片，則結果不甚佳。感光之最大波長為五八〇〇Å，在D線之附近。

Benzyl Fluoramin 為 Rhodamin 系中之一色素，其酒精溶液為紅色，發綠色之螢光，在水中則不甚溶解，其構造式如上：

以其酒精溶液之微量，加於溴化銀骨膠乳劑，或將此物加於酒

精及水（一比一或一比二）之混合物中，使之溶解，加醋酸使為酸性，以乾片浸入，約二至三分間，乾後，乾片得一色感光性，即對於綠色及黃色之光有感光性。所得之感光性，雖劣於 Erythrosin，然其便利者，即不論其酸性乳劑或鉍乳劑皆可使用。且由此所製之乾片，能經過二年以上，不起變化。感光之最大波長，為五七〇〇Å。

(2) 赤色感光色素 屬於此者，皆 Cyanin 及 Isocyanin 系之物質，實際所用者，為 Pinacyanol, Dicyanin 及 Illuminol R 等，茲述之如次：



Pinacyanol 者(1-1'diethyl carbocyanine iodide)構造爲 $C_9H_6N(C_2H_5)_1 : CH \cdot CH : CH \cdot C_9H_6N(C_2H_5)_1$ 或以其微量加於乳劑中，或以其稀薄溶液浸乾片，即能使乾片對赤色有感光性。其感光之極限約七五〇〇Å之赤色，唯對於綠色，則毫無感光性。Dicyanin 爲構造不明之色素，能使乾片對於深赤色有感光性，感光所及者，達於赤外部之約八五〇〇Å，唯對於綠色則不有感光性。然 Dicyanin 有一種減感劑之性質，使乾片之感光度非常減小。

Illuminol R 爲一種之 Carbocyanin 色素，爲尾形及瀨部兩氏所製出，對於綠色不有感光性，對於赤色光線感光性則強，達於波長八〇〇〇Å。

此外尚有 Pinachromblau, Pinacyanolblau, Cyanin (Chinolinblau), Alizalin blau 等。又有一種構造不明之綠色色素，曰 Kryptoocyanin 者，以處理乾片，乾片即得一對赤外線之感光性，然對於綠黃赤色，殆不有感光性。

(3) 全色感光性色素 色素之屬於此者，使乾片對於黃色、橙色、紅色，皆具感光性，唯對於綠色，則不有感光性。一般常用者，爲下列數種，即 Orthochrom, Pinachrom, Illuminol G 等，列

述於下：

Orthochrom (*p*-Toluchinaldin-*p*-toluchinaldin methyl-cyanin bromid) 及 Pinachrom (Diethyl-6-ethoxy-6-methoxy-isocyanin bromid) 等，多用於綠色及黃色之感光。Orthochrom 僅能使橙色有微感光性。而 Pinachrom 則使感及於六一五〇Å。故 Orthochrom 與其謂全色感光性素，寧謂之為綠色感光色素，更為適當。此外尚有 Pinachrom violet, Pinachromblau 等，構造不明之色素，自黃色乃至 7500-8000Å，有感光性。

Illuminol G 為尾形及瀨部兩氏所製出之色素，屬於 Isocyanin 系，使乾片對於綠色、黃色、橙色，有感光性，其感光之最大波長，約為 6500Å。

此外 ethyl red 則為久已常用之色素。

以上各物質，對於溴化銀乳劑，棉膠乳劑，及乾片，均可使用。更有 Eosin (Tetrobromfluorescien) Rose bengalé (Tetrachlor-tetrajodfluorescain) 者，在棉膠乳劑，多用以為綠色感光乳劑。總觀上述，自化學的構造以察之者，則一般所用之感光色素，為二種：一則具 Fluoran 之基者，

如 Eosin, Erythrosin, Benzylfluoramin, Rose Bengalé 等皆屬於此。一則自 Chinolin 鹽基 (如 Chinolin, Chinaldin, Lepidin) 所誘導而得之色素, Cyanin, Isocyanin, Carboeyanin 等皆屬於此。此等色素皆爲日光所極易漂白者也。

(四) 色感光性乾片及乳劑之製法 以稀薄色素之水溶液, 或混有酒精之水溶液, 於暗室內將乾片浸入, 一面搖動, 使不有氣泡附於其上, 二分至四分間後, 取出在絕對之暗所乾之, 乾片即有色感光性, 是即所謂染色也。

色素液之濃度, 經驗上所示者, 以 $1:2 \times 10^4 - 1:10^6$ 爲最愈。浸片所須之時間, 水溶液時約二分間, 含有酒精之溶液中, 約須三分間, 浸片之時即在十分乃至十分間以上, 結果亦屬同一。至於溫度, 則以十五度至二十度爲愈。

浸後之乾片。乾燥時必須速乾, 方得好結果。即在三十度至三十五度之空氣所乾者, 結果最佳。乾燥過遲, 則顯影之際, 往往生翳。今舉染色法之例如次:

(1) Erythrocein 液

Erythrocein 水溶液（五百分之一） 二立方公分

水 一〇〇立方公分

將上溶液置於顯影磁皿內，於暗室中赤色下，將膠面向上，浸入液中，將皿搖動，使達全面，一如顯影所施者，約二分間。取出置於乾片架上，再以架置於箱中，箱中置有氯化鈣，且能密閉而不漏光者，在常溫下，約六時間，即可乾燥。如所製乾片甚多，可用第二十五及二十六圖所示之乾燥器，甚為便利。

(2) Benzyl Fluoramin 液

Benzyl Fluoramine 酒精液（千分之一） 五立方公分

冰醋酸 三滴 酒精 三十立方公分

蒸餾水 七立方公分

此液之處理法，一如上述之 Erythrocein。在赤色燈下，浸約二至三分間，取出乾之。

(3) Pinacyanol 液

Pinacyanol 酒精溶液（千分之一）

四立方公分

蒸餾水 一〇〇立方公分

其處理當於暗室中，且不能用紅光，唯可於暗中摸索，以乾片浸於液中，約二至三分間取出，用前述方法乾燥，在絕對暗室中乾之。

色感光性色素之用浸染法者，由上述之處理，即可染成。浸後色素溶液仍為附在，先加一二分間之水洗者有之，欲其速乾以九〇%之酒精浸洗者有之。然其結果所起影響極微。色素之難溶於水者，有時須加二〇——五〇%之酒精。有種色素如 Pinacyanol 及 Cyanin 等，使乾片得色感光性，同時亦使乾片生翳。此時溶液如用含有三〇——五〇%酒精以代水者，結果更佳。酒精之外，亦可用甲醇及乙酮代之。又或於此溶液中加入氫氧化鈹（每百立方公分約四至五滴），又或以硼砂之飽和溶液加入之，特其在顯影之際，極易生翳耳。乾片之已為色感性者，有時欲增其感光度，將此乾片再浸於硝酸銀鈹液中而乾之。然同時生一缺點，即極易生翳，且感光度之上升，並不甚高。乾片之將以製為色感光者，溴化銀粒子以細為宜。感光度以低為宜，高感光度之乾片，其所得

之色感光性，比較的甚低，且有牛翳之弊。各種乾片之中，以溴化銀棉膠乾片為易得色感光性。

以上所述，乃以染色法以色感光性賦與於乾片者也。茲當述乳劑之色感光性。先將色素製為千分之一水溶液，或其酒精溶液。在乳劑塗布玻片之前，每百立方公分之乳劑，加色素溶液二至四立方公分，攪拌後再塗於玻片而乾之。如其所加為綠色感光性色素者，其處理可在赤色光下行之。如其所加為全色感光性，或赤色感光性色素者，唯可於黑暗中為之，或以機械的方法處理之。如欲照明，唯可使用一種燈火，其波長約五二〇〇Å者（第六節）。

溶液之保存期間，由色素而異。色素之大部分，其溶液皆為膠狀溶液，放置之，色素即析出，而集於器壁及器底，故不堪長時間之保存，當於使用時隨時新製。其所須之量，不可過餘。色素之溶液（千分之一左右），雖能保存若干時間，欲貯藏之者，只可製小量，亦以速用為宜。水溶液中之含有五〇%以上之酒精者，比諸水溶液，似更能耐久，其中 *Dicyanin* 及 *Kryptocyanin* 之保存期間為尤短。

具色感光性之乾片之保存期間，由其所用色素而異。例如色素用 *Erythroscein* 者，所製得

之乾片，保存期約爲一年。一年以上，色感光性即漸次減少。達於三年，則失其色感光性，而爲普通乾片矣。乳劑加入 Erythroscain 而製得之乾片，保存期亦與此相似。色素之用 Benzyl Anoramine 者，所製得之乾片，雖歷三載，色感光性猶無大變化。色素之用 Pinacyanol 者，所製得之赤色感光性乾片，只一個月，已失其性質矣。由 Illuminol R 所製得之赤色感光性之乾片，則能維持至三個月以上。一般以染色法用 Cyanin, Isocyanin 等所製得之乾片，色感性極佳，而保存期間則短，只數個月而已。色素之加於乳劑中而製得者，一般保存期間長於浸染者，而色感光性亦更低。Dicyanin 所染色之乾片，保存期間約一週間。Kryptocyanin 所染得者，只能保存二日間而已。

色感性色素能吸收光線中之某一定波長帶，如以白色光線通過此種色素之水溶液或酒精溶液者，以分光鏡檢之，在分光景之一定部位上，必現有吸收帶。其對於溴化銀乾片所附與之色感光性，爲某波長之光線者，即爲與此吸收帶殆相當之波長。溶液如過於濃厚，骨膠着色，於是此色感光之波長之光線，爲色素所吸收，而不能發揮此色感光性矣。故溶液必須稀薄，濃厚者決不可用之也。

感光性色素皆不耐光線之作用，溶液之貯藏者，縱不受直射日光之照射，即在稍明亮之室內，變化亦速。故宜貯於有色瓶內，而貯於暗室之中。

上述兩法以外，色感光性乾片之製法有種種，茲列二法如次：

(1) 肯尼奚氏法 肯尼奚氏法者，先製成色素之酒精溶液，於赤色光線之下，將乾片浸入，取出即行乾之，色素即固着於乾片上。乾片雖浸於酒精中，酒精不能侵入骨膠，故色素亦不能浸入膠中。由此方法所得之乾片，初時不有色感光性，而保存期亦能耐久，大抵可至數月以上。臨時將此乾片在暗室內浸入水中，約五分間，取出乾燥，其時色素方浸入膠中，使溴化銀粒子染色，方生色感光性。此法所用之溶液如次：

色素液（千分之一）

四立方公分

酒精（九〇%）

一〇〇立方公分

此方法應用於赤色感光性及全色感光性色素，可減少黑暗中之工作，故甚便利。

(2) 懷生貝格爾氏法

懷生貝格爾

(Weissenberger)

氏法者，醋酸法也。以微量之醋酸

加入於Cyanine系之色素中，色素即因而退色，蒸發之後，色復再現。是法即應用此原理也。其溶液

之調合法如次

色素液（千分之一）六至九立方公分

醋酸

一滴

蒸餾水

三〇〇立方公分

將此褪色之色素溶液（有時不能全褪為無色，而為變色，隨色素之種類而異），於暗室紅光下，將乾片浸入，約二三分間，即取出於乾燥器中乾燥之。欲求其速乾，可於溶液中將水之二〇至三〇%，代以酒精可矣。

溴化銀棉膠乳劑之色感光性，可以千分之一色素溶液加入即得。其量每百立方公分約二至三立方公分之色素溶液，再流布於玻片上，俟其凝固，即水洗之。在水洗以前，感光度低，於暗室內普通紅光下可以處理。水洗以後，感光性即急增（註二）是宜注意。不可不知者也。在硝酸銀銨溶液之存在下，Fosin 對於溴化銀棉膠乳劑，能賦與一綠色之色感光性。

（五）色感光之機構 色感光性之機構如何，至今猶未明。因其在照相術上應用極廣，故其現象乃為人所注意，研究之者甚多，而一定之歸着所在，則尙未能得。關於色感光之現象，今略述之

如次：

(1) 色感光性色素，必具一性質，能使溴化銀粒子染色。然而能使溴化銀粒子染色者，非盡皆能賦與色感光性。染色現象之由來，蓋色素吸着於溴化銀粒子之表面之故也。

(2) 色感光性色素賦與溴化銀之色感光性，其波長乃色素自身所吸收之波長光線。色素溶液所吸收之波長，與溴化銀之色感光之波長，為大抵之一致，而非嚴密之一致。吸着於溴化銀粒子表面之色素，所吸收之波長，比諸色素自身所吸收者，恆向赤色光線之方向移就（註三）。

(3) 吸收帶甚狹之色素，所賦與於溴化銀粒子之色感光性，為甚狹之波長帶。吸收帶甚廣之色素，所賦與之色感光性，波長帶亦廣。

(4) 賦與溴化銀粒子以色感之性質，不基因於其色素之化學的構造，與化學的構造，絕無關係。

由著者之研究，色感光性之現象，基因所在，蓋色素吸着於溴化銀粒子之表面，在此所生之吸着層內，色素乃因光線而分解，因此分解，溴化銀之一部分，為所還元，結果乃發生發生性銀。換言之，

在吸着層內起還元的光分解。此固著者個人之管見，然有可以證之者。以 Erythrocein 染色之溴化銀，照以日光，由此得種種之分解生成物，而知其有此分解方向。此種實驗結果，他日得間，再將發表。減感劑之作用試驗，恐亦與此相同。蓋減感劑吸收於溴化銀之粒子，在此吸着之層中，曝光之際，起光分解，其分解為氧化的，遂防溴化銀粒子之還元，結果即阻發生性銀之發生也。

(六) 缺綠 多數之感光色素所處理而得之色感光性乾片，用分光攝影機以太陽或白光之光景曝之者，在 E 線與 F 線之間，波長約五二〇〇Å 之所，及其向赤之方，有少許之幅，為不感光之部分，此部分是曰缺綠 (Grünlücke)。因何因而來，則尙未之明（參照分光景影片）。

(七) 色感光之測定法 乾片上所得色感光之多少，在以前之測定，僅為定性的。其法即取厚紙或木片，一部分塗以水彩畫之羣青 (ultramarine)，一部塗以鉻黃 (chrom yellow)，一部塗以銀朱 (vermillion)。將此色板攝影以察之，普通乾片對於羣青最能感光，其他二部分黃及朱，幾全不能感受。再以色感光性之乾片撮之，而與普通乾片所得者比較，即見鉻黃所塗之部分，已有多少之感光性，朱所塗之部分，仍不有感光性。再以全色或赤色感光性之乾片撮之者，即見鉻黃部

已甚感光，銀朱部亦有多少之感光性矣。羣青之青色感光性極強。欲免其過強作用，可用黃色之濾光器 (screen, filter) 而撮之。則黃朱之感光，益可明瞭。由此方法，定性的可以知色感光之有無。濾光器之適用於此者，爲理化研究所所製之 Uranin 濾光器第二號 (詳後)。用此濾光器以色感光性乾片撮之者，鉻黃之感光乃與羣青同等，甚且在其以上，故可得一足供實用之綠色感光性乾片 (或整色感光性)。如其鉻黃之感光能與羣青相等，或且過之，同時對於銀朱亦有感光性者，即爲全色感光性之乾片矣。如其對銀朱之感光能與鉻黃相等者，則爲赤色感光性之乾片矣。

更有一法，即將欲測定之乾片，置於分光攝影機中，於細隙 (slit) 之前，置一楔，使其曝光於白光之分光景。在此分光景之各部分，由感光性之大小而現爲山形，即大感光性之部分，對於通過楔之厚部而來之弱光，亦能感及，而弱感光部分，對於通過楔之薄部而來者，亦不能感得，故成山形。由此山形之高低，及其所在，而得測定乾片之色感光之有無，及其大抵之大小。本章首所附之圖，即用此法者也。用色感光性色素所製得之乾片，及鎢線電燈之白光分光景所撮得之影片也。

數字的最良方法，以測定乾片之色感光性者，爲豐休勃爾 (Von Hübler) 氏之方法。然爲較

述之便利計，今且略之。將敘於整色照相術之章下。

(八) 色感光性之混合 自普通之觀念以觀之，以綠色感光性色素，與赤色感光性色素混合。以賦與乾片以色感光性者，嘗得一乾片，為優良之全色感光性者矣。實際上乃不如其所推測之美滿。二種色素混合時，大多數兩色素之作用皆減，結果乃只其一半有作用者然。故以適當之色素混合，以製一乾片，對於分光景上任何部分有感光性，雖非甚難，感光度則不能不付諸犧牲矣。

色感光之現象，不僅見於溴化銀，即在氯化銀，亦可見之，特其最大感光之部分，與溴化銀者，乃稍有不同而已。氯化銀之色感光，不甚利用於實用上，在碘化銀則不有此現象。其原因殆為碘化銀不易還元，在色素之吸着層內，所起之光分解，乃不能充分還元碘化銀之故。

(九) 色感光乾片之顯影法 色感光性乾片，對紫色青色以外之光線，亦極易感光，故其顯影乃甚困難。在綠色及整色感光性之乾片，雖可以在紅光下顯影，然其時間過久，亦能感光，則不可不注意者也。最佳者，乃為一種之燈所發之光，波長在六五〇〇Å以上者，用此種燈乃極安全（詳後）。色素中如 Benzyl Fluoramin, Erythrosin, Orthochrom 等，皆可於此種光下處理之。至

於赤色感光性乾片，及全色感光性之乾片，一般皆不用燈，唯於黑暗中摸索行之而已。以一定時間行二至三分之顯影，即投入於定影液中，後再由燈光以察之。或用一種燈發波長五二〇〇Å之光，即所謂缺綠者，以免暗索之苦（詳後）。或用減感顯影法，則綠色感光片及整色乾片，乃可於黃色及明紅色之燈下處理，全色或赤色感光性之乾片，乃能於濃厚之紅色燈下，或前記之六五〇〇Å燈下，加以處理。

（十）餘論 色感光性之顯影，在照相術上雖甚重用，而其機構則不明。然其起於溴化銀粒子之表面上之吸着層內，則為正確之事實。溴化銀棉膠乾片，比諸溴化銀骨膠感光度極低，蓋棉膠殆不有增感劑之作用。然而對於棉膠乾片，有多數有效之色感光性色素。至於溴化銀骨膠乾片，因骨膠有增感劑之作用，故其感光度，比較棉膠乾片，乃為數十倍以至數百倍以上。於是有效之色感光性色素，乃極為有限。由此點以觀，可知乾片之須長時間曝光者，易受色感光性，而其曝光時間甚短者，則不易受色感光性。換言之，此事實所在，恐即為色素之起光分解之難易問題也。不論何種色素，作長時間之曝光者，皆起分解。以故須長時間之曝光，如棉膠乳劑者，多數色素皆有效而可用。在

曝光甚短，如骨膠乾片者，非有一種色素以極短之曝光，即起光分解者，不能賦與色感光性，故有效之色素，乃因而大減其數。由上所述，要點所在，可知溴化銀骨膠乾片之色感光，乃為色素之光分解速度，與骨膠增感速度之比較問題而已。假其能發見一種色素，在溴化銀之吸着層間，分解更易者，當可得一色感光性更大之乾片。不熟乳劑比之於成熟乳劑，更易受色感光性，即可證此見解之非誤矣。

(十一) 太陽分光景之波長 茲為參攷計，列太陽分光景之波長於次：

色名	稱原	因	色名	稱原	因
赤	A	空氣中之氧	綠	E	鈣
	七五九四 七六一一	右		五二七〇	
赤	B	同	青	F	氫
	六八七〇	右		四八六二	
赤	C	氫	藍	G	鈣
	六五六三			四三〇八	
黃	D ₁	鈉	紫	H	鈣
	五八九六			三九六九	
黃	D ₂	鈉	紫	K	鈣
	五八九〇			三九三四	
黃	D ₃	氮	赤紫	L	鐵
	五八七六			三八一六	

赤	紫	M	三二八	鐵	O	三四四一	鐵
	N	三五八一	鐵				

K, L, M, N, O 等，一般皆稱之爲紫外線，爲目之所不能見者，加以凝視長時間後，其一部分有人能見，其爲赤紫者，年少者尤易見之。

(註一) 普通之玻片吸收紫外線三三〇〇——三四〇〇Å之波長之光線，故用玻璃製之三稜鏡及透鏡之機械，三四〇〇Å以下之波長，普通乾片已不能感矣。如用紫外線能通過之物質如水晶之機械，則比此波長更短之紫外線，亦能感之。

(註二) 如其溶液爲酒精或醚者，色素在溴化銀粒子表面之吸着頗爲困難，唯在水溶液則極易吸着，故水洗以後，感光度即增加。

(註三) 向赤色方向移就者，約三〇μ，由色素不同而稍異。

第十二章 整色照相術

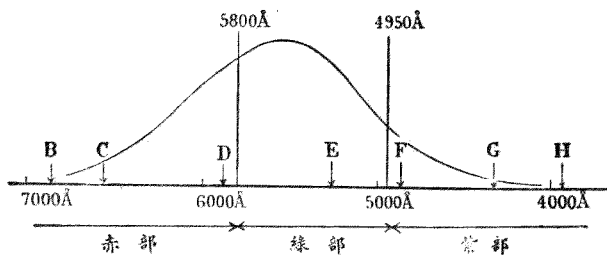
(一) 普通乾片之缺點 普通所用之溴化銀骨膠乾片，對於青紫色光線雖能感光，而對於綠黃橙赤色等光，則爲不感光，(註一)已於前章述之矣。故此各色，在陽畫上皆現爲同一之黑色。試取前述之紙片或木板，塗有羣青、鉻黃及銀朱者察之，則映於目中之明暗，乃鉻黃最明，其次爲銀朱，最暗者乃爲羣青。攝影而製之爲陽畫，則最暗之羣青在畫上爲最白，黃朱幾不有光而現爲黑色。人類之目，顏色之感覺以外，尙有明暗之感覺。攝影而以普通之乾片製之者，自然界之物象之明暗，所能得其階調者，只青色紫色(紫外線)之明暗階調而已。換言之：畫象之成，乃只係於物象之對於青色紫線及紫外線之程度，他皆無關。畫象之階調乃與普通肉眼所視之階調大異，正如吾人戴青色之眼鏡以視察世界者然。此種事實，早爲人所知，而認爲溴化銀乾片及碘化銀溼片之大缺點者矣。自有福格爾氏之色感光之發見以來，始得匡正此缺點，漸次發達，始有今日之整色照相術。

(二)色及明暗之感覺 太陽所放射者爲白色之光線，此白色光線乃由種種波長之光波所組成。人類之目所能見及者，約爲 7000Å 至 4000Å 間之波長，位於其間者。種種波長現於人目，乃爲各色之感覺。由波長之順序以言，爲赤色、橙色、黃色、綠色、青色、紫色等。及其中間色。在種種物質內，此波長帶之全部作同一之反射者，則其物現爲白色。其波長帶中只一部分反射者，則現爲純粹之光，如分光譜之所現者。又或波長帶之全部反射以外，其中之一部分特多反射者，則起一感，爲混有白光之某色。果其波長帶之一部分僅作反射者，即現爲暗色，即白光甚少之色。由此波長帶之各部分以種種分量反射，使吾人感知種種雜多之混色。

往者楊 (Young) 氏及赫龍賀爾芝 (Helmholz) 氏曾有建論曰：人類所能感覺者爲三種波長，即 6650Å (赤色) 之光， 5060Å (綠色) 之光，及 4820Å (青紫色) 之光。其他各色，乃由此三色之光以種種之比相混合而感得之。於是稱此三色即赤綠紫曰原色。(註二) 太陽分光景中近於赤者，其色以赤爲主，而混以多少之綠；近於綠者以綠爲主，而混以多少之赤及紫；近於青紫者，以青紫色爲主，而混以多少之綠及赤。

便宜上，將日光分光景中分爲三大部分：即赤多部分，綠多部分，及紫多部分。即可見其波長可分爲三大部分。即以波長五八〇〇Å及波長四九五〇Å爲界，分爲三部分（第四十九圖），而稱之曰赤部綠部及紫部。

在吾人之視覺上，不特有色異，且有色之明暗之感，已述於第一節矣。異色之明暗不易比較，由奧斯脫瓦特（Ostwald）氏法用紙製之楔，具有自明至黑各種階段之明暗者，以與塗色之紙相比較。由此楔之媒介，對於全般之色，決定其明暗。太陽之光景之各部分，由此方法所測定者，其明暗之度乃得第五十圖所示之曲線。此曲線與基線間之面積，即表示太陽白光之明暗。赤部下之面積，即表示赤部之明暗之度與此相同。綠部及紫部下之面積，亦即表示其光線之明暗。由氏之測定，如白光之明爲



第五十圖 三原分之波長

一〇〇者赤部則爲五八，綠部爲五四，紫部爲八。此種數字，大抵上卽爲日光下對於三原色吾人所感之明暗也。

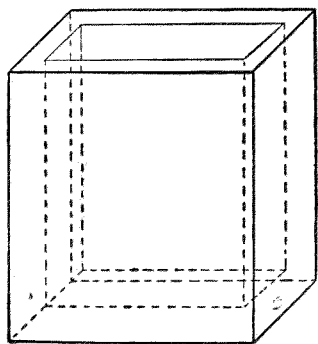
照相術之以再生此明暗之比爲理想者，是曰整色照相術 (orthochromatic photography)。蓋此照相術之理想，卽在得一明暗之階調，正如肉眼所感者。

(三) 整色照相術上所必須之乾片及濾光器 普通之溴化銀骨膠乾片，只對於紫部有感光性，故不能用於整色照相。如果得一乾片對於太陽分光景之赤部綠部及紫部能以 38:54:8 之比而感光者，當爲極理想者矣。然而無論用何種之色感光性色素之已述於前章者，皆不能得一乾片，合於上述之理想。卽以色感光性處理後之乾片，對於赤綠部雖有少許之感光性，而其感光最多者猶仍在紫部。就其結果最佳者言，赤部及綠部之感光度比之於紫部，恆在百分之三十至五十左右。故用此乾片以攝影者，對於紫部光線之感光度尤高，故所得之畫象與由普通乾片所得者，殆無大異。欲得一近於理想之整色影片，必求得一適當之色感色素，賦與色感光性於乾片，使其對赤色及綠色合於 38:54 之比者，以染乾片；同時用濾光器以吸收紫部之光線，使其減少，卽對赤之三

十八線之五十四而減至於八。然後以更長之曝光而攝影，當即可達其目的。

一般黃色色素或染料之溶液或其色素之薄層，甚能吸收紫色光線，對於赤部及綠部之光線，殆不吸收而完全通過，可用以製濾過器。其製法將此種黃色色素含於骨膠中，附着於玻片上用之。又或以黃色素之溶液入於平面玻片所成之箱中，而用以爲濾器（第五十一圖），是即液體濾光器是也。鉻酸鉀及重鉻酸鉀之溶液雖非黃色，亦能吸收紫色之光線，故其溶液亦用爲液體濾光器之液體。

濾光器有時置於暗箱透鏡之前，有時置於透鏡之後，有時則置於乾片之前。其爲骨膠層之薄片者，則切爲圓形入於透鏡之筒內用之。一般此種薄片或玻片所成之濾過器，皆置於透鏡之前。蓋置於透鏡之前，則於撮遠方物象時，不使透鏡之集光狀態起變化，故最爲適當。更有一道。即以黃色色素溶入色感光性色素之溶



第五十一圖 濾光器

液中，以染乾片代濾過器之用。黃色色素之用於此者，爲 Uranin (Fluorescein 之鈉鹽) 或 Tartrazin，溶解以爲一—二%之稀薄溶液，又或以 Tartrazin 溶液（百分之一）加於含有感光性色素之乳劑中用之。其量爲乳劑每百立方公分中 Tartrazin 溶液二至三立方公分，製以爲乾片，亦可用以代濾器。然實際使用上，則仍以用濾過器爲適當。

(四) 濾光器之製造法 濾光器之製法，普通於骨膠液中加入適當之色素，取其一定量，塗布於玻片上，使之乾燥即得。色之濃度，可用豐休勃爾氏之方法表示之，即以濾過器之面積每一平方公尺中所含色素之公分數表之。例如一平方公尺中含有一公分之 Tartrazin 者，其濾光器稱爲 Tartrazin 1；其含有二公分者，稱爲 Tartrazin 2；其含有二種或二種以上之色素者，則各色素之後，附以數字而表之。例如 Rose Bengale 2, Tartrazin 3 之濾光器，即其每平方公尺中，含有 Rose Bengale 二公分及 Tartrazin 三公分也。茲舉一例以示玻片濾光器 Tartrazin 3 之製法於次：

骨膠

五公分

水

八〇立方公分

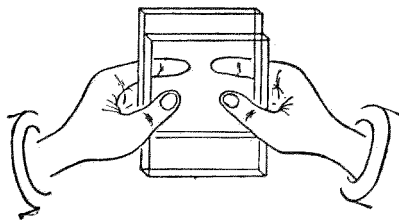
Tartrazin ○ · 一五公分

將三者混合，放置一時間至二時間，俟骨膠膨脹軟化之後，熱於隔水鍋上，使之熔解。骨膠中常含有塵埃等雜質，必濾過而用之。濾過可用玻璃漏斗，漏斗底上以少許之脫脂棉輕輕塞入，加水二三滴，使之潤溼，再用以濾過骨膠。

塗布骨膠之玻片，必為曾磨光之平面玻片，有如鏡面玻璃及汽車用之玻片。普通用以製乾片之玻片，表面不平，用以製濾光器者，所撮得之畫面，必不達上乘，玻片須同大者二片，測定其面積，實際上適於使用者，大約為七平方公分者也。將此二片以脫脂棉蘸取氫氧化銨及氧化鎂少許，磨擦之，後更以清潔之棉布擦之，一如製乾片時之處理法處理之。另取一平面之玻片（普通之窗玻璃已可用矣），如第二十二圖所示方法，用水準儀定其水平位置，然後將前述之二玻片置於其上，離開少許並列之可矣。即前法製成之骨膠溶液注於其上，其量玻片每百平方公分上約為八立方公分；如其所用之玻片為七平方公分之方玻片者，則其量為三·九立方公分，即以四立方公分之液注之可矣。量液可用有刻度之圓筒，唯須注意不使其含有氣泡，緩緩注於片上。用玻棒使之擴及全

面。如有氣泡，可以指尖點之，氣泡即着於指上，可以除去。塗後放置之，骨膠即凝固。凝固後，置於垂直之位置，使之乾燥。各玻片上每平方公尺中，含有 Tartrazin 1·五公分。二片相合，即含有 Tartrazin 3 公分，即得一 Tartrazin 3 之濾光器。

玻片之骨膠完全乾燥以後，以其一片膠面向上，保持其水平位置，而以加拿大樹膠 (Canada balsam) 注上。在平方公分之方片上，大約有二公分足矣。另一片則以膠面向下，而疊置於加拿大樹膠之上，加力壓合，膠即次擴開。膠中常含有氣泡，必壓出之。壓出之法，如第五十二圖所示。以兩手持此二玻片，一面加壓一面滑動，於是氣泡與樹膠同時擠出。俟氣泡全去後，即得一透明之濾光器。將此濾光器置於木板上，而壓以五百公分之重，放置約二至三日，於是玻片間之多餘之加拿大樹膠皆流出於外，可以布片蘸酒精拭之，即得一優良之濾光器。濾光器製成後，四面貼紙，作成邊緣，則更愈矣。此濾過器之



第五十二圖 濾光器之製法

黃色甚濃，紫部之光線殆爲之全部分吸收而不使之通過。

骨膠薄片之濾光器所用之骨膠溶液，可就上述之調合法製之。所宜注意者，因其只爲一片，故 *Tartrazin* 之量當爲 0.3 公分。其製法如次。

取一磨光平面玻片，以布片蘸滑石粉少許摩擦之，而置於水平位置。將前述之骨膠溶液注於片上，使之流擴；其量玻片每百平方公分上約八立方公分。如於傾注之前，加以少量之福馬林，緩緩攪拌不使起泡而混合之，則所得之骨膠薄片更爲硬固，而便於使用。骨膠凝固以後，置於垂直位置而乾燥之。乾燥後，以小刀切開四邊之膜，即極易剝落，而得一骨膠薄片。

整色照相術上所應用之黃色色素可以製爲濾光器者，種類甚多。如 *Tartrazin*, *Quinoline yellow*, *Piazol yellow*, *Uranin*, *Nitrofluorescein* 等，皆常用者也。在德國，則亦用 *Filter-cells* 在日本則有 *Ultrazin* 爲日本理化研究所所製。含有一種色素，不能通過紫外光線者也。

(五) 豐休勃爾氏之色感光度測定法 吾人於前章曾述及分光攝影機，用紙製之楔以測定乾片之色感光性矣。曾謂此外尚有豐休勃爾氏法爲一實際的方法，可用以測定色感光性乾片

之色感光度。在整色照相術上，所謂必要之測定者，即測定其乾片對紫部光線之感光度與綠色部赤色部感光度之比；果能知此，即已足也。氏之方法蓋製成

三種濾光器，能通赤部之波長綠部之波長及紫部之波長者。即赤色濾過器，綠色濾過器，及紫濾過器。同時更作一黃色濾光器，可以通過赤部及綠色之波長者，如第四十九圖所示。在乾片面覆之以楔，使分爲五部分。如第五十三圖所示。在各部分，覆以上述之濾光器四種，殘餘之一部，則留以備白色光線之曝光，而以與濾過器同厚之玻片覆之。將此全部入於框中，裝入暗箱，壁上貼以純白之紙，使其照光均勻，將暗箱對此紙而曝光。其所用之濾光器，有如下列：

赤色 *Rose bengale 1.5, Tartrazin 2.0*

綠色 *Patentblau 0.4, Filtergelb 5.0, Toluidinblau 0.4*



白
紫
黃
綠
紅

第五十三圖 雙休勃爾氏測法

黃色 Filter-

gelb 5.0

紫色 Toluidin-

blau 2.0,

Säurevio-

lett 1.2

由此方法，乾片所

分之五個部分之各部，

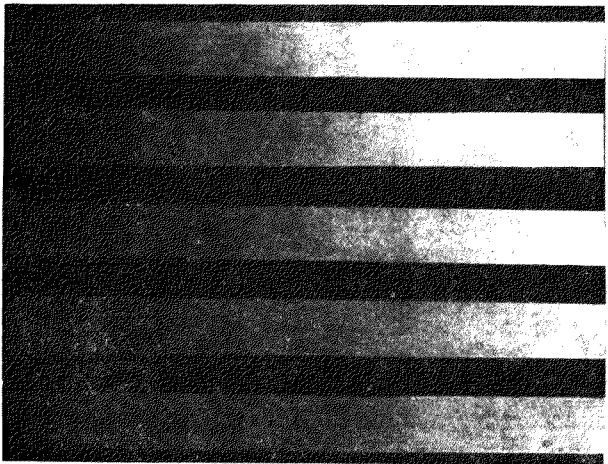
同時受各色之曝光。故

對於太陽之赤部綠部

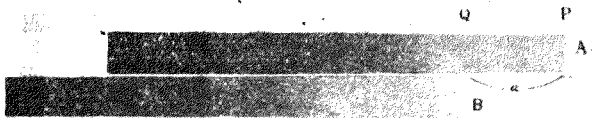
紫部，乾片上之感光如

何，可以明瞭。同時對於

自
紫
黃
綠
紅



第五十四圖 豐休勃爾氏法所得之陽畫



第五十五圖 豐休勃爾氏感光之比較

赤部綠部紫部之總和，即對於白光，其感光如何，亦可以明瞭。

將上述之曝光乾片，加以顯影，定影，水洗，乾燥而製之為陽畫，則如第五十四圖所示。將此陽畫各部剪開，以其二片 A B 並列於紙上，如第五十五圖所示，使其黑度相同之點相合。自其楔之尖端測其距離之差 a ，則由第八章第五節所述者，可以知兩片感光度之比。

今以一例為喻，A 片假設為紫色相當之紙片，B 片為黃色相當之紙片，在第五十五圖楔之 Q 點下之紫色感光與 P 點下之黃色感光相等。今假設此 Q 點之黑度為 S_q ，P 點之黑度為 S_p ，其差為

$$S_q - S_p = ak \quad (k \text{ 為楔之恆數。})$$

黑度為不透明度之對數，故楔之不透明度，乃為曝光之比，即

$$\log \frac{Q \text{ 點下之曝光}}{P \text{ 點下之曝光}} = ak$$

今設 $k = 0.3, a = 20 \text{ m.}$

$$\text{則 } \log \frac{Q \text{ 點下之曝光}}{P \text{ 點下之曝光}} = 0.6$$

此乾片對於紫色之感光度設爲1，則對於黃色之感光度乃爲以0·六爲對數之數（即爲四）之逆數0·二五。

由此，赤部綠部或赤部與綠部之和，對於紫部或白部（即白光）之比，可得而測定之。

然而吾人於此有一可考慮者在，即所以測定之濾過器，對於光線乃非完全透明，豐休勃爾氏用一種之複雜器械所謂 *Farbenmessapparat* 者，測定其透明度，得下列之值，乃將上述結果加以補正。

濾光器	赤色	綠色	黃色	紫色
透明度	0·五三	0·二〇	0·九五	0·一九

在上記之例中，紫色濾光器所通過者，爲紫色光之二九%，黃色濾光器通過者，爲黃色光之九五%，實際上對於紫色黃色感光之比乃爲

$$0.25 \times \frac{29}{95} = 0.08$$

濾光器之透明度，可由下法測得。將此濾光器與此二個同樣之濾光器相重者，同置於乾片之

上，再置一楔而行同一之曝光。察乾片所生黑度相等之點，而測其距離，即可測得其透明度。尾形及櫻井兩氏測定豐休勃爾氏之濾光器之透明度，結果有如下列，頗與上列者一致。

濾光器	赤色	綠色	黃色	紫色
透明度	○·五一	○·二一	○·九三	○·二四

由上述方法，曾測定各種乾片之由各色感光性色素賦與色感光性者，以紫色之感光度為1，而算出黃色感光度與赤色綠色之比。其結果之數項，有如下表所列。在此表上，紫色感光度為1，黃色感光度與綠色感光度之比為v，赤色感光度與綠色感光度之比為f，（綠色 || 1），黃色感光度與赤

色感光度之比為R，（赤色 || 1）。

乾片上所用之色素	v	f	R
Orthochrom	○·三三	○·二五	
Pinachrom	○·二九	○·三八	
Pinacyanol	○·三三	1·1	
Dicyanin	○·二〇	二·五	

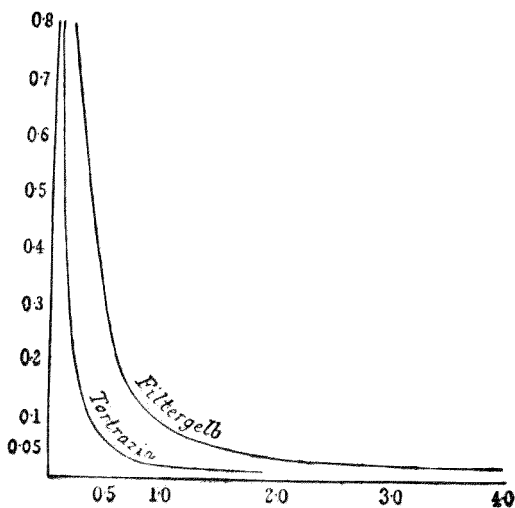
Erythrosin	0.15	—
Isocyanin	0.13	8.5
Cyanin	0.58	1.3
Pinecyanol	0.58	1.0
Dicyanin A	0.13	1.5

(六) 濾光器之濃度與曝光之時間 黃色濾器之用於整色照相者，能吸收紫部之光線。黃色之濃度愈增，對於紫部光線之透明度乃愈減。其測定之方法，亦可用前述方法測之，即取普通乾片只有紫部之感光者可矣。在其上加一楔，而以各種濃度（1, 2, 3, 等）之黃色濾光器重合其上，行一定之曝光。顯影後，察其同黑度之點，而測其距離之差，即可測定其對紫部光線之透明度。豐休勃爾氏就 Filtergelb 及 Tartrazin 所測得之結果，有如第五十六圖所示之曲線。在此圖中，縱軸所示者為對於紫部光線之透明度，橫軸所示者濾光器之濃度。濃度增加，透明度即急速減小。無論何種黃色色素，皆可以得此曲線。

在整色照相上所欲得者，乃赤部綠部紫部之明暗比正為 38:54:8。果能得此，即得一明暗度

如實際者矣。今更求其簡單者，不問黃與綠之比，只求黃綠兩部之和即 $81+81$ 與紫部之比而能為 $81:81$ 者，已稍近於理想矣。今假設有一乾片，其黃色感光度 v 為 0.33 ，不用濾過器而攝影者，紫部之光對於赤綠部乃有三倍之感光度，故其結果不能達整色照相之目的，必用適當之濾光器，使赤綠部之光線與紫部光線之比得 $81:81$ 之比。今所用乾片以紫部之度為 1 者，赤綠部之感光度乃為 0.33 。欲使其比成爲 $81:81$ 者，則紫部之光線當爲

$$0.33 \times \frac{81}{81} = 0.04$$



第五十六圖 色感光色素之透明度

即必用一種黃色濾光器之具此濃度者。由第五十四圖所示，如其色素用 Tartrazin 者約爲 0.6 之濾光器，用 Filtergelb 者約爲 1.0 之濾光器。

此乾片之感光度，紫部爲 1，黃部爲 0.33，故其總感光光度爲 1.33。將此乾片用前記之濾光器而攝影者，其感光光度爲 0.33 加 0.33 即等於 0.67。不用濾光器時，其曝光假設爲 1，則用濾光器而攝影者，曝光時間與感化度大約爲反比例；故

$$1 \times \frac{1.33}{0.37} = 3.5$$

即須 3.5 倍之曝光時間。此時之濾光器之透明度假定爲 1。

由此可知乾片之黃色感光光度已知者，且使用於濾光器之黃色色素對於紫部光線之吸收曲線，如第五十六圖所示，亦爲已知，則濾光器所必須之濃度與曝光時間，皆可算出。

在整色照相上，以爲理想者，即其赤部與綠部之感光能爲三八與五四之比。欲達此目的，唯求之於色感性色素，他無道也。其最近於理想者，爲 $r = 0.7$ 或 $R = 2.1$ 之色感性色素。

(七) 整色照相之實製 上節所述，似屬極善，實則皆屬理想，在實際施行上，乃困難萬端者也。一般所認為滿足之整色照相，攝影時只用綠色感光色素，即所謂整色感光色素而已（前章第三節）。一般物體之色，決不能純粹如太陽分光景之所示，物體之現為赤色者，仍有少數之綠色光波為所反射，決不致映為全黑。故以整色感光色素感光之乾片，亦可稍得滿意。加以此種色素對於赤光毫不感光，故在暗室內赤光下可以處理，極為便利也。黃色濾光器亦不必用嚴正計算者，乾片之黃色感光度V能吸收紫部光線，以至於十分之一者，所得畫面已甚佳矣。此時所用之乾片，色感光性低，且濾光器之濃度甚高，故須長時間之曝光。

有時欲求曝光時間之縮短，乃用淡色之濾光器，雖不能得全然整色之影片，亦可差近。果具一良好之整色乾片，且有二三種濃淡之濾光器，即亦可得良好之作品矣。

繪畫之複製，有時用全色感光性乾片或赤色感光性乾片。繪畫中赤色部分甚多者，尤須用之。顯微鏡之照相，亦多用此種乾片。此時所用之濾光器，皆為濃黃色濾光器。

(八) 暗室燈 製整色照相時，有時用綠部感光之乾片，有時用全色乾片，有時用赤色感光

片。故暗室之燈，必須加以注意。一般所用者爲赤色玻片所製成之燈，或赤色電燈，皆有時能通過綠色之光。故使用時，必先以曝普通乾片或整式乾片，以試驗其是否有光線通過。最佳方法，卽以適當之色素作成濾光片，再以製燈，而以電燈置入之。濾光片之製法大要如左：

取玻片二大小如六寸片 (Cabinet) 者 (卽用製乾片用之玻片亦可)，以第四節所述之方法，塗布着色骨膠層後，以二枚相合，四邊貼紙。在此兩片間，不須加以加拿大樹膠之層。特天候潤溼地方，夏日往往生霉。欲免此弊，可在膠面上塗以棉膠或假漆，用鐵皮製盒而以此玻片張上。置一十六燭光之電燈 (宜用真空電燈泡，其充有氣體者，發熱甚多，故不宜用之)。所須色素之濃淡，則如下列。

用於溴素紙及其他陽畫紙之顯影時，爲 *Tartrazin 3* 爲黃色之光。

用於普通乾片之顯影者，則用 *Safranin extra G*, 4。與前之黃色片重疊用之，可得一明亮之赤光。以次節所述之骨膠液十五立方公分，塗布於六寸片之玻片上，二片相合而用之。

用於普通乾片作長時間之處理者 (如乳劑之塗布等)，則用 *Safranin extra G8*, *Tartra*

ZnS 能通過 6200\AA 以上之，光極爲明。亮對於整色乾片之顯影亦可安全使用。此種濾光片之製造，可先製其骨膠溶液，如下所述：

水

八〇立方公分

骨膠

五公分

Safrain

〇・二公分

將其溶解濾過以後，六寸片一片，可注以三〇立方公分。乾燥後，將二片相合，與黃色濾光片即 Tartrazin 3 相重合用之。

用於整色乾片或乳劑，作長時間之處理者，可先製 Methyl violet 5 一片，與 Tartrazin 3 相重合用之。

用於全色或赤色感光性乾片之處理者，以 $\text{Naphthol green 7.5}$ 製成一片，與 Fiber blue 0.05 相合而用之。其能通過者爲缺線之部分，即通過約 5200\AA 之小波長帶之片也。

(九) 日光成分之變化與肉眼之適應 構成太陽光線之三原色之比，依時間及所在而時有變化。以故測定色感光時，乃隨時而異，隨地而異，不能得一定不變之結果。例如 v 之測定，在晴天

青空之下所行者，在晴天白雲之下所行者，暈天所行者，室內所行者，所得皆各異其值。由是可知色之明暗，現於吾人之目者，皆隨時隨地皆有變化。然而實際上，除日出日沒與夫暴風雨時期等極端者外，吾人乃不覺其有變化。其所以然者，殆吾人之目中有一種適應性，外界之色調雖有少許之變化，現於吾人目中仍如白光所映者。如以淡色之眼鏡，架於目上，初時雖覺物色稍變，稍久即忘，而不覺其色之變矣。日光之變化，肉眼不能覺者，當即此也。在整色照相上，此種變化乃甚不便，一定之色感光度既不能得，濾光器之適當濃度，亦因之不能定矣。以故今日之所謂整色照相者，決非理想的，而只爲近似的而已。光源變弱，映於目中之色感亦隨之而異。在天氣明朗時，赤部綠部紫部有前述之比 38:54:8 所感得之明暗。在暗所，則綠部赤部反比紫部爲暗，是曰怕金齊 (Purkinze) 氏之現象。由此現象，益使整色照相陷於複雜之境。

(十) 人工光線所成之整色照相 人工光線之種類甚多，與太陽光比較，三原色之混合之比，皆與太陽稍異。如炭素弧光、水銀燈、鎂光等，皆比較的富於紫外線；鎢絲燈、燭火等，則比較的富於長波長之光線。故以此等光線攝影時，濾光器之濃度必須加減以應之。尤其在紫外線，肉眼不能見，

而在乾片則易感光。因其不能爲肉眼所能見，故在整色照相上，紫外光線之感光乃不必要，而須用含有 Ultrazin 及 Aesculin 等不能通過紫外光線之濾器。

(十一) 空氣中塵埃之影響 短波長之光線及紫外線爲空氣中之塵埃所反射而散亂。攝影時，物體於暗箱間，空氣層比較的稀薄時，其影響甚小。如空氣層加厚，則此反射之影響乃著。於是遠方之物，目可以視，用普通乾片以攝影者，乃不可得，此時非用整色照相法不可。比較的長波長之光線，殆不爲細塵所反射，故對於遠方物象，攝影時，以用長波長之光爲宜。與其用整色乾片，不如用赤色感光性之乾片；以赤色濾光器 (Rosa bengale 2, Tartrazin 3, Ultrazin 1) 而撮之；或更利用波長更大之赤外線，即 Kryptocyanin 或 Neocyanin 所製成之色感光性乾片，用上述之濾光器撮之爲更愈也。然而由赤外線以攝影，所須之曝光時間，比之於普通乾片約爲數十倍，乃至千倍以上，不便殊甚。由色感光性之研究，將來對於曝光時間之過長，或可改進而得一便利之道，亦未可知。

(註一) 如以極長時間曝光者，普通乾片亦能感得少許。

(註二) 在此三原色以外，以黃色入於原色以內者，亦有之。

第十三章 天然色照相術

(一) 氯化銀之對色適應性 自然界上有種種色調，對此色調吾人自起一種希望，欲其再生於紙上或其他平面上，此固與明暗之再生，同時亦起之希望也。關於此點，自古以來，由各方面加以研究者，頗不乏人。千八百十年，色貝克 (Sebeck) 氏將天然出產之氯化銀即角銀礦 (Horn-silver) 潤之以水，以當各種之光，知其在某程度以內，能感知其光。其後貝克勒爾 (Bequerel) 氏及尼斯氏，以銀板曝於氯氣中，使其表面生氯化銀，成爲灰色；或以銀板浸於氯化鐵或氯化銅之溶液中，使其表面生成氯化銀，乾燥以後，曝於太陽之分光景，知其能撮得極良之分光景色。如將此板預經一度之加熱者，則結果更佳。板面所生之灰色氯化銀，殆爲含有膠狀銀之氯化銀，薄文 (Pottin) 氏以紙浸於食鹽水中，再浸於硝酸銀溶液，使其表面生成氯化銀。更將此紙浸於氯化亞錫之溶液中，以其氯化銀之表面，向上，而置於明亮之所。暫時之後，紙即轉爲青紫色，即其表面已生成

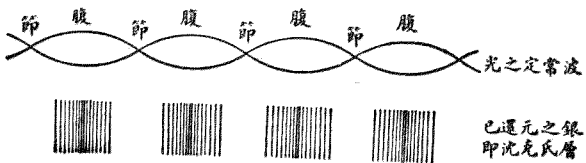
受光氯化物（第二章第六節）。由此法所製之紙，對於有色光線能感光而再生其色。然而此種有色之畫象，放置之者，因氯化銀之變色即漸次消失。如以之投入定影液中，亦即瞬時的消失，故無定影保存之方法。雖然，定影縱不能，氯化銀對色有適應性。則爲事實。受光氯化物更有此適應性。蓋具此適應性之氯化銀，乃非純粹之氯化銀，而爲含有少許膠狀銀之氯化銀。此種現象之由來，由沈克(Senker)氏及其他諸家之觀察，乃如下述。

光線進達一具反射性之面時，其一部即爲面所反射而逆行與進來之光波相合，而成一定常光波。其定常光波中之節，不有以太之振動。在其腹之部分，則以太之振動爲特大，節與節間或腹與腹間，其距離爲光波波長之半。在氯化銀中，如有此定常波者，在節之部分即無以太振動之部分，不起化學的變化。只在腹之部分即在以太振動最大之部分，或其附近有化學變化之興起。即在此處之氯化銀，始被還元。故欲其曝光適當，氯化銀層中銀或受光氯化物之面當生成爲多數之平行層，而面與面之距離，當爲所照光波波長之二分之一（第五十七圖）。今設有白光照射於此面，則各層皆反射其一部分之光，對於最前一面所反射者，自第二面所反射之光線之位差，當與原光線即所

照光線之波長相等。對於第二面所反射之光線，第三面所反射之光線位差，亦當爲原光線之波長。由此以類推，多數之面所反射者，其位差皆等於原光線之波長，即各波皆保持其相同之位相。即以同一之位相而反射，此種反射線相集而入目，即爲吾人所視及之強度。與原光線不同波長之光線由多數之面以各異之位相而反射者，互相干涉而變弱，終乃至目所不能感。此多數反射面之層，稱之曰沈克氏層（第五十七圖）。

此種說明，在貝克勒爾氏法氯化銀之背後有銀板者甚爲適合；而對於利蒲曼（Lippmann）氏之照相法（詳下節）亦爲適合。但在角銀礦及薄文氏法，氯化銀之背後無良好之反射物體，故欲由此以說明，乃甚困難。

膠狀銀乃賦與色感光性之物質，已述於第十一章第二節矣。氯化銀之對色適應性，欲其發揮，必使其對比較的長波長之光線亦具感光性。故



第五十七圖 沈克氏層

必爲含有膠狀銀之氯化銀，始能達此目的。

(二) 利蒲曼氏照相術 千八百九十一年利蒲曼氏發明一種之天然色照相術。其法亦以溴化銀或氯化銀或其混合物製成蛋白質或骨膠之乳劑，薄布於玻片上，而以適當之色素賦與色感光性。入於框中，以玻面向前而攝影（與普通乾片以膠面向前者不同）。欲使其反射，乃於其後之間隙中，即在附有乳劑之面之後，充以水銀。然而入於暗箱中，使之曝光，或對分光景而曝光。曝光以後，水洗而乾之。以一定之角對玻面而視之，即可見天然色之畫象，今記其一般方法如次：

利蒲曼氏照相術所用之乳劑粒子須極微細，其大小程度對於波長須在可以比較之境。如不熟乳劑（第六章第六節）者，粒子雖小，尤爲過大，而不適於用。故必以下述製法製之。即含有溴化鉀或含有溴化鉀食鹽之骨膠溶液，於極低溫度下，與含有硝酸銀之骨膠溶液相混合。此時所成之粒子，乃極微小。得膠狀液之乳劑，此種乳劑稱之曰無粒乳劑。（grainless emulsion Kornlose Emulsion）。製造時所須兩種溶液之調合法如次（凡侖塔氏法）：

A 骨膠

一公分

蒸餾水

三〇立方公分

硝酸銀 ○·六公分

B 骨膠 二公分 蒸餾水 二〇立方公分

溴化鉀 ○·五公分

以上各液溶解以後，降冷至三十五度。於黃色燈下，將A液徐徐攪拌，以注入於B液中。其時所得者為微濁之液，有如蛋白石之色者。

欲防其成熟，一經製得，即須塗布於玻片上。玻片當預以第六章第五節所述之法處理之，後即將乳劑流布於片面，如棉膠之塗布法。後即傾其片，使其大部分之乳劑，流入於別一容器。然後將片置於水平位置靜置而凝固之。凝固後約十五分間，加以水洗。水洗時以水與酒精之混合物（一比一）先潤此片，再投入於水，方可洗淨。否則儘以投入於水中者，片面積有多數之氣泡，水洗即不能完全。水洗後再入於第六章第五節所述之乾燥器中，使之速乾。乾後再以色感光性賦與之。其所用者如第十一章第四節所述之 Erythrosin, Cyanin, Pinachrom 等，而 Erythrosin 與 Cyanin 之混合物亦用之。此時之工作，須在赤色燈光之下。

曝光可用利蒲曼氏之框。此框在乾片之背後有容水銀之所。此乾片之感光度甚為低下，故須極大之曝光。比諸溴化銀棉膠乾片，尚須數倍之曝光。即在晴天太陽光下，撮其直接照射之有色板，用 $F=4.5$ 之遮光，亦尚須二分間至十分間。欲除其紫外線之影響，可用 Ultrazim 二號或四號濃度之濾光器。曝光既終，可用沒食子酸之加有氫氧化鉍者顯影。其顯影液之調合法如次：

A 水

一〇〇立方公分

沒食子酸

一公分

B 水

二〇〇立方公分

溴化鉀

二〇公分

氫氧化鉍（比重 0.96 ）

六七立方公分

使用時，以 A 液十立方公分，B 液二十立方公分，水七十立方公分混合而用之。

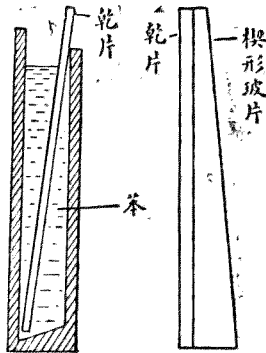
定影液可用普通之硫硫酸鈉溶液。然以四—五%之氰化鉀溶液，更能使色彩現出。乳劑之層甚薄，故其定影時間有十秒至二十秒間已足。水洗之時間，亦只須數分間可矣。如以氯化汞與氫氧化鉍補力，則所得之色彩益佳。

此乾片於水洗乾燥之後，色始現出。自一定方向以反射光線視之者，即現為美麗之天然色彩。

透視之，則現其餘色。此餘色因銀粒子之存在，色調已變化。以反射光線視此片時，常為表面之反射所妨礙。欲去此妨礙，可以楔形之磨光玻片貼於乳劑之面，如第五十八圖所示者，用加拿大樹膠黏合之。又或以苯入於玻璃器中，而將乾片浸入視之。第五十九圖所示，更有一種之複雜機械，專以觀此片者。如加以適當之裝置，亦可映射如幻燈片。

(三) 利蒲曼氏影片之色彩 利蒲曼氏照相術

上，色彩由來，乃在膠層內所成之多數反射面，如本章第二節所述。即沈克氏層所來反射光線之集合；故此反射面間之距離一變，色彩即同時亦變。試取色板或分光景所得之攝影，以呼氣噴之者，色彩即立變。其變化乃順次移向大波長之方向，即黃色者轉為赤色，青色者轉為綠色，本為赤色者其部分乃轉而為無色。變色以後，放置之，則各色又逐漸返元。其所以然者，呼氣中之水分為膠膜所吸，膜厚因而增加，同時沈克



第五十九圖

第五十八圖

氏層中各反射面之距離亦因而增加，故其所反射之光線之波長，亦因而增加。放置之，因蒸發而失其水分，膜因而薄，同時其所反射光線之波長亦因而縮短。故在利蒲曼氏照相之影片上，果欲得其真正之色彩者，則攝影時與觀畫時，必須有同一之溼度，即空氣中之溼度，必使之一定方可。實際上，在用加拿大樹膠貼楔形玻片之前，必使其有適當之色彩，再為貼上。過乾者呼氣以潤之，過溼者以遠火乾燥。對於肉眼起色感者，層內至少必須有十個之反射面；下於此，即不現色矣。（註一）

利蒲曼氏乳劑塗於玻片上，必須有一定之厚度，方能再生色彩；過大及過小者，皆不能生此色彩也。

利蒲曼氏乾片所再生之色彩甚為正確。例如以鈉之黃色焰曝射之者，即得一反射黃色光線之影片。以分光鏡察此光，即可見其正如鈉之分光景，具 D_1 D_2 等。前所述之溼氣關係，對其再生亦只為相對的，而非絕對的。

（四）利蒲曼氏照相術之缺點 利蒲曼氏照相術之發明，遠在千八百九十一年。用普通之銀鹽所製成之乾片，僅以一次之曝光，即可得其色彩，不可謂非一極佳之照相術。然時至今日，猶未

見其發達，是必有原因。其重要原因約有兩端：第一，其乳劑之感光度極低，須極大之曝光時間；第二，在其曝光時，乾片之背面必置以水銀，甚為不便。對此二點，果能除去其不便者，則此天然色照相術，當為一完善之照相術也。

(五) 漂白法 多數之染料或顏料為日光所射，即被漂白而為無色。此種變化，乃由染料或顏料所吸收之光線而來（第二章第二節）。漂白之速度亦微有不同，此速度可由過氧化氫及 *anethol* 等多數之物質以促進，即為增感劑之作用也。如以種種染料或顏料有同一之漂白速度者混合之，使其吸收帶得覆於太陽分光景可視波長帶之全部，而以塗於紙上，紙上當現為黑色。如以光線含有此紙上之色者，照射於紙上，則吸收此色之染料或顏料即因而漂白，而殘留其他之染料或顏料，而現其色。此種吸收有色光線之染料或顏料，乃反射其所吸收顏色之餘色，於是染料或顏料具此所反射光線之餘色者，因而漂白，殘餘者乃現為與所照射光色之同一之色。由此方法可使紙或平面上得對色之適應性。

以上所述，為漂白法之根本觀念。曾有多數方法，欲求其實現。實際上尚無一可供實用之方法。

今取會有一時現於市場之 Utocolor 紙，加以敘述，以示其例。

Utocolor 紙，在千九百十一年左右，曾有一時出現於市場。其最初者紙上塗含有色素之二層，下層爲含有赤色之酸性染料之骨膠層。在此層上，爲含有青色黃色之鹼性染料之棉膠層。在使用之前，先以增感劑過氧化氫之 3% 溶液浸之。浸後，乾燥之。紙上所塗之層中含有 anethol。

次更有改良者出。紙上僅有一骨膠層，以爲地膠。在其上塗有含有赤青黃三種鹼性染料之棉膠層，層中含有 anethol。在使用之前，不必用過氧化氫以爲增感劑。

此紙之用途，乃在 autochrom 等原片之曝射。曝光所須之時間，在直接日光下約須二十分鐘。曝光後加以水洗，以去其增感劑。或以成分不明之複雜定影液（由製紙者所供給）定其影。此紙在新製時，對於色之再生甚優；暫時之後，因三種色素之漂白狀況不同，故對於色之再生亦不佳。今已無用之者矣。

（六）三色照相術 爲此照相術之基者，仍爲溴化銀之色感光性及三原色之原理。應用此原理，將太陽之分光景區分爲三種：即赤部，綠部，紫部。用此各部之光線撮取三張影片。即以此影片

爲基，或以化學的方法，或用各種之染料顏料由技術的方法，使三原色相合，即使在肉眼中得色感之照相術也。三色照相術共分二種，分述如下。

(1) 加法的三色照相術 將三影片由三種光線所得者總合而使起色感，卽加法的三色照相術也。一般由兩種方法製之：一爲投射法卽由投射而使色相合之方法也；一爲色障法 (Farbmaster Verfahren) 利用肉眼之生理的性質，由微小濾光器之集團，卽色障以使色相合之方法也。

(2) 減法的三色照相術 此法之所基者，仍爲上述之三影片。用種種染料或顏料行色之吸收，間接以成原色之相合，使在肉眼起色感之方法也。多用於製板術。

關於是等方法，詳述之如左。

(七) 加法的三色照相術

(1) 投射法 太陽分光景之波長帶，大略可分爲三部。卽赤部，綠部，及紫部，已述於第十二章第二節矣。製三種之濾光器 (第十二章第五節)，用全色感光性之乾片，以適當之裝置對一物

體撮三次之影。詳言之：其一爲由赤部光線所成之陰畫；其一爲由綠部光線所成之陰畫；其一爲由紫部光線所成之陰畫。由此三種陰畫，各得其陽畫。再以光學的裝置，同時使映於白色幕上。各用赤綠紫之光線投射，使加重合。於是各原色乃以種種之比，入於眼中，起各色之感覺。此種處理，皆由物理學的裝置，故其詳細茲略於此。

(2) 色障法 各色之細微物體，爲目力所不能分別者。映入眼內，即得一混合色之感。色障法者即應用此事實者也。而爲現今廣用之天然色照相術也。澱粉及其膠質之小粒，染爲赤色綠色及紫色，適當混合之，布於預塗膠着性物質之玻片上。使其密着，則所得者乃如極小之濾光器。交錯並列而成之板，粒與粒間之隙，實以極細之油煤使不通光，(Lumiere)。亦有使其密着並列而無間隙者(Agfa)，更塗耐水假漆一層於其上。在此漆上，更塗一層乳劑由Illuminol R. Pinacyanol等色感光帶廣之色素使之感光者，是即所謂色障乾片也。市場上所有者，若魯麥勒氏之Autochrom片與夫Agfa之Farbenplatten片，皆此色障法之乾片也。其製造方法皆各守其祕，而不爲世人所知。構成此種色障之小濾光器之大小，大抵爲 20μ 左右。其他尚有各種之色障乾片，或爲細線

狀之濾光器並列而成，或爲方形之格子並列而成，其濾光器之大小，大約爲六〇 μ 之程度。

將此種乾片裝入暗箱中，用一種適當濃度之濾過器。由乾片之製造者，特製以供其用者，而加以曝光，在此微小濾光器後部之乳劑層，對通過濾過器之光線而感光。將此乾片以反轉顯影法以顯其影（第九章第十節）。在赤色小濾光後得赤部之陽畫，在綠色小濾過器後得綠部之陽畫，在紫色小濾光器後則得紫色之陽畫。將此板定影，水洗後，乾燥之。乾後以透過光線視之，映於目者乃爲其混合色，而得一陽畫，近似於天然之色彩。

此種乳劑製造，必用不熟乳劑者，蓋取其溴化銀粒子之小也。溴化銀粒子之大小，超一定限度者，各小濾器後之畫象乃不能正。如小濾過器之所成。在反轉顯影之後，畫象上不免有伸出於濾器之外者，或缺入於濾器之內者，因此，色彩之再生乃不能完全。因其用不熟乳劑，感光度比諸普通乾片更低。故其曝光乃須普通乾片之四十倍至五十倍或其以上。

三色照相術中，色障法乃處理上最簡單者也，已漸次普及於一般。然而此種方法之天然色照相術，在色彩之再生上，實不能認其爲完全。有如第十二章第八節所述者，日光中各原色之比時有

變化；加以時日經過，乾片之色感光性亦起變化。由此二種變化，已足以起色彩之差異矣。乾片之已經時日者，往往有已失其色感光性者。在使用之前，必須以 Pinaeyanol 或 Illuminol R 等賦與其色感光性。此種乾片之色彩正視時與斜視時各異其色。蓋斜視時，小濾光器與其後乳劑層中之象皆生少許之移差，故其色彩，亦因而有異。

(八) 減法的三色照相術 此法之目的，亦在綜合三原色。唯綜合之道不用直接光線，而用染料或顏料。撮取時用色感光性之乾片，與赤部綠部及紫部之濾光器，則與前法相同。將所得之三陰畫，由次章所述重鉻酸骨膠法，用顏料或染料以製成陽畫三片。在赤色陽畫上，其黑色部分，用吸收赤光線之染料或顏料，以作赤之餘色即青綠色（青天色）者以製之；綠色之陽畫，則用綠之餘色即赤紫色之染料或顏料以製之；紫色之陽畫，則用紫之餘色即黃色染料製之。將此三畫象由薄片以重合，或由印刷以相重合。三種陽畫之陰影部之相重處，因各原色皆被吸收而成黑色。而其最明之部（即白色部分）相重之所，三原色同時反射，故現為白色。其他部分則由其原色之比而現為各種色彩。實際上能理想的代表此三原色之餘色之染料或顏料不可得。故其陰影部乃不能現

爲黑色。因此對此陰影部，乃由普通照相術更製一陽畫而重於此三色畫象之上。此方法多用於印刷術，所謂三色製板術卽此也。

(九) 二色照相術 前所述各法，皆以太陽之分光景之可視波長帶分爲三部分而攝影之方法也。理論上，吾人更可分之爲四部五部，以得四色照相術或五色照相術。然其裝置方法，甚爲困難，實際上則無實行之者。而將三色照相術使之更簡化之二色照相術，反得一極優之結果。

將太陽分光景之波長分爲二部，自 7000\AA 至 5750\AA 視爲赤部，自 5750\AA 至 4000\AA 視爲綠色。製適當之濾光器，以撮成二影片。以此爲基，而以前法處理之，此種照相術稱爲二色照相術。

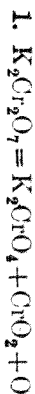
二色照相術因其裝置極簡，且所得色彩亦佳。故其應用範圍已漸次擴及於影戲之影片矣。

(註一) 此圖之生成，可達二百五十個左右。

第十四章 鉻酸鹽之照相術

(一) 鉻酸鹽類之光化學的變化 鉻酸鹽類，或重鉻酸鹽類之水溶液，以日光照射之者，雖不起若何之變化。然有有機物與之共存時，則有感光性。一般皆生不溶性之褐色沉澱，同時有機物則被氧化。假有酒精之存在時，酒精被氧化而為醋酸，液即轉為酸性。同時鉻鹽之色（紫色）轉為綠色。酒精以外，多數之物質皆受作用。骨膠及蛋白質等，則失其水溶性或水中膨脹性；亞刺伯樹膠，及糊精等亦變為不溶性，而失其黏着性；砂糖則失其吸水性。此種光化學的變化，皆應用於照相術，尤多用於陽畫製造及製板術等。

由厄特爾氏之說，鉻酸鹽及重鉻酸鹽之變化，乃為下列反應：

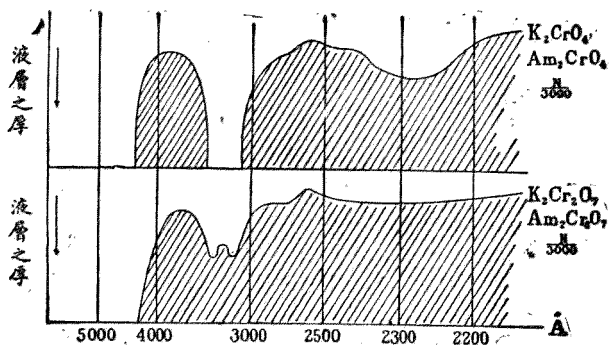


其後由多數之研究，知此重鉻酸鹽之光化學的變化，乃甚複雜。自六價鉻還元以爲三價鉻時，乃經多數之中間物，如 Cr_8O_{21} , Cr_6O_{12} , Cr_2O_3 , Cr_2O_4 等之化合物，分爲數段而進行；而其溫度係數近於 1 亦

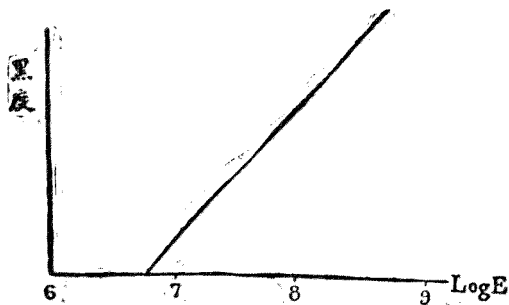
由厄特爾氏之說，重鉻酸鹽之感光度，比諸鉻酸鹽之感光度，約爲四倍至二十倍。

鉻酸鹽所吸收之光線，爲 4000Å 以下之光線，故其溶液可用作濾光器。第六十圖所示者，爲鉻酸鹽及重鉻酸鹽溶液之吸收分光景之略圖。試一察之，即見其吸收帶分爲二部。鉻酸鹽類之光化學變化，由比較的短波之光線而起。重鉻酸骨膠紙之示性曲線殆爲直線的。如第六十一圖所示。

(二) 利用鉻酸鹽類之照相術 照相術上所利用之鉻酸鹽類，一般爲重鉻酸鉀。所用之有機物，多爲蛋白質，亞刺伯樹膠，糊精蔗糖等。陽畫以外更用於製板術上，已於前節述及之矣。在本編只就陽畫之製造略述一二，其他則從略。如欲以之插入暗箱中直接以製陰畫，則重鉻酸鹽之感光度太低，而不能用。晴天時， $F_{11} 4.5$ 尚須二分至五分間之曝光，始能得風景及明亮建築物之攝影。



第六十圖 鉻酸鹽類之吸收分光景



第六十一圖 重鉻酸鉀骨膠紙之示性曲線

重鉻酸鹽之應用於照相術，實始於千八百三十九年之薄吞，Poton氏。

1 炭素印畫紙 取光滑之紙，塗以含有顏料之骨膠溶液。溶液之調合法如次。

骨膠

二五公分

顏料

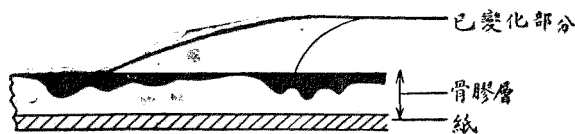
一至一·六公分

水

一〇〇立方公分

將此各物溶解混合以後，塗於紙上，如亞里斯多紙之塗法（第三章第四節）。所謂顏料，一般為油煙。其他若 *Sepia*, *Vandyke brown* 及鐵紅等，以及水彩畫之顏料皆可適用。如其用於三色照相，即當用三原色之餘色之顏料。由此法所製之紙，乾燥之後，可保存至數年間，且不有感光性者也。欲使其感光，可浸以四——五%之重鉻酸鉀溶液，處理須在不有直接日光之室內，浸後使之乾燥。用第六章第五節所述之乾燥箱，最為便利。一般骨膠紙之已浸重鉻酸鉀之溶液者，取出後，即以馬糞紙板，或塗漆之鐵片壓榨而乾之；乾燥後，紙即自然剝落。此乾燥乃不必在絕對之暗所。蓋感光層之表面既有紙或鐵板，而其紙背為吸收短波光線之鉻酸溶液所浸潤。有此二因，故不必在暗處乾燥。乾燥之後，即宜入於筒內或盒內，以杜絕光線。感光以後之紙，必須在二三日內使用之，放置稍久，即

不受日光之曝射，骨膠亦失其水溶性也。曝光時，即以適當之陰畫重合其上，曝以間接之日光。曝光時不起變色，故其曝光時間，不能以視察決定。可用一紙片感光計（第八章第五節），其下置一亞里斯多紙及其他之變色紙一片，觀其所變之色，由經驗以定曝光之時間。此紙之受光之表面部分，骨膠轉為不溶性。由其曝光之大小而侵入內部之深淺不同，其狀況有如第六十二圖所示，畫象乃成於骨膠層之表面。即將此紙浸入溫水中，未變化之骨膠即溶解以入水。同時其所含過量之染料與重鉻酸鉀亦為溶出，紙上所存者只已失溶解性之骨膠及顏料而構成畫面，是即顯影也。畫象既成於骨膠層之表面。且有與紙脫離之虞。欲免此弊，可先以冷水浸之。俟骨膠稍膨脹時，即將此表面押着於另一種轉印紙之上。所謂轉印紙者，亦為一種之骨膠紙和以少許之鉻明礬者。後再浸於三十五度至四十度之水中，使未起變化之骨膠逐漸溶出。繼則



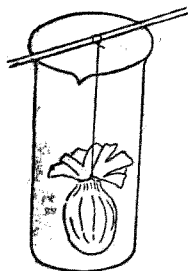
第六十二圖 重鉻酸鉀骨膠曝光後之狀況

其中所含之重鉻酸鉀及骨膠中之顏料亦爲之溶出。原紙即自然剝落，而餘畫象於轉印紙之上。轉印紙之畫象與原板相較，則左右相反，有如吾人之左右手者。而原板之階調，則頗能顯出，欲使其左右不相反，可再作一次之轉印。此中間轉印，可用紙或板塗以臘之松節油溶液而乾之者。

2 橡皮印畫法 此法多用於繪畫之照相，極簡單之方法也。亞刺伯樹膠由曝光之作用，爲重鉻酸鉀所氧化而轉爲不溶性。此法即利用此不溶性之反應者也，用紙可隨意，然過於有滲透性之紙，則亦不宜。可先以含有鉻明礬之骨膠溶液或骨膠溶液塗布之。阿刺伯樹膠溶液，可用其三〇——五〇%之溶液。其製法可用一布片將一定量之亞刺伯

樹膠包入其中，懸於水中，如第六十三圖所示，約二至三日間，溶液即得。再以布片過濾去其中所混在之塵埃，即得清澄之液。然後以塗料混合，其混合之法，於玻片上先置少許之顏料，滴以少量之阿刺伯樹膠而捏揉之，再加少許之阿刺伯樹膠

即成粥狀，於是再加於阿刺伯樹膠溶液之中，使之十分混合。水彩畫之顏料及油畫顏料，皆可使用。



第六十三圖
亞刺伯樹膠之溶解

更取同容積之重鉻酸鉀或重鉻酸鉍之飽和溶液加入而混合之。混合後再用布過濾去其塵埃，與夫顏料之結塊。然後刷於紙上，刷時務必縱橫塗刷，使之平均。此種工作，宜在暗室中，並宜燈下爲之，在暗所使之乾燥。製後宜速用。曝光之法，與炭素印畫法相同，與亞里斯多紙比較而定之。曝光既終，以紙面向下，浮於水上。未變化之亞刺伯樹膠重鉻酸鉀及顏料均爲之流去，只餘已變化之亞刺伯樹膠及色素於紙上。由此方法所得者，一次之畫片尙甚平，可重覆爲之。其法即將第一次曝光以後，水洗而乾燥之。更於其上塗以含有顏料之亞刺伯樹膠液，俟其乾後，再以原板重合曝光。如是色之濃淡之差益著，而現爲有力之畫。由此法所得之畫，加以種種藝術的處理或變其顏料，或異其曝光時間，或加減其色之濃度，可得極佳之畫象，而廣用於美術照相。

上述以外，更有數法，茲述之如次：蔗糖與重鉻酸鉀混合而塗於紙上加以曝光，受光部分之糖，則失其吸水性質，曝光後，再置於溼氣甚重之所，使未受光部分轉潮，然後以顏料吸上，即得畫象。

塗骨膠於紙上，用重鉻酸鉀之溶液使之感光，有如炭素紙之製法。曝光以後，以水浸之，過量之重鉻酸鉀即行溶出。紙上之受光部分不復吸水，而其未受光之部分，則能吸收水分而膨脹。如以石

膏和水而注之者，則石膏面上可得畫象之型。吸水之部分，不與油沾，而未吸水之部分，則與油沾。故以油畫之顏料着上即可為畫象之印刷。

此外尚有勃羅摩爾 (Bromel) 氏法及 Ozobrom 法，可記於此，皆用以作陽畫者也。勃羅摩爾氏法者，先於溴素紙或燈光紙上，作成陽畫，先洗以水，即浸於下述溶液中：

重鉻酸鉀

一·五公分

溴化鉀

二四公分

硫酸銅 (結晶)

二四公分

稀鹽酸

五滴

水

一〇〇〇立方公分

陽畫為此溶液所浸時，畫中之銀即氧化而為溴化銀，轉為白色。同時硫酸銅中之銅還元而為亞銅，此亞銅復將重鉻酸鹽還元生三價之鉻離子。鉻鹽作用於骨膠使之硬化，其結果乃正如由光線而來之變化。硬化之程度，由銀之存在分量而異。將此紙水洗以後，骨膠上未起變化之所能為水所沾濡，已起變化之所則不受水。故以油畫之顏料，用刷塗上時，未變化之所不能沾着，已變化之所即能沾上。如其用種種之色彩與濃度，加之以工者，即得美術的繪畫。Ozobrom 法與此殆亦相同，以含

有重鉻酸鉀溴化鉀鐵氰酸鉀等之溶液浸炭素印畫紙，而以普通之溴素紙或燈光紙之畫象，使畫面與膠面相合而壓之，放置約三十分至四十分間，其時紙上之銀由溴化鉀鐵氰酸鉀之作用，而轉為溴化銀。同時鐵氰酸鉀亦轉為亞鐵氰酸鉀。此亞鐵氰酸鉀，更將重鉻酸鉀還元而生亞鉻酸之鹽。此鉻酸鹽乃應銀之濃淡之比，使骨膠硬化。硬化以後，以溫水處理之，則得一顏料之畫象。與前之銀象相對應者。此畫象亦得轉印。紙上之原象為溴化銀之象，轉印以後，以顯影液處理之者，即再為銀象。反覆為之，即得作成同樣之畫象。

(三) 畫象之再生 重鉻酸鉀紙之示性曲線，乃為直線，有如本章第一節所述。故用此紙以作畫象之複印者，明暗之階調能正確求得。普通乾片或透明片及陽畫紙等，各有其固有之示性曲線。如以此等乾片反覆以作畫象之複製者，其畫象每複製一次，即變其階調。故反覆複製之後，所得者全成別種階調之畫象。因此畫象之再生，不能由乾片而達其目的。只用此含有重鉻酸鹽之感光層，始可達此轉印之目的。炭素印畫法亦可用於此。貴重之陰畫，必以此方法轉印之。鉻膠或塗有洋漆之玻片，可用以代轉印紙。

(四) 光化學的變化之繼續 炭素印畫紙曝光以後，置於暗所，由曝光所起之變化，在黑暗
中仍繼續進行。曝光不足之紙，變為曝光適度；曝光適度之紙，乃進而為曝光過度，此現象乃與潛影
之後退（第四章第六節）為正反對之現象。初發見此事實者，為阿勃尼氏。紙上全不含水分者，不
起此現象；含有少量之水者，即恆起此現象。其所以然者，或因最初曝光所生成之亞鉻酸鹽及其他
之物質為觸媒的作用，以使重鉻酸鉀分解。

(五) 鐵鹽類之光化學的變化 鐵之鹽類，一般皆有感光性。亞鐵鹽類曝光之後，即急行氧
化而轉為鐵鹽類；鐵鹽亦可由曝光使其一部轉為亞鐵鹽。以氯化鐵之溶液加以曝光，即生成微量
之亞鐵鹽。置於暗所，以氯化汞溶液加入此溶液者，即有氯化亞汞之沈澱生成。如有有機物存在時，
鐵鹽更由曝光而還元而為亞鐵鹽。例如若鐵鹽與酒精同存時，酒精氧化為醛，同時生亞鐵鹽。有酒
石酸檸檬酸草酸等同存時，亦生出亞鐵鹽。今以草酸示其作用如次。



草酸之感光度最高，其次為酒石酸，又次為檸檬酸。可供實用之反應，皆此鐵鹽由有機物之共存而

還元之反應也。

(六)青色照相 千八百四十年赫息爾(Herschel)氏所創之方法也。使用於陽畫之製造，而其最大應用，即在圖畫之複製。氏曾名此法曰 *Cyanotype*；其法以檸檬酸草酸或酒石酸等之鐵鹽及赤血鹽之混合溶液塗布於紙上乾燥後，加以適當之曝光。曝光後，鐵鹽即由曝光之量還元以爲亞鐵鹽。將此紙浸於水中時，亞鐵鹽與赤色鹽作用而爲普魯士青，轉爲青色。實際之製造，先製A B二液，以普通之毛刷塗布於紙上，於暗所乾之。茲舉二法如次：

第一法

A	檸檬酸鐵鉍	一五公分	水	六〇立方公分
B	赤血鹽	八公分	水	四〇立方公分

第二法

A	草酸鐵	二五公分	水	六〇立方公分
B	赤血鹽	九——一二公分	水	六〇立方公分

在不混合以前，A B 溶液各自保存，得經長間之貯藏。混合以後，即須速用；否則，即起變化矣。

曝光之時間，比諸日光紙所須尤長。曝光最長之處，帶金屬的光澤，其時為適度之曝光。至其顯影，則與水洗同時並舉。

在第一混合液百立方公分中，加以檸檬酸五至六公分，或在第二混合液中，每百立方公分加以草酸〇·五公分者，則感光度更為增高。又於其液中每百立方公分加以〇·五公分之重鉻酸鉀，則對比更為增加。曝光水洗以後，潤以極稀之鹽酸，再以水洗之者，色因而更愈。或以稀薄之草酸溶液，例如草酸三分，明礬三分，水一〇〇立方公分，用之亦可。

更有一法，為前項青色照相之變形者，為日光不照射之所轉為青色。蓋以塗有鐵鹽之紙曝光後，以黃血鹽作用之也。今舉一例如次：

A	水	一〇〇〇立方公分	亞刺伯樹膠	二〇〇公分
B	水	一〇〇〇立方公分	檸檬酸鉍	五〇〇公分
C	水	一〇〇〇立方公分	氯化鐵	五〇〇公分

以上三液以下列之比互相混合。

A 三〇分

B 八分

C 五分

混合以後，在普通燈光下塗於紙上。紙須先以鉻骨膠塗布作地，縱橫塗布後，於不當光線之所使之乾燥。適當曝光以後，以刷子蘸下液塗之。

黃色鹽

一〇〇公分

水

一〇〇〇立方公分

欲其現出細紋，可先以稀鹽酸（強鹽酸一水十）浸之，浸後再為水洗。

青色照相之青色，由普魯士青（Prussian blue）或其類似之鐵之氰化物所成。如以碳酸鈉之稀薄溶液處理之，則皆為氫氧化鐵，而得一氫氧化鐵之畫象。如以沒食子酸作用之者，則轉為紫色。如以種種之染料如 Alizarin red, Alizarin orange Alizarin blue, Anthracene blue 等作用之者，即為染上。

（七）銀鹽法及鉑鹽法 鐵鹽由曝光而還元以為亞鐵鹽，由此亞鐵鹽以還元銀鹽類者，曰銀鹽法（Kallitype）由此亞鐵鹽以還元鉑鹽類者，曰鉑鹽法（Platinytype）茲分述之如次：

在銀鹽法，以二%之澱粉糊，以毛刷塗於紙上，使之乾燥。再以此紙浮於下述液上，使之感光。

草酸鐵

一五公分

草酸

一公分

硝酸銀

六公分

水

一〇〇立方公分

約三分間，將紙取上，而於暗所乾之。此等工作，宜於黃色燈下行之，方始安全。以陰畫重上，加以適當之曝光，待其全畫象已顯然判明時，於次液中顯其影。由顯影液之不同，所得色調亦異。今示其二三例如次。

1 黑色 水

一〇〇〇立方公分

硼砂

一〇〇公分

酒石酸鈉鉀

七五公分

2 紫黑色 水

一〇〇〇立方公分

硼砂

二八公分

酒石酸鈉鉀

一〇〇公分

3 褐色 水

一〇〇〇立方公分

重鉻酸鉀溶液（百分之一）

五〇——六〇立方公分

顯影須十五分至三十分間。顯影後，再用次液定影。定影後，水洗之可矣。

水

一〇〇〇立方公分

硫硫酸鈉

五〇公分

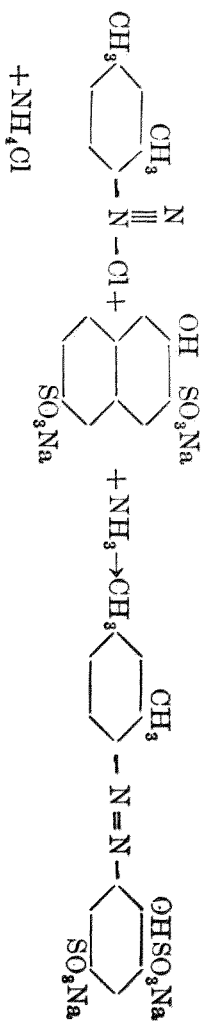
氫氧化鉍（強） 一二立方公分

鉍鹽法與銀鹽法殆相同，即以亞鉍氯酸鉀 K_2PtCl_4 代硝酸銀可矣。用三%之草酸鉀顯影液顯其影，後再以稀鹽酸浸之，浸後，水洗而乾燥之。顯影液之濃度不同，溫度不同，與夫顯影液中所加之檸檬酸及其鹽類，及氯化汞等之加入分量不同，得種種之色彩，自黑色褐色以至赤褐色。畫象由鉍所成，故能經久而不變化。

(八) 重氮化合物之光分解及重氮紙 多數之重氮化合物 (dialzo-compounds) 皆具感光性。其鹽類之溶液塗於紙上，曝以日光者，即速分解。其分解為一般所認者，為與水分作用，有如下式。



重氮化合物於鹼之存在下，作用於酚類，而生偶氮化合物 (azo compounds)。偶氮化合物中有多數之物質，乃具美麗之色彩，而為染料者。故由酚類及重氮化合物之選擇，可得種種之染料。例如欲得 Xylidine Poncean 3RS 者，可選取 Xylidine 以鹽酸溶解之，用冰降其溫度，然後加以適量之亞硝酸鈉以得 Xylidine 之重氮化合物，更於氫氧化鈹存在之下，使作用於 B 駢苯酚之 2——磺酸鹽，則得下述反應。



在上述反應中，由重氮化合物之不同，及酚化合物之不同，生種種之色。重氮法 (Diazo type) 即利用此種反應者也。在紙上先塗以適當之重氮化合物及酚類之混合溶液，乾燥之，以陰晝重合而曝光。當光之所，重氮化合物即行分解；不當光者，即殘留紙上。使此紙與氨相觸者，重氮化合物即

與酚作用而生色素，得一畫面，正如陰畫。Posilue 紙，德國之 Ozalid 紙皆此種類中之一也。今舉其製造之一例如左：

o-Amidophenol *para*sulphonicacid 十分加濃鹽酸二十分，水五百分，使之溶解，用冰降冷，以亞硝酸鈉七分溶於水百分之溶液，徐徐滴下。加以攪拌，使之重氮化。在此重氮化合物之溶液中，加入酚類，如 Resorcin, Dioxyna phthalene 等或其磺酸鹽，在黃色燈光下，塗布於紙上而乾燥之。此紙與氨相觸者，即生成偶氮化合物，由此化合物而着色，其感光度比諸亞里斯多紙一般皆更高。曝光以後，再為顯影。顯影之法，乃如瓶內或箱內置強氨水，而將紙置入其中，加蓋，使與氨相觸，約數分間即可矣。顯影以後之處理，若水洗等，皆所不須。此種重氮紙多用於圖之複製。

重氮法之淵源，蓋始於千八百九十四年。格林 (Green) 氏發見 *Prinulin* 將其重氮化，自後乃今日之重氮法也。

