

科學圖書大庫

光學工場工作法

譯者 王大庚

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

光學工場工作法

譯者 王大庚

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年三月七日再版

光學工場工作法

基本定價 3.60

譯者 王大庚

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 財團法人臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

譯 者 序

這是一本講解光學上各種鏡面磨製方法的專門書籍。原文是法文，後譯爲英文。今由徐氏基金會譯成中文以應國人發展光學工業之需。

由於本書是有關技術的專書，對有心人來講可以說章章精彩，句句重要。但如作爲通俗讀物，似嫌艱澀。現將各章主要內容簡介於下。

第一部講些基本原理

第一章介紹各種玻璃，光學像差及材料之選用。

第二章介紹磨玻璃之工具及磨料及膠合物之性質。

第三章講解施工技術以及磨料工具使用上應注意的事項，可以說是全書技術性的重心部份。

第四章介紹眼睛的缺點及矯正方法，從眼鏡的驗光，磨製到試用都有詳盡的說明。

第二部講解較深的製造技術。

第五章講解磨鏡面的力學原理，運動性質以及機械原理，是全書理論性的精華部份。一定要有耐心並配合自加的圖解才能融會貫通。

第六章講解鏡面的檢驗。在這裏將會發現光學的干涉現象是多麼的重要。

第七章介紹光的偏振性，旋光性以及各種晶體的磨製及檢驗方法。

第八章介紹透鏡如何對中心，磨邊及膠合。

第九章介紹光學儀器中所不可缺少的十字線，測微計及標線片的製法及安裝。特別是蜘蛛絲的製取一節真不愧是經驗之談。

第十章介紹鏡面加塗金屬之必要，性質以及方法。

最後的附錄介紹表面處理的新法，磨特別鏡面之新法以及基本光學原理。

本書承吳天敏先生，焦鵬先生蔡開俊先生及曹培熙先生鼎力相助始克有成，特此申謝。

由於文經幾譯，詞句間難免失誤，還望讀者指正。

王大庚序於台北

民國 60 年 6 月

目 錄

譯者序

第一部 基本原則

第一章	各種玻璃—它的缺點—像差—材料的選用.....	1
第二章	磨料—膠、樹脂及膠—工具—磨輪.....	17
第三章	光面.....	51
第四章	眼鏡透鏡.....	99

第二部 專供工廠經理及資深工人的使用

第五章	光學表面的工作力學原理.....	135
第六章	工場中之光學試驗.....	189
第七章	光之偏振：晶體成形.....	255
第八章	透鏡之對正中心，磨邊與膠合.....	278
第九章	十字線，測微計，與標像片.....	295
第十章	鏡面加塗金屬.....	307
附	錄A.....	317
附	錄B.....	319
附	錄C.....	357
索 引		375

第一章

各種玻璃—它的缺點—像差—材料的選用

1. 折射率及光譜

在討論各種玻璃的品質之前最好對各種檢查玻璃的基本光學概念再行溫習一遍。

一片玻璃的折射率就是一個數字，它代表玻璃的各項特性並且使得對於按照已知入射角^{*}進入之光綫，所產生之偏差得以計算出來。

對於簡單的玻璃樣品來說它所具有的折射率的數值正如同在虹霓中所有的顏色一樣的多，也就是說，其折射率具有無窮個數值。

一錐光綫通過一縫隙及一個透鏡而後落在一稜鏡⁺之上，在離開稜鏡時形成一種稱之為該光綫光譜之彩虹。用一個放大鏡來觀察可發現該光譜是由含有一些非常熾熱的含鐵（舉例而言）火焰所構成。許多顏色不同的綫條，明顯的平行於該縫隙並且是它的像（每一種顏色有一個像），這些綫條當然是鐵份所特有的。它們可用來量度並且藉其量度的結果，以確定光譜的範圍，也就是說，各種色光可以用光譜來確定它的範圍。最常見的綫條是呈紅色的氫氣C綫，呈黃色的鈉D綫，以及呈藍色⁺的氫氣F綫，而白色的光綫却是虹霓中所有各種顏色相混合而成。當這些顏色一個從一個分離的時候就可以獲得單色光了。其中最容易獲得的是在本生焰中放有少量食鹽（氯化鈉）的黃色光綫（鈉D綫）。

* 入射的光綫與垂直於入射面之綫所構成的角度則稱為入射角。

+ 由幾個平面所形成的一塊玻璃，其中兩個平面產生光學作用，其中的一面作為光綫的入射面，而另外一面即是出射面。這兩個平面並不平行；在它們之間形成一個角度，例如 30° ，那麼這個角就稱之為稜鏡角。

++ 多數的玻璃特別是在英國都是以C、D、F及G'來表示，而且現在已經有某些趨勢用汞的主綫來代替後面的三種綫。（英譯者）

物理學家們有辦法可以測定遠超過我們所可以看見的光譜，也就是遠離紫色端，一般稱為紫外線的看不見的放射綫，以及遠離紅色端而稱為紅外綫的看不見的輻射綫。

2. 應用於光學工作中的普通玻璃

由於玻璃內部的各種缺點可影響到光學儀器廠商產品的完美性，故所以各種極其優良的透鏡是不可能隨使用一塊玻璃來做成的。普通玻璃當它的厚度是相當大的時候在它的質量中多少會含有顏色並吸收過多的光綫；而且均勻性也不好，換言之，它們根本未具有優良光學玻璃所應具有的品質。

但是，仍有些光學工人使用某些相當好的普通的製造材料。

聖哥賓 (St. Gobain) 玻璃 (玻璃板)，雖然它在較厚的情況下有帶綠的顏色，但是仍然可以用它來製造某些目鏡。由於它不是一種攪拌非常均勻的物質故所以經由厚度方向觀察時會顯出一種糖漿狀的樣子，這也就是使得它不適合於製作較厚的透鏡的缺點。其溶化鑄製過程對折射率的變化是非常的輕微；也就是說在不同的年代中用聖哥賓玻璃以相同的曲率做成的各種透鏡幾乎都具有相同的放大率。經過若干年的經驗，D 綫的折射率從它的 1.527 的數字會有若干變化，但其變化甚微。對於大型的天文反光鏡* 這種玻璃當然也較其他物質更為優良。在這種運用上，因為鍍銀的反射面必須是一個外部表面，所以它的帶有綠色的顏色就不會感覺到不方便，而其折射率也變得沒有關係了。聖哥賓公司可以鑄造出直徑大於 2 公尺而厚度超過 20 公分的玻璃盤。

3. 眼鏡玻璃

供眼鏡透鏡用的白色玻璃是未曾經過賦色的，但它僅祇可以製成極薄之鏡片。它可用於某些目鏡玻璃以及用來製造眼鏡透鏡。對於後者的運用必須儘力避免使用含有氣泡的鏡片。白色眼鏡玻璃的折射率 n_D^{20} 按照玻璃製造商所訂之標準在 1.52 及 1.53 之間變動，但是每一溶化鑄製而成功的玻璃製品其折射率 (n_D) 之變化不致超過千分之一。當一個眼鏡透鏡工廠選妥一定的玻璃品質標準時就應該始終加以保持。玻璃的折射率既經決定便可收集凹凸形的各項製造工具並根據與其生產之平凹或平凸透鏡的放大率以號碼將其標明。

* 極大之鏡面諸如在 Mt. Palomar 處的 200 吋望遠鏡就是由 pyrex 所製成。(英譯者)。

+ 鈉光譜 D 綫的折射率，位於可見之光譜的中心部份 (黃色)。

在最古老的光學材料當中應首推水晶，或石英。由於它對霧氣的保留較玻璃為少的這種特性故所以在長久時間以來都是以製作眼鏡透鏡的天然硅晶體。因為它對紫外綫具有特有的透明度，故目前對某些實驗室的儀器的構造有其特具的價值。但是，由於這種放射綫易使視綫疲勞，故用於眼鏡透鏡上則為一品質上的缺點。

有關石英的加工處理將在與運用於光學中的各種晶體有關之各章中加以討論。

高透明度的熔凝石英板最近已有生產；這種石英板如果做成稜鏡或透鏡則它的均勻度尚嫌不足，但是因為它是非常的堅硬以及幾乎不受各種不同溫度的影響，而它的膨脹係數較一般玻璃約小 15 倍所以這種新材料對於製作反光鏡，曲面試驗板或驗電板則甚有價值。

在眼鏡透鏡工業中也運用若干顏色的玻璃，這些玻璃是在熔凝的白色玻璃物質中加入各種氧化物而轉換成功的。

所有無色輝玻璃，藍色玻璃，黃色玻璃，橙黃色玻璃均稱之為 Fieuzal，綠黃色輝之玻璃則稱為 Euphos。所有這些玻璃都是根據它的色輝的密度，從 0 至 8 予以編號，顏色較深的玻璃它的編號就較高⁺。同時也使用紫石英及綠玻璃而其編號則從零至 3。當這些有顏色的玻璃做成透鏡時，在較厚的部份玻璃的顏色就變得較深而較薄的部份顏色就較淺。為了避免這種麻煩，玻璃製造商人就為眼鏡製造商人提供了一種“等色的”玻璃，這種玻璃是由一層白色玻璃上面熔合一片厚度相等的顏色玻璃所構成。施工時，將有顏色的一面稍微磨掉一點以及取掉一些白色玻璃以獲得所需放大倍數，故此而製成非常強力的透鏡，換言之，也就是說，透鏡的厚度非常不均勻，但是從一邊到另一邊它的顏色却是一致的。

通常都不將氧化物加入白色玻璃中使其着色，換言之，即不使玻璃具有吸收某些可見光之特性，但可以加入某些物體與之混合（例如，氧化銻）以有效的吸收紫外綫而却完全不能吸收各項可見之光譜。因此而獲得可以防護眼睛不受最危險的放射綫損害的白色，或稍微着色的玻璃。這些玻璃就是通常我們所稱的“濾清玻璃”（Filtrays），“防護玻璃”（phylax

）“克魯克斯玻璃”（crookes）以及其他的玻璃。

玻璃的原料是以鑄成 44 公厘直徑之圓片或平片形狀亦即通稱之“胚料

* § 138.

+ 這種編號的方式並不是該項玻璃編號的通用方式。各個製造廠商都有他們自己的編號命名方式其詳情可參閱各廠家的說明書。（英譯者）。

4 光學工場工作法

”而送至眼鏡透鏡工廠。

4. 各項光學玻璃

如果僅祇有上面所顯示的各項原始光學材料，則無法構成各種望遠鏡及其他屈光儀器（亦即，用眼睛來觀察的儀器）；而逼使人們只得採用反射儀器（亦即，反射鏡）。造成這種現象的原因是當光綫穿過一片玻璃時由於玻璃的特性，多多少少會產生部份偏差，分裂及色散。

玻璃物質，並不是一種純化學的實體；它是幾種硅酸鹽及其他物質的混合物，而每樣這種物質都影響到玻璃的物理性質。因此，過量的硼酸使得玻璃更易於遭受大氣的損壞並且使它將大氣中的濕氣凝結在表面上（收濕玻璃）的特性加強。而特別重要的是所有加入玻璃成份內的物質爲了要使它本身在玻璃各部份內比較一致故應該混合得非常的均勻；這種情況是非常的難得實現。實際上，當玻璃加熱之後，隨着溫度的增加而變軟；它本身沒有熔點，而是從固體變為膠體，而後再變為糖漿狀態，並保有高黏度，這種黏性就使得其本身構成之元素無法均勻混合。

爲着提高多數光學玻璃的使用價值，我們必須知道爲了獲得像差的良好補償，光學玻璃品種變化勢所必需，所以爲了方便起見，在作更進一步之討論以前，我們應該對甚麼是需要改正的像差得一認識。

5. 各種像差

各種像差與光學計算的綜合研討構成了光學工業科學的一個主要部份。（在 *École supérieure d'optique* 有關光學計算的綜合課程大約在 100 個課目以上。）如果沒有廣泛的數學知識那是不可能從事於這項專門工作的研究；但是在大體上來說瞭解像差究竟是怎樣一回事仍然是非常的有用。

使一束平行的光綫，例如從某一星球上發出之光綫，落在一會聚透鏡上。這一個透鏡就會在它的焦點處形成一像，但是用一個放大鏡對這個像加以觀察，我們就可以發現這個像並不清晰而是呈條紋狀的。爲了找出焦點，假若該像被接收在一塊毛玻璃上，而且在透鏡的前面放了一個光闌，那麼就會產生由中央的光綫所形成的清晰的像。但是假如不將邊部光綫遮斷，而是將中央光綫遮斷，那末毛玻璃就不再在它的焦點位置。因此我們可以確定邊部光綫的焦點與中央光綫的焦點並不相同。這種差別就是球面像差效應；而呈條紋狀的作用則稱為色像差這種現象是因為透鏡對於光綫的分解所造成。假如我們所用的是單色光綫，諸如從加鹽的本生燈光焰而發出的光綫，那就

不會產生色像差，但是我們仍然可以確定中央光綫與邊部光綫它的焦點並不在相同之點上。使用一紅色或藍色的單色光綫則可以求出其他的焦點。

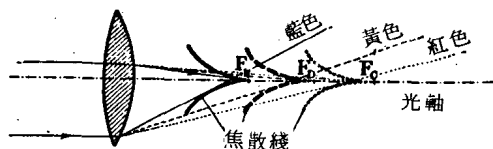


圖1 紅色 黃色及藍色輻射綫的焦點及焦散綫。

對折射的光束作更進一步研究，則可確定所有平行光束的單色光綫均與一種好像揚聲器喇叭一樣的鐘形喇叭相切（圖一）；這種喇叭形體就是所用光綫的“焦散綫”。而光譜中有若干種顏色也就有若干的“焦散綫。”如果用一個焦距相同而曲率不相等的平凸或彎月形的另一類型透鏡來代替我們所研究的雙凸透鏡，則在每種情況之下均可求得一不同的焦綫組：有若干種透鏡的型態它們的焦散綫較其他透鏡者為密集。

對稜鏡的基本研究，會使我們對於改變透鏡的型態而不變動它的焦距時，將產生甚麼樣的結果得到一明確的概念。

我們已經知道假如將一個稜鏡放在平行的光束中，也就是說，光綫是從離開很遠之處發射而來，則由於稜鏡的傾角該光束多少會產生一點偏差；當稜鏡對入射及折射光綫之傾斜相等時，其偏差則為最少（圖2）。

設吾人以一彎月面型的透鏡，也就是說，該透鏡的剖面呈新月形的；將它沿中間橫向切開而將它上面的一半使它的凸面放在朝向入射光綫的方向，而它的另外一半則使它的凹面朝向入射光綫（圖3）



圖2 稜鏡在偏差最少之位置。

設法隔離部份狹窄的邊部光錐；這樣一來該透鏡就好像稜鏡一樣與入射及出射面相切。在透鏡的上半部該小稜鏡差不多是在偏差最少的位置；而在下半部該稜鏡則離開它的最少偏差位置甚遠；因此它折射的光束較上半部折射者為多而光綫錐則更為彎向左方；因而使得下半部的焦散綫較上半部的焦散綫更為着重（也就是更長一點）。

因此，當一面透鏡呈現於平行的入射光綫中凸面度愈大的時候，則所產生的球面像差愈小。

用發散透鏡亦可發現類似的現象不過它的焦散綫都與上述者相反，也就是說它的像差是在相反的情況。對會聚透鏡而言它的焦散綫是向光綫離開的一邊延伸；而發散透鏡則使它的焦散綫向光綫射來的一邊延伸。

6 光學工場工作法

因此我們可以將會聚透鏡與發散透鏡合併而希望能使球面像差減少。

如果一個會聚透鏡，其外形具有幾乎最小的球面像差，若其上加一個表面極度向入射綫方向傾斜的發散透鏡，則我們就可以將一個較弱的發散透鏡加在會聚透鏡上而補償該會聚透鏡的球面像差；因此兩個透鏡的組合而形成了一個對球面像差修正的會聚組合；這一種組合則稱之為等光程 (aplanatic) 的組合*。(圖4)

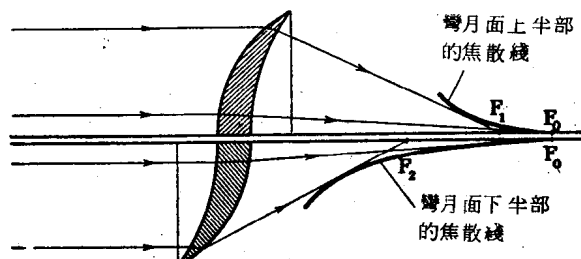


圖3 F_0 ，中央光綫的焦點； F_1, F_2 ，彎月面上半部的像差； F_0, F_2 ，彎月面下半部的像差。

如果 F_1 及 F_2 兩點能夠重合，也就是說，該會聚透鏡是等光程透鏡，則該發散透鏡將會把它的像分佈在 F'_1 至 F'_2 的地方。但是由於 F_2 點較 F_1 點更為靠近左邊，因此它由發散透鏡所形成的像 F'_2 也必須更靠近左邊，也就是說，將它拉回來使靠近 F'_1 ；如果這兩個透鏡的外形是根據這兩塊玻璃對於 D 綫的折射率的關係而經過準確的計算者，那末它就會實際上向後移而與 F'_1 相靠近。

我們可以從很多方面獲得真實的修正。有些可以變更該兩透鏡的相對放大率而無需改變它們的材料；而有些亦可以用不同的物質來構成。由於這些方便，則在實驗室中的計算器可在其他情況下予以構成，例如，用表面曲率相等的一個凸透鏡及另一個凹透鏡，而將這兩個透鏡予以膠合所成的組合是。

6. 與色像差的修正有關係的是玻璃的色散率；一塊玻璃對於兩種不同顏色（例如：紅色及紫色）的輻射綫它的折射率的差別就稱之為它的色散。在各種說明書中通常對於光譜的 F 及 C 綫的色散均有說明，而以 $(n_F - n_C)$

* 從 Cancise O.E.D. (Trans) 說明此字是由希臘 α 與 planao 合併而成，意思是無誤差。

顯示之，但色散率則是色散對於某一輻射綫（通常大多數都是D綫）的折射

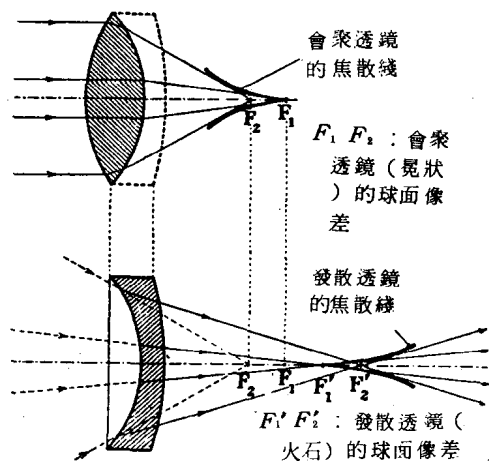


圖4 雙透鏡等光程物鏡

率減一之比率，因此色散率可寫成 $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ 。在各種光學玻璃的說明書中並沒有給出它的色散率而是給出它的倒數，這個倒數是用希臘字母 ν (nu) 來代表亦即：

$$\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}.$$

色散率的大小視各種玻璃的成份不同而有可觀的變化。通常折射率大的玻璃則它的色散率也更大，但是某些玻璃則不適用於這一定律*。

我們可以想像到如果兩個不同材料的透鏡，一個會聚透鏡以及一個發散透鏡，互相結合，而且假如後者的色散率較前者的色散率大得很多，則其色散作用的補償可由使發散透鏡的色散率較會聚透鏡為小而達成。這兩種透鏡的組合因而形成一個消色差的，會聚透鏡組合；也就是說，是一個經過色像差修正的透鏡。當兩個透鏡的焦距 f_1 及 f_2 ，其絕對值與它們的色散率

$\frac{1}{V_1}$ 及 $\frac{1}{V_2}$ 成比例的時候其真正的補償可以達到這一點是可以證實的；因此

* 見柯達公司出品之玻璃 (F. Sci. Inst. 12, 24, June) (英譯者)。

消色差性的情況可寫成 $V_1 f_1 = V_2 f_2$ 。

因此，色像差可像球面像差一樣的，藉一會聚透鏡與一發散透鏡的配合而加以修正（圖5）。

假如該會聚透鏡是消色差的，那末火石透鏡就會將紅色，黃色及藍色的焦點分佈在 F'_C ， F'_D ， F'_F 之上。但是在會聚透鏡中它的藍色焦點 F'_F 較黃色及紅色焦點更為偏向左邊；因此關於火石透鏡中 F'_F 點的共軛點 F'_F 就會朝向 F'_D 而縮回。假如該兩透鏡的色散率是與它們的焦距成比例時那末在實際上它就會朝向 F'_D 而縮回。（圖5）

如果有不同色散率的各種玻璃可供選用，則一會聚透鏡及一發散透鏡的折射率 N_D 及 N'_D ，及爲了補償球面像差而對各該透鏡的曲率及焦距所作之計算以及其後在折射率爲 N_D 及 N'_D 之兩種材料之玻璃中選擇其色散率能滿足上述情況以獲得色差修正者等事，幾乎都可隨意處理。

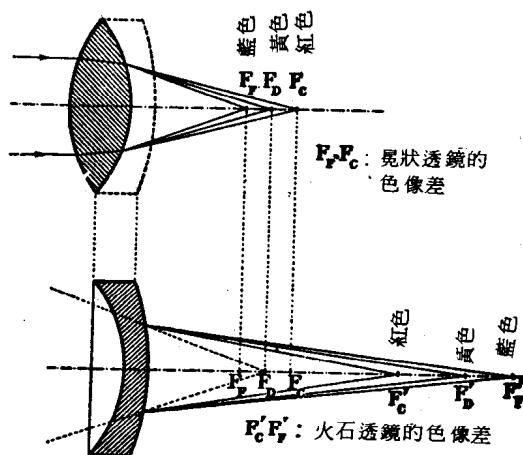


圖5 消色差物鏡。

7. 軸向像差是最容易修正的，而離開軸的像差則較為複雜。一個斜光錐照在一個透鏡上的時候，它的折射光綫，不向一點會聚，而落在兩個小的直綫長方形上，這兩個小長方形彼此之間有相當遠的距離。（如果這兩條直綫彼此相交那末光錐將會聚於它們的交點。）而由這種光錐所形成的像就被像散 (astigmatism) 是由 a 表示 “不成” stigma 表示 “點” 組成，* 作用

所損毀。但是這樣的像，正如同在軸上的像一樣，其會聚透鏡的像差與發散透鏡者相反；因此我們仍然可以用他們來相互補償。如果沒有這種補償則在像場中心任何距離之處都不會有清晰的像。由像散性而經過修正的物鏡則稱之為去像散 (anastigmats) 透鏡。而有一些去像散透鏡它們在軸上不是等光程的。

另外還有很多其他的情況需要加以滿足，例如寬大的像場；較高的發亮度，也就是說，物鏡的孔徑加大；對很多有光化性的放射線之消色差修正，亦即較綠色或黃色光綫更不易見的光綫，對照相片而言仍然甚具感光效果。為了滿足這許多的情況，兩個透鏡就感覺到不够應用了；我們必須使用三個或四個不同折射率以及有適當色散率的透鏡的複雜組合。根據各玻璃廠商對其特種玻璃範圍的發展情況來看，對這許多光學上的問題，其新的解決方式已可能實現。

4. 特種玻璃

在上一世紀的初期法國的一家公司製成光學製品所用的最初的特種玻璃，1839年由“Société d'encouragement pour l'industrie nationale”第一次頒獎給予 Feil et Guinand 公司的一項光學玻璃製品，這家公司後來成為舉世聞名的 parra-Mantois et cie 公司。

直至十九世紀中葉，僅祇製成部份玻璃使其色散率多少有一點兒按照其平均折射性而增加。折射劑較少者則稱為冕牌玻璃，而折射劑較多者則稱為火石玻璃。這項名稱是來自 chance's 玻璃製品，於 1848⁺ 年在英國由以前的 Guinand's 協會開始採用。冕牌這一名詞是取自它們製造過程中這種玻璃的外型而“火石”則是從火石而得其命名。雖然 Feil and Mantois 工廠是最早製成高度折射及最少色散的玻璃，但是在當時這些高價產物並未能立即為大家知道，而這些製品在當時也未能達到工業化的境地。

新式玻璃製造的發展應歸功於德國，但是一直到 1884 年德國才在基納 (Jena) 建立他們最早的光學玻璃工廠，換言之，較法國落後了半世紀

* 根據 Concise O.E.D. 解釋，希臘 α 不是 + Stigma Stigmatōs. 點而併成。(英譯者)。

+ Chance 工廠位於 Smethwick 創於 1824，對光學玻璃研究始於 1838 但在 1848 Bontemps 加入前少有成就 (見 J.F.Chance History of the Firm of chance Brothers & Co)。(英譯者)。

* 因在玻璃吹管之尾堆成之玻璃狀似冕形而命名之。

以上。在特種玻璃的製造上法國保持領先的榮譽而在品質方面它的產品也從來不比國外者為差。當新的特種玻璃為技師們賞識之後 Feil and Mantois 工廠立即重新製造早在若干年前他們首先開始製造的產品並提供各種

4006 號含鉬重冕牌玻璃 密度 3.068		
光譜綫	波長	折射率
A'	7685	1.60769
C	6563	1.61155
D	5893	1.61487
F	4861	1.62295
G	4341	1.62952
水銀	4047	1.63452
平均色散 (C - F) 0.01140.		
$v = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} = 53.9$		
	部份色散	部份色散與平均色散之比率
從 A' 至 C	0.00386	0.339
„ C to D	0.00332	0.291
„ D to F	0.00808	0.709
„ F to G'	0.00657	0.576
„ G' to 4047	0.00500	0.439

熔化的各項特性，摘自光學玻璃之說明書。

各樣抵得上基納出品的特種玻璃供技師們應用。由於德國方面從事於廣大的宣傳使得大家有一種錯誤的觀念認為基納玻璃是舉世無匹的，因此對於過去某段時間德國曾經學到法國出產的光學玻璃最重要部份的事實反而令人感到奇怪。

為着使大家瞭解光學玻璃的發展情況故必需做上述的解釋。因為不可能重新再做出所選定的熔劑使其成份及方式完全一致，故所以每一種熔劑都加以編號而在它的說明單上都註有熔劑的編號，玻璃的性質，以及對某些白熾光體所產生各光譜綫的折射率。像鉀及氫所發出之紅綫（A' 及 C 綫），鈉的黃色光綫（D 綫），氫中的綠色及藍色光綫（F 及 G' 綫），水銀所發出

之紫色光綫 ($4047\text{\AA}$)⁺ 等。從這些數字中我們就可以推斷從紅色至綠色的平均色散數，以及色散率和它的倒數 (ν)。

說明書中對於計算者又提供了從折射率推算出的其他有用的數據；那就是部份色散及色散的比率。此外，還有兩欄顯示密度及單價；最後還有一些資料是顯示其透明度。不同的玻璃對各種放射綫的吸收多少總有不同。

各種玻璃的排列大致是按照它們的折射性來決定，它的順序是硅酸硼冕牌玻璃 (B.S.C.)，普通輕度的冕牌玻璃，硬冕牌玻璃 (H.C.)，含銀冕牌玻璃 (L.B.C. 或 D.B.C.)，輕或重的火石玻璃 (L.F. 或 D.F.)，含銀輕或重火石玻璃 (B.L.F. 或 B.D.F.)，以及硅酸硼火石玻璃 (B.S.F.)。通常冕牌玻璃的主要成份是石灰及鉀碱，與 Bohemian 玻璃相同；而火石玻璃的主要成份則是鉀碱及鉛，與晶體相同。

摘錄自一光學玻璃工廠有關各種不同光學玻璃之範圍表

玻璃的種類	限度			
	n_D		ν	
輕，非常輕及極輕硅酸 硼冕牌玻璃 - - -	從 1.490	從 68.1	至 1.518	至 62.5
普通 (硬) 冕牌玻璃 -	從 1.500	從 61.9	至 1.548	至 48.8
含銀非常輕，輕及重 冕牌玻璃 - - - -	從 1.538	從 60.5	至 1.658	至 44.8
含銀非常輕，輕及重火 石玻璃 - - - - -	從 1.546	從 55.5	至 1.660	至 36.2
普通火石玻璃 - - - -	從 1.534	55.6		
極輕火石玻璃 - - -	從 1.517	從 56.9	至 1.531	至 49.3
硅酸硼火石玻璃 (甚少使用) -	從 1.436	從 51.2	至 1.581	至 44.3
輕火石玻璃 - - - -	從 1.531	從 48.9	至 1.602	至 40.3
重及極重火石玻璃 -	從 1.605	從 40.5	至 1.788	至 25.3

在說明書的後面我們常常會發現它提到另外一種玻璃——“紫外 (Uviol

⁺ $\text{\AA}$ 為 Angstrom 埃，為光波波長之單位，一埃相當於 10^{-8} cm，取自瑞典物理學家之名。

) ”玻璃，對紫外綫特別透明；但是，較石英——用於分光鏡的 Didymium 玻璃——鈾玻璃等則較差；這些都是在紫外綫的作用下具有螢光性質的黃色玻璃。而可以看見由紫外綫構成的像的幕都是用這些玻璃製成的，就好像毛玻璃用之於觀察由可見射綫產生的像一樣。

各種指數都是計算到小數點五位，當然這表示此種玻璃都是完全均勻否則這種精密的程度就毫無意義，也就是說，同一次熔化所做出來的每一片玻璃它的指數相差不得超過第五位小數中的 1 或 2 個單位。熔化物質攪拌不足或冷却^{*}時的收縮作用都會造成不均勻的缺陷，甚至有時在材料陳煉過程中情況的改變亦會造成這種現象。

攪拌是製造過程中最難處理的步驟，由於其攪拌工具（法國人稱之為 guinand，是根據它的發明者的名字而稱呼的）必需介入最少之雜質以免污染熔化物，例如鐵棒則不能使用，故所以它是用耐熔的泥土所製成。而且必須繼續攪拌直至玻璃的稠度使其無法再行攪拌為止，否則構成熔化物的各種物質將會使得彼此分開，攪拌不足所造成的缺陷則稱之為脈紋（veins）；它們的形狀就好像幾滴糖漿滴在一杯水中而沒有攪勻的情況一樣。這種樣子是由於某種範圍內不同的輕微折射所造成。各種脈紋都是不容許的缺陷；含有這種脈紋的玻璃零件必須仔細的將其剔除。

氣泡是玻璃在凝固之前所排出之氣體未能及時昇至熔劑表面而造成。在眼鏡透鏡中不容許有氣泡之存在但是在物鏡中則可容許；事實上，在特種玻璃中幾乎不可能將氣泡完全消除。而且它們的害處也不比同樣大小的塵埃更為厲害。硅酸硼玻璃中通常含有細微的氣泡，而含銀冕牌玻璃中則含有更多。

在潮濕的大氣中所有的各種氣體都會使得玻璃表面受到某種程度的變化：特別是含銀輕火石玻璃及某些輕冕牌玻璃經常在空氣中會損失掉玻璃原有的光澤。在這種情況下，應儘可能將它膠在兩塊其他的透鏡之間以便加以保護。重火石玻璃氧化非常之快，因而使它的透明度隨之消失[†]。

說明書中通常指出在某些光學玻璃的熔劑中會發現這些缺陷。

玻璃的收縮也會改變它的折射；由於冷却的關係它自然地會產生收縮。外面的一層，首先凝固，而抗拒正在冷却中的內部軟化材料的拉力，這些拉力會使體積減小。這樣收縮的玻璃形態則稱之為“訓練”（或“應變”）。這種形態與燒紅的鋼猝然投入水槽或油槽中之情況類似。玻璃本身的訓練極為簡單；只要跟空氣接觸就夠了。在水中訓練的熔化玻璃形成一種稱為 rupert's[‡] 的玻璃球，如果它的表面上有刻痕那末玻璃球所保有的張力就會使它裂開。所有

* 見 Twyman and Simeon (T. Soc. Glass Tech, 7, 199) (英譯者)

† 這種污染常會增加透明度。(英譯者)