

## 第五章 透鏡

在這一章裡我們介紹透鏡數據的格式及如何輸入, 這是光學系統設計的第一步。透鏡數據界定清楚, 軟體才能進行分析。輸入方式各家軟體大同小異。這裡有一些正負號的定義是使用者必須小心。換成不同公司出版的軟體, 這些定義要先界定清楚。

### 5-1 透鏡數據用語 (lens data conventions)

#### 5-1-1 面數定法 (Surface numbering)

在 OSLO 裡光學系統是由一串鏡面所組成, 其中光依序穿過。光是由左邊到右邊, 物面 (object surface) 定為零, 接下來的面數是依光束穿過的順序而定; 如果是在定「虛擬面」的話, 此時不論是否真的有個像在其中, 順序則是由其延伸線來定, 最大面數之面叫做成像面或像面 (Image Surface)。在 OSLO 透鏡輸入規格中正確的鏡面排序是極其重要。

像曲率(curvatures)、非球面係數(aspheric coefficients)等等是直接跟面有關。所以與面數直接相連, 而像折射率、厚度等等是與兩個鏡面之間的空間有關, 所以在 OSLO 中被指定在次一面數。而對於正向反射面而言沒有折射率改變, 所以對光束軌跡沒有影響, 故稱作啞面 (dummy surface), 一個啞面通常是用來畫出光束數據的軌跡, 或者給其它鏡面藉以建立一個基底座標 (base coordinate) 系統。

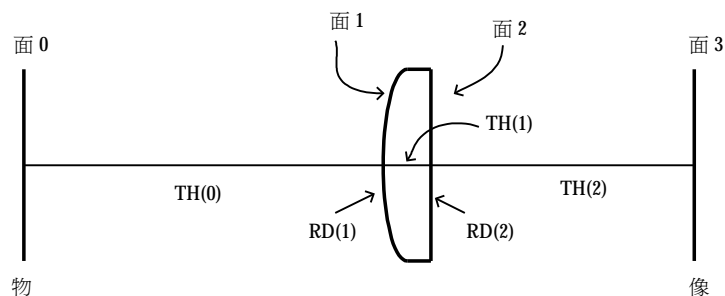


圖 5-1 系統面數據的順序 (TH: 厚度, RD: 曲率半徑, 括號內數字代表順序)

#### 5-1-2 正負號用法 (sign conventions)

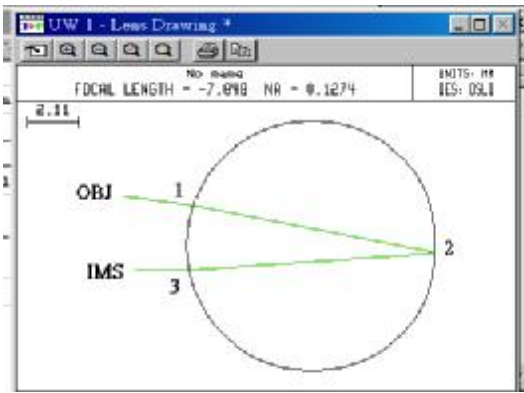
曲率、厚度及折射率之正負號對一個不是歪斜面的系統而言, (亦即軸對稱系統 (centered system)) 是很容易決定, 其規則如下:

曲率半徑	如果曲率中心在表面右邊則曲率半徑或一表面的曲率恆正, 反之為負。
厚度	如果下一個鏡面是落在目前鏡面之右, 則厚度為正, 反之為負。
折射率	OSLO 假定所有的折射率均為正, 反射面則用「 <b>rfl</b> 」指明。

表 5-1 軸對稱系統下正負號使用法

如右圖所示, 一個自左邊進入玻璃珠的光束, 然後從背反射再出玻璃珠 (1→2→3) 則正確的面數據如下所示:

(a)



(b)

Update surface data

No name View: ☐ Srf ☒ Grp Draw: ☒ Off ☐ On

Entrance beam radius (mm) 1.000000 Field angle (deg) 5.7296e-05

Wavelength (microns) 0.587560 \* Efl -7.847684

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS	SPECIAL
OBJ	0.000000	1.0000e+20	1.0000e+14	AIR	
AST	5.000000	10.000000	4.999999	BK7	C
2	-5.000000	-10.000000	4.999999	REFLECT	
3	5.000000	0.000000	4.999999	AIR	
IMS	0.000000	0.000000	1.637144	S	

圖 5-2 光束於玻璃珠內行進 (1→2→3) 之透鏡草樣圖(a)及面數據(b)

對於一個歪斜(tilted)或是非軸對稱面 (decentered) 的系統而言, 左右之分並不明顯; 或由大域座標 (global coordinates) 所指定的系統, 左右之分也不明顯。如此我們需要一個比較好的辨識方法。一個比較好的方法是設定每個曲面是由右手局部座標系統所描述, 而 z 軸視為對稱軸。

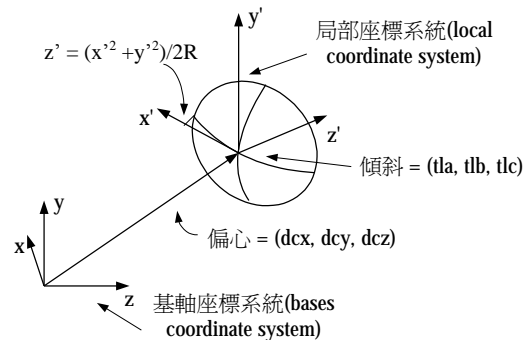


圖 5-3 歪斜系統與基軸座標系統及局部座標系統之關係

歪斜面是由座標系統的傾斜來描述。換言之，我們可以想像每個曲面可以由兩個座標系統來描述，一是基軸座標系統（base coordinate system），另一個則是一個則是相對於基軸座標而言為歪斜或甚至是非軸對稱的局部座標系統。基軸座標系統有其原點，且原點落在前一個面之局部座標上的  $z$  軸上，兩原點之距離為鏡面厚度。而局部原點可以偏心，其大小為  $dcx$ 、 $dcy$ 、 $dcz$ 。除此之外，相對於基軸系統的  $x$ 、 $y$ 、 $z$  軸的局部座標可以歪斜角度  $t1a$ 、 $t1b$ 、 $t1c$ ，如圖 5-3 所示。

一個光學曲面定義作  $z' = f(x', y')$ 。如圖 5-3 所示，就局部座標系統而言近原點的凹陷（sag of the surface）約為  $(x'^2 + y'^2) / 2R$ 。曲率半徑  $R$  的正負號與曲面的凹陷（sag of the surface）相同。換言之，曲率半徑與局部座標系統近中心的曲面凹陷同正負。這個規則不論是否歪斜均適用。

歪斜角  $t1a$ 、 $t1b$  及  $t1c$  是尤拉角（Euler angles），其意義是在座標系統中每個轉動是由先前的轉動所來。其單位以度（degree）表示。圖 5-4 說明正負號用法，其角度為正轉動。在 OSLO 中角度正負號定義跟其它大多數光學系統設計用的程式一樣。但是需小心的是這些用法跟其它如計算機繪圖不同，而且事實上也不互相一致，例如  $t1c$  的正負號用法是跟  $t1a$  及  $t1b$  不同。

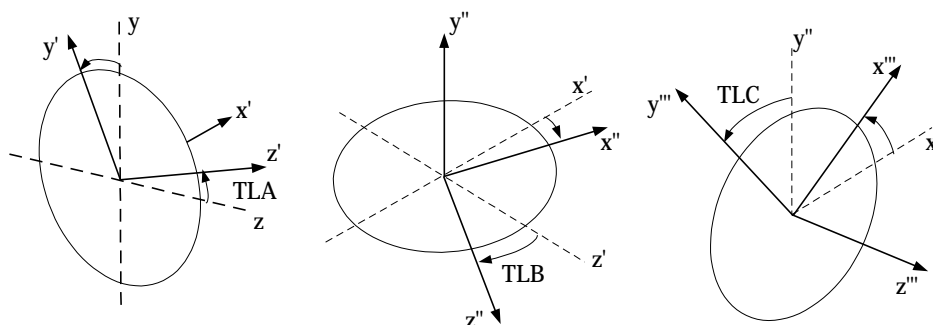


圖 5-4 尤拉角(Euler angles)轉動角度之正負號使用慣例（圖中之轉動方向皆為正

值)

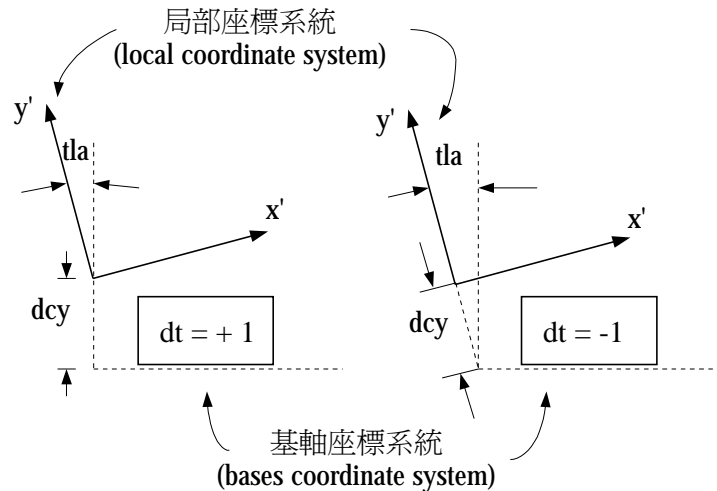


圖 5-5 局部座標(local coordinate)原點在不同基軸座標(bases coordinate)點之  $dt$  值

因為歪斜(tilting)與偏心(decentering)是不可互易(non-commutative)的, 亦即先作歪斜再作偏心其結果不等於先作偏心再作歪斜, 所以程式必須指明是那個先作。在 OSLO 中是一個特殊資料(叫  $dt$ )來完成。如果歪斜是在偏心之後, 則歪斜是依  $tla$ 、 $tlb$ 、 $tlc$  順序。如果歪斜是在偏心之前完成, 則歪斜動作是依  $tlc$ 、 $tlb$ 、 $tla$  順序完成。這個指明歪斜及偏心面的方法使我們可以很容易的重取鏡面原始位置及方向, 亦即只要對所有歪斜或偏心的數據取負值即可, 參見圖 5-5。

在一般系統中, 下一個曲面是以目前曲面的局部座標系統來表示。換言之, 厚度是沿局部座標系統的  $z$  軸來量。但是 OSLO 也有一個  $rco$  (return-coordinate command) 指令, 它可以由目前曲面的基軸座標系統的  $z$  軸來量厚度。同樣地, 這個指令也提供一個選項讓我們可以去沿著任何先前的局部座標系統的  $z$  軸去量厚度。所以我們可以用任一基軸座標系統來指明任何曲面的座標系統。如此所有的座標都可全面地被指定。

在使用回溯座標(return coordinate)時, 常犯的錯誤是歪斜角差了  $180$  度, 之所以如此的原因是因為同一曲面有兩種方式表達。假設你有一個系統, 光束剛開始從左到右, 碰到鏡子轉了  $45$  度, 參考附圖 5-6, 光束現在與原先光束互相垂直。

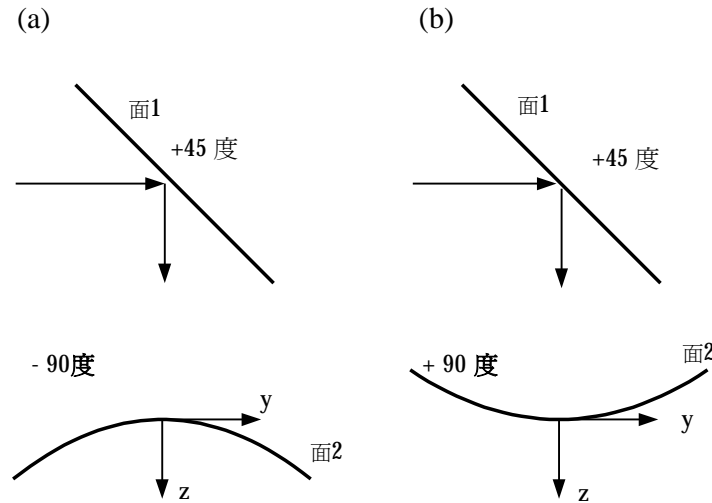


圖 5-6 曲面歪斜角度與曲率之判定問題(a) -90 度 (b) +90 度

問題是下一面相對原先座標系統而言是斜 +90 度抑或 -90 度？初看而言，似乎沒有什麼差別。事實上，是有不同的，如果曲面是歪斜 -90 度，則曲率為正；若 +90 度，則曲率為負。（正確答案是 +90 度，解答見下）。這是因為我們使用右手局部座標系統來定，所以在解光束覓跡問題時，必須用法明確並確認那個是所選擇的切點。

在 OSLO 中，光束覓跡方程式是被設定使用正向切點並依前面標準用法(表 5-1)定正負。這個使用法推廣到歪斜反射曲面的處理有個簡單判定法則，即是依反射的次數而定，偶數面反射時，每個局部座標系統必須指向同一個方向。奇數反射則傳播方向是相反。在前面的例子，光束在一次反射後轉了 45 度，所以下一個局部座標系統的 z 軸傳播方向反向。

在 OSLO 中，在每個曲面有一個特殊旗標 (special flag)，叫做 ASI (alternate surface intersection) 旗標。如果你啓用，則光束軌跡交點會跟正向相反，所以可以利用 ASI 旗標去處理一個 -90 度的歪斜。但此時就必須對下一個曲面用不同方法處理，而且可以依照傳統用語加上「最少阻力軌跡」來設定系統。事實上，處理歪斜反射鏡面 (mirror) 系統最容易也是最好的方法是利用彎曲指令 (bend command) (**ben**)。自動設定光軸在反射之後與兩個頂點 (vertex) 連線一致。換言之，它事實上就是沿系統的光軸，所以若有需要，新座標系統被調整，使得子

午面在反射之後依舊是子午面(meridional plane)。

### 5-1-3 曲面種類 (Surface types)

除了直接指明, OSLO 提供許多方式去指明曲面。這些方法基本上有三群: 一是選定 (pick ups), 二是求解 (solves), 三是變數 (variable)。

「選定」: 從另一個曲面取用其參數並用之於目前曲面, 這就是「選定」(pick ups), 這是個方便的方法。例如在設計一個系統, 其中有一反射部份使光對系統中的某些部分作反射。在經反射鏡反射後反射路徑中所經過的曲面是與之前到反射鏡面一樣。所以藉由指明曲率半徑是先前路徑的曲面, 如此, 被反射後的路徑所經過的曲面之曲率半徑值將可一併選定, 確保相同。

「求解」: 求解是要求程式在滿足給定條件下去算出曲面的某一參數的值。例如指明透鏡最後第二個曲面的厚度, 是由軸光束 (axial ray) 高度為零去解, 則程式將去計算曲面厚度並且要求軸光束會經過像面的頂點。這亦即是要求像面保持一個近軸焦點 (paraxial focus)。即使其它曲面改變, OSLO 也會改變最後第二個曲面來滿足條件。

「變數」: 通常只是適用於直接指定的項。變數告訴 OSLO 說在最佳化時這項是可以改變。除了允許面數據在最佳化過程中可以自由變動外, 在 OSLO PRO 及 OSLO SIX 中, 變數亦可被設為 Lagrange 乘數中的目標值。這使得你可以建構複雜的約束條件作為基本數據規格, 而不僅是用「求解」或「選定」。

一旦透鏡數據改變, OSLO 重畫系統的軸光線 (axial ray) 與主光線 (chief ray), 解出所有的選定與求解要求, 這是各式各樣透鏡數據確定的基礎。這個步驟叫做透鏡設定 (lens setup), 這是互動程式一個主要部分。

### 5-2 透鏡輸入 (lens entry)

在這裡我們從第一原理說明在 OSLO 如何輸入透鏡數據。在此我們選用一個 f/2 雙透鏡(doublet lens) (或稱雙合透鏡) 作為開始, 工作在  $0.6328 \mu\text{m}$  (微米), 其焦距 (focal length) 60 mm, 視場角 (field angle) 近於零。稍後我們將用這透鏡完成一個設計。而對於歪斜曲面與反射鏡, 我們將用一個直角稜鏡(right-angle prism)與反射鏡 (turning mirror) 作配合。

為了協助初學者使用主選單、試算表、夾格等, 詳細說明亦將附上。雖然輸出圖形已附於此, 最好的方法還是依序在你的電腦把內容練習。如果你很細心地作每個步驟, 在本節之後你應可以開始處理你自己的系統設計。

#### 5-2-1 雙透鏡 (Doublet lens)

1. 如果面數據試算表是開著的, 關掉它。按下 File>>New, 鍵入「lasrdb1」作為檔案名稱, 鍵入 4 作為面數 (換言之, 這是一個空氣間格的雙透鏡), 按下「OK」(圖 5-7), 則面數據試算表會自動打開。
2. 移動顯示區 (high lighted block) 到左上面, 選「No name」並鍵入「He-Ne f/2



doublet focusing lens」(圖 5-8), 這是圖樣的名稱。鍵入一個名稱是個好練習, 或者就用原名 lid 亦可。你也可以按下選項最下方, 去鍵入補充資料。

3. 在「View field」按下「Srf」選項, (亦即在這個例子中沒有一類會被定義)(圖 5-8)
4. 在「Draw field」按下「ON」以啟動「自動畫圖」(圖 5-8)。
5. 因為透鏡焦距 60 而速率(speed)是  $f/2$ , 所以設定輸入光束半徑(Entrance beam radius field)的考慮得到的是輸入光束直徑 30, 跟據  $f$ -number 定意, 所以鍵入「15」作為入射光束半徑。至於視角(field angle)依設定值保持不動(圖 5-8)。
6. 按下在波長項有星號的鍵。這會打開另一個試算表, 其中顯示的是 OSLO 預設之波長值內建設定波長可以顯示, 按下排鍵給第二個波長, 再按下一排排鍵給第三個波長並把這兩排給選起來。之後用「cut tool」去移除這些波長(圖 5-9)。
7. 按下波長 1—注意此時夾格是黑的且有一細線繞於四週。這表示這項已被選取。你可以鍵入一個值或者就該項打開一列表選擇。在此就  $0.6328 \mu\text{m}$  雙按取出。按下「OK」關上整個試算表並回到面數據試算表。  
這時, 透鏡的基本設定(Operating condition)就算完成, 整個試算表應該如下(圖 5-10):

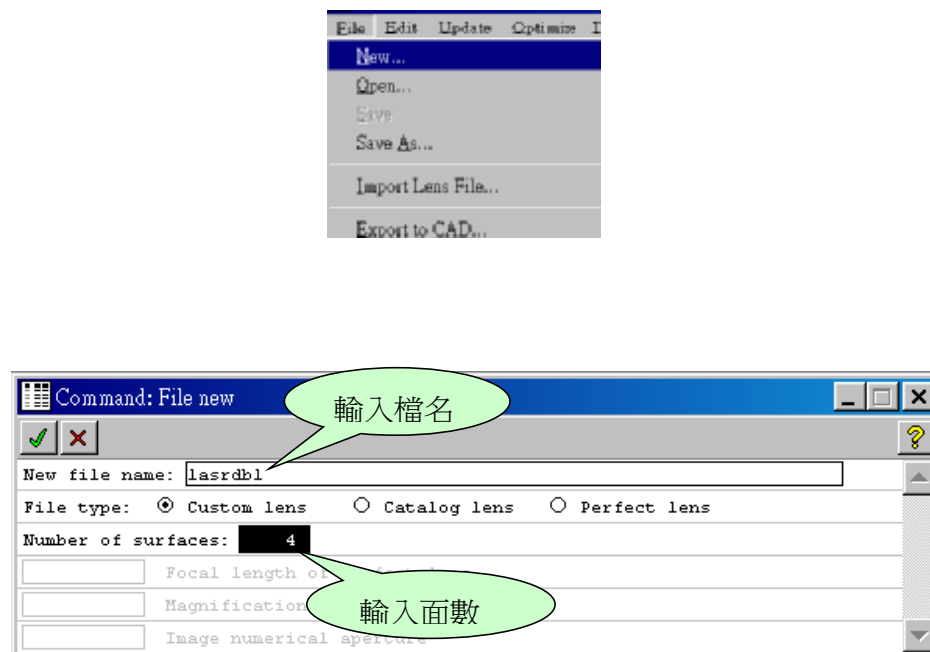


圖 5-7 開啓新檔

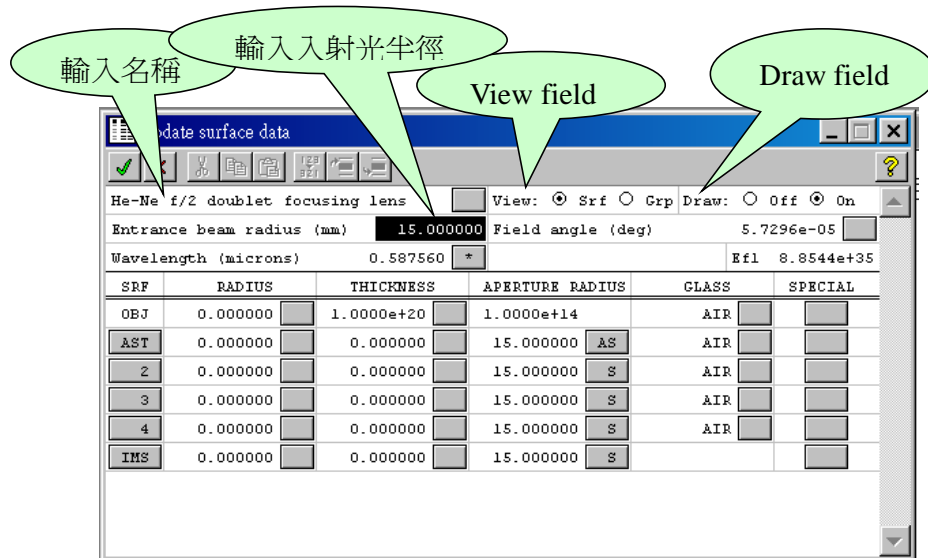


圖 5-8 視野、畫野及入射光半徑之設定

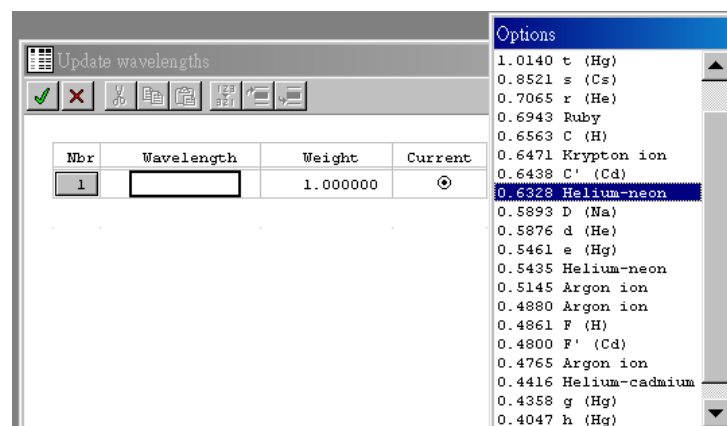
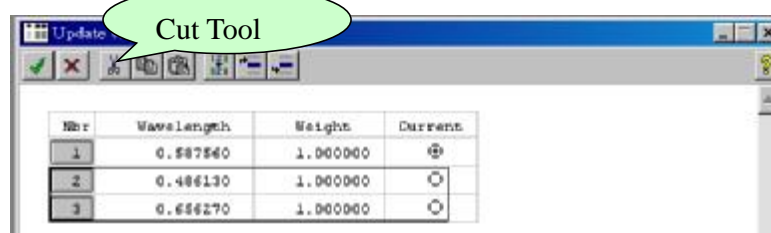


圖 5-9 波長設定

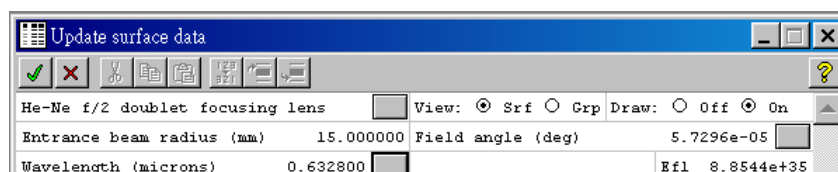




圖 5-10 雙透鏡之基本設定數據參考

現在你可以輸入面數據, 由於傳統的慣例, 面數據是以半徑 (radius), 厚度 (thickness), 孔徑 (aperture), 玻璃種類 (glasses) 依序排列表之。當你替一個新系統輸入數據, 卻最好是反向輸入, 亦即玻璃種類、孔徑 (如果要的話)、厚度, 最後才是曲率半徑。這樣子才最容易進行系統設置工作。

開始整個系統設計前, 需先作一些光學方面的決定。

1. 因為是針對單色光設計透鏡, 所以不需要不同色散的玻璃, 在此範例中, 我們使用最大折射率的玻璃。另外, 我們設計的構想是一個凸平 (Convex-Plano) 單透鏡 (sing let) 之後跟著一個凹凸透鏡 (meniscus lens)。我們可以利用一個軸光束角之求解來約束焦距長度為 60mm。因為入射光束半徑為 15mm, 所以進入的光束斜率必須是 -0.25 才可以使焦距長為 60mm, 這個也使得  $f$ -number 被定在  $f/2$ 。
2. 接下來在面 1 按下「玻璃類 (GLASS field)」之選項鍵。會立即出現一個「下拉式選單 (pop-up menu)」, 接著再選型錄 (Catalog) 一欄, 然後往右拖曳滑鼠選「Schott」項以便選用 Schott 型錄 (圖 5-11)。

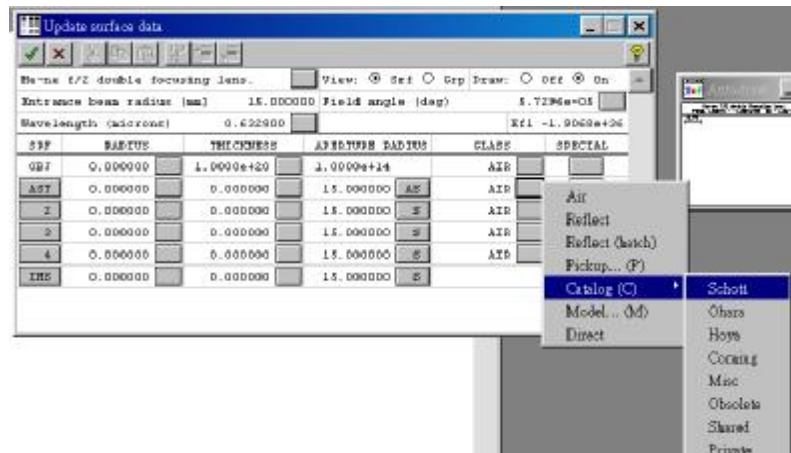


圖 5-11 選取玻璃種類

3. 此時會出現一個試算表, 列出在 Schott 型錄上可以用的玻璃。設定上, 玻璃是依字母排列。另外還可以選用「折射率重排判定」 (index) (圖 5-12) 讓玻璃種類依折射率依小排到大的順序排列。此時試算表中的第一行是就選定波長下在每一列中各式玻璃對應的折射率值。注意在重排項功能下, 試算表頂欄最後一項叫做「重算  $n$  及  $v$ 」 (recalculate  $n$  and  $v$ ), 這一項只有在你改變內建時才會出現。在此內建波長是  $d, F, C$  波長。此時我們用的是 He-Ne 雷射  $0.6328 \mu\text{m}$  波長, 由於波長值與內建差不多, 所以「重算  $n$  及  $v$ 」得到的結果不會對排序有任何影響, 所以在此不必按「重算  $n$  及  $v$ 」。

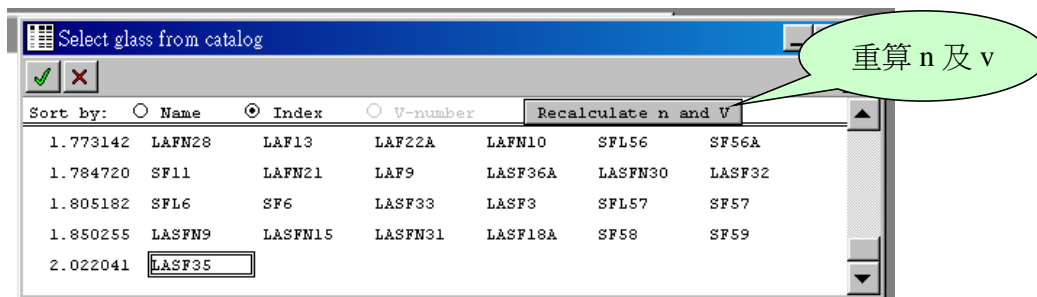


圖 5-12 玻璃種類列表

- 選擇最後一列中的玻璃 LASF35 (圖 5-12), 這是一個具有相當高的折射率的新玻璃。一旦按選任一玻璃後, 這個玻璃的各項數據總表就會顯示在主視窗 (注意只有某些 Schott 玻璃有完整的數據), 如果認為此玻璃合用, 就按「OK」鍵。
- 曲面 3 也是要使用同樣的玻璃材料, 此時可以利用「選定 (pick up)」功能。這個會使曲面 3 的玻璃種類與曲面 1 一致, 換言之, 如果曲面 1 的玻璃種類改變, 曲面 3 的玻璃亦隨之自動改變。當然事實上不需要在現在這個系統上如此設定, 不過這倒是可以讓人知道如何去使用「選定」功能 (事實上最快的方式是在面 3 一欄的玻璃項直接鍵入 LASF35)。如果想要選定這個功能來選擇玻璃種類, 我們可以在「玻璃選項 (Glass Options button)」的選單上選擇「選定 (Pickup)」, 之後一個對話框 (dialog box) 出現並詢問你所要選用的曲面, 鍵入 1 並按「OK」即可 (圖 5-13)。

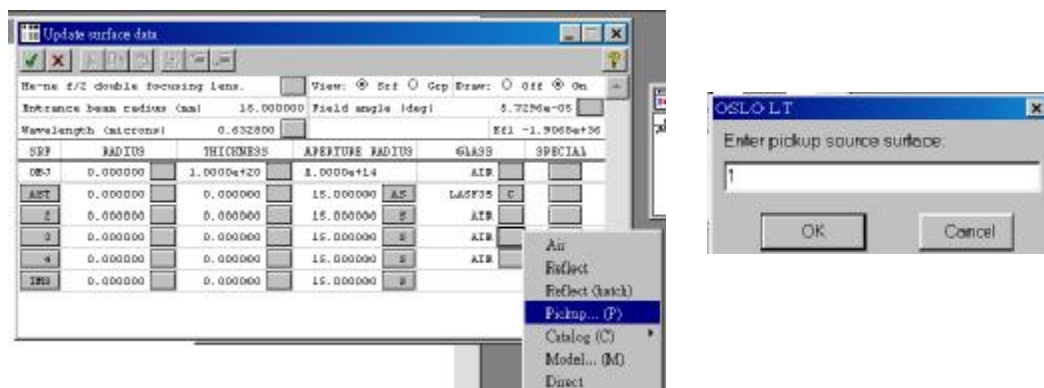


圖 5-13 「選定」指令操作步驟

- 一旦你完成上述步驟, 在試算表表上一道輕灰色線會出現在面 2 與面 3 之間, 以便示意說這是一個玻璃—空氣界面, 自動圖樣視窗會顯示透鏡是一條垂直線加上三條水平線, 以代表通過系統的軸光束(axial rays)與主光束(chief

rays)軌跡。

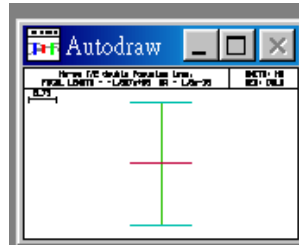


圖 5-14 自動圖樣視窗

- 現在尚不需要輸入孔徑的數據。內建設定值是由軸光束與主線光束的數據決定。
- 在面 1 及 3 的厚度，鍵入「5.0」；面 2（插入之空氣間隔）用「1.0」。自動圖樣視窗此時會顯示二個玻璃。而面 4，選用厚度欄的精靈夾格（Smart Cell）拉出一個表單，從這表單選擇「求解」項的「軸光束高度求解」（Solves>>Axial ray height solve），會出現一個提示欄（prompt），讓你鍵入軸光束高度（the axial ray height）。鍵入「0」（這也是內定值）（圖 5-15），這將使得面 5 是座落在近軸像面上（paraxial image plane）（在此仍是位在無窮遠處）。

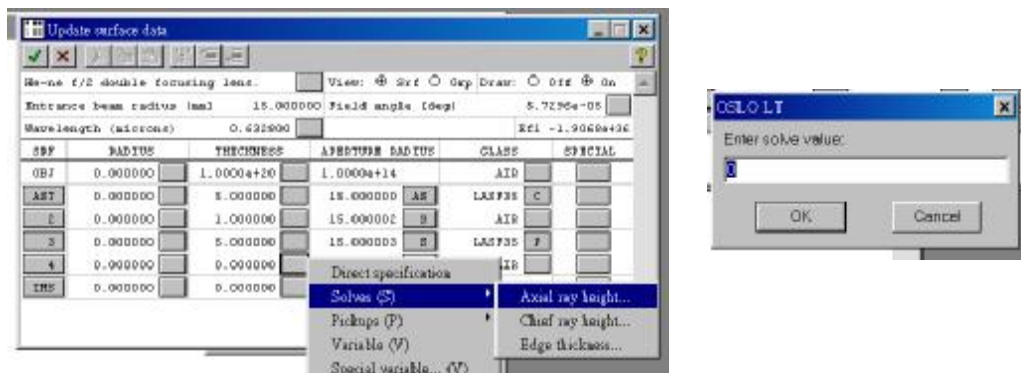


圖 5-15 利用「求解」的方法設定厚度

- 接下來處理面 4 的半徑，同樣的也是由軸光束的角(the axial ray angle)求解來定。作法是按曲率半徑（radius）一欄中的精靈夾格（Smart Cell），然後在提示欄鍵入-0.25 一值（圖 5-16）。

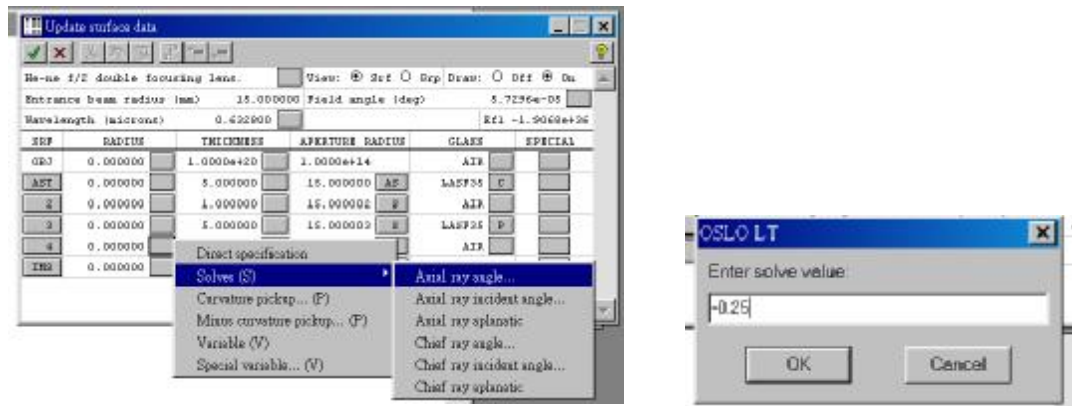
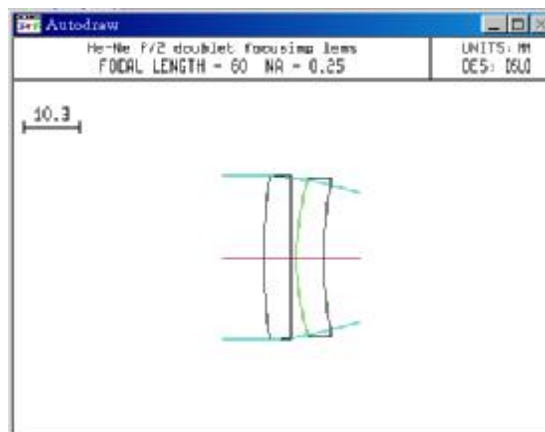


圖 5-16 利用「求解」法設定半徑

10. 現在我們必須選定曲率半徑(radius)的初始值。作法是讓透鏡如我們所希望的, 換言之, 猜一個值或者將常用值代入, 所以可以設定面 1 的曲率半徑 100, 面 3 的曲率半徑 50.0
11. 依序選用面 1 至面 3 的半徑, 並設為「變數」(Variable), 這是為了求解最佳化的透鏡設定而用。
12. 現在, 進入設計。按下檔案 (File), 選擇「存檔」(Save)。自動圖樣視窗及面數據試算表將立即顯示一如圖 5-17:



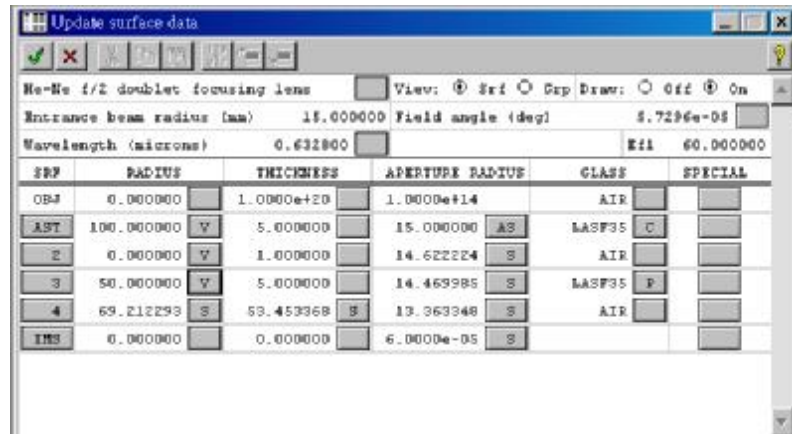


圖 5-17 鏡面設定完成存檔後的自動圖樣圖及面數據試算表

### 5-2-2 直角稜鏡 (Right-angle prism)

許多光學系統設計都有利用反射的稜鏡和鏡面來改變光束及影像方向。事實上, 平面反射鏡一般對影像品質沒影響, 反射稜鏡則等價於一塊玻璃。雖然如此, 為了機械 (mechanical) 及容忍度 (tolerancing) 考量常引入歪斜 (tilting) 或偏心 (decentering) 面。這一節給予一個範例說明如何在雙透鏡的系統上加入直角稜鏡 (right-angle prism) 設計及轉向反射鏡 (turning mirror)。在這裡只是提供一個教學用的示範, 嚴格說來真正的光學設計不是這個樣子的。

在雙透鏡最後鏡面的 5mm 處, 增加一個稜鏡其孔徑為 15mm (注意在 OSLO 中, 孔徑是以半徑來決定, 而不是直徑)。

1. 從前面雙透鏡例子開始。先改檔案名稱, 把 lens identifier 中的名字寫成「Right-angle prism/mirror example」, 然後存成檔名為「prismirr.len」(圖 5-18) 稍後你開啓「lasrdbl.len」作最佳化 (optimization) 練習, 所以把現在檔案存成另外名稱會比較好, 如此才不致影響前面檔案。





圖 5-18 修改檔案名字及另存新檔

2. 在輸入任何面數據之前, 先按 Update>>Operating>>Len drawings, 修改試算表數據中使之如下圖。要被改變的項目有兩項, 像面光束 (Image Space rays) 及在像面空間上總點數 (number of field points)。這個設定可以使自動圖樣提供較多訊息。

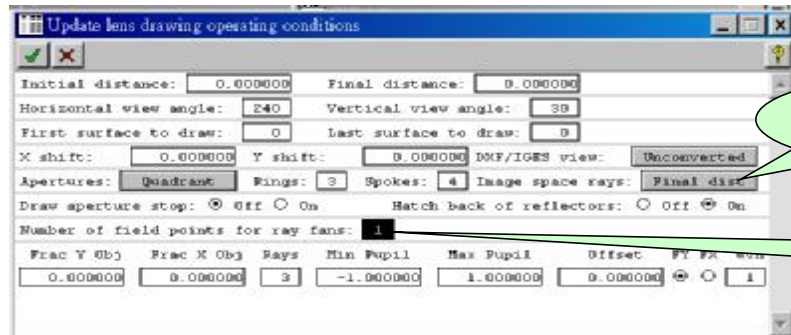


圖 5-19 修改總點數

3. 關閉透鏡圖樣操作條件試算表, 並回到面數據試算表。將視窗拉大以使有空間納入四列, 然後把游標移到面 5 的欄列, 並按「SHIFT+SPACE」四次以插入四列, 或者按住排鍵 5 然後按下「Insert Before toolbar」鍵四次 (圖 5-20)。將面 4 的軸光求解移除 (只要使用精靈夾格, 按「Direct Specification」即可), 並將厚度設為 5 mm。

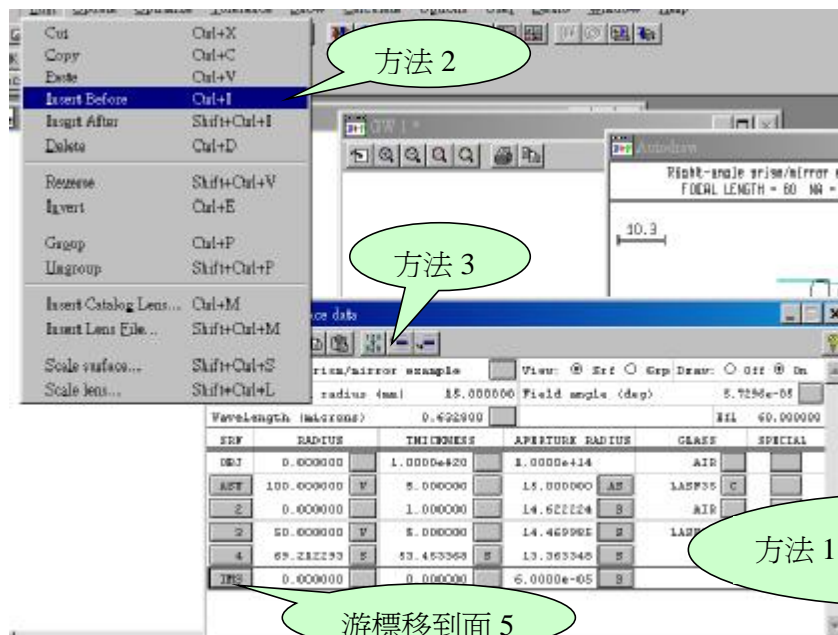


圖 5-20 增加面之欄數



- 接下來你可以插入稜鏡。在面 5 的玻璃種類選「SF15」。然後按面 6 的特殊鍵 (Special button), 選擇「Surface Control >>General」, 然後啓用 TIR(total interface reflection) (圖 5-21)。此時光束將回射有如作一個內部全反射 (total interface reflection, TIR)。注意對一個 TIR 面, 其面的折射率是依光束將進入的介質而定。如果光束是作內部全反射, 則程式所用的折射率與入射介質的折射率一樣。

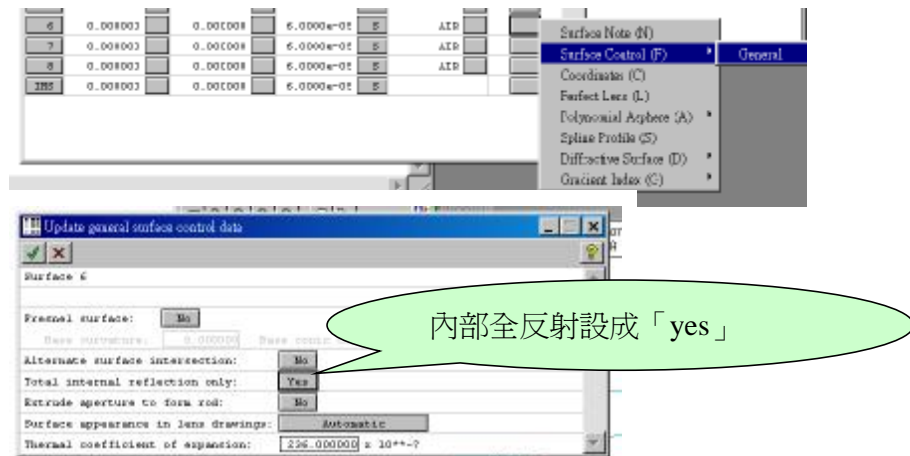


圖 5-21 設定內部全反射

- 設定面 5 到面 7 的孔徑(aperture radius)為 15mm, 並設面 5 的厚度為 15mm, 則自動圖樣視窗將如下所示 (圖 5-22)。

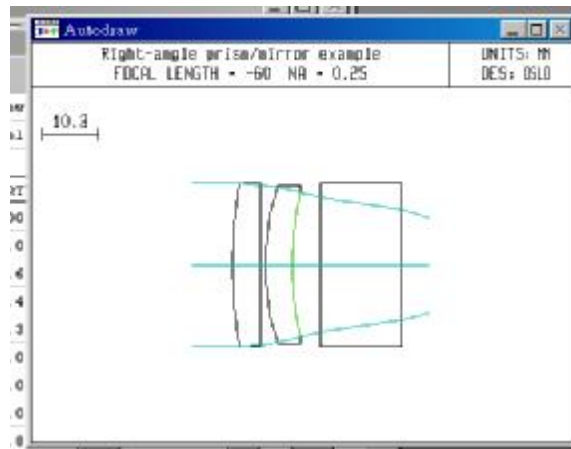


圖 5-22 面 5 及面 7 孔徑及厚度設定完成後之自動圖樣圖

- 面 6 是稜鏡, 其反射面自轉 45 度, 這可以利用下面的方法來設定: 按面 6 的「Special button」選單上的「座標項 (Coordinates)」。然後會出現如圖 5-23 之試算表, 在表中的「TLA」輸入「45」, 並且啓用「Tilt and bend」(改成「Yes」)。

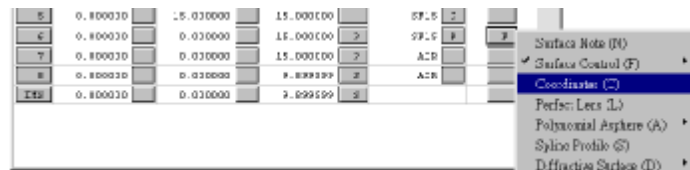


圖 5-23 設定稜鏡之 45° 斜面

7. 鍵入面 6 的厚度為-15 (單位 mm), 已如前面所提, 在奇數次反射後其座標與傳遞路徑反向, 所以厚度設為負值。並輸入其孔徑為  $15 \times \sqrt{2}$  ( $15 * \text{sqrt}(2)$ )。
8. 轉向反射鏡是在稜鏡下方 10mm 處, 所以設面 7 的厚度為-10, 此時自動圖樣視窗及試算表數據應如下所示 (圖 5-24)。

SURF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS	SPECIAL
OBJ	0.000000	1.0000e+20	1.0000e+14	AIR	
ASF	100.000000	5.000000	15.000000	LASF25	C
2	0.000000	1.000000	14.622224	AIR	
3	50.000000	5.000000	14.469985	LASF35	P
4	69.232293	5.000000	13.362240	AIR	
5	0.000000	15.000000	15.000000	SF15	C
6	0.000000	-15.000000	21.213203	AIR	PC
7	0.000000	-10.000000	15.000000	AIR	
8	0.000000	0.000000	5.186655	AIR	
IMS	0.000000	0.000000	5.186655		

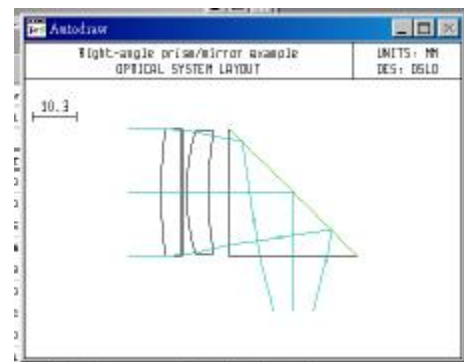


圖 5-24 直角稜鏡之面數據及自動圖樣

9. 按下「Show>>Surface Data」, 然後自選項表中選擇「All Special data」(圖 5-25)。之後在文字視窗應該可以看到如圖 5-26 的數據,

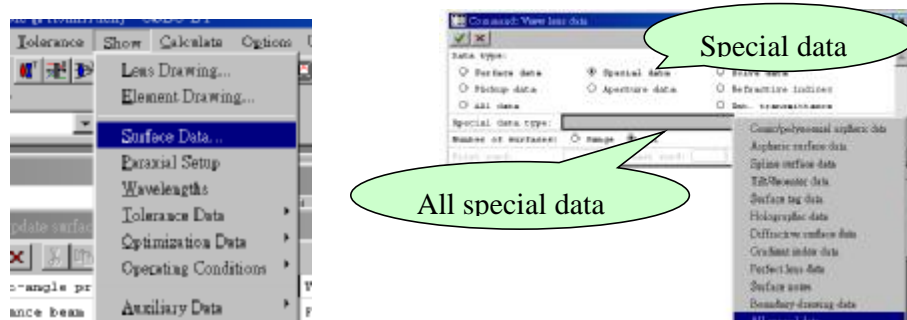


圖 5-25 「面數據顯示」操作

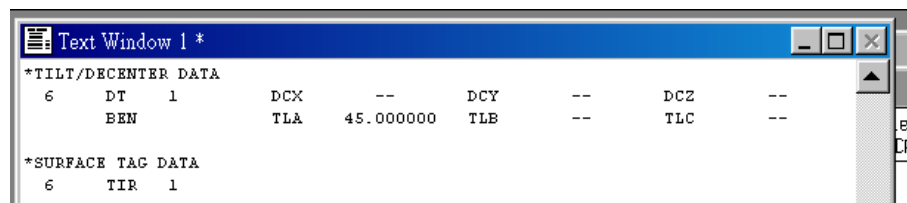


圖 5-26 文字視窗顯示之數據

接下來就是加上一個轉向反射鏡面使得光束又可以由左到右。

10. 增加一個轉向反射鏡的步驟如下：使用一個軸光束高度(the axial ray height)求解去定出最後像面位置。所用的鏡子是使用「Glass Options」表上的「Reflect (Hatch)」項。這個作法沒有多大的光學上考慮，只是在反射鏡背面畫上線條，使它看起來比較明顯。設孔徑是 12mm，使座標系斜轉-45 度（請參考步驟 6 之操作方式），啟用「bend flag」，在輸入所有數據之後，按「F3」(Toolbar Save Icon)，存下此一透鏡檔案即可。

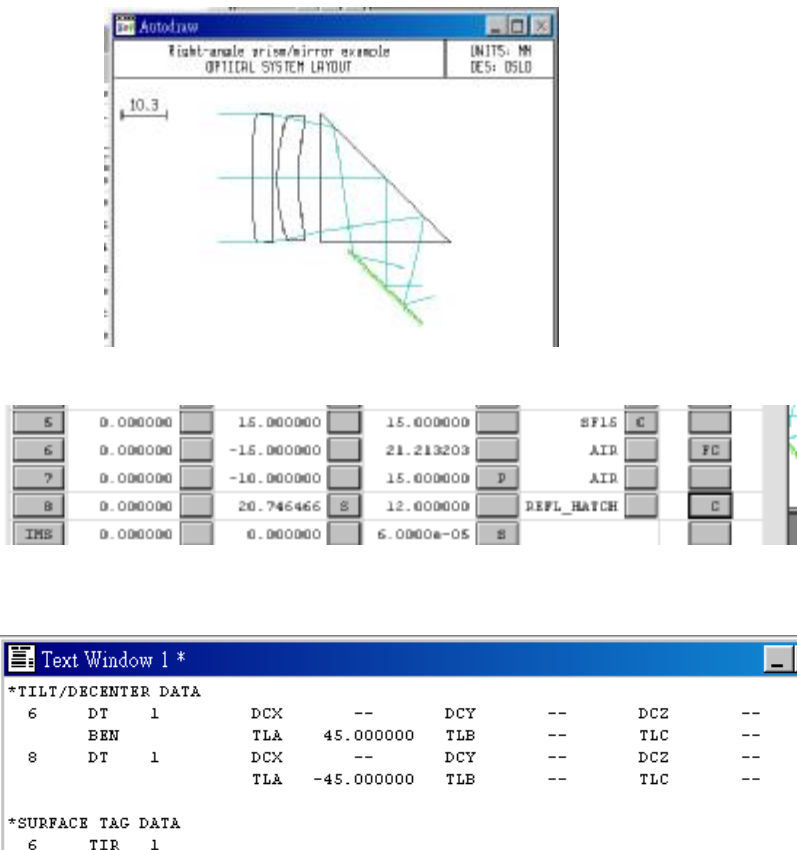


圖 5-27 設定好鏡面之直角稜鏡之圖樣圖、面數據及文字視窗

值得注意的是雖然整個系統有歪斜元件, 但如果只有平面上的歪斜, 在「bend flag」的設定下, 因滿足近軸光學, 所以我們仍可以在面 8 上使用軸光束高度求解。



圖 5-28 修改光束數



圖 5-29 玻璃變為 BK7 (折射率較低) 之直角稜鏡圖樣圖

我們可以觀察內部全反射與稜鏡的折射率關係, 所以使用「Update>> Operating conditions>>lens Drawings」來設定光束數為 11, 並改變玻璃為 BK7 (折射率較低)。此時可以看到較下方的光束沒有產生內部全反射, 原因是它們不滿足內部全反射的條件。

至此, 我們算是已對透鏡組數據的輸入方式交代一遍。請關上檔案, 不用參考手冊, 直接操作一次, 看是否可以得到相同結果。之後, 請就習題試著練習。

### 參考文獻

1. OSLO version 5 user's guide (Sinclair Optics, 1996) 。OSLO user's guide 可以自 on-line help 得到。
2. OSLO version 5 optical reference (Sinclair Optics, 1996)
3. 「幾何光學」, 張弘著, 東華書局印行。
4. 「幾何光學」, 高正雄譯著, 復漢出版社印行。

### 習題

(5-1) 建立一單透鏡, 其曲率半徑各為 39.4 mm 及 53.75 mm, 厚度為 5 mm, 孔徑大小為 25.4 mm, 材質設定為折射率 1.603111 的 SK7, 試繪出其平面透鏡視圖。請先由造鏡者公式計算此單透鏡的焦距, 再與此模擬結果作比較。

(5-2) 請建立一個雙透鏡系統, 此系統是由一個正透鏡及一個負透鏡所組成, 兩個透鏡的材質皆為折射率 1.511121 之 BK7, 厚度各為 4 mm 及 1.5 mm, 透鏡之孔徑皆為 20 mm, 兩透鏡間相距 10 mm。正透鏡的曲率半徑為 20 mm 及 0 mm, 負透鏡中第一面的曲率半徑為 -50 mm, 第二面的曲率半徑請利用「求解 (Solves)」的方式獲得 (hint: 設定「Axial ray angle」為 0)。入射光束半徑 8 mm。請繪出其平面透鏡圖樣。

(5-3) 試設計一個如圖 5-30 所示之牛頓式望遠系統, 入射光束半徑設定為 77

mm, 系統鏡面參數如下:

- (1) 反射鏡面 1 是孔徑半徑為 77 mm, 曲率半徑-1891 mm 的凹面鏡。
- (2) 反射鏡面 2 則是孔徑為 40 mm 的平面鏡, 且傾斜角度為  $-45^\circ$  (TLA)。
- (3) 透鏡 3 的曲率半徑則為  $-79.2$  mm、 $-25.4$  mm, 孔徑 12.85 mm, 厚度 4.5 mm, 材質為 BK7 的透鏡。
- (4) 透鏡 4 則是曲率半徑為 25.2 mm 及 -100 mm 的正透鏡, 其厚度為 3 mm, 孔徑 10.75 mm, 材質為 BK7。
- (5) 反射鏡面 1 與反射鏡面 2 間相距 800 mm, 反射鏡面 2 與透鏡 3 相距 148.28 mm, 透鏡 3 與透鏡 4 之間則相距 25 mm; 透鏡 4 與像面相距 25 mm。

請繪出此系統之平面視圖 (如圖 5-30)。

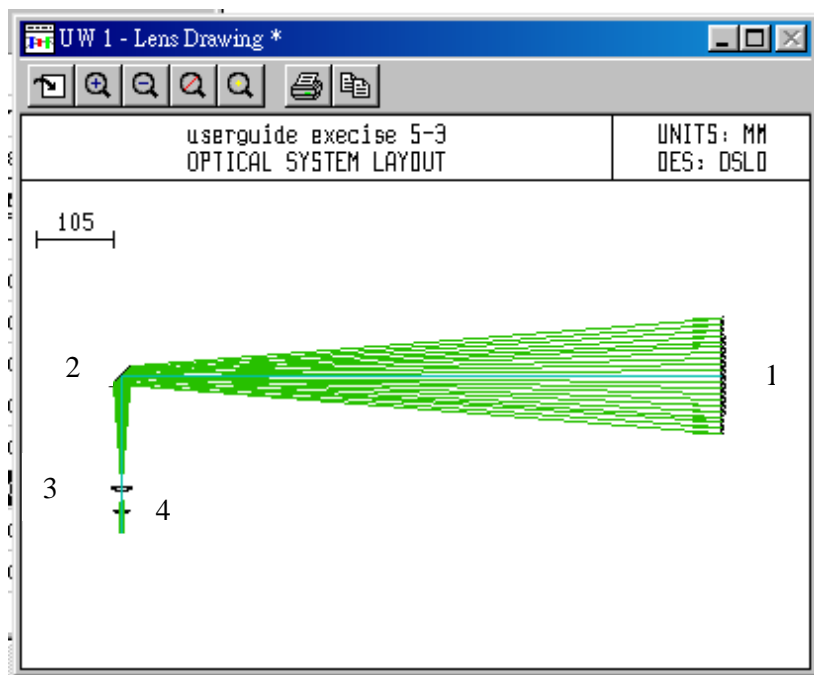


圖 5-30 牛頓式望遠系統之平面視圖

(5-4) 請進入「Shott glass technologies」公司的網站, 網址為 (<http://www.schottglasstech.com> 或 <http://www.schott.com>), 查詢相關的透鏡規格。

(5-5) 請回答下列問題:

- (1) 在設計透鏡時, 慣例上光線應由左邊入射或是由右方入進入透鏡組中?
- (2) 若一個透鏡孔徑為 25.4 mm, 請問在面數據試算表中的「Aperture radius」項目中輸入值為何?
- (3) 一個雙凹透鏡 (面 1 及面 2 的曲率半徑的大小各為 50 及 60 mm), 請問在面數據試算表中面 1 及面 2 的「Radius」這一項該如何輸入?



(2001 年第一版; 僅供教學與研究參考, 請勿作商業用途。)

編者: 許阿娟、何承舫、張國輝、陳志隆

- (4) 請問設定座標軸的傾斜及偏心時, 選擇「先傾斜再偏心」或「先偏心再傾斜」, 這兩者有何差別?