

第十三章 無聚焦系統(Afocal System)

無聚焦系統適用於不同的目的，範圍從顯微鏡的倍率變換器，到紅外線掃描，或 FLIR 系統，雷射擴束器，和取景器等。

有些電腦程式，當其它程式在出射光瞳處使用”完美透鏡”時，簡略的用很大的像距來作光線追蹤求值。如此把角誤差轉為截距誤差以得到常見的截點圖和路徑誤差，光斑圖，和 MTF 分析。

圖 13-1 顯示一個 5X 雷射（氦氖， $0.6328\mu\text{m}$ ）擴束器。在第一個平面右方 0.396 處有一個中間像。通常在此處置一小孔徑以作為選模之用。資料如下：

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	1.0000e+14	AIR
AST	0.296300	0.062000	0.100000 A	SF8 C
2	0.000000	2.481000	0.100000	AIR
3	0.000000	0.132000	0.350000	SF8 C
4	-1.480800	0.000000	0.350000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.299831 S	

表 13-1 5 倍雷射擴束器

鏡組總長為 2.675。

注意到顯示在圖 13-1, 13-2 及 13-3 的 MTF 資料，如同其他雷射系統的設計一樣假定一個光強度均勻的入射光瞳。既然這些雷射系統具有高斯分佈，MTF 響應要比這裏顯示的稍高。

由於有二面以大的間隔分開的薄透鏡存在，作為初步設計我們將每一透鏡以最小球差成形。為了簡單起見，選擇平凹的形式。因為最小球差的折射率為 1.686，SF8 玻璃與此最接近（1.68445）。以這類型的全正透鏡，球差會增加。

使用一個負-正透鏡系統，高斯望遠鏡，大量地減低球差且提供一個較簡潔的系統。然而，一個選模的孔徑是不可能的。另一方面，對於超高功率雷射（不是這個氦氖雷射）而言，這個透鏡將被優先採用因為無聚焦斑點以及游離空氣的機會極小。

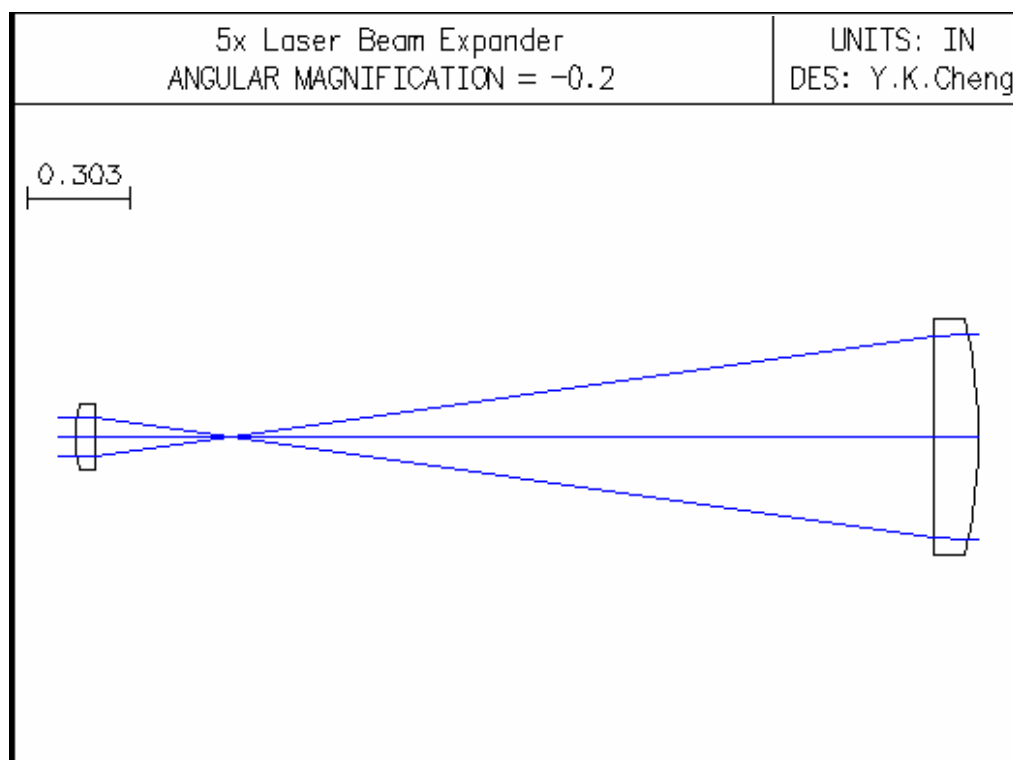
高斯系統顯示在圖 13-2。這個系統的資料如下。

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	1.0000e+14	AIR
AST	-0.344300	0.030000	0.100000 A	SF8 C
2	0.000000	1.915000	0.100000	AIR
3	0.000000	0.132000	0.350000	SF8 C
4	-1.721100	0.000000	0.350000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.301428 S	

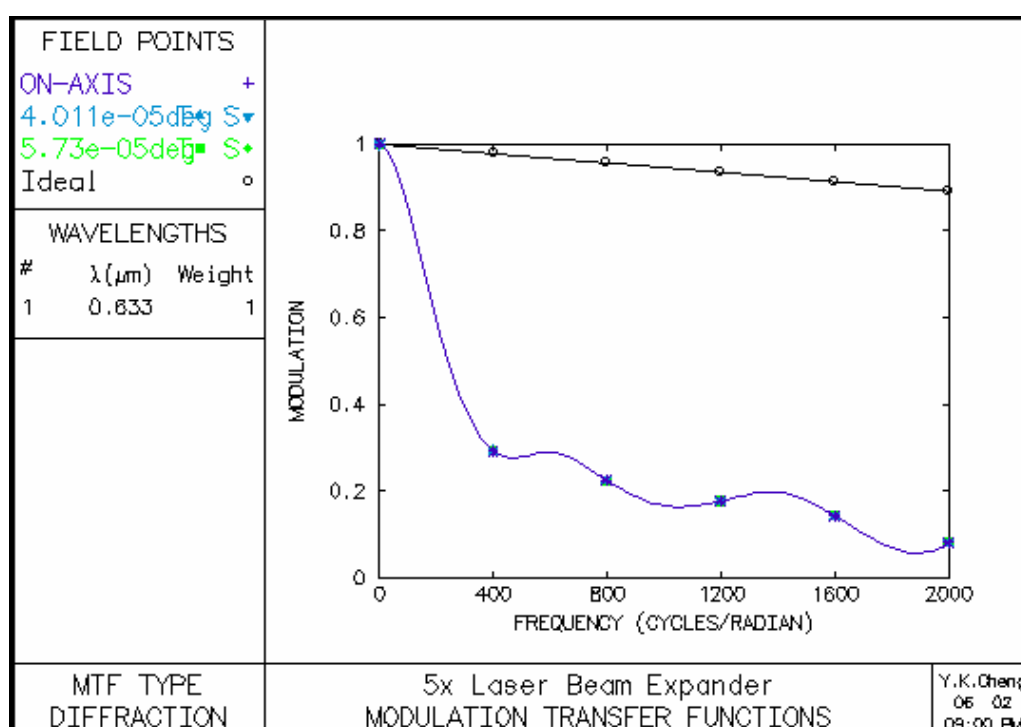
表 13-2 5 倍高斯雷射擴束器

鏡組全長為 2.077。

這二個系統都是設計給 3mm 直徑的入射光瞳。

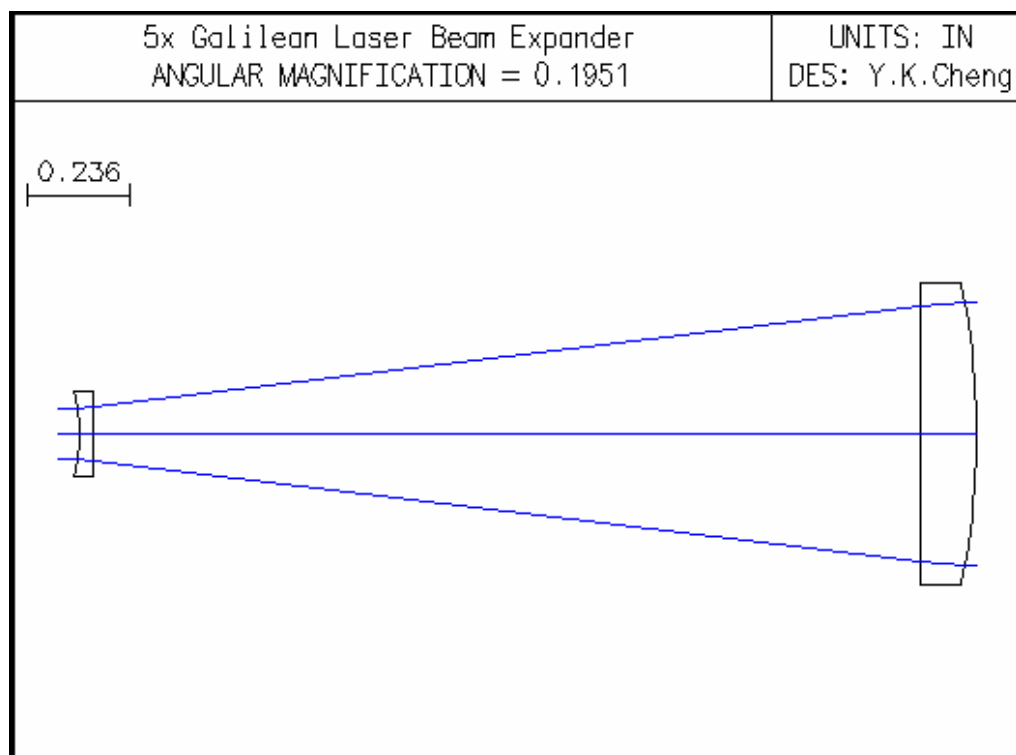


(a)

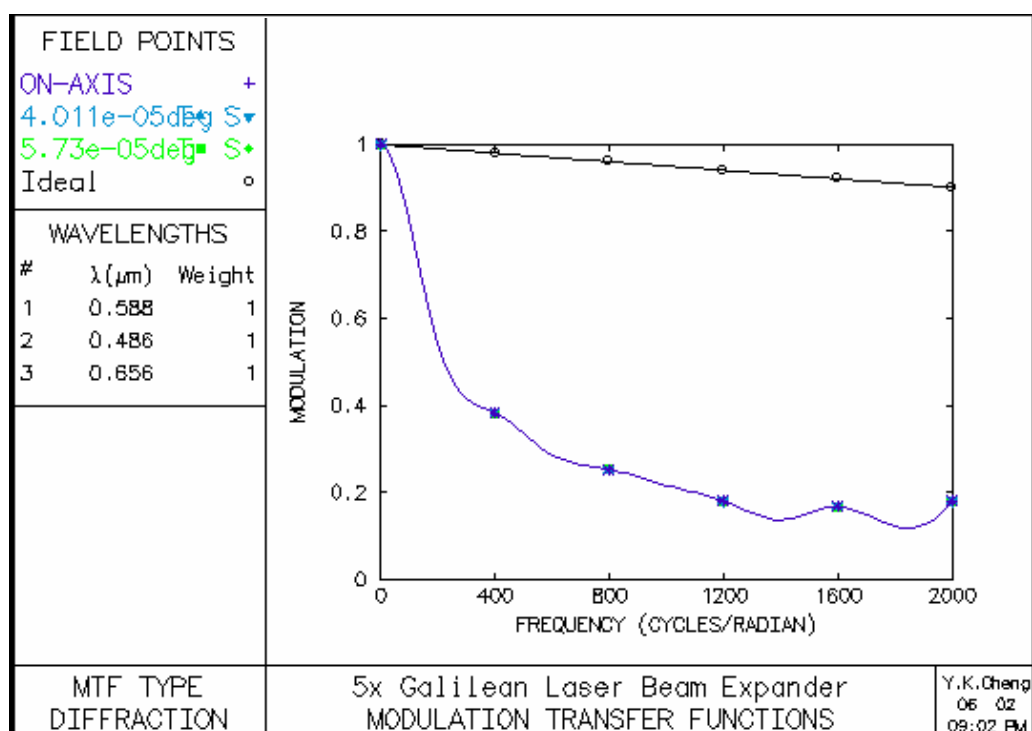


(b)

圖 13-1 (a) 5 倍雷射擴束器 (b) 系統 MTF



(a)



(b)

圖 13-2 (a) 5 倍高斯雷射擴束器 (b) 系統 MTF

圖 13-3 顯示一個高斯型式的 50X 擴束器。其設計為適用於 2mm 直徑輸入的氦氖 ($0.6328\ \mu\text{m}$) 雷射光束。表 13-3 為圖 13-3 的資料。

鏡組全長為 11.871。

由於大量的球差存在，正透鏡群組被分為二個透鏡。為了提供負透鏡元件更多的負球差，使用了低折射率玻璃，F-2 (1.61656)。也許，將這改成常用的冠玻璃 (BK-7) 能夠提供額外的改良。

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	1.0000e+14	AIR
AST	-0.189000	0.059000	0.045000 A	F2 C
2	0.697500	11.068000	0.090000	AIR
3	-15.132000	0.336000	1.950000	SF8 C
4	-7.859700	0.039000	2.050000	AIR
5	0.000000	0.369000	2.050000	SF8 C
6	-16.117400	0.000000	2.050000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	1.960922 S	

表 13-3 50 倍雷射擴束器

在圖 13-4 中顯示一個簡單的高斯 4X 塑膠望遠鏡頭。由於這個系統的出射光瞳位於望遠鏡內，仍然使用 0.5 的正值（與 12mm 的視覺對比相符合）。在 2° 離軸時孔徑有 50% 的漸暈以及偏移半個入射光瞳量。換言之，我們只追蹤了入射光瞳的下半部。鏡組全長為 3.709。二組這樣的組件常用來組裝成低價的雙眼望遠鏡。圖 13-4 的資料顯示在表 13-4 中。

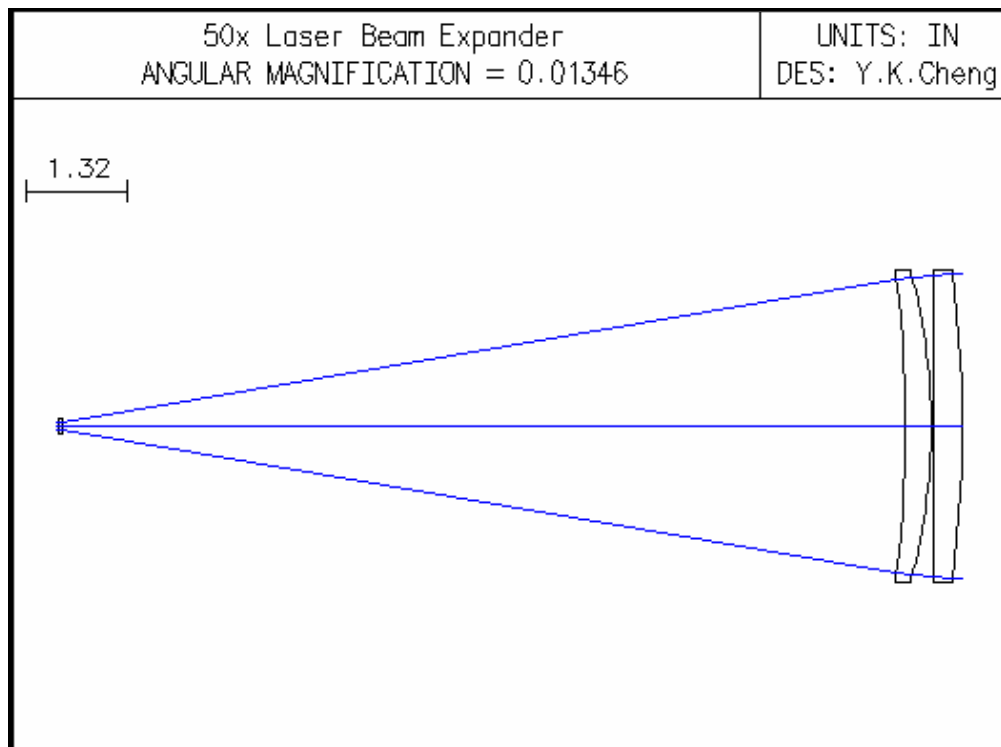
SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	3.4921e+18	AIR
AST	0.000000	-8.500000	0.390000 A	AIR
2	2.397800	0.136000	0.720000	PLEXIGLAS
3	0.000000	3.523000	0.720000	AIR
4	-0.968000	0.050000	0.190000	PLEXIGLAS P
5	1.657200	0.000000	0.190000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.153116 S	

表 13-4 4 倍望遠鏡

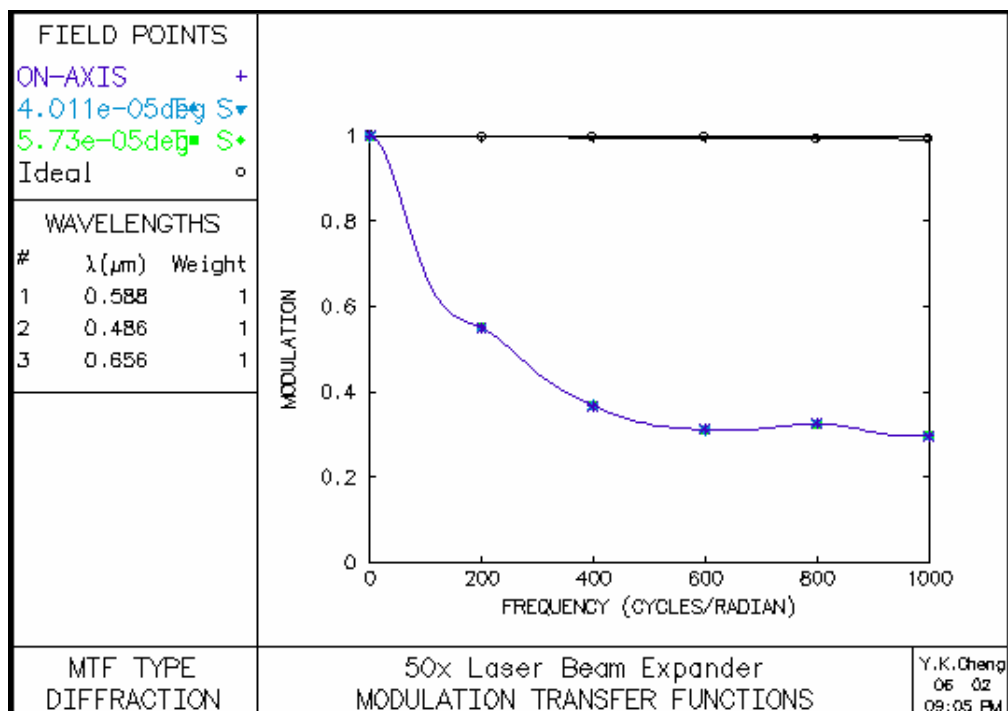
SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	7.6068e+18	AIR
AST	-16.184800	0.142000	0.340000 A	LF7 C
2	-0.849500	0.050000	0.340000	SK16 C
3	2.795100	0.786000	0.340000	AIR
4	-7.397500	0.117000	0.450000	LF7 C
5	1.333600	0.224000	0.520000	SK16 C
6	-2.258200	0.000000	0.520000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.488157 S	

表 13-5 0.75 倍率改變器

注意到在透鏡的 MTF 圖中有 0.6lp/mrad 的週期性響應下降。此為色差造成的對比減低。圖 13-5 顯示一個用在顯微鏡的無聚焦倍率改變器。其設計為在鏡

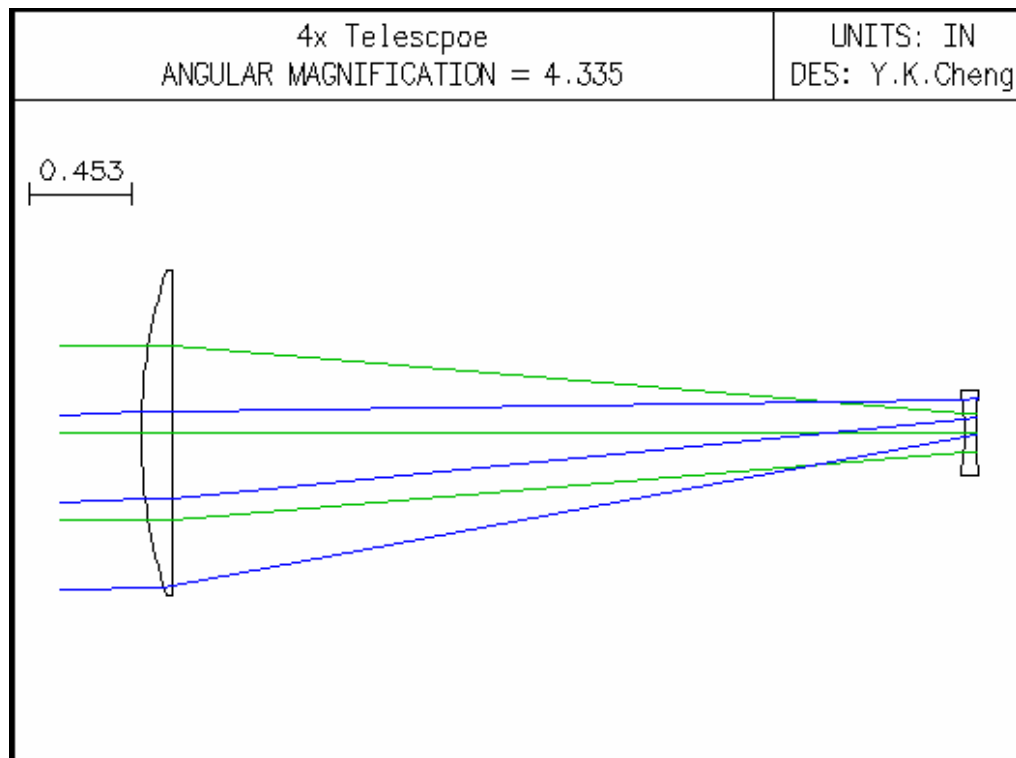


(a)

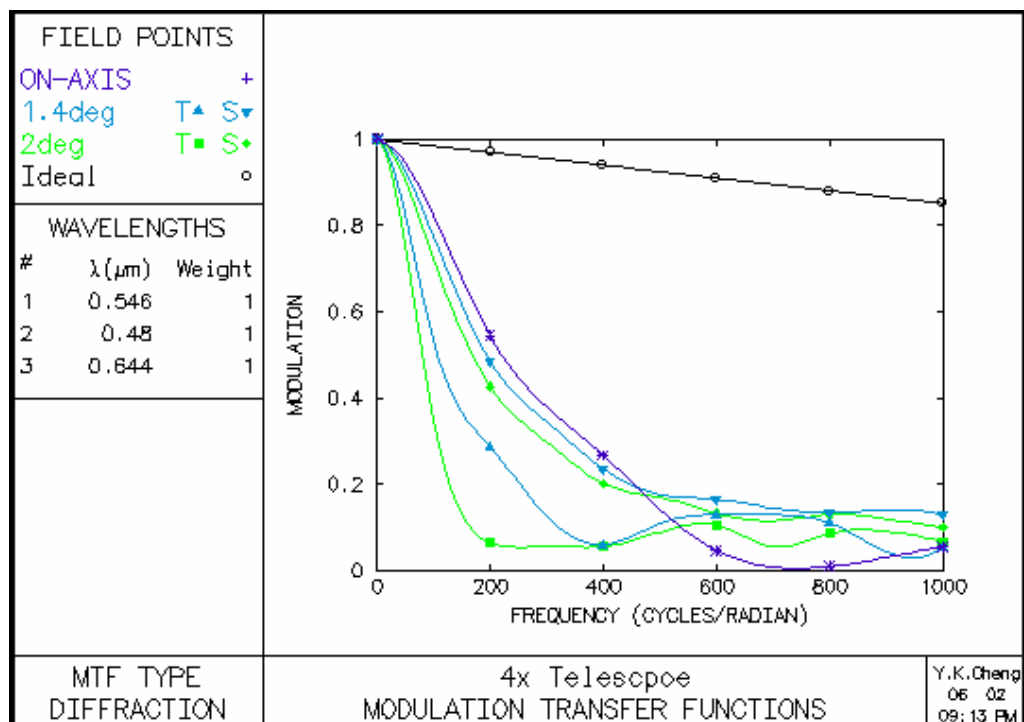


(b)

圖 13-3 (a) 50 倍雷射擴束器 (b) 系統 MTF



(a)



(b)

圖 13-4 (a) 4 倍望遠鏡 (b) 系統 MTF

台上旋轉。雙重透鏡使用在準直光線照射的常用顯微物鏡。這光線射向倍率改變器且到達另一個形成由目鏡可觀察到的樣本影像的雙重透鏡。倍率改變器鏡組被安排成可使光線通過兩面透鏡（單一倍率），隨著透鏡旋轉到顯示的位置（0.75X）或隨著透鏡轉 180° （1.333X）。接下來的是圖 13-5 的透鏡資料。

透鏡系統的全長為 1.319。入射光瞳與第一鏡面相接觸。

在圖 13-6 顯示一個 Albada 取景器。這是使用在不昂貴的相機以及某些型式測光計的簡單取景器。接下來的是圖 13-6 的透鏡資料。透鏡系統的全長為 1.148。

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	1.4945e+19	AIR
AST	0.000000	0.600000	0.100000 A	AIR
2	-5.802000	0.082000	0.275000	K5 C
3	3.301000	0.943000	0.275000	AIR
4	-1.597000	0.123000	0.390000	K5 C
5	-1.032000	0.000000	0.390000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.385654 S	

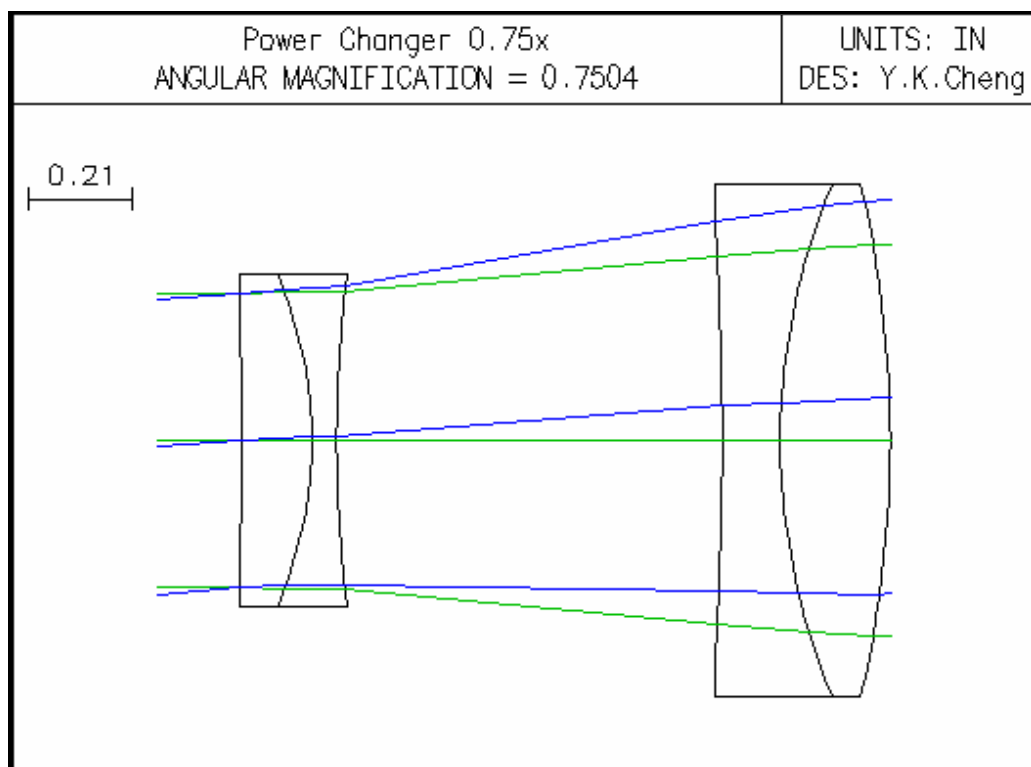
表 13-6 Albada 取景器

要代替常用的抗反射薄膜，第三面（ $R=-1597$ ）鍍上了四分之一波長厚度的硫化鋅。這具有約 30% 的反射性。投影的圖形消失在含有鉻（或鎳鉻合金）的第二面上方這個取景器如同倍率 1.29 的高斯望遠鏡。既然黃鉻圖形，位在含有第一透鏡以及第三面反射鏡（ $EFL=0.767$ ）的光學系統焦點上（如同圖 13-6a 中的虛線所示），這個圖形也在無限遠的明亮影像出現。圖 13-6b 的 MTF 圖是對於通過系統的視野所畫。

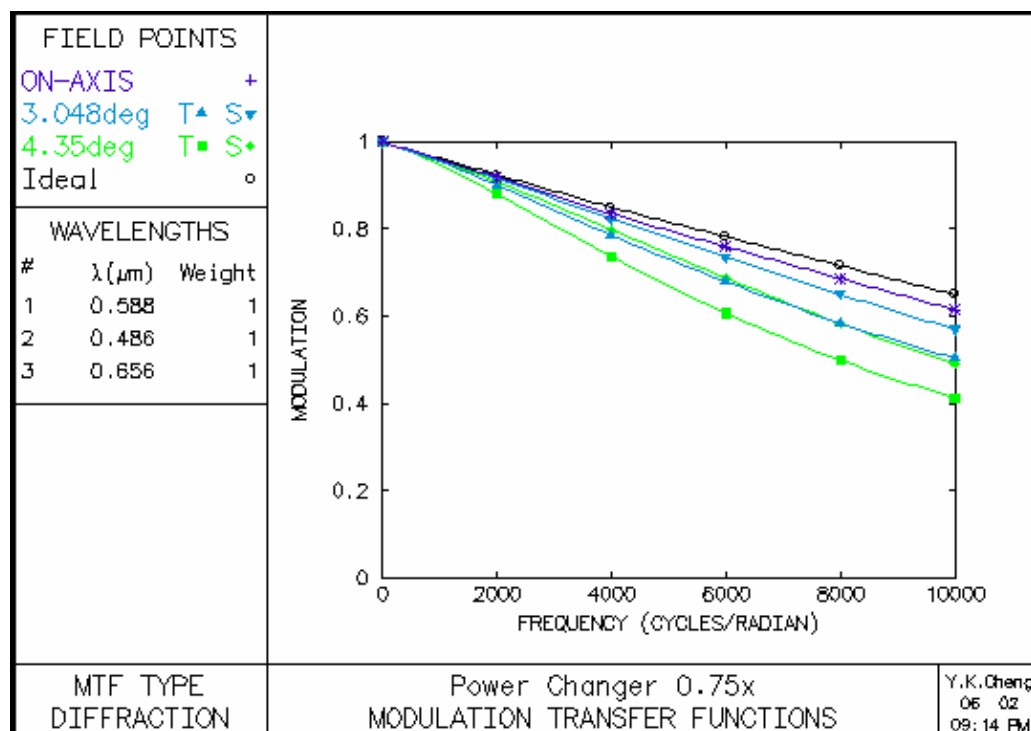
由於安全的因素，居民希望能透過門前的小孔察看且看見寬廣的視野。很明顯的門上的簡單小孔只有狹窄的視野。然而，倒置的高斯型式望遠鏡能經由小的開口提供觀察者寬廣的視野。如此的門眼在五金店有賣且為一般門的附件。圖 13-7 顯示一個門眼，具有 150° 視野及離最後鏡面 0.5 吋的 5mm 出射光瞳。當然，如果觀察者的眼睛從一邊移到另一邊，視野會增加。圖 13-7 的透鏡資料給在表 13-7。

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	3.7321e+20	AIR
AST	0.000000	-0.195000	0.020000 A	AIR
2	0.993900	0.060000	0.450000	K5 C
3	0.523400	0.122000	0.310000	AIR
4	0.000000	0.040000	0.350000	K5 C
5	0.245000	0.168000	0.180000	AIR
6	-0.245000	0.040000	0.180000	K5 C
7	0.000000	0.602000	0.350000	AIR
8	0.951700	0.150000	0.240000	K5 C
9	-0.951700	0.500000	0.240000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	4.172753 S	

表 13-7 門眼透鏡

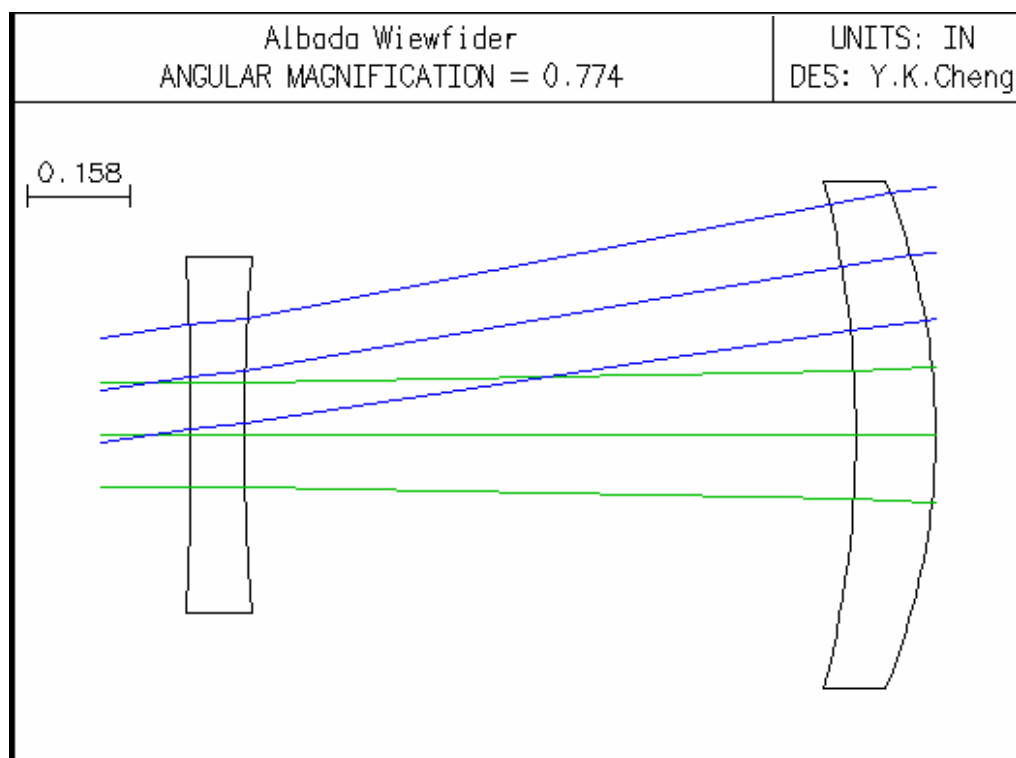


(a)

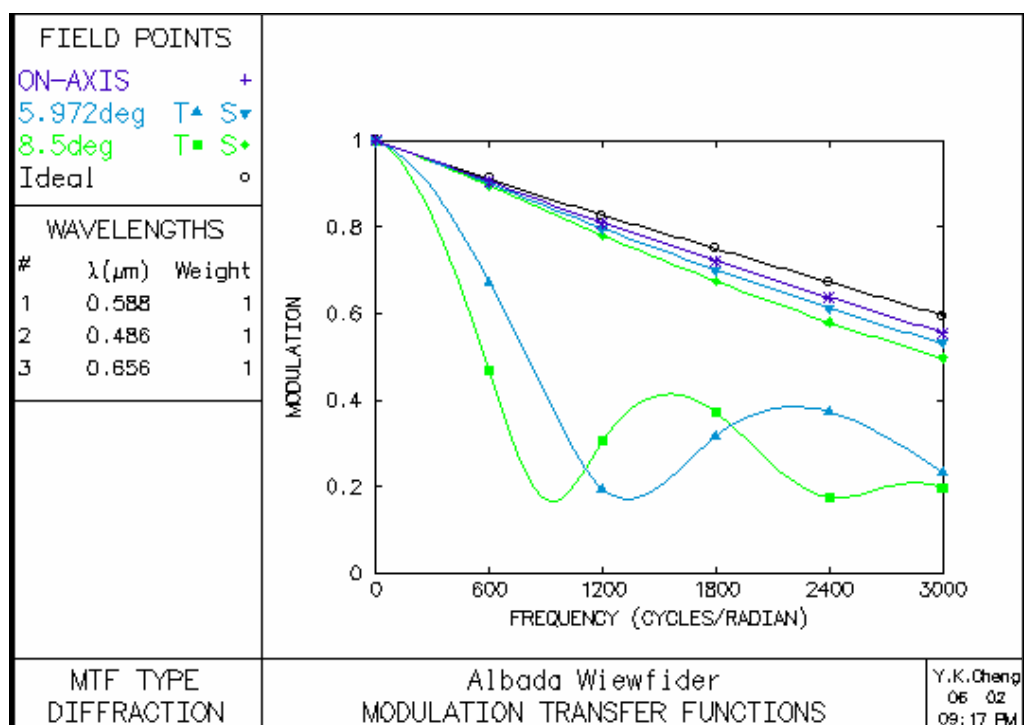


(b)

圖 13-5 (a) 0.75 倍率改變器 (b) 系統 MTF

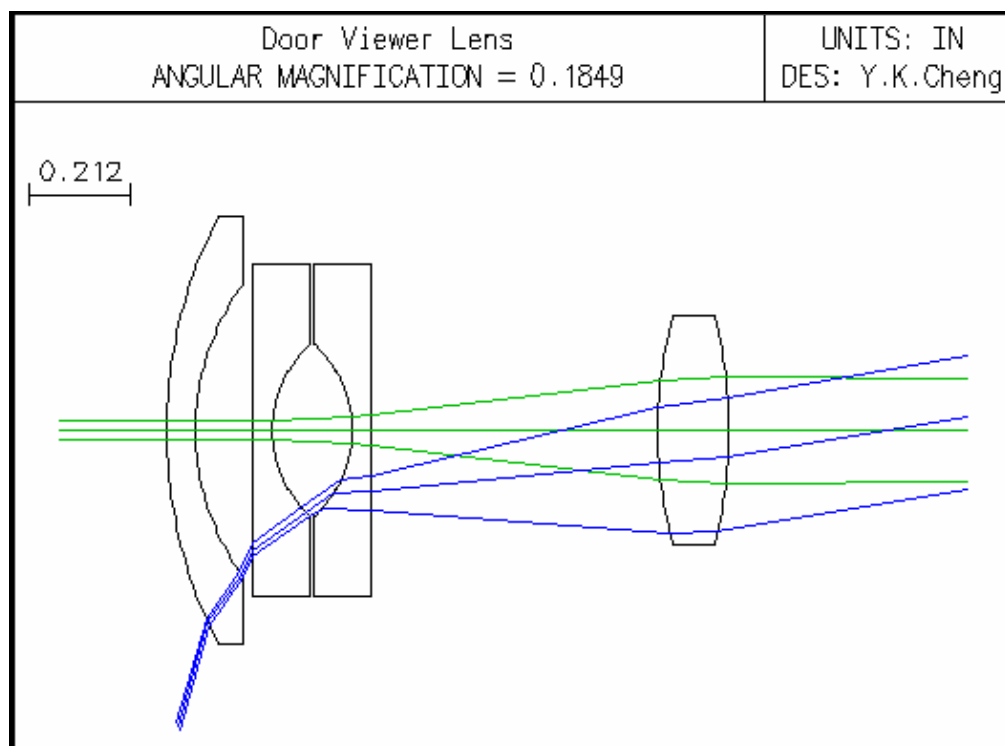


(a)

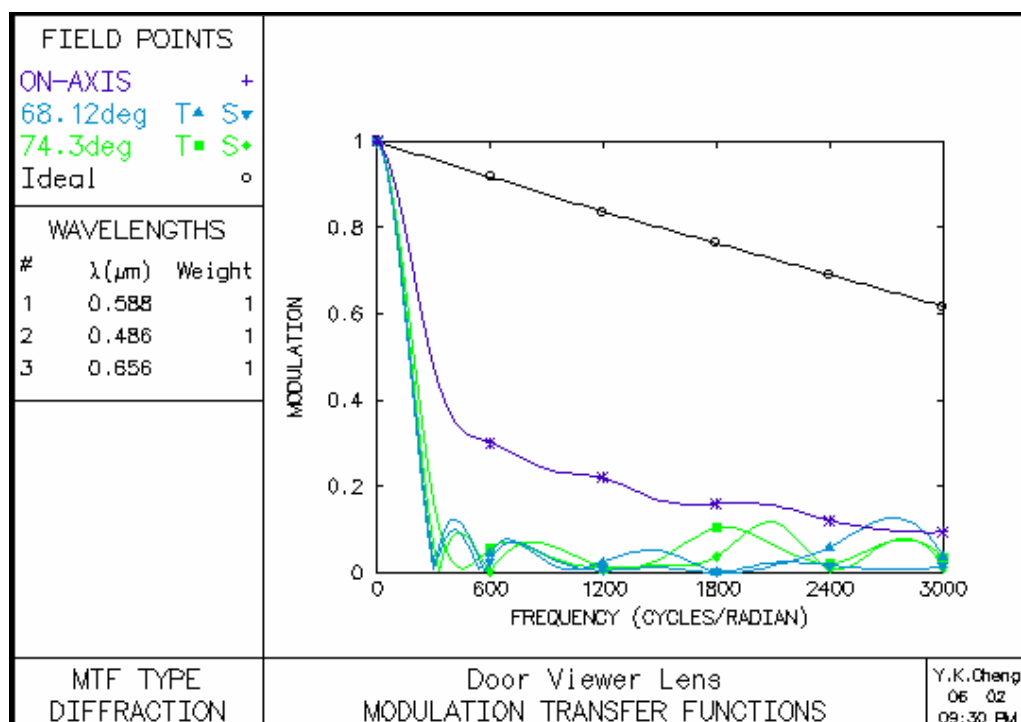


(b)

圖 13-6 (a) Albada 取景器 (b) 系統 MTF



(a)



(b)

圖 13-7 (a) 門眼透鏡器 (b) 系統 MTF

第一鏡面到最後面的距離是 1.181。

這個系統，像所有的廣角光學系統一樣，當視角增加時顯出入射光瞳朝向透鏡前端必須考慮的偏移。接下來的表格給出這些由近軸瞳孔位置所量到的偏移量。（也可見第九章。）

參考文獻

- Fraser, R., and McGrath, J. (1973). Folding camera Viewfinder, U.S. patent 3710697.
- Itzuka, Y. (1982). Inverted Galilean finder, U.S. Patent 4348090.
- Neil, I. A. (1983a). Collimation lens system, U.S. Patent 4398786.
- Neil, I. A. (1983b). Afocal refractor telescopes, U.S. Patent 4397520.
- Rogers, P. J. (1983). Infra-red optical systems, U.S. Patent 4383727.
- Wetherell, W. B. (1987). Afocal lenses, in Applied Optics and Optical Engineering (R. Shannon and J. Wyant, eds.) Vol. 10, Academic, New York, Chap. 3.
- Yanagimachi, M. (1979). Door scope, U.S. Patent 4172636.