

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	1.7633e+19	AIR
1	0.000000	0.906000	0.049000	AIR
2	5.183700	0.083000	0.250000	SK5 C
3	-1.053600	0.020000	0.250000	AIR
4	1.060500	0.131000	0.250000	PK2 C
5	-0.961600	0.059000	0.250000	SF1 C
6	4.473000	1.022000	0.250000	AIR
7	0.000000	3.476000	0.210000	AIR
8	-1.991800	0.087000	0.495000	SF1 C
9	-1.816100	0.087000	0.550000	BAK1 C
10	-2.134800	0.020000	0.550000	AIR
11	1.530200	0.105000	0.570000	SF1 C
12	0.816500	0.295000	0.570000	BAK1 C
13	-7.352700	3.671000	0.571000	AIR
AST	-1.023900	0.153000	0.090000 A	SF1 C
15	-0.561300	0.060000	0.100000	BAK1 C
16	-4.480200	0.067000	0.155000	AIR
17	-3.566660	0.060000	0.155000	BAK1 C
18	5.223900	0.338000	0.155000	AIR
19	21.674200	0.079000	0.350000	F5 C
20	1.173800	0.197000	0.350000	FK5 C
21	-1.106600	0.031000	0.350000	AIR
22	1.106600	0.197000	0.350000	FK5 C
23	-1.173800	0.079000	0.350000	F5 C
24	-21.674200	2.073000	0.350000	AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.173573 S	

表 35-11 變焦顯微鏡

表 39-12 列出有效焦距，入射瞳孔資料，以及透鏡群組間隔。

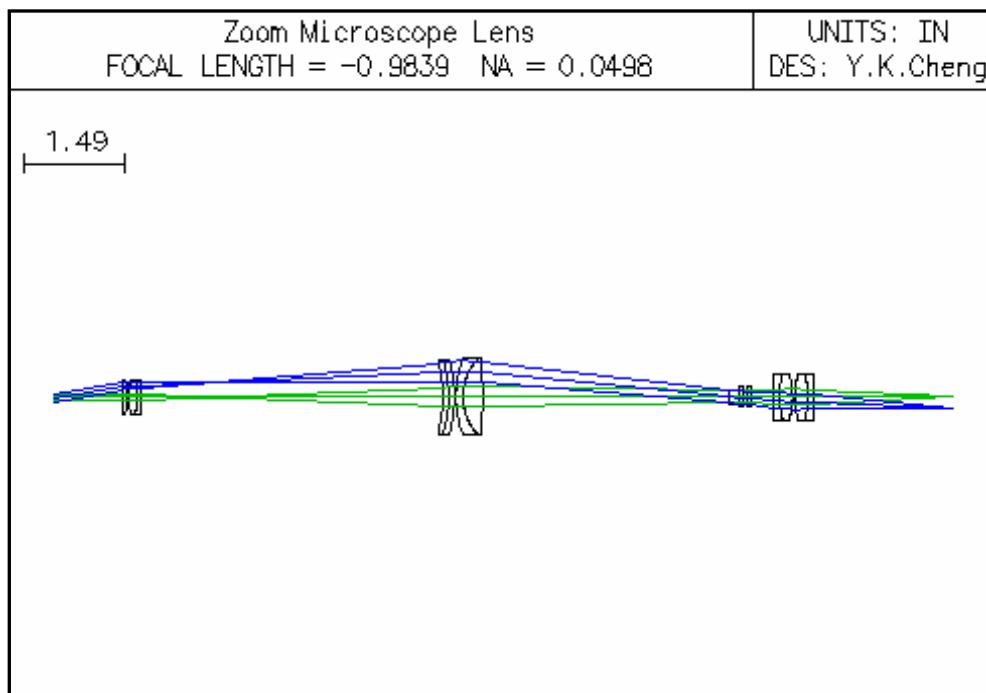
EFL	入射直徑	瞳孔距離	T(6)	T(12)	T(17)
0.984	0.098	0.906	3.476	3.671	0.338
0.576	0.082	0.911	2.528	3.867	1.091
0.337	0.060	0.857	1.323	4.738	1.424
0.197	0.037	0.872	0.031	5.953	1.502

表 39-12 透鏡移動量

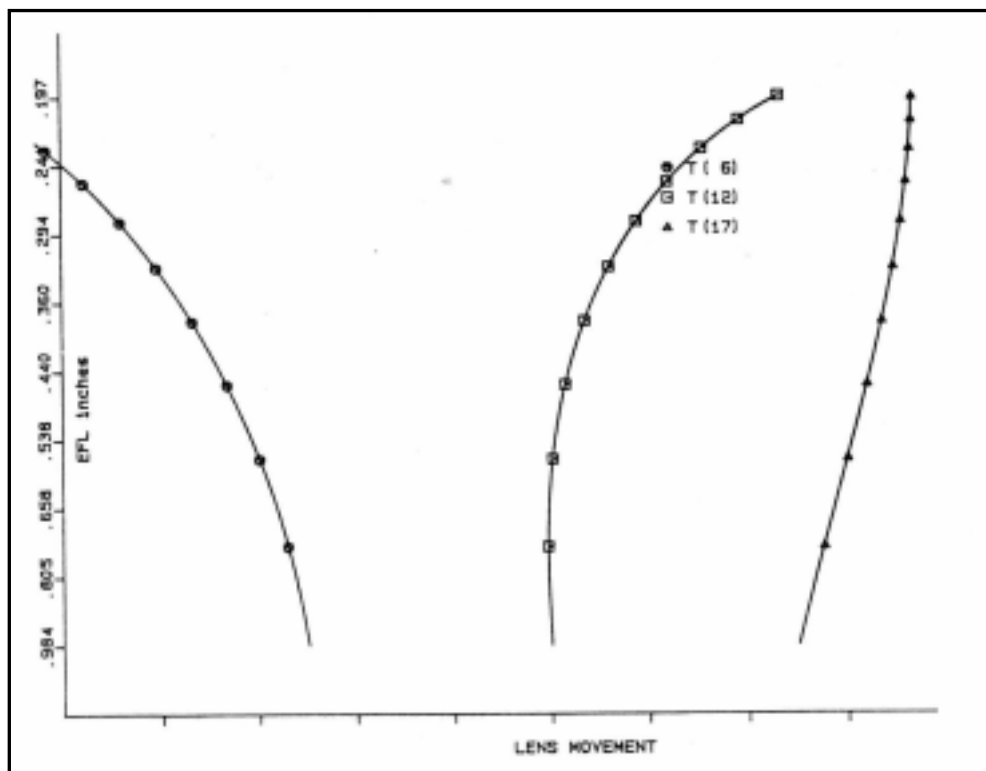
這些透鏡移動量畫在圖 35-6b。

注意到第 13 面為系統的孔徑光柵。其在整個變焦範圍內具有固定的直徑。由於其為移動群組的一部分，入射瞳孔些微隨著變焦移動且無法避免。其對所有變焦位置造成固定視角 20° 。MTF 資料給在圖 35-6c 到 f_0 。

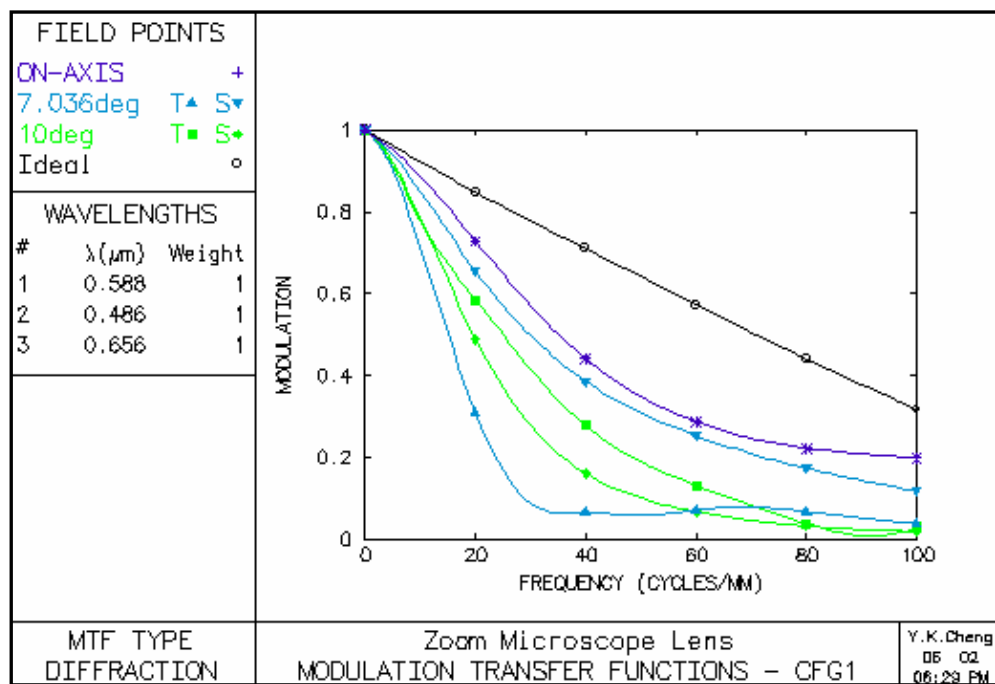
圖 35-7a 顯示一個可作為光導攝像管，CCD 或 16mm 底片相機（16mm 直徑影像）的變焦鏡頭。其為 $f/2$ 且焦距變化從 0.787 到 4.33（20-110mm）。這個設計為 Kato et al（1989）專利的一個修正。注意到在平常的攝影機使用下，在透鏡系統應加入一玻璃塊（與專利相同）。這在廣角位置時是特別重要的。光圈



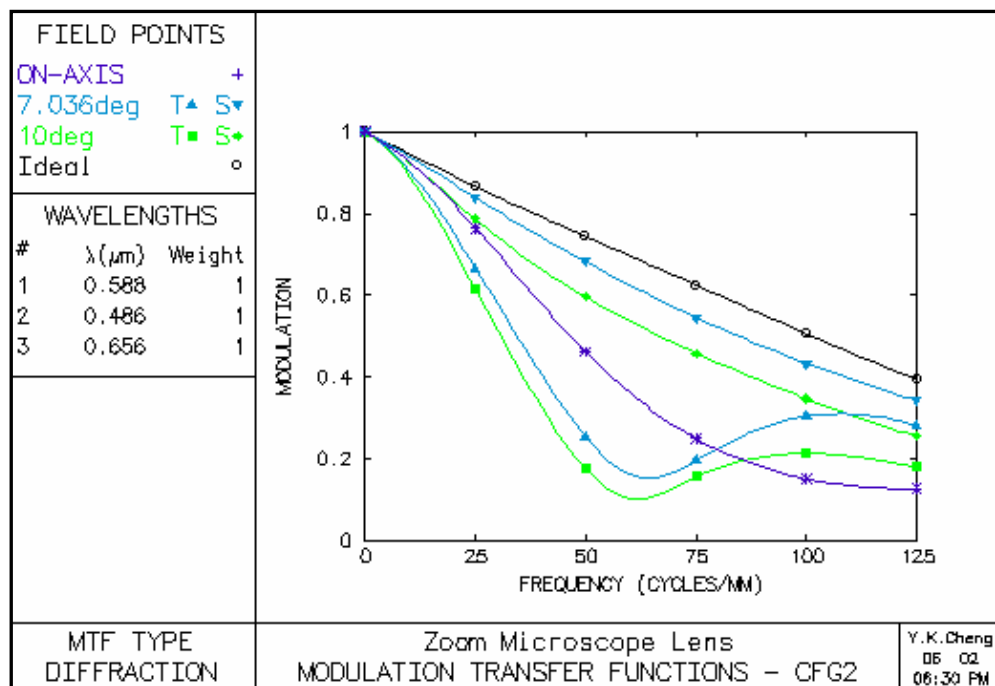
(a)



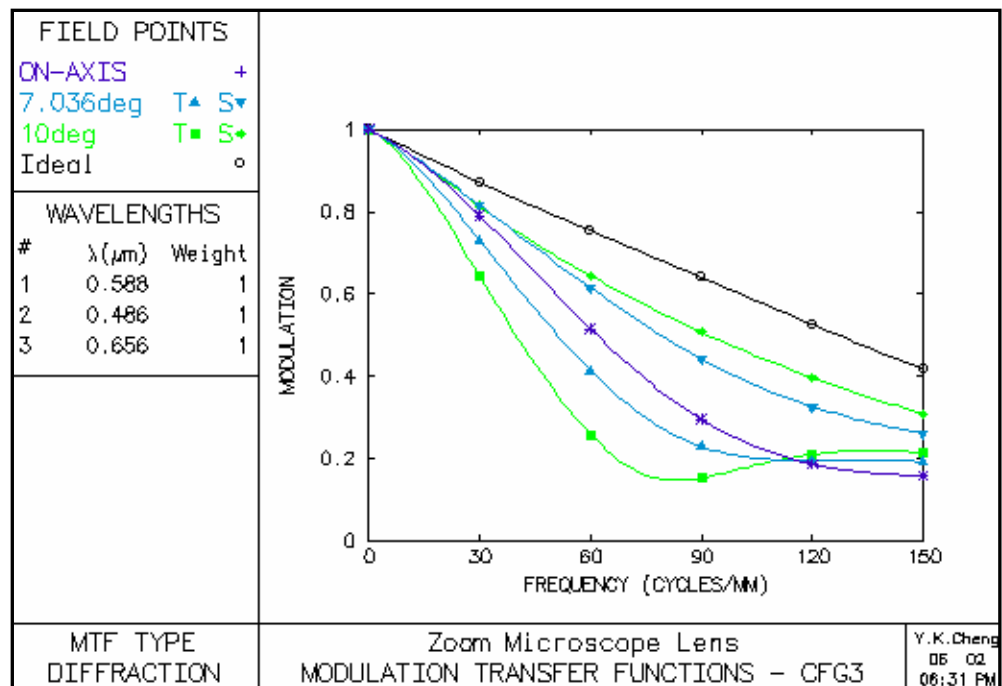
(b)



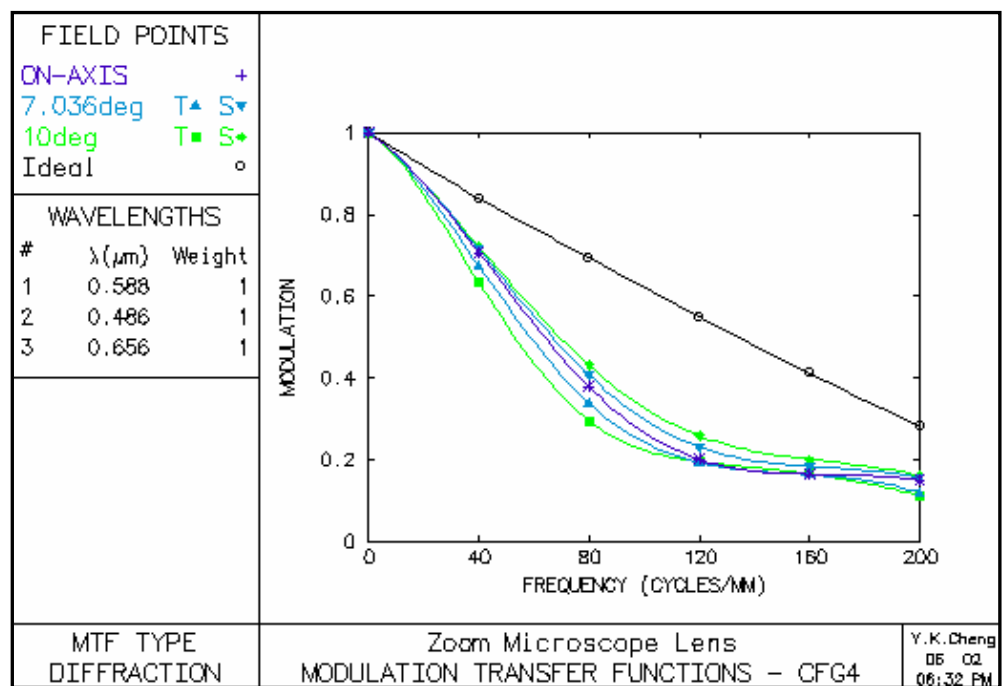
(c)



(d)



(e)



(f)

圖 35-6 (a) 變焦顯微鏡 (b) 透鏡移動量
(c) 系統 MTF (焦距 25mm) (d) 系統 MTF (焦距 14.65mm)
(e) 系統 MTF (焦距 8.56mm) (b) 系統 MTF (焦距 5.0mm)

也移動將增加機械結構的複雜度。圖 35-7a 顯示位於長焦距位置的透鏡。在光圈和第 10 面間有更多的空隙。透鏡的資料（短焦距的設定）給在表 35-13 中。

SRF	RADIUS		THICKNESS		APERTURE RADIUS		GLASS	
OBJ	0.000000		1.0000e+20		7.2734e+18		AIR	
1	7.828000		0.197000		1.995000		SF6	C
2	2.830700		0.914000		1.870000		LAK9	C
3	-10.745900		0.020000		1.870000		AIR	
4	2.900200		0.383000		1.655000		LAK9	C
5	6.912600		1.861000		1.615000		AIR	
6	0.000000		0.118000		0.670000		LAFN28	C
7	1.125400		0.259000		0.550000		AIR	
8	-1.379900		0.098000		0.550000		LAK9	C
9	1.186100		0.190000		0.590000		SF57	C
10	0.000000		0.018000		0.590000		AIR	
AST	0.000000		0.520000		0.465000	A	AIR	
12	5.108400		0.615000		0.920000		BK7	C
13	-1.363100		0.118000		0.920000		SF8	C
14	-2.194700		0.610000		0.920000		AIR	
15	4.241300		0.226000		0.975000		LAF2	C
16	-11.354900		0.175000		0.975000		AIR	
17	-2.553200		0.157000		0.925000		SF57	C
18	-16.184100		0.020000		0.975000		AIR	
19	1.885800		0.313000		1.030000		LAK9	C
20	8.250200		1.042000		1.030000		AIR	
21	3.153200		0.157000		0.750000		SF6	C
22	1.063200		0.266000		0.710000		AIR	
23	18.982600		0.210000		0.750000		BK7	C
24	-1.832700		0.020000		0.750000		AIR	
25	1.068900		0.360000		0.750000		LAK10	C
26	7.181700		0.787000		0.750000		AIR	
IMS	0.000000		0.000000		0.315271	S		

表 35-13 變焦鏡頭

第一鏡面到像距為 9.655。

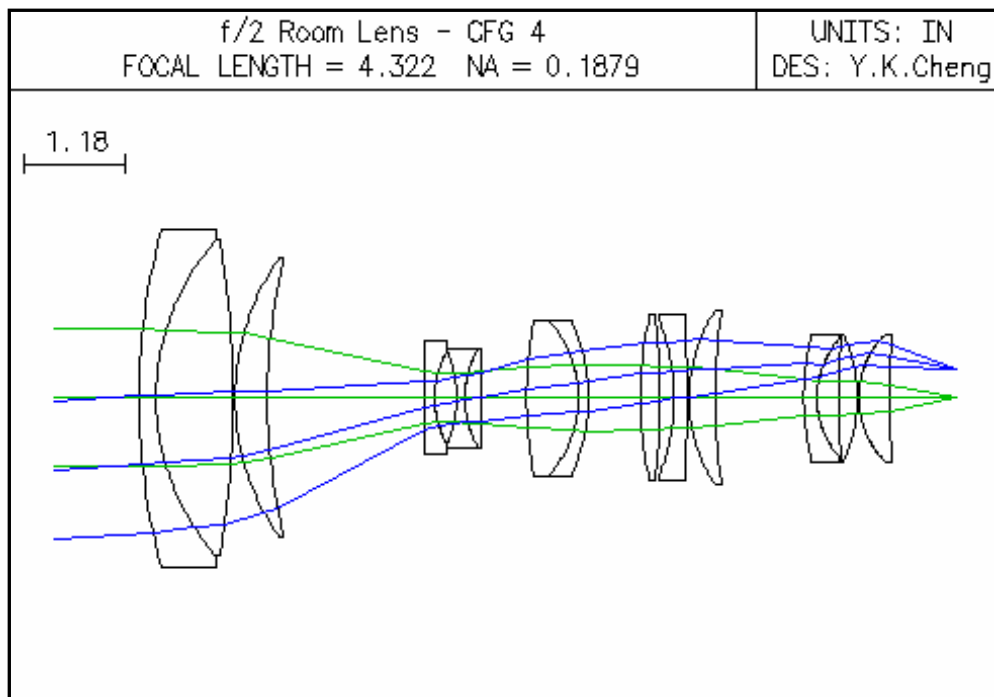
透鏡群組的移動量畫在表 35-7b 中。注意到 C 群組（面 12 到 14）的移動量方向倒轉。表 39-14 給出不同焦距下的入射瞳孔位置，群組位置，以及畸變資料。

EFL	入射瞳孔	T(5)	T(10)	T(11)	T(14)	畸變(%)
0.787	-2.465	0.050	2.035	0.146	0.778	-3.1
1.390	-5.631	1.046	0.909	0.988	0.066	6.5
2.453	-8.418	1.575	0.295	1.100	0.039	7.0
4.331	-10.315	1.861	0.018	0.520	0.610	5.6

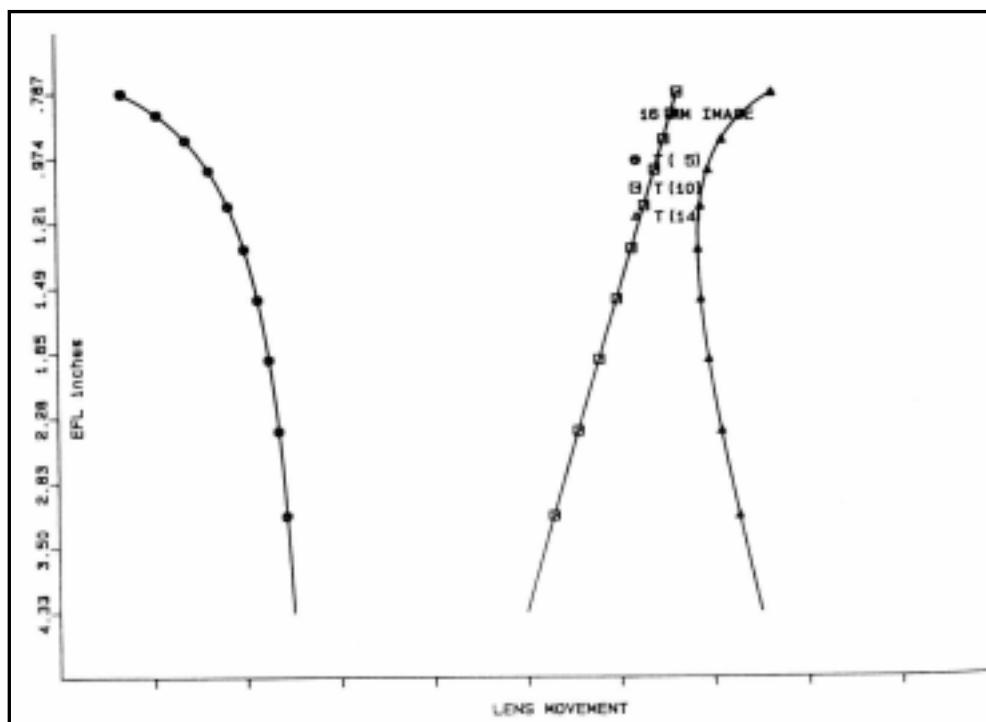
表 35-14 變焦移動量

MTF 資料畫在圖 35-7c 到 f。

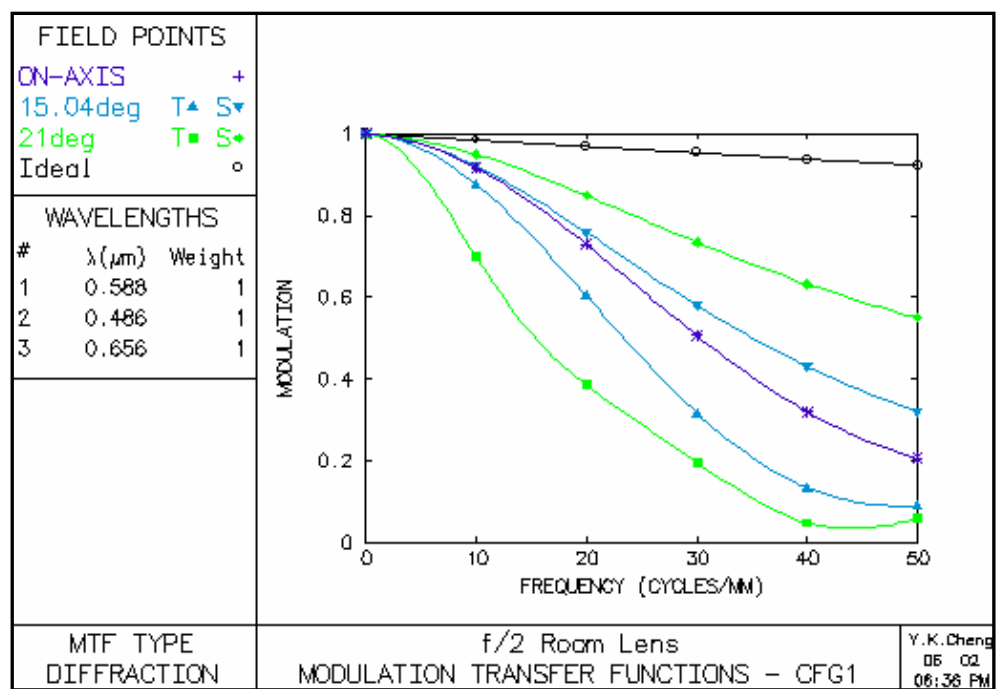
在圖 35-8a 顯示 25-125mm 焦距長用作 35mm（Academy 形式，1.069 對角長）電影術的變焦透鏡。其為 $f/4$ 。這個系統，和顯示在圖 35-7 的設計，與前



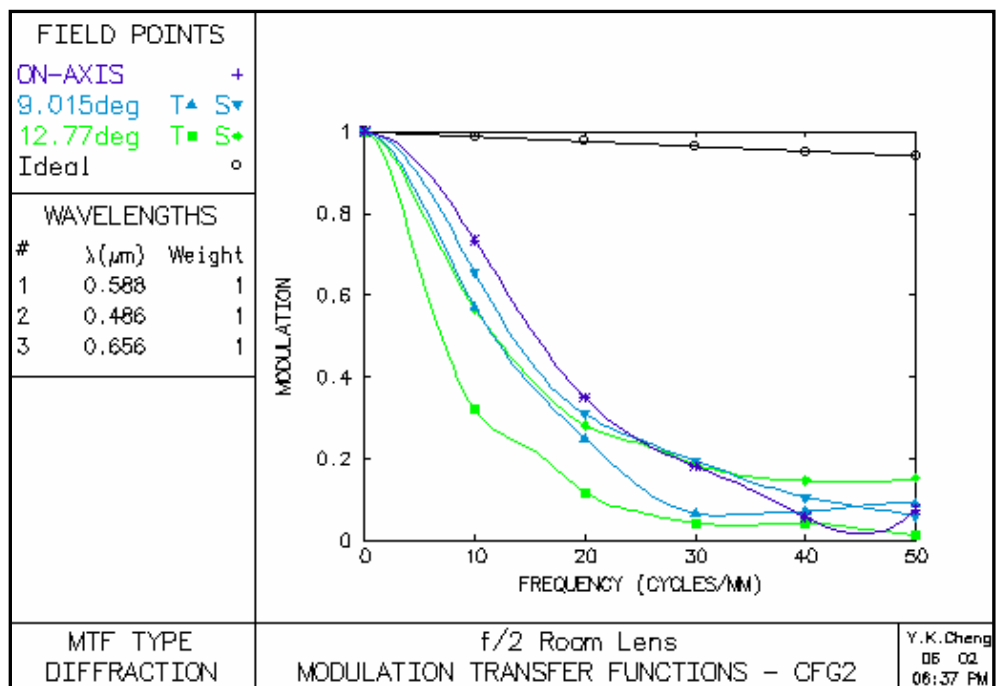
(a)



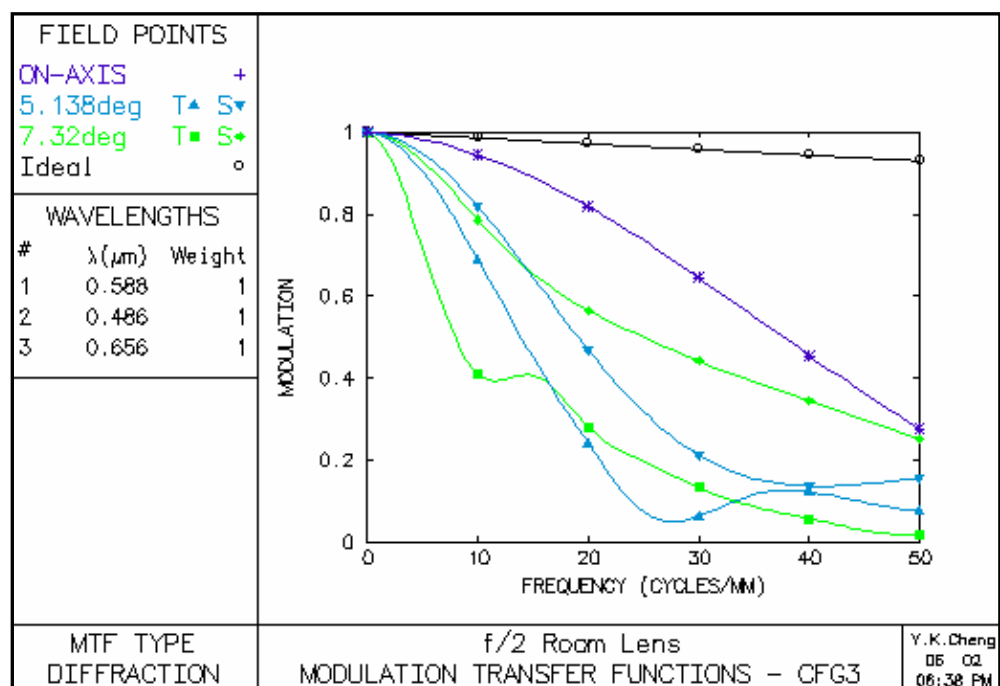
(b)



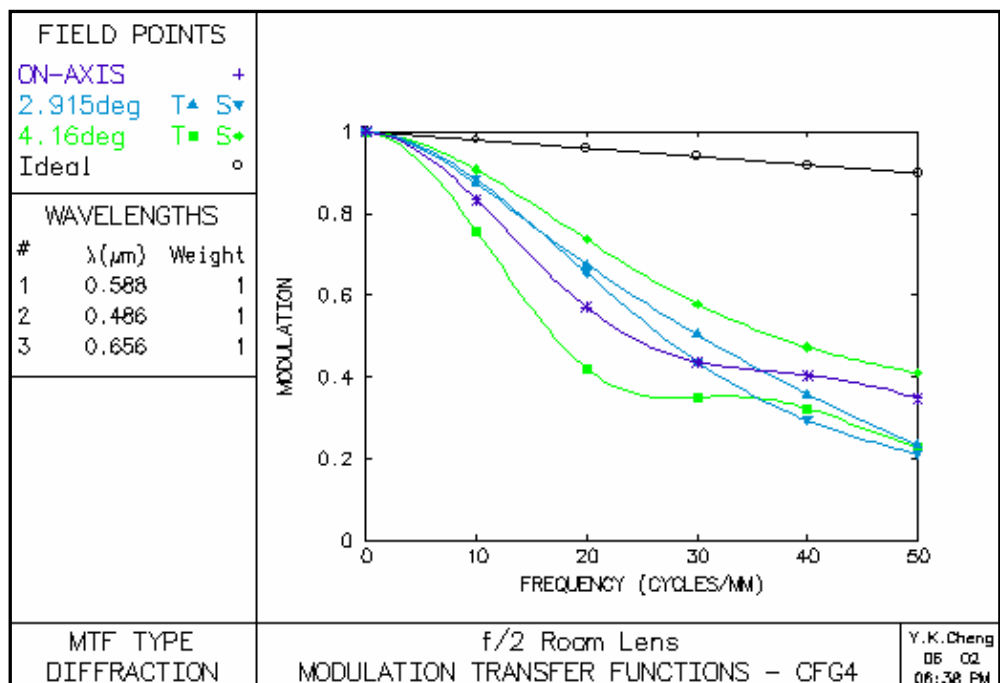
(c)



(d)



(e)



(f)

圖 35-7 (a) 變焦透鏡

(b) 透鏡移動量

(c) 系統 MTF (焦距 20mm)

(d) 系統 MTF (焦距 35.3mm)

(e) 系統 MTF (焦距 62.3mm)

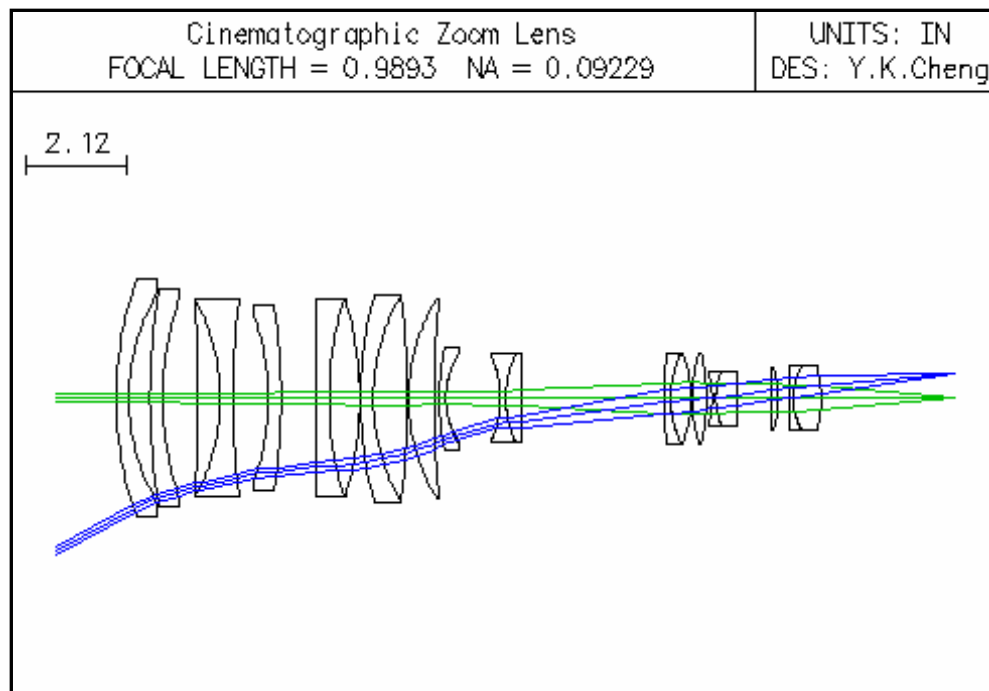
(f) 系統 MTF (焦距 110mm)

面例子不同處在於電有三個移動群組。雖然改變焦距長以及保持像平面固定只需要二個群組，額外的移動群組是用作像差控制。這個設計是 Cook 和 Laurent

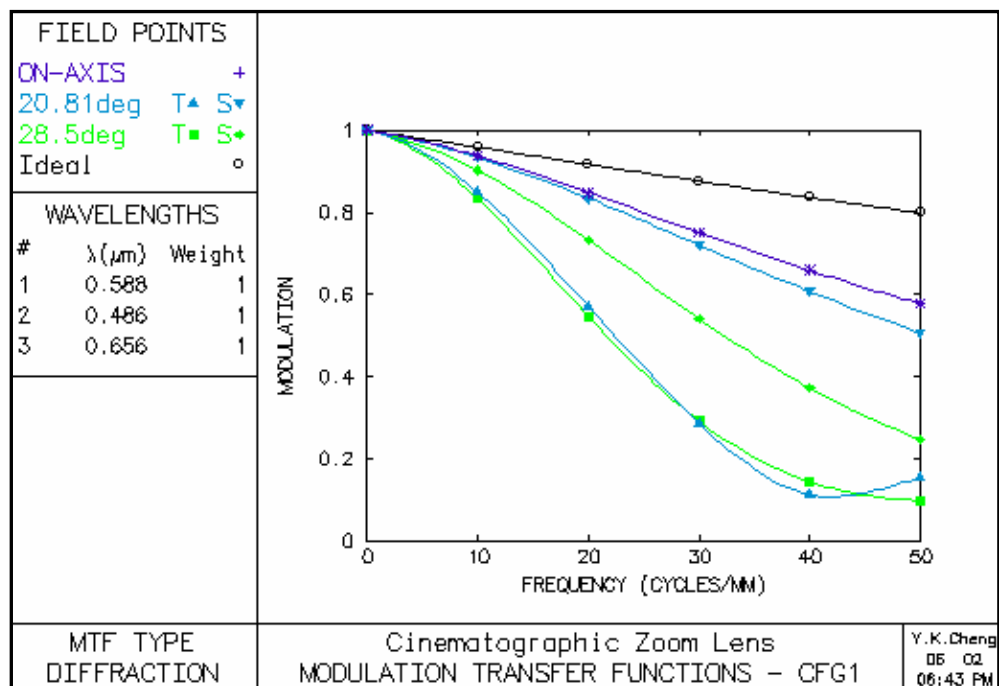
(1972) 的專利的一個修正。如同此專利中所討論的，距焦是由移動在前二個單透鏡之後的雙合透鏡和單透鏡來達成。透鏡的總長度不像在大部分的變焦透鏡一般隨著焦距而改變。這個系統的另一個好處是當從遠處聚焦到近處時幾乎保持固定的視角。表 35-11 列出在短焦距下對於遠處物體的透鏡資料。要聚焦在近處物體，T4 要減少。

SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE	RADIUS	GLASS
OBJ	0.000000	1.0000e+20	5.4296e+19		AIR
1	7.467900	0.268000	2.520000		LAK21 C
2	4.466100	0.449000	2.265000		AIR
3	15.436800	0.268000	2.310000		LAK21 C
4	6.481100	0.748000	2.145000		AIR
5	-43.442900	0.476000	2.085000		SF6 C
6	-4.486000	0.268000	2.085000		BAFN6 C
7	16.780600	0.754000	2.085000		AIR
8	-5.361700	0.268000	1.850000		LAK10 C
9	-13.076600	0.755000	1.970000		AIR
10	0.000000	0.268000	2.105000		SF6 C
11	7.338300	0.646000	2.105000		SK16 C
12	-7.517000	0.020000	2.105000		AIR
13	8.692800	0.268000	2.195000		SF6 C
14	4.531000	0.727000	2.195000		LAK21 C
15	-16.773500	0.020000	2.195000		AIR
16	4.056500	0.556000	2.125000		LAK21 C
17	25.548500	0.097000	2.125000		AIR
18	5.081100	0.142000	1.100000		LAFN21 C
19	1.760100	1.152000	0.945000		AIR
20	-2.254000	0.117000	0.865000		LAF3 C
21	2.160500	0.335000	0.945000		SF6 C
22	-23.505000	3.044000	0.945000		AIR
23	23.709600	0.126000	0.965000		SF6 C
24	2.273900	0.429000	0.965000		BAF9 C
25	-2.684400	0.020000	0.965000		AIR
26	3.206400	0.309000	0.965000		FK5 C
27	-4.275600	0.019000	0.965000		AIR
AST	0.000000	0.098000	0.485000	A	AIR
29	-2.072700	0.079000	0.490000		LAFN23 C
30	1.540000	0.435000	0.570000		SF6 C
31	23.908100	0.757000	0.570000		AIR
32	-11.402100	0.130000	0.670000		PK2 C
33	-2.504100	0.232000	0.670000		AIR
34	10.279800	0.091000	0.695000		SF6 C
35	1.393600	0.590000	0.695000		PSK2 C
36	-2.763000	2.822000	0.695000		AIR
IMS	0.000000	0.000000	0.537134	S	

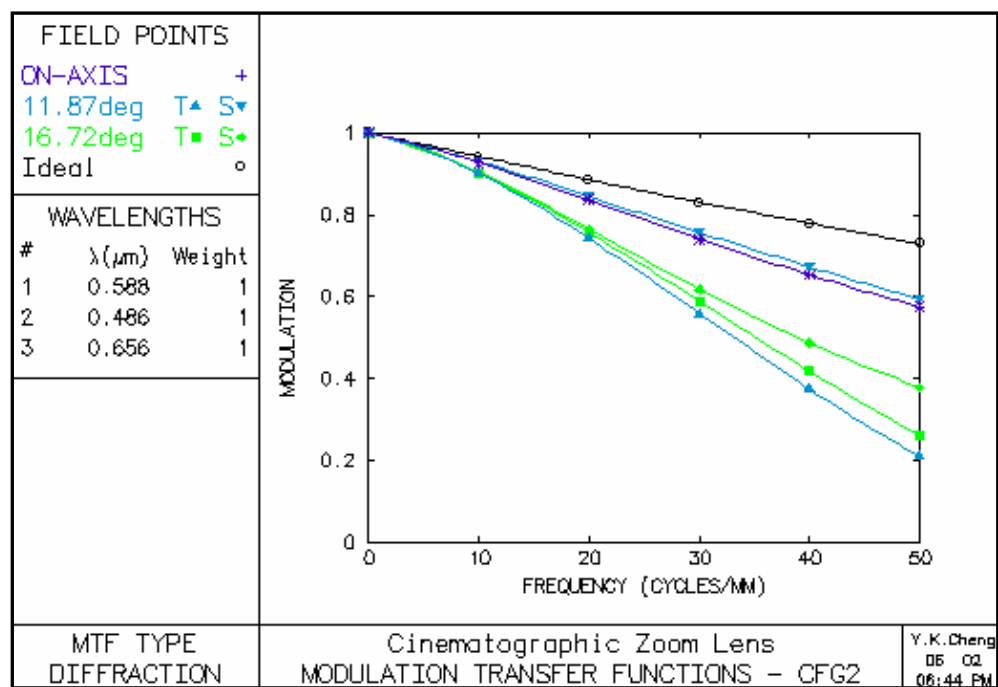
表 35-11 35mm 電影術變焦透鏡



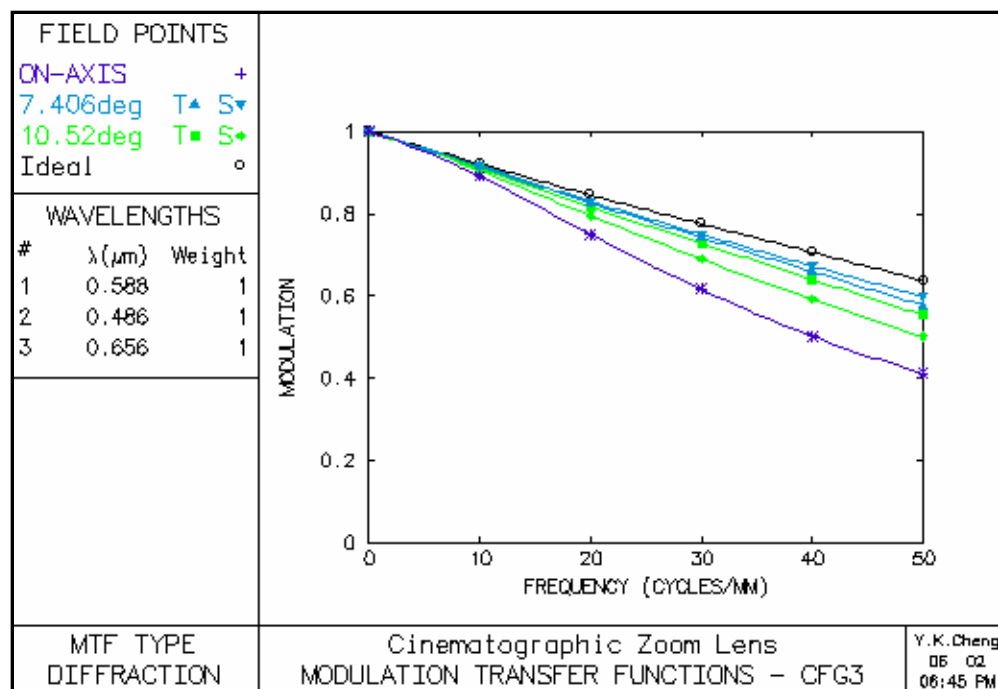
(a)



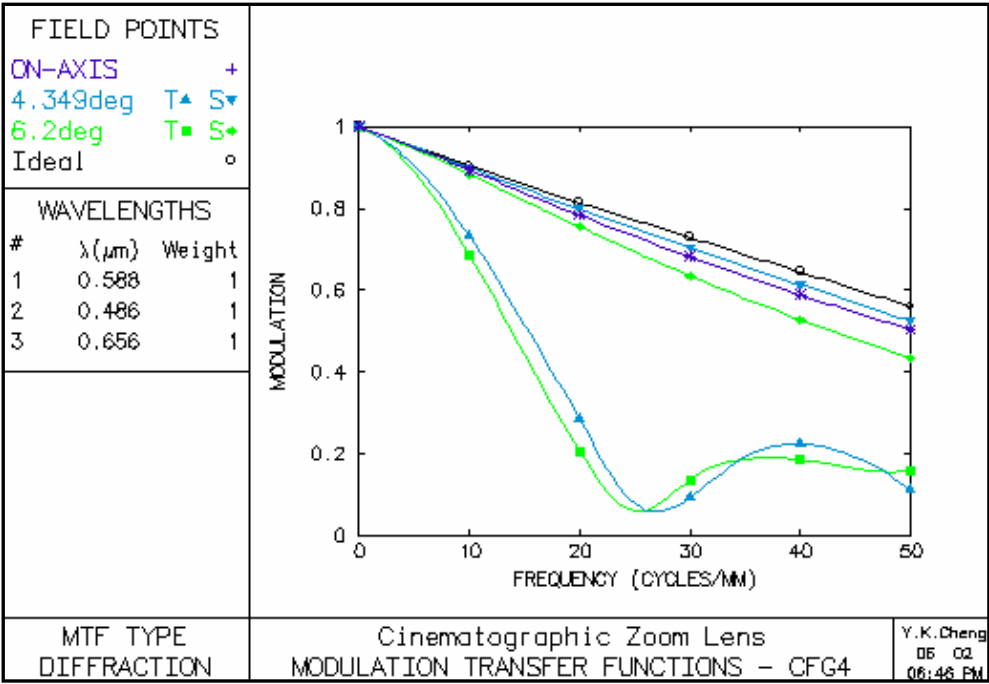
(b)



(c)



(e)



(f)

圖 35-8 (a) 35mm 電影術變焦透鏡 (b) 系統 MTF (焦距 25mm)
(c) 系統 MTF (焦距 42.75mm) (d) 系統 MTF (焦距 73.1mm)
(e) 系統 MTF (焦距 125mm)

第一鏡面到像距為 17.783。

表 35-12 列出不同焦距長之下的變焦移動量和畸變。

焦距長	入射瞳孔	T(9)	T(17)	T(22)	T(27)	畸變(%)
0.984	-4.637	0.755	0.097	3.044	0.020	-2.9
1.683	-5.704	0.657	1.090	1.869	0.300	0.8
2.878	-7.140	0.538	1.890	0.833	0.656	1.6
4.921	-10.013	0.028	2.720	0.035	1.134	1.7

表 35-12 變焦移動量

MTF 資料畫在圖 35-8b 到 e。

參考文獻

- Cook, G. H. (1959). Television zoom lenses, J. SMPTE, 68:25.
- Cook, G. H., and Laurent, F. R. (1972). Objectives of variable focal length, U.S. Patent 3682534.
- Cook, G. H. (1973). Recent development in television optics, Roy. Television Soc. J., : 158.
- Hopkins, R. E. (1962). Optical Design, MIL-HDBK-141. Standardization Division, Defense Supply Agency, Washington, DC, p. 13-31.
- Jamerson, T. H. (1971). Zoom lenses for the 8-13 micron region, Opt. Acta, 18:17.
- Johnson, R. B. (1990). All reflective four element zoom telescope, presented at International Lens Design Conference, Monterey, CA, p. 669.
- Kato, M., Tsuji, S., Sugiura, M., and Tanaka, K. (1989). Compact zoom lens, U.S. Patent 4854681.
- Kojima, T. (1970). Zoom objective lens system with highly reduced secondary chromatic aberration, U.S. Patent 3547523.
- Macher, K. (1970). High speed varifocal objective system, U.S. Patent 3549235.
- Macher, K. (1974). High speed varifocal objective, U.S. Patent 3827786.
- Mann, A. (1992). Infrared zoom lenses in the 1980's and beyond, Opt. Eng., 31:1064.
- Nothnagle, P. E., and resenberger, H. D. (1969). Zoom lens system for microscopy, U.S. Patent 3421807.
- Rah, S. Y., and Lee, S. S. (1989). Spherical mirror zoom telescope satisfying the aplanatic condition, Opt. Eng., 28:1014.
- Schuma, R. F. (1962). Variable magnification optical system, U.S. Patent 3057259.