

망막 카메라용 광학계 설계

홍경희[†]

육군사관학교 물리학과

④ 139-799 서울시 노원구 공릉동 사서함 77호

(2006년 1월 6일 받음, 2006년 4월 5일 수정본 받음)

망막검사를 위한 검안경용 망막 카메라를 개발하기 위한 광학계 설계를 연구하였다. 이에 앞서 사람의 눈에 대한 광학계 제원은 김상기와 박성찬이 발표한 정밀모형안을 채택하였다. 이를 토대로 하여 광학계를 4개의 렌즈 군으로 구성하였고 제 1군으로 모든 시야각에 대한 광을 중심으로 모았다가 제2, 제3, 제4군에 의해 결상하도록 하였다. 결상된 망막의 상은 CCD 광검출기에 의해 모니터로 전시한다. 제 1군을 단일 렌즈로 하고 나머지 광학계를 triplet로 하여 최적화를 통해 설계하였다. 광선수차, spot diagram, 회절을 고려한 point spread function 및 MTF를 계산하여 분석한 결과, 좋은 성능을 가진 광학계 설계가 가능하였다. 본 연구 결과에서 얻은 광학계로서 양질의 망막 카메라를 개발할 수 있을 것으로 믿는다.

주제어 : Retinal camera, Eye fundus camera, Optical system design, Aberration.

I 서 론

사람의 몸 중에서 어느 한 부분도 중요하지 않은 곳이 없지 만 특히 눈은 정보를 획득하는데 결정적인 역할을 한다. 눈의 건강상태를 진단하기 위해 보편적으로 사용되는 기기에는 굴절계(refractor), 직접검안경(direct ophthalmoscope), 슬릿램프 (slit lamp), 안압계(tonometer), 검안계(ophthalmometer) 그리고 망막 카메라(retinal camera or fundus camera) 등이 있다.^[1] 그 중에서도 망막을 검사하는 망막 카메라(retinal camera)에 대해 관심을 가지고 고찰하기로 한다. 우리나라에서는 사람의 눈에 대한 연구로서 김상기와 박성찬이 구면수차를 이용한 정밀모형안의 최적화 연구가 있고^[2] 이어서 정밀 모형 안을 이용한 Head Mounted Display용 렌즈설계에 대해 발표하였으 며^[3] 이봉수, 조동현, 김신, 조효성에 의해 고 분해능 안 구내시경 개발을 위한 광학적 특성평가에 대한 연구가 이루어 졌다.^[4]

사람의 눈의 건강을 유지하기 위해 눈의 상태 특히 망막의 상태를 점검하는 검안경을 많이 사용하고 있다. 선진국에서는 망막의 상태를 CCD 카메라에 연결하여 관찰하고 기록할 수 있는 망막 카메라를 실용화 하여 시판하고 있다.^[5] 우리나라에서는 이를 모방하여 제작 시판하고 있으나 성능이 다소 미흡하다. 선진국 수준의 고성능 망막 카메라를 개발하기 위해 광학계 설계에 대하여 살펴보았다. 전체 망막 카메라에는 조명광학계도 필요하고, CCD 카메라 광학계와 직접 관찰을 위한 광학계가 겸하여 사용할 수 있도록 구성되고 있다.^[6] 입체적으로 관찰할 수 있도록 광학계를 구성하는 경우도 있다.^[7] 그러나 본 연구에서는 입체시까지는 고려하지 않았다.

전체 광학계에서 조명 광학계 부분과 결상광학계 부분으로

나누어지고 결상광학계 부분도 CCD 카메라 광학계 부분과 관찰 광학계 부분으로 나누어지며, 이 모든 것을 고려하여 광학계를 설계한다. 본 연구에서는 전체 광학계로서 구조를 고려하였으나 조명광학계는 결상계에 비해 설계가 용이하고, 직접적인 관찰 광학계 부분과 CCD 카메라 광학계 부분은 설계과정이나 방법이 유사하므로 CCD 카메라 광학계 부분의 설계에 대해서만 제시하였고 나머지 부분은 생략하였다.

광학계 설계에 앞서, 사람의 눈에 대응되는 광학계의 모형은 앞에서 언급한 김상기와 박성찬이 발표한 정밀 모형 안을 채택하였다. 광학계는 4개의 렌즈 군으로 구성하였으며, 제1군에 의해 물체로부터 오는 빛을 모으고 제2과 제3군은 relay lens 역할을 하여 제4군과 더불어 결상하고 있다. Gauss광학적으로 각 렌즈 군의 굴절능과 간격을 결정하여 전체 광학계의 뼈대를 세우고, 각 렌즈 군은 triplet를 기본 단위로 생각하였다. 가급적이면 각 렌즈군 별로 수차를 보정하였다. 물론 전체적으로 최적 설계를 찾아가게 되지만 우선적으로 각 군별로 수차를 보정하도록 노력하고 최종적으로 전체 광학계에 대하여 수차를 보정하였다.

II 초기 설계

사람의 눈은 신경과 연결되어 있고, 참으로 놀라운 생물-광학적 계통으로 구성되어 있다. 간단하게 이 계통의 뚜렷한 특징을 생각해 보자. 눈은 물체거리가 1피트로부터 무한대에 이르기까지 연속적으로 결상이 가능하다. 또한 편의 머리와 같이 아주 작은 데서부터 창공에 이르기까지 광범위한 시계를 다 볼 수 있다. 빛의 강도에 있어서는 캄캄한 밤중에 수 마일 밖에 있는 양초 한 개가 깜빡이는 정도로부터 밝은 태양 빛에 이르기까지 적응하며 보라에서부터 검붉은 색깔까지 구분하고 가장 중요한 점은 정확하게 3차원 공간을 식별

[†] E-mail: khhong@kma.ac.kr

한다는 것이다.^[1] 실제 사람의 눈은 광학적 모형으로 고려한다. 최적화 기법으로 안구의 곡률반경, 중심두께, 비구면도의 측정값 내에서 구면수차와 Stiles-Crawford효과를 기준으로 4개의 굴절 비구면을 갖는 정밀모형으로 김상기와 박성찬이 설계한 결과는 표 1과 같다.^[2]

사람의 눈의 모형안에 대한 눈의 분산은 Le Grand의 분산 방정식을 사용하여 안구광학 굴절률의 분산을 결정하였다. $[n(\lambda) \pm \alpha] = A - B\lambda + C\lambda^2 - D\lambda^3 + E\lambda^4$ 의 꼴이며 그 계수는 표 2와 같다.^[2]

이를 토대로 하여 최적화 과정에서 계산한 파장에 대한 굴절률과 아베수는 표 4와 같다.

이 모형 안을 광학계의 일부로 삼고 제1군 G1에 의하여 모든 시야의 광을 한 점으로 빛을 모았다가 제2군 G2, 제3군 G3, 및 제4군 G4에 의해 결상하도록 구성하였다. 각 렌즈군의 굴절능 및 렌즈군 간의 간격은 MILHDBK-141 제6장에서 설명한 Gauss광학적인 방법으로 결정하였으며 그 결과 표 4와 같다.^[8]

표 1. 김상기와 박성찬이 설계한 정밀모형안의 설계 데이터

면	각막전면		각막후면		렌즈전면		렌즈후면	
곡률반경	7.5350		5.9840		7.98300		-5.3580	
비구면도 Q	-0.2800		-0.1800		-4.02366		-1.8600	
비구면 형태	장축타원면		장축타원면		쌍곡면		쌍곡면	
중심두께		0.57454		3.37800		3.40400		15.7150
굴절률		1.37638		1.33605		1.41984		1.33566
아베 수		51.27		47.10		49.44		51.81

표 2. 모형안의 안구 면에 대한 굴절률 분산 계수

계수	α	A	B	C	D	E
안구 면						
각막	1.08×10^{-3}	1.51167	0.000636054	1.17×10^{-6}	1.01×10^{-9}	3.31×10^{-13}
앞 방	1.67×10^{-3}	1.49072	0.000805138	1.68×10^{-6}	1.66×10^{-9}	6.31×10^{-13}
수정체	2.18×10^{-4}	1.53808	0.000448268	5.74×10^{-7}	2.61×10^{-10}	-
뒷방	3.81×10^{-4}	1.45634	0.000561861	1.02×10^{-6}	8.70×10^{-10}	2.84×10^{-13}

표 3. 파장별 굴절률 및 아베수

안구 면	486.1(nm)	587.6(nm)	656.3(nm)	아베수	초자 명칭
각막	1.381418	1.376443	1.374077	51.28	'eye1'
앞 방	1.340875	1.336119	1.333740	47.11	'eye2'
수정체	1.425830	1.419912	1.417339	49.25	'eye3'
뒷 방	1.340165	1.335718	1.333686	51.82	'eye4'

표 4. 망막 카메라용 광학계 계통 확립

면	물체	eye	G1	stop	G2	G3	G4	상
n	1.333	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
d	20.0	40.0	120.0	40.0	20.0	180.0	17.6545	
y	0.0	2.0	2.0	-6.0	-8.67	-8.67	11.39	
nu	-0.01333	0.0	-0.06667	-0.06667	0.0	0.111454	1.0	
\bar{y}	-6.0	0.0	16.0	0.0	-5.333	-7.18	-7.18	-1.24
\bar{nu}	-0.4	-0.4	0.01333	0.01333	0.0923	0.0	0.336458	
K	0.0	-0.06667	0.03333	0.0	0.0076923	0.012855	0.0468754	0

III. G1 렌즈군의 설계

제1군 G1은 단일렌즈 L1(제 5~6면)로, 눈으로부터 오는 각 시야에 따른 모든 광선을 집광하여 조명광학계와 마주치는 반사경(제 7면)에 모아주어야 한다. 이 때 반사경은 마치 스톱과 같은 역할을 한다. 망막 물체에서 오는 광선은 반사경 중앙으로 집속되어 통과하고 조명광학계에서 오는 빛은 ring 모양으로 되어 반사경 외곽으로 들어와 제 1군 렌즈 및 사람의 눈의 광학계를 거쳐 망막 전체로 조명된다.^[9] 앞의 표 4에서 제1군은 굴절능 $K=0.03333/\text{cm}$, 즉 유효초점거리 30 cm의 정의 굴절능을 갖는 렌즈 군으로 하되 이 렌즈 표면에 의해 반사된 빛이 눈으로 다시 모아지지 않도록 주의해야 한다. 제 1군은 크기가 가장 크므로 전체 광학계의 수차에 미치는 영향이 매우 크다. 특히 구면수차 및 색수차에 미치는 영향이 매우 크다. 제 1군은 이중렌즈^[7] 또는 그 이상의 복합

렌즈를^[10,11] 채택하는 경우와 단일 렌즈를 채택하는 경우가^[9,12] 있다. 이중렌즈 또는 복합렌즈를 택하면 수차보정은 용이해지지만 렌즈 접합부분의 접착제에 의해 산란광이 결상에 많은 영향을 주기 때문에 가공 및 박막에 주의를 많이 기울여야 한다. 반면에 단일렌즈는 수차보정이 힘들어진다. 본 연구에서는 단일 렌즈를 택하였다. 색수차를 최소로 하려면 분산이 최소가 되는 초자를 선택하는 것이 좋다. 따라서 BK7이 아베수가 크고 분산이 작으며 가격도 저렴하여 Hoya사의 생산품으로 BSC7을 택하였다. 단일 구면렌즈로서는 도저히 각 시야에 대한 주광선이 한 곳으로 수렴되지 않고 구면수차가 크기 때문에 Code V 전산프로그램을 이용하여 conic 면으로 하되, 원추면 상수와 두 면의 곡률반경 그리고 두께를 변수로 하여 G1렌즈를 광선수차가 최소가 되도록 최적 설계한 바, G1까지의 설계 제원은 표 5와 같다.

광선수차는 구면수차가 0.5 mm 이내가 되었고 상면만곡

표 5. G1 렌즈 군까지의 최적 설계 제원.

면	물체	1	2	3	4	5	6
곡률반경	12.5	5.358	-7.983	-5.984	-7.535	-181.4607	-18.56756
두께	15.715	3.404	3.378	0.57454	45.0	18.00	110.0
광학유리	eye4	eye3	eye2	eye1	air	BSC7	air
원추상수	0.0	-1.86	-4.02366	-0.180	-0.280	0.0	-0.836465

표 6. 망막 카메라용 광학계의 초기 설계 제원

면	곡률반경	두께	광학 초자	원추상수
OBJ	12.50000	15.715000	'eye4'	
1	5.35800	3.404000	'eye3'	-1.860000
2	-7.98300	3.378000	'eye2'	-4.023660
STOP	-5.98400	0.574540	'eye1'	-0.180000
4	-7.53500	45.000000	AIR	-0.280000
5	-181.46070	18.000000	BSC7_HOYA	
6	-18.56756	110.000000	AIR	-0.836465
7	infinite	45.000000	AIR	
8	34.65923	8.500000	BACD16_HOYA	
9	-7947.93196	8.600000	AIR	
10	-54.54973	3.500000	EF2_HOYA	
11	30.97900	8.600000	AIR	
12	82.89199	12.000000	BACD16_HOYA	
13	-40.29547	20.000000	AIR	
14	41.78907	8.900000	BACD16_HOYA	
15	287.82502	4.200000	AIR	
16	-80.31544	4.500000	EF2_HOYA	
17	49.54839	4.500000	AIR	
18	234.52499	8.950000	BACD16_HOYA	
19	-52.17779	170.000000	AIR	
20	34.65923	8.500000	BACD16_HOYA	
21	-7947.93196	8.600000	AIR	
22	-54.54973	4.000000	EF2_HOYA	
23	30.97900	8.600000	AIR	
24	82.89199	8.500000	BACD16_HOYA	
25	-40.29547	20.000000	AIR	
26	28.57496	9.000000	BACD16_HOYA	
27	-709.53894	6.000000	AIR	
28	-45.40155	4.000000	EF2_HOYA	
29	25.50664	6.000000	AIR	
30	58.42295	8.000000	BACD16_HOYA	
31	-32.90765	24.533063	AIR	
IMG	infinite	0.000000	AIR	

및 비점수차 그리고 왜곡수차는 상당히 크게 나타나서 나머지 렌즈 군에 의해 보정해야하는 과제로 남게 되었다. 그 구체적인 값은 중간과정이므로 구태여 여기에서는 제시하지 않았다.

IV. 나머지 광학계 설계

초기 설계로 제2군 G2는 유효초점거리 120 mm인 triplet를 선택하였고, 제3군 G3는 유효초점거리 80 mm인 triplet를 선택하였다. 제4군 G4는 굴절능이 크므로 유효초점거리 80 mm인 triplet G41과 유효초점거리 60 mm인 triplet G42의 조합으로 구성하였다. 제1면에서부터 6면까지는 망막으로부터 각막에 이르는 사람의 눈에 대한 정밀모형안에 해당하는 부분이고 제7면은 조명광학계에서 들어오는 빛을 반사하여 눈으로 조명시키기 위한 반사경이 되면서 한편 stop의 역할도 하게 된다. 실제 광학계에서 제7면은 45° 각도로 될 것이며

중앙부분은 단축 직경이 10.0 mm, 장축 직경이 $10\sqrt{2}$ mm인 타원형으로 구멍을 뚫어 망막에서 나가는 빛은 통과하고 조명계에서 오는 빛은 반사되어 안구로 입사하여 망막 전체를 고르게 조명하도록 구성된다.

제2군 G2는 L2(제8~9면), L3(제10~11면) 및 L4(제12~13면)의 triplet로, 제3군 G3는 L5(제14~15면), L6(제16~17면), 및 L7(제18~19면)의 triplet로, 제4군 G4는 L8(제20~21면), L9(제22~23면), 및 L10(제24~25면)의 triplet, G41과 L11(제26~27면), L12(제28~29면) 및 L13(제30~31면)의 triplet, G42로 구성하였다. 즉, 제8면부터 13면까지는 triplet로서 제2군 G2이고, 제14면부터 19면까지는 triplet로 제3군, 제20면부터 25면까지가 triplet로 G41 그리고 제26면부터 31면까지가 triplet로 G42가 된다. 각각의 triplet는 별도로 최적설계를 하여 초기설계 제원으로 결정하였다. 그 결과 초기설계 제원은 표 6과 같다.

각 렌즈 군의 굴절능을 고정시키고 렌즈군의 두께도 고정

표 7. 망막 카메라용 광학계의 최종 설계 제원

면	곡률반경	두께	광학 초자	원추상수	유효반경
OBJ	12.50000	15.715000	'eye4'		
1	5.35800	3.404000	'eye3'	-1.860000	
2	-7.98300	3.378000	'eye2'	-4.023660	
STOP	-5.98400	0.574540	'eye1'	-0.180000	
4	-7.53500	45.000000	AIR	-0.280000	
5	-181.46070	18.000000	BSC7_HOYA		22.0
6	-18.56756	110.000000	AIR	-0.836465	22.0
7	infinite	45.000000	AIR		
8	27.77863	8.500000	BACD16_HOYA		11.0
9	-106.13751	8.600000	AIR		11.0
10	-23.01337	3.500000	EF2_HOYA		9.5
11	35.01539	8.600000	AIR		9.5
12	1368.01918	12.000000	BACD16_HOYA		13.5
13	-30.00672	10.000000	AIR		13.5
14	75.56751	8.900000	BACD16_HOYA		13.5
15	-31.65774	4.200000	AIR		13.5
16	-23.42687	4.500000	EF2_HOYA		11.0
17	20.64011	4.500000	AIR		11.0
18	28.34579	8.950000	BACD16_HOYA		12.5
19	-67.57238	180.000000	AIR		12.5
20	83.09632	8.500000	BACD16_HOYA		16.0
21	-45.47901	8.600000	AIR		16.0
22	-35.21626	4.000000	EF2_HOYA		13.0
23	30.61346	8.600000	AIR		13.0
24	46.58116	8.500000	BACD16_HOYA		14.5
25	-51.24668	10.000000	AIR		14.5
26	28.80453	9.000000	BACD16_HOYA		12.0
27	261.43240	6.000000	AIR		12.0
28	-26.55760	4.000000	EF2_HOYA		8.0
29	17.29109	6.000000	AIR		8.0
30	45.92333	8.000000	BACD16_HOYA		8.5
31	-20.28050	38.036241	AIR		8.5
IMG	infinite	0.000000	AIR		

시켰으며 각 면의 곡률과, 각 렌즈 군 간의 간격을 ± 10 mm 범위 안에서 변화시켜 최적 설계를 얻은 결과 표 7과 같으며 그 개략도는 그림 1과 같다.

계산결과 전체 광학계의 종구면수차는 약 0.14 mm 이내이고 종색수차는 0.05 mm 이내 이다. 상면 만곡은 0.08 mm 이내 이고 비점 수차는 0.025 mm 이내가 되었다. 왜곡수차는 0.4%를 넘지 않았다. 이들 광선수차의 특성을 그림 2에 제시하였으며 종구면수차의 점선은 Fraunhofer C-line 및 F-line에 대한 종구면수차로서 그 차이가 종색수차가 된다.

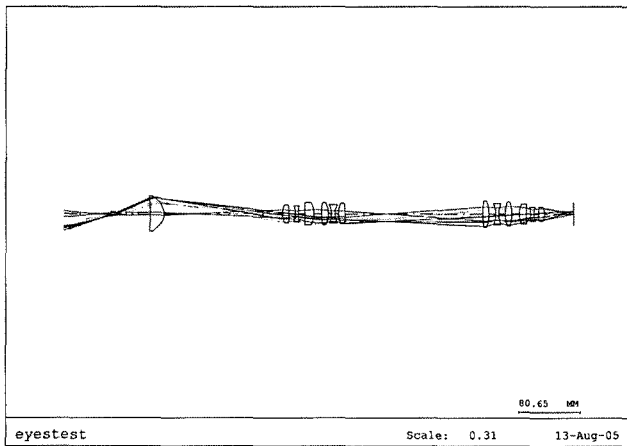


그림 1. 망막 카메라용 광학계의 개략도

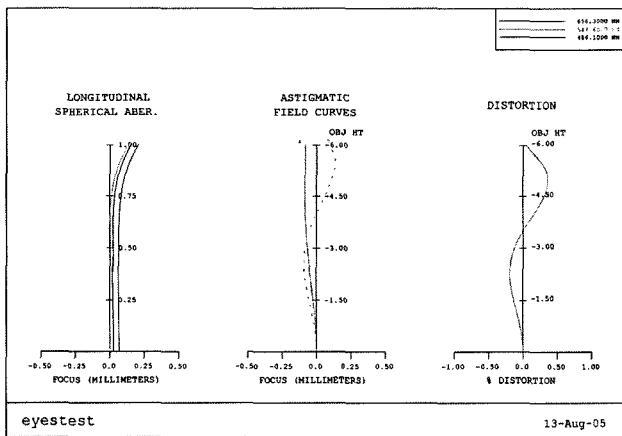


그림 2. 망막 카메라용 광학계의 광선수차.

표 8. 표준 CCD Sensor의 크기

표준 규격	가로	세로	대각선
1/4 inch	3.2 mm	2.4 mm	4.0 mm
1/3 inch	4.8 mm	3.6 mm	6.0 mm
1/2 inch	6.4 mm	4.8 mm	8.0 mm
2/3 inch	8.8 mm	6.6 mm	11.0 mm
1 inch	12.8 mm	9.6 mm	16.0 mm

망막 카메라용 광학계의 제원을 가지고 최대 물체 크기 6mm일 때에 유한광선을 추적한 결과로 렌즈의 크기 및 상 평면의 크기가 결정된다. 상의 반 크기가 약 3.8 mm가 되었으며 따라서 전체 크기는 7.6 mm가 되어 표 8에서 보는 바와 같이 CCD sensor의 크기는 1 inch를 사용해야 한다.

망막 카메라용 광학계의 각 물체 시야(물체 높이)에 따른 spot diagram, point spread function, 및 MTF 특성이 각각 그림 3부터 그림 5에 나타나 있다. 그림 3 및 그림 4에 제시한 spot diagram과 point spread function에서 보는 바와 같이 대부분의 광선은 모든 시야에 대하여 약 0.03 mm 직경 안에 들어오고 있으며 최대한 0.06 mm 직경 안에는 100% 들어오고 있다. 그림 5에 제시한 MTF 특성에서 보는 바와 같이 0.7 시야인 물체 높이 4.2 mm에 대해서 MTF 값이 200 line pairs/mm까지 최소 10% 이상이며, 최대 시야에서는 75 line pairs/mm 까지 10% 이상으로 나타난다. CCD 1인치에 1,024개의 검출소자가 배열된다고 해도 한 소자의 크기는 한 번의 길이가 0.025 mm 정도가 된다. 공간주파수로 환산하면 40 line pairs/mm가 된다. 따라서 본 설계결과는 모든 시야에 대해 75 line pairs/mm 까지 분해 가능하므로 CCD 카메라용 광학계로 충분한 성능을 가지고 있다.

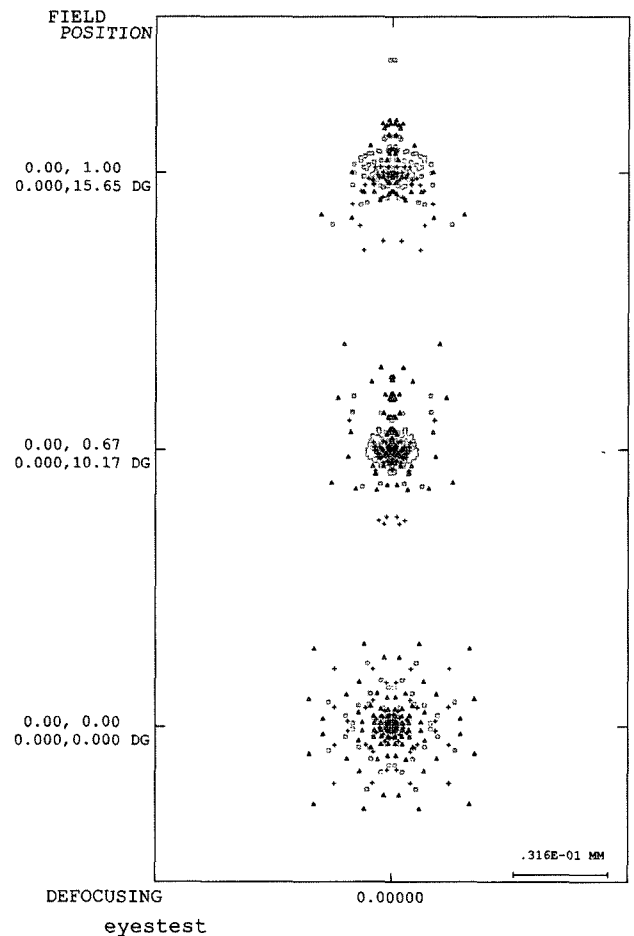


그림 3. 망막 카메라용 광학계의 spot diagram.

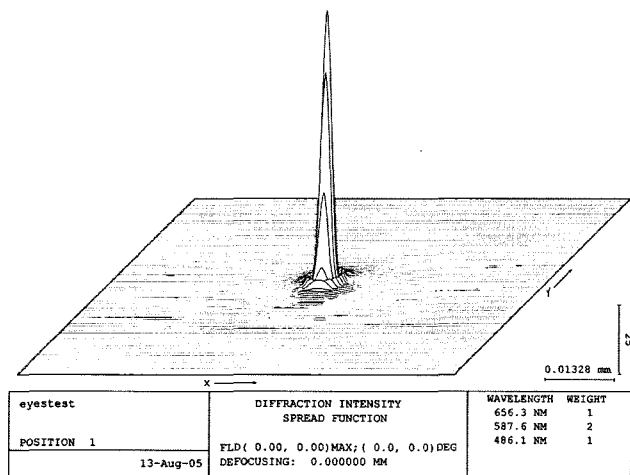


그림 4(a). 망막 카메라용 광학계의 point spread function(object height = 0).

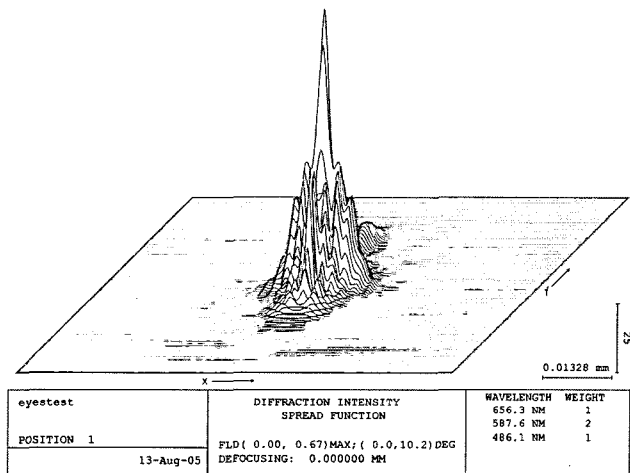


그림 4(b). 망막 카메라용 광학계의 point spread function(object height = 4 mm)

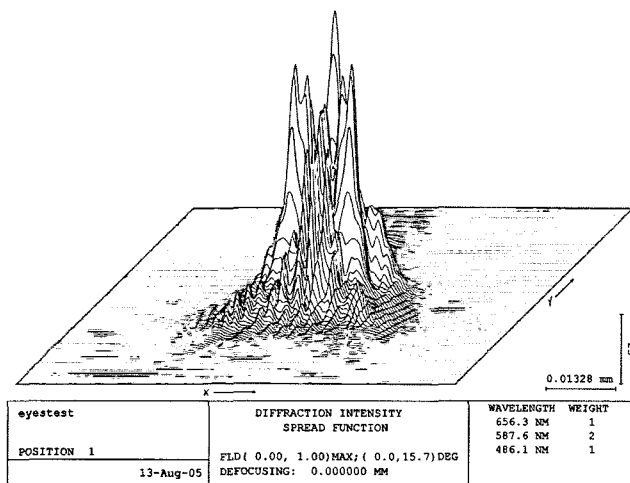


그림4(c). 망막 카메라용 광학계의 point spread function(object height = 6 mm).

14-31-48

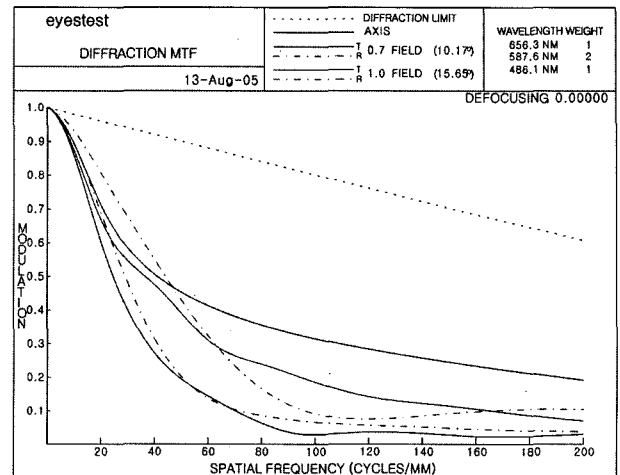


그림 5. 망막 카메라용 광학계의 MTF 특성.

V. 결 론

본 연구를 통하여 망막 CCD 카메라용 광학계를 설계할 수 있었다. 눈 바로 앞에 위치하는 제1군 G1을 단일 렌즈로 하고 제2군 G2, 제3군 G3, 그리고 제4군 G4는 G41, 및 G42로 나누어 각각을 triplet으로 설계를 하였으며, 그 성능을 평가 하였다. 회절광학적으로 성능을 평가한 결과 MTF 특성이 모든 시야에 대해 75 line pairs/mm 이하에서는 최소한 10% 이상을 얻었으며, 왜곡수차도 0.4% 이내로 매우 적어서 망막 CCD 카메라로 사용하기에 충분한 성능을 갖추게 되었다.

참고문헌

- [1] Leno S. Pedrotti & Frank L. Pedrotti, S. J., Optics and Vision, Prentice Hall International Inc., New York, 1998. Chap. 10.
- [2] 김상기, 박성찬, "구면수차를 이용한 정밀 모형안의 최적화," 한국광학회지, 제13권, 266-271,(2002).
- [3] 박성찬, 안현경, "정밀 모형 안을 이용한 Head Mounted Display용 렌즈설계," 한국광학회지, 제14권, pp. 236-243, (2003).
- [4] 이봉수, 조동현, 김신, 조효성, "고 분해능 안구 내시경 개발을 위한 광학적 특성 평가," 한국광학회지, 제15권, pp. 429-434, (2004).
- [5] Robert D. Moor, San Mateo, "CCD CAMERA AND METHOD FOR FUNDUS IMAGING," US Patent 5, 140, 352, Aug. 18,1992.
- [6] Kazunobu Kobayashi, FUNDUS CAMERA, US Patent 5, 300, 964, Apr. 5, 1994.
- [7] Franz Muchel, Gunder Summerer, Ekkehard Stern, OPHTHALMOLOGICAL INSTRUMENT, US Patent 4, 248, 505, Feb. 3, 1981.
- [8] MIL-HDBK-141, Defence Supply Agency, Washington 25,

- D. C. 1962. Section 6.
- [9] Isao Matsumura, Yoshimi Kohayakawa, EYE FUNDUS CAMERA WITH FOCUS SETTING DEVICE, US Patent 3, 925, 793, Dec. 9, 1975.
- [10] Tsugo Nanjo, FUNDUS CAMERA WITH PARTIALLY COMMON COAXIAL OBSERVATION AND PHOTOGRAPHING OPTICAL SYSTEM, US Patent 5, 543, 865, Aug. 6, 1996.
- [11] Emmanuel Binnun, ACQUIRING, ANALYZING AND IMAGING THREE-DIMENSIONAL RETINAL DATA, US Patent 6, 520, 640 B1, Feb. 18, 2003.
- [12] Isao Matsumura, Kuwayama, Kohayakawa, EYE FUNDUS CAMERA FREE FROM UNDESIRE REFLECTED AND DIFFUSED LIGHT BEAM, US Patent 4, 102, 563, Jul. 25, 1978.

A Study of Optical System Design for a Retinal Camera

Kyung Hee Hong[†]

Korea Military Academy, Dept. of Physics

[†] E-mail: khhong@kma.ac.kr

(Received January 6, 2006, Revised manuscript April 5, 2006)

We need a good image of the retina of the human eye in order to inspect or cure it. In this work, an optical system design for a retinal camera is studied and the finite schematic eye model made by Sang Gee Kim and Sung Chan Park is used. The optical system is composed of four lens groups. The rays of the entire object field are collected on the center by the 1st group and the objective is imaged by all the other groups. The image is detected by the CCD array and displayed by a monitor. The 1st lens group is employed singlet and other groups are employed triplets. Ray aberrations, spot diagrams, diffraction line spread functions and MTFs are calculated for optical performance assessment. This design may be very useful for the development of a retinal camera with high performance.

OCIS Codes : 220.4830.