

첨단광학기술 활용을 위한 광학부품의 사용방법과 유의점⑩

광학세계에서는 일본 캐논의 연구개발부장을 지낸 末田哲夫씨가 집필한 <광학부품의 사용법과 유의점>이란 책 내용을 연재하고 있다. 본 내용은 일본의 월간 OPTRONICS에서 1982년부터 30회에 걸쳐 연재된 바 있고, 연재한 내용만 묶어 한 권의 책으로 나온 이후 지금까지 많은 광학인들이 애독하고 있는 핸드북이다. 월간 OPTRONICS는 1990년에 책 내용을 세부에 걸쳐 수정함과 동시에 렌즈에 대한 기초를 보다 충실히 하고 비구면 렌즈, Rod 렌즈, 홀로그람, 고체촬상디바이스, 회절공간섭방식 엔코더 등을 새롭게 첨가하여 보다 알찬 내용으로 보강하여 증보개정판을 내놓았다.

국내에서는 (주)그린광학에서 본 자료를 입수하여 새내자료로 활용하고 있을만큼 시대와 장소를 초월하여 아직도 광학산업현장에서 유용한 자료로 읽혀지고 있다. 비록 일부 내용들은 우리나라 산업현실과 다소 차이가 있는 부분도 있을 것이나 광학기술의 역사와 기반이 앞서있다고 생각되는 일본의 실질적인 기술관련 자료이기 때문에 국내 업체 관련분야에 종사하시는 분들께 일독을 권해드리고 싶은 마음에 광학세계에서도 2009년 7월호부터 연재를 하게 되었다.

전체 내용을 살펴보면, 제1부에는 대표적인 광학부품에 대한 설명, 제2부에는 그것들을 사용한 광학시스템과 그것들에 관한 기본적인 사항의 해설, 제3부에는 광학부품을 수입하는 경우의 측정방법과 그것들을 시스템으로 조립하는 경우의 조정방법 예 등을 소개했다. 기술내용은 응용범위가 넓다고 생각되는 구체적인 예를 기본으로 소개했다.

(편집자 주)

연재 순서

제1부 광학부품의 종류와 사용방법

- 제1장 평면을 베이스로 한 광학부품
- 제2장 구면을 베이스로 한 광학부품
- 제3장 다양한 광학부품

제2부 광학시스템과 광학부품

- ▶ 제1장 광학시스템의 빛의 포착방법과 기능

제2장 광학시스템과 광학부품

제3부 광학부품의 검사와 시스템으로의 조립·조정

- 제1장 광학부품의 검사·측정
- 제2장 광학부품의 조립조정

저자약력: 末田哲夫

1947년 5월 25일생
1971년 동경대학교 이공학부 물리학과 졸업
1973년 캐논사 입사
1973년 캐논(주) 입사

각종 광학계에 관한 계속·물리광학을 주제로 한 저서편찬과 회상회의에 관한 연구개발 등에 종사. 현재 연구개발본부 G-CDS추진부 부장

제2부 광학시스템과 광학부품

광학시스템을 구성하는 경우, 시스템의 목적을 충분히 이해하여 설계할 필요가 있다. 즉 빛의 특성을 잘 이해하고 그것을 적극적으로 이용해서 보다 좋은 시스템으로 만들어야 한다.

빛의 특성 및 성질에 맞춘 빛의 이용 방법과 방식의 원리는 완성된 기술영역에 있는 것도 많다. 여기서 사용되는 광학부품은 시스템에 대해 과부족이 없는 것을 사용하고, 구성했을 때에 기능이 부족하거나 과도한 성능과 가격으로 되지 않는 것을 선택해야 한다.

이 때문에 시스템의 목적 및 사양을 결정했다면, 광학부품이 소용없게 되지 않게 하는 한편, 그 개개의 동작을 충분히 기능시키도록 생각해서 배치하고, 동시에 그 사양을 결정할 필요가 있다. 이때에 각 부품의 사양은 가능한 균등하게 각각의 요소를 가지는 쪽이 좋고, 하나의 부품에 큰 성능을 요구하지 않는 쪽이 좋다. 예를 들면 시스템 중에 복수매의 반사경이 존재하고, 각 반사경의 면정도 시스템으로의 영향이 같은 정도라면 면정도의 사양도 동일정도로 해야 한다. 한 장만의 사양을 높은 것으로 하면, 결과적으로는 시스템 가격이 높게 되고, 그 반사경의 성능이 외적원인으로 악화되었을 때에 시스템으로의 영향이 크게 되기 때문이다.

여기에서는 이상과 같은 사양을 결정하기 위한 방법을 설명하기 위해, 광학시스템의 목적과 빛의 포착방법을 크게 분류해서, 각각의 포착방법에 대한 시스템의 대표예와 빛의 특성 및 표현방법에 대해서 설명하겠다.

제1장 광학시스템의 빛의 포착방법과 기능

광학시스템을 생각하는 경우, 그 시스템이 “빛”을 주로 포착하는 방법과 목적을 이해할 필요가 있다. 이것은 시스템을 구성하는 광학부품의 선정과 각각 부품의 사양을 적절히 설정하기 위한 필요조건이다. 또, 시스템이라고 하는 말을 사용함에 있어, 전체를 나타내는 Total시스템의 경우와 예를 들면 Total시스템 중의 광원부만과 같은 일정 기능을 이루는 유닛시스템의 쌍방에 대해서 같은 시스템이라고 하는

말을 사용해야하기 때문에 이해하기 바란다.

“빛”의 포착방법으로는 다음 세 가지 방법이 좋다고 생각한다.

(a) “빛”을 파동으로서 생각한다.

즉 빛을 전자파의 일종으로서 취급해서, 광학시스템에 대해서 빛의 파동성을 이용하는 것.

(b) “빛”을 화상(공간정보)으로서 생각한다.

즉 빛을 공간정보로서 취급해서, 화상을 형성하거나 기록·reading하는 것이 주목적인 시스템은 이 범주로 한다.

(c) “빛”을 에너지로서 생각한다.

빛을 에너지로서 취급, 다양한 조명계와 광전변환 등의 기능을 주목적으로 하는 시스템을 이 범주로 한다.

이상의 분류는 어디까지나 “주관적”이고, 실제의 광학시스템에서는 이상의 포착방법이 복잡하게 어울려 구성된다. 예를 들면 어떠한 광학시스템이라도 최종적으로는 광 강도와 강도분포를 검출하거나 사용하거나 하는 것으로 된다. 그림2.1은 위의 빛의 포착방법 분류와 시스템의 주목적 및 대표적인 광학시스템 등을 기록한 것이다.

광학시스템은 빛의 포착방법에 따라서, 시스템 중에서의 기능 및 상용하는 부품의 포착방법과 사양이 다르다. 이하에 파동, 화상, 에너지라고 하는 포착방법이 다른 시스템의 기능과 구성하는 광학부품에 대해서 설명하겠다.

1. 빛의 파동성을 유효히 이용하는 시스템

여기서는 빛의 파동성을 적극적으로 사용한 간섭계와 단색광을 만들어 얻는 광원에 대한 이해를 돕고자 한다.

빛의 파동현상을 유효히 이용하는 광학시스템에서는 파동선택, 광파작성·전송·분해·접침, 편광의 적극적 이용 등이 주기능이다. 그림2.2는 이것을 모식적으로 나타낸 것이지만, 이 중의 몇 개의 기능을 주로 선택해서 시스템구성을 이루고 있는 것으로 해석하자. 빛을 파로서 취급하는 시스템을 구성하는 경우, 다음에 나타난 사항을 공통적으로 말할 수 있다.

(a) 시스템의 광원으로서, 파장이 일반적으로 단

색인 경우가 많다. 각 부품의 반사방지막 등은 그 파장만을 대상으로 하는 경우가 많다.

- (b) 편광이 몇 개의 형태로 작용하고 있는 시스템에서는 구성하는 부품의 복굴절을 고려해야 한다. 특히 반사면에서는 크거나 적거나 편광방향에

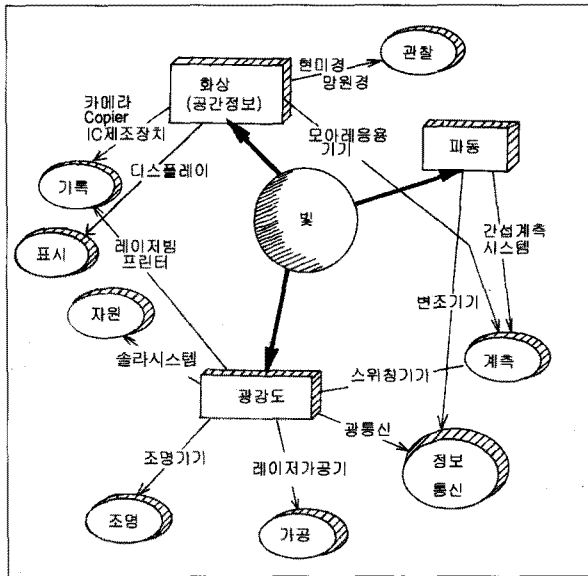


그림2.1 빛의 포착방법과 시스템의 목적

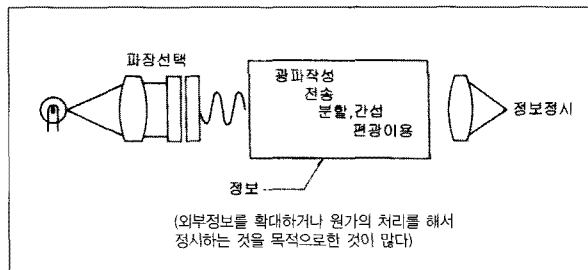


그림2.2 빛의 파동으로 포착하는 시스템의 기능

의한 반사율의 차가 존재한다.

- (c) 빛의 파면을 취급하는 시스템에서 구성하는 광학부품은 일반적으로 고정도인 것이 요구된다. 단, 모든 광학부품에 동등한 정도를 요구할지 아닐지를 검토하고, 적절한 사양으로 하는 것이 바람직하다.
- (d) 광파간섭을 사용하는 시스템에서는 진동에 대한 강성(剛性)을 충분히 고려할 필요가 있다. 즉, 프레임(frame)은 물론, 각부품의 취부도 진동대책을 고려한 구조로 해야 한다.
- (e) 광학부품 표면의 먼지와 스크래치에 의한 산란 혹은 표면반사광에 의한 S/N의 저하가 타 시스

템과 비교한 경우 크다.

빛을 파동으로서 취급하는 광학시스템에서는 이상의 사항을 특정적으로 들 수 있다. 다음에는 시스템 중의 기능을 분해해서, 관계하는 광학부품과 그 사용방법의 개략을 해설한다.

1.1 파장선택

파장선택을 목적으로 하는 광학부품을 그림2.3에 나타냈다. 단일파장을 발진하는 레이저광원을 사용한 광학시스템에서는 파장선택은 불필요하지만, 복수 파장에서 발진하는 레이저 백색광원광을 단색으로 하는 경우에 필요한 기능이 된다. 여기서는 백색광을 단색화하는 광원부에 대해서 설명하겠다.

(1) 간섭필터사용의 단색광원

다광속간섭을 사용하는 방법은 일정값으로 파장을 고정하기 위한 파장선택에 적용한다. 즉 간섭필터는 개개에 결정된 파장을 선택하도록 제작하고 있고, Fabry-Perot pair도 증반사막의 반사특성을 그것만큼 넓은 파장범위로 잡지 않기 때문이다. 간섭필터를 사용한 파장선택 예를 그림2.4에 나타냈다. 목적을 직경이 수 μ m인 슬릿 또는 핀홀의 조명장치를 가정한다. 광원부에 사용하는 백열전구는 사용광량을 많게 하고 싶을 때에는 할로겐램프를 사용하는 쪽이 좋다. 대광량이 필요한 경우에는 고압 Xenon관이라든지, 고압수은등을 사용하는 것도 있다. 단, 이것들은 광량의 시간적 드리프트(drift)가 많은 점과 스타트시에 전원주변에 타 전자기기가 가동중이라면, 스타트를 동작시킨 시점에서 이것이 파손되는 경우가 많기 때문에 취급에 주의가 필요하다. 예를 들면 고체 촬상소자와 계산기의 프로그램 등은 쉽게 파손된다. 할로겐램프에서는 이와 같은 걱정은 없지만, 광량의 변동(ripple)이 문제가 되는 경우에는 전원을 직류전원으로 해야 한다. 슬릿조명용으로서 필라조가 그림2.5(b)에 나타나듯이 조밀한 것이 좋고, 대광량의 것은 필요 없다. 이것은 필라멘트의 휘도가 슬릿 등의 조명효율을 지배하기 때문이다. 또 냉각장치는 필요에 따라서 설치하지만, 냉각팬이 공기를 직접 빼내면 맥류가 많기 때문에 광량변동 원인이 되는 경우가 많다. 그 때문에 흡기

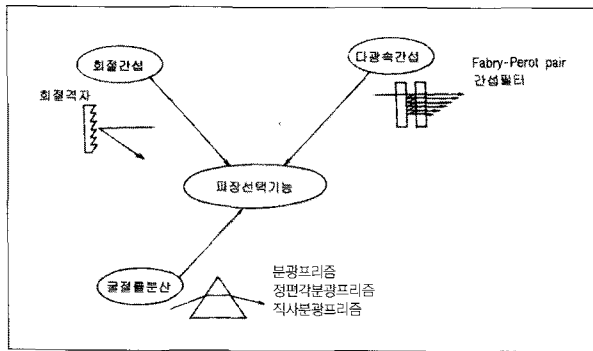


그림2.3 파장선택을 행하는 광학부품

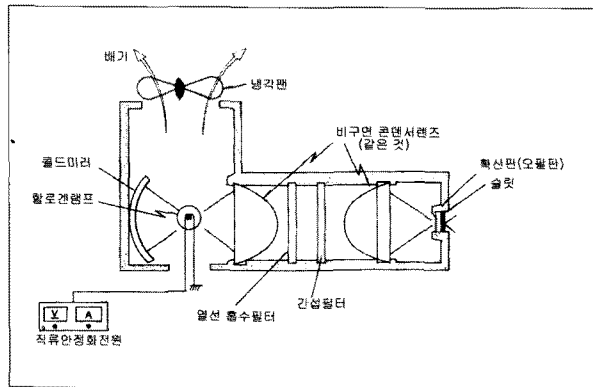


그림2.4 간섭필터를 사용한 슬릿 조명광원의 예

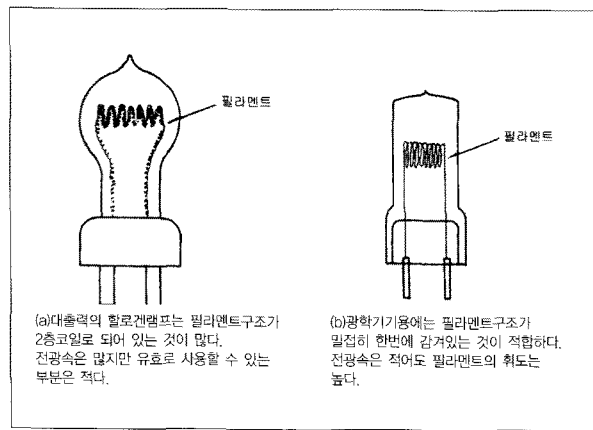


그림2.5 할로겐램프의 필라멘트 구조

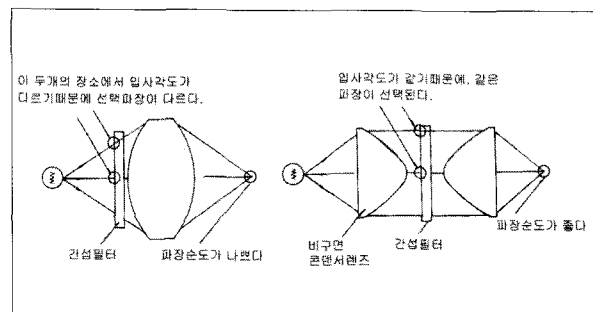


그림2.6 콘덴서렌즈의 작용

류를 사용한 쪽이 좋은 결과를 만드는 경우가 많다. 파장선택을 행하는 간섭필터와 광원 사이에는 콘덴서렌즈를 배치하는 것이 좋다. 이것은 빛의 유효이용이라는 것도 있지만, 선택파장순도를 높이는 동작도 목적으로 하고 있다. 그림2.6에 나타나듯이 광원의 빛을 직접 간섭필터에 입사시키면 필터로의 입사각도가 다양한 값을 취한다. 입사각도에 의해서 선택되는 파장이 다르기 때문에, 결과적으로 그것들을 집광(적분)한 선택파장순도가 나쁘게 된다. 콘덴서렌즈로 거의 평행광원을 형성해서 필터에 수직으로 입사시킨 경우에는 렌즈를 사용하지 않을 때보다도 입사각도의 호트리짐이 제한되기 때문에 선택파장순도는 개선된다. 단, 광원의 면적은 0이 아니기 때문에, 완전히 같은 입사각도로는 되지 않아 그 의미에서 보면 광원의 필라멘트 면적은 적은 쪽이 좋다. 콘덴서렌즈는 광원 빛의 유효이용이라는 목적에서 보면 N.A.가 큰 쪽이 좋고, 비구면의 콘덴서렌즈가 사용된다.

일반적으로 간섭필터는 2장의 평판유리를 접합해서 구성하고 있고, 광원이 내는 열이 그대로 입사하면 접합부분의 벗겨짐, 혹은 간섭막의 파괴를 일으키는 것이 있다. 간섭막의 파괴는 막의 구성물질에 따라 다르고, 일반적으로 금속막의 쪽이 열적파괴에 강하다. 단, 파장선택특성은 비금속막 쪽이 일반적으로 높다. 열적인 파괴를 방지하기 위해, 열선흡수필터를 사용한다. 그림2.7에 열선흡수필터의 다양한 배치를 나타냈다.

간섭필터를 사용해서 다양하게 결정한 파장을 선택하는 경우에는 그림2.8에 나타난 것 같은 터렛(turret)구조로 해 두면 교환에 편리하다.

(2) 회절격자를 사용한 분광기(Monochrometer)

회절격자를 사용한 파장선택은 회절격자로서의 입사각도를 바꾸는 것에 의해 연속으로 폭넓은 선택이 가능한 한편 선택정도도 비교적 높다는 특징이 있다.

회절격자를 사용한 분광기의 구조 예를 그림2.9에 나타냈다. 광원은 가시광 주변을 사용하는 경우는 할로겐램프를 사용하면 좋다. 직열점등, 공냉법등은 (1)에서 설명한 것과 동등하다. 입사슬릿을 조명

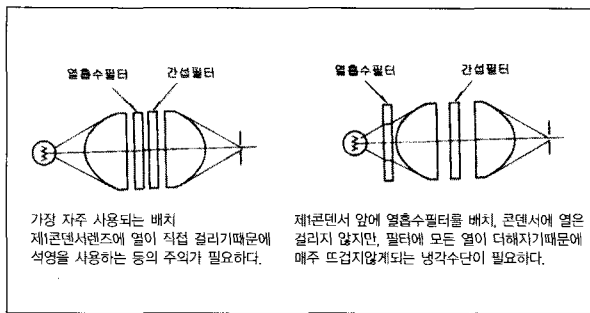


그림2.7 할로겐램프의 필라멘트 구조

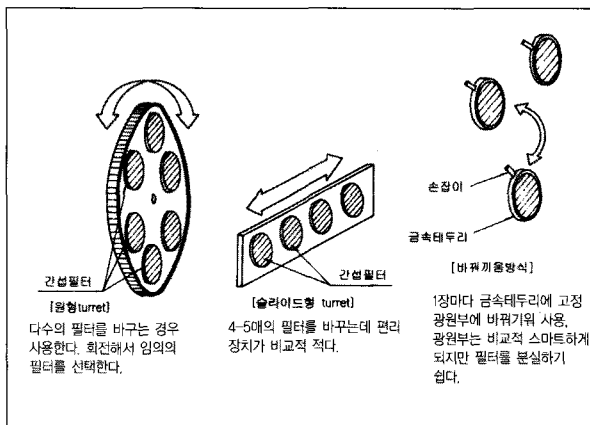


그림2.8 각종 필터의 변환방식

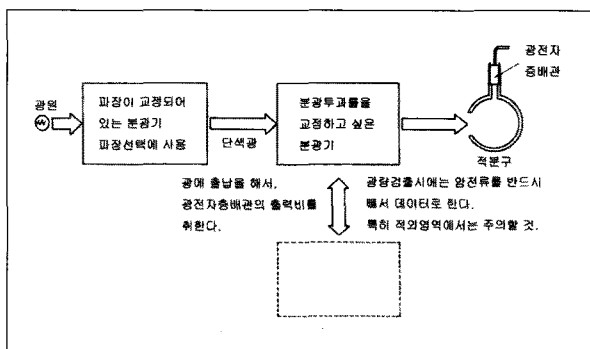


그림2.9 분광기(Monochrometer)의 투과율 교정

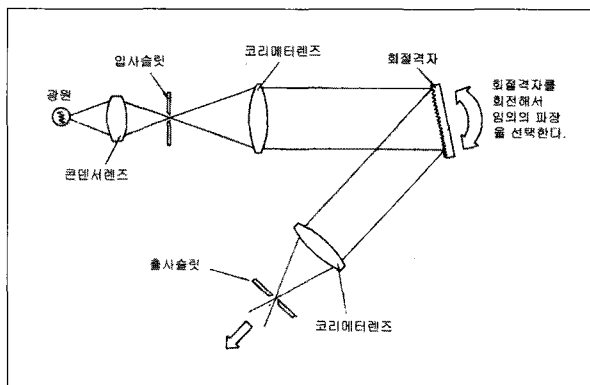


그림2.10 분광기(Monochrometer)의 기본구조

하기 위한 콘덴서렌즈는 다양한 파장에 대해서 고투과율을 요구하기 때문에 형석 등의 넓은 파장역에서 높은 투과율을 나타내는 재료 또는 미러콘덴서를 사용한다.

회절격자로 일정한 각도로 백색광을 입사시켜, 일정 각도에서 회절하는 빛을 관찰한 경우를 생각하자. 이 때에 관찰되는 빛의 파장은 (1.15)식에서 1파장에서는 없는 것을 안다. 즉 2차, 3차로 한 고차수의 파장의 빛도 관찰된다. 분광기에서는 이 가능성을 제거하기 위해, 색필터 등을 사용해서 고차수의 빛을 제거하고 있다.

입사·사출슬릿은 폭이 좁을수록 파장선택정도는 올라가지만, 출사광량은 당연히 감소한다. 입사슬릿의 폭을 좁히는 것은 회절격자로의 빛의 입사각도를 일정조건하에 설정하는 것에 의하고, 일정값의 회절각도에 다른 파장순도가 높게 되는 것을 의미한다. 출사슬릿을 좁히는 것은 회절각도의 선택을 높게 하는 것을 의미한다.

입사슬릿에서의 빛을 평행광속으로 하거나, 회절광을 출사슬릿으로 결상하는 Collimator렌즈는 사용 파장범위를 넓게 취하고 싶을 때에는 색수차의 관계에서 그림1.127에 나타나듯이 구면경으로 하는 쪽이 좋다. 또, 초점거리는 두 개의 결상계 모두에 긴 쪽이 슬릿 폭을 제한 것과 동등한 효과가 있고, 파장선택정도는 높다고 생각해도 좋다. 파장선택은 일반적으로 회절격자를 회전시켜 행하지만, 분광기를 구성한 단계에서 회절격자의 설치각도와 출사광의 파장 관계를 교정해줄 필요가 있다. 이것은 저압방전관(수은등, 나트륨등, 카드뮴등 등)을 사용해서 행한다. 즉 입사슬릿을 상기의 방전관의 빛으로 조명해서 휘선스펙트럼을 분광기에서 분리해서 관찰한다. 휘선스펙트럼 파장은 결정되어 있는 것으로서 회절격자의 설치각도를 설정한다.

또 분광기의 투과율은 표준광원(텡스텐등 등 방사파장분포의 알고 있는 것)을 사용해서 교정한다. 즉, 표준광원의 빛을 분광기에 입사시켜, 분광강도를 최종적으로 사용하는 광검출기로 측정한다. 이 작업을 다양한 파장에 대해서 행해 투과율을 교정한다. 또 분광기만의 교정은 검출기를 교정해서 행하는 것으로 된다. 또 파장이 교정된 분광기가 1대 더

있는 경우에는 그림 2.10과 같이 그 분광기에서 가지고 있고 미리 설정한 파장으로 투과율을 직접 계측하는 것도 가능하다. 분광기의 투과율이 필요로 된 경우는 발광체의 분광강도분포의 계측시 등에 필요하다.

또, 일반적으로 분광기는 편광에 대한 위상특성을 가지고, 선택파장에 의해서 그 특성이 변동하는 것이 많다. 편광을 이용하는 시스템에서는 분광기를 출사한 빛을 편광필터에 입사시키는 등의 배려가 필요하다.

광학기술교육안내

'최첨단 광기술 교육세계로의 초대' -Code V & LightTools User 세미나 -1월 25일 (주)모던하이테크 세미나실에서 열려-

(주)모던하이테크(대표·김명중)에서는 올해에도 광학설계 인력양성 및 저변 확대를 위해, LightTools와 CODE V에 대해 사용자 교육 세미나를 진행한다. 1월 25일에 모던하이테크 세미나실에서 LightTools를 이용한 1일 기초교육 세미나가 열릴 예정이며, 참석을 원하는 사용자는 홈페이지를 통해 누구든지 신청할 수 있다. 또한 (주)모던하이테크에서 주관하는 교육일정에 대해서도 매달 홈페이지 및 카페를 통해 확인할 수 있으므로, 사용자는 관심 있는 세미나에 참석하여 자신의 프로그램 활용 능력을 향상시킬 수 있다.

CODE V는 결상광학 설계 프로그램으로서, 적용분야는 CD, DVD와 같은 광 저장 정보장치, 핸드폰, 디지털 카메라 및 Projection 디스플레이 등의 광학설계에 사용된다. CODE V의 주요 기능에는 수차 및 공차분석, Optimization, Macro 등이 있으며, 1일 기초 사용자 교육 세미나에서는 광학 기초이론, CODE V Drawing, MTF 최적화 방법까지 CODE V의 기초적인 정의와 실습을 모두 다루고 있다.

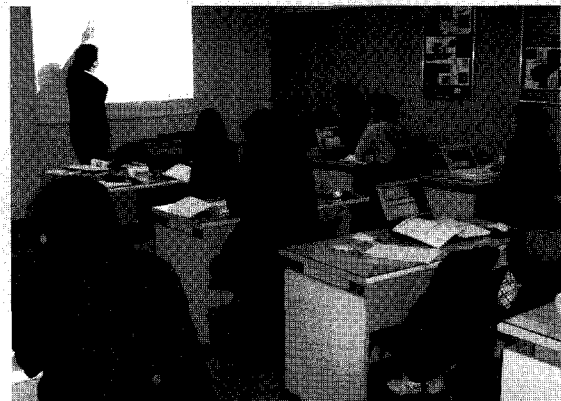
이와 더불어 LightTool는 조명광학(LED, OLED, LCD, PDP, BLU등) 설계 프로그램으로서, 사용법이 매우 쉬우며, 국내·외 여러 회사의 광원 Data를 바로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 다양한 optical 속성을 적용하여 설계된 조명시스템의 조도, 휘도, 광도 등에 대한 결과 Data를 정확하게 평가할 수 있다. 이번에 있을 1일 기초 사용자 교육 세미나에서는

LightTools 활용방법, 사용자 Interface, 3D 모델링, 결과해석을 중점적으로 다룰 예정이다.

(주)모던하이테크는 1994년 창사 이후로 21세기 정보화 산업 사회에 발맞추어 국내 광학산업 발전에 기여하고자 S/W 개발 및 정보기술 분야에 다년간 시간과 노력을 투입하여 광학설계 산업 분야에 많은 기술과 노하우를 축적해 왔으며, 세계적인 규모의 광학설계 소프트웨어 회사인 Optical Research Associates사의 결상광학 및 조명광학 설계 소프트웨어, Code V와 LightTools를 국내에 독점적으로 공급하고 있다. 이와 함께 다년간의 시간과 노력을 투입하여 광학 설계 기술 세미나를 개최함으로써 국내 고급 전문 설계 인력을 양성하고 있을 뿐만 아니라, 많은 경험과 축적된 노하우로 Optical Engineering Service사업을 전개해 오고 있다.

■ 문의 및 신청 : 홈페이지 참조

(www.okmodern.com)



▶ LightTools를 이용한 1일 사용자 기초교육 세미나 광경