

# 우주관측기기와 첨단 광학부품

우주관측은 매우 먼 거리를 여행해오는 미약한 광신호를 탐지하여 분석하는 일이다. 천문학에서의 신호분석은 광신호의 총량을 측정하는 비교적 단순한 면도 있지만, 이 보다는 주로 세밀한 광신호 공간분포구조 혹은 고분해능의 파장별 광신호 분포를 충분한 S/N비로 알고자 하는 경우가 대부분이다. 통째로 받아도 매우 미약한 입사신호를 공간적으로 혹은 파장에 따라 지극히 미세하게 쪼개어 연구의 대상으로 삼는 것이다. 이처럼 어두운 우주의 심연과 먼 과거에 대한 관측을 추구하는 현대천문학은 대단히 도전적인 기술적 발전을 항상 필요로 해왔다.



글/연세대학교 천문우주학과 교수 변용익

## 1. 우주관측과 우주관측기기

우주관측기기는 크게 광신호를 모으는 역할을 하는 망원경과 그에 부착되는 관측기기로 나누어 고려할 수 있다. 관측기기는 또한 영상을 획득하는 것을 목적으로 하는 영상측광장비와 파장에 따른 신호분포를 조사하는 분광장비로 대별되며, 활용파장대역에 따라 또 필요한 공간분해능이나 분광분해능에 따라 다양한 세부사양으로 개발되고 있다.

관측기기는 대개 광학부, 전자센서부, 정밀기계제어부의 세 가지 요소로 구성되어있다. 우주관측의 효율을 극대화시키기 위해서는 이 모든 구성요소들이 함께 최적화되어야 한다. 망원경의 구경이 우주관측 역량을 결정짓는 가장 큰 요소임은 여전히 부정할 수 없지만, 관측기기의 효율성이 동반되어야만 그 망원경의 성능이 제대로 발휘되는 것이다. 그래서 관측기기 효율의 중요성이 깊이 인식된 현재의 망원경 건설 사업들은 과거와는 달리 망원경 제작비와 거의 동일한 규모의 예산을 관측기기 개발제작에 배정하고 있다.

## 2. 우주관측기기에 사용되는 주요 첨단 광학부품들

현대우주관측기기에 사용되는 광학부품과 기술은 렌즈, 거울, 코팅, 프리즘, 그레이팅, 그리즘, 필터, 편광기, 스플리터, 광섬유 등 매우 다양하다. 여기에서는 그 중 첨단의 광학부품들 일부에 대해 소개해보도록 한다.

### ▶ 편평교정렌즈(Field Corrector/Flattener)

우주관측에 쓰이는 망원경들은 넓은 면적에 쏟아지는 광신호를 한 곳으로 모아주는 역할을 한다. 그러나 평면으로 이루어진 초점면은 극히 작으며, 넓은 초점면은 대부분 곡면으로 되어있다. 따라서 넓은 시야의 평면에 대해 우수한 광집중도를 확보하기 위해 여러 장으로 이루어진 편평교정렌즈를 사용하는 경우가 많다. 이러한 교정렌즈는 과거에도 꾸준히 만들어져왔지만, 현재 요구되는 렌즈는 그 크기가 매우 크다. 직경 1미터가 넘는 렌즈들이 배열되어야만 현대 천문학의 요구를 충족시킬 수 있기 때문이다. 큰 직경의 렌즈들을 얼마나 얇고 큰 곡률로 만들 수 있을 것인가. 또한 대형 광학계 전체에서의 정렬이 망원경의 움직임에 따라 얼마나 정확히 유지될 수 있을 것인가 등이 숙제로 남아있다.

### ▶ 대기분산교정렌즈(Atmospheric Dispersion Corrector)

편평교정렌즈가 비교적 오랫동안 천문학계에서 만들어왔던 교정렌즈라면, 대기분산교정렌즈는 최근까지 거의 사용의 필요를 느끼지 못했던, 그러나 이제는 대형망원경이라면 반드시 있어야만 한다고 생각되고 있는 새로운 형태의 교정렌즈이다.

지구의 대기는 그 외부에서 들어오는 입사광신호의 지평 고도에 따라 서로 다른 크기의 굴절을 일으킨다. 대체로 지평선에 가까울수록 또 파장이 짧을수록 그 굴절량이 크다. 따라서 똑같은 별이라도 푸른색을 보는지 또 붉은 색을 보는지에 따라서 천구면에서의 위치가 다소 다르게 된다. 따라서 수십 마이크론의 작은 파이버를 사용하는 다천체(저분산)분광의 경우 매우 심각한 악영향을 받는다. 또한 태양이 각 90도나 270도 근처를 관측해야하는 영상관측도 마찬가지이다. 두 가지 모두 과거에는 크게 신경 쓰지 않아도 되는 영역이었으나 이제는 중요한 관측연구의 하나로 바뀐 상태이다. 대기분산교정렌즈로 많이 쓰이는

것은 두 장의 용융실리카 계열 곡면렌즈 사이에 한 쌍의 평면 프리즘을 넣는 방식이다. 프리즘들의 분산벡터를 회전으로 조정함으로써 임의 방향과 크기의 인공적인 분산을 만들어낼 수 있고, 이를 이용하여 대기의 분산효과를 상쇄시킨다. 검출기의 대형화와 광시야의 필요에 의해 이 교정렌즈의 크기도 매우 커지고 있으며, 이것이 광학계 가공과 고정밀제어에 대해 새로운 도전을 요구하고 있다.

### ▶ 형상변화반사경(Deformable Mirror)

지구의 대기는 외부에서 오는 광신호가 반드시 거쳐야 하는, 쉬지 않고 움직이며 변하는 크고 작은 많은 렌즈들의 조합이라고 할 수 있다. 무한이라고 해도 무방한 거리에 있는 모든 별들은 실질적으로 점광원처럼 관측되어야 하지만, 이러한 대기의 특성 때문에 빛이 여러 갈래로 나뉘고 그 위치가 계속 미세하게 변하면서 결국 크게 퍼진 모습이 된다. 따라서 아무리 크고 훌륭한 광학성능을 가진 망원경이라고 해도 공간분해능은 대기의 효과에 의해 좌우되어 형편없는 경우가 대부분이다.

형상변화반사경은 입사광신호의 파면분석을 고속으로 실행하여 이를 기준으로 초점면에서의 광집중도를 최대화시키기 위해 반사경의 형상을 변경하여 광경로를 미세 조정하는데 사용된다. 이러한 기술을 적응광학계로 통칭하는데, 현재까지 개발된 기술은 미세조각거울들의 조합, 혹은 얇은 평면경이나 박막거울에 수십 개의 액츄에이터를 부착하여 작은 빔을 다루는데 한정되어 있다. 천문학자들은 보다 큰 빔을 보다 빠르게 또 보다 큰 폭으로 조정할 수 있는 형상변화반사경을 원하고 있다. 현재 기획되는 초대형망원경들의 경우 부경 전체를 형상변화반사경으로 할 경우 수천 개에서 수만 개의 액츄에이터가 부착되어야 하며, 이들이 밀리초의 빠르기로 조정될 수 있어야 한다.

### ▶ 광섬유기술(Fiber Technology)

우주관측기에서 광섬유의 사용은 급속도로 증가하고 있다. 광섬유는 날개로 흩어져 초점면에 배열되는 경우 각각의 천체에서 오는 빛을 따로 채집하여 정렬된 형태로 분광기에 넣어줌으로써 매우 효율적으로 많은 수의 천체를 동시에 관측할 수 있도록 해준다. 또한 다발로 밀집되어 사용되는 경우 2차원 영상을 함께 얻어주는 기능도 제공한다. 수천 개에서 수 만개에 이르는 광섬유를 이용한 차세대 분광영상기들이 기획되고 있으며, 각각의 광섬유를 어떻게 마이크론 단위로 미세 조정할 것인가, 얼마나 빨리

### 국내 천문우주 광학기술의 현황과 전망

조정할 수 있을 것인가, 그리고 광섬유 신호 도입부와 전달과정 및 다른 광섬유와의 결합부에서의 신호 손실을 어떻게 최소화할 것인가 등이 해결해야 하는 난제로 남아있다.

#### ▶ 비주기광섬유 브래그격자(Aperiodic Fiber Bragg Grating; AFBG)

1~2 마이크로 파장에 해당하는 근적외선에서는 밤하늘이 아주 밝아서 어두운 천체의 관측이 매우 어렵다. 과거에는 근적외선 신호검출기의 효율도 몹시 좋지 않아 그 어려움이 더욱 심했었는데, 천문 및 군사목적에 위한 센서기술의 발전으로 근적외선 검출기도 가시광선의 CCD와 비견될 정도로 높은 효율을 지니게 되었다. 현재로서는 밝은 근적외선 하늘이 가장 큰 문제로 남아있는 것이다. 근적외선에서 하늘이 밝은 이유는 상층대기에 있는 수산기(OH분자)가 강한 방출선을 내고 있기 때문이다. 약 100여 개의 가느다란 분광선들이 전체 하늘밝기의 98% 이상을 차지하고 있다. 또 이 방출선들은 시간에 따라 빨리 변하기 때문에 근적외선 연구에 이중고를 안겨주고 있다.

천문학자들은 비주기광섬유브래그격자라는 새로운 광학기술에 큰 기대를 건다. 최근 근적외선의 일부 파장에 대해 약 10,000의 분광분해능에서 94%의 수산기 방출선 제거에 성공하였으며, 궁극적으로는 근적외선 전체

영역에 대해 50,000 이상의 분광분해능으로 대부분의 수산기 방출선을 99% 이상 제거할 수 있으리라고 본다. 이러한 성취가 이루어진다면, 광섬유의 근적외선 활용은 더욱 각광받을 것이다. 밤하늘을 100배 이상 어둡고 안정적인 상황으로 탈바꿈시킴으로써 천체신호의 검출과 분석을 훨씬 용이하게 할 것이며, 이는 근적외선 천문학의 새로운 지평으로 이어질 것으로 생각된다.

### 3. 천문학등 순수과학이 미래 원천기술에 대한 도전의 장이 돼야

천문학의 발전은 항상 새로운 기술의 발전이 있을 때 가장 역동적으로 이루어졌다. 선진국의 천문학 연구와 우리의 천문학 연구가 아직 큰 차이를 보이고 있는 근본적인 이유는 우리가 아직 순수과학연구와 응용기술개발의 가치를 따로 놓고 보기 때문인 것은 아닐까. 새로운 연구를 위해 새로운 기술이 필요한 것은 자명한 이치이다. 그리고 이러한 일들이 함께 벌어질 때 비로소 천문학과 같은 순수과학이 미래 원천기술에 대한 도전의 장이 되는 것이다. 우주관측에 대한 초대형 차세대프로젝트들이 전 세계적으로 우후죽순처럼 기획되고 추진되는 지금이야말로, 우리 천문학자들은 광학연구자, 그리고 전자공학자 및 기계공학자들과 더불어 아이디어를 나누고 미래를 함께 설계하는 체제를 구축해야만 할 것으로 생각된다.

## Korea Optical Industry Association



www.koia.or.kr 광학세계 클릭

## 『광학세계』웹진 운영!

그동안 책자로 보시던 『광학세계』를 이제 인터넷상에서 웹진으로 만나보실 수 있습니다.

기존에는 『광학세계』를 구독하기 위해서 우송료 1만 2천원을 납부하셨으나 홈페이지상에서 회원 가입을 통해 간편하게 이용하실 수 있습니다.

**KOIA 한국광학기기협회**  
KOREA OPTICAL INDUSTRY ASSOCIATION

(156-819) 서울시 동작구 사당3동 218 정보빌딩 4F  
TEL 02-3481-8931 FAX 02-3481-8669