

## 공간과 파장에 대하여 독립적인 줌기능을 가지는 영상분광기를 위한 줌 렌즈 설계

### Optical design of zoom lens for a imaging spectrometer that individually controls spatial and spectral resolution

최진, 김태형, 공홍진, 이종웅\*

한국과학기술원 물리학과 및 영상정보특화연구센터, \*청주대학교 정보기술공학부

jinchoi@kaist.ac.kr

1980년대 중반부터 원격탐사를 위한 영상분광기에 대한 연구가 폭넓게 이루어져왔다. 영상분광기는 2차원의 공간영상을 측정하는 동시에 공간영상의 각 픽셀에 대한 스펙트럼을 측정하는 광학계이다. 이러한 영상분광기를 통해서 얻어진 3차원의 데이터는 분광학연구를 통해서 농업, 광업, 지질조사, 해양조사, 재난구조, 그리고 군용 등에서 표적의 물성을 파악하는 용도로 다양하게 활용된다. 한국과학기술원의 영상정보특화연구센터에서는 2004년부터 가시광선영역에서 동작하는 pushbroom scanning을 이용하는 dispersive타입의 군사용 영상분광기를 개발 중에 있다. 영상분광기의 광학계에 대한 연구는 표적의 판독능력을 향상시키기 위해 공간분해능과 파장분해능을 향상시키는 방향으로 진행되어왔다. 그런데, 공간분해능을 향상시키면 광학계의 시야각이 좁아지는 단점을 가지게 되고, 파장분해능을 향상시키면 광학계를 통해서 관측되는 파장영역이 좁아지는 단점을 가지게 된다. 이러한 단점을 본 연구에서는 영상분광기에 줌기능을 도입하여 해결하였다. 그리고 본 광학계의 또 다른 특징으로 영상분광기의 공간분해능과 파장분해능을 독립적으로 조절하는 기능을 가지고 있다.

통상적인 영상분광기는 그림 1과 같이 scanner(스캔부), fore-optics(전반부 광학계), slit(슬릿), collimator(시준렌즈), dispersion element(분산소자), focusing lens(집속렌즈)로 이루어져있다. 전반부 광학계는 관측영역의 2차원 공간영상을 슬릿에 맺혀주고 1차원의 라인 영상만 뒤로 투파시킨다. 그리고 슬릿을 통과한 빛을 분산소자에 입사시키기 위해 시준 시켜주는 시준렌즈와 시준된 빛을 각 파장별로 다른 회절각을 가지도록 분리시키는 분산소자, 각 파장별로 다른 각도로 퍼지는 빛을 공간과 파장에 대한 영상으로 맺혀주는 집속렌즈, 각 파장별로 분리된 라인 영상을 맺는 검출기로 이루어진다. 그림1의 spatial axis에 평행하게 슬릿의 라인영상이 맺히게 되고, 각 pixel의 스펙트럼이 spectral axis에 평행하게 얻어진다. 이러한 1차원의 공간영상과 1차원의 파장영상에 대해 다른쪽 공간영상축을 따라 거울을 이용하여 스캔하면, 관측하고자 하는 영역의 2차원 공간영상과 각 공간영상픽셀에 대한 스펙트럼정보를 얻게 된다.

본 연구에서 제시하는 공간과 파장에 대하여 독립적으로 분해능 조절이 가능한 영상분광기는 통상적인 영상분광기에서 전반부 광학계와 집속렌즈에 줌렌즈를 사용한 형태이다. 전반부 광학계의 초점거리가 변하게 되면, 보고자 하는 영상의 공간차원을 조절할 수 있게 된다. 그리고 집속렌즈의 초점거리를 조절하면 공간과 파장영상을 동시에 조절하게 된다. 따라서, 영상분광기의 파장분해능과 파장대역은 집속렌즈의 줌비율에 의해 결정되고, 공간분해능과 시야각은 전반부 광학계와 집속렌즈의 줌비율의 곱으로 결정된다. 이러한 방식으로 전반부 광학계와 집속렌즈의 초점거리를 적절히 조절하면, 공간과 파장에 대한 분해능을 독립적으로 조절할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 줌기능을 가지는 pushbroom dispersive타입 영상분광기를 위한 집속렌즈를 설계하였다. 설계된 집속렌즈는 20 mm크기의 입사동이 외부에 위치한 줌렌즈이고, 초점거리는 50 mm

에서 150 mm까지 조절이 가능하다. 그리고 450 nm에서 900 nm의 파장영역에서 작동하도록 하였다. 줌렌즈 설계는 렌즈모듈방법을 통하여 기초설계를 하였고, 자이델 3차 수차이론을 이용하여 두꺼운 렌즈로 변환하였다.[1] 변환된 두꺼운 렌즈는 광학설계프로그램인 CODE V를 이용하여 최적화하였다. 최적화 결과 그림 2와 같이 450 nm에서 900 nm의 파장영역에 대해서 3배 줌이 가능한 영상분광기를 위한 집속렌즈를 얻었다.[2]

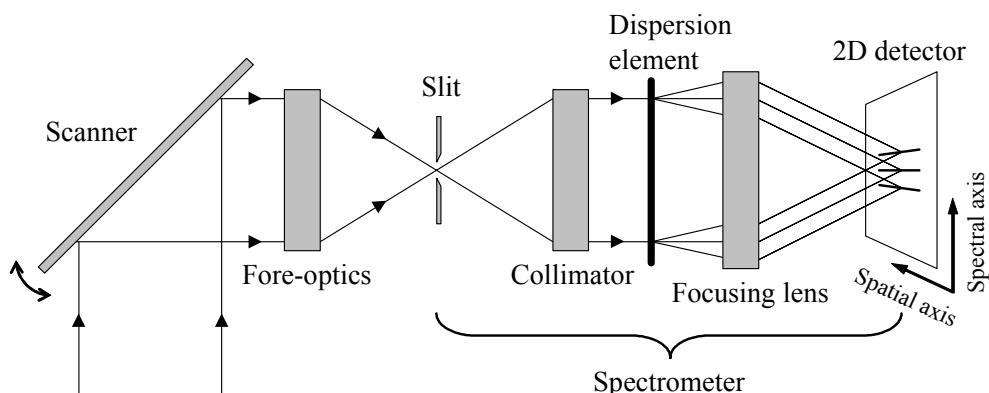


그림 1. 영상분광기의 구조

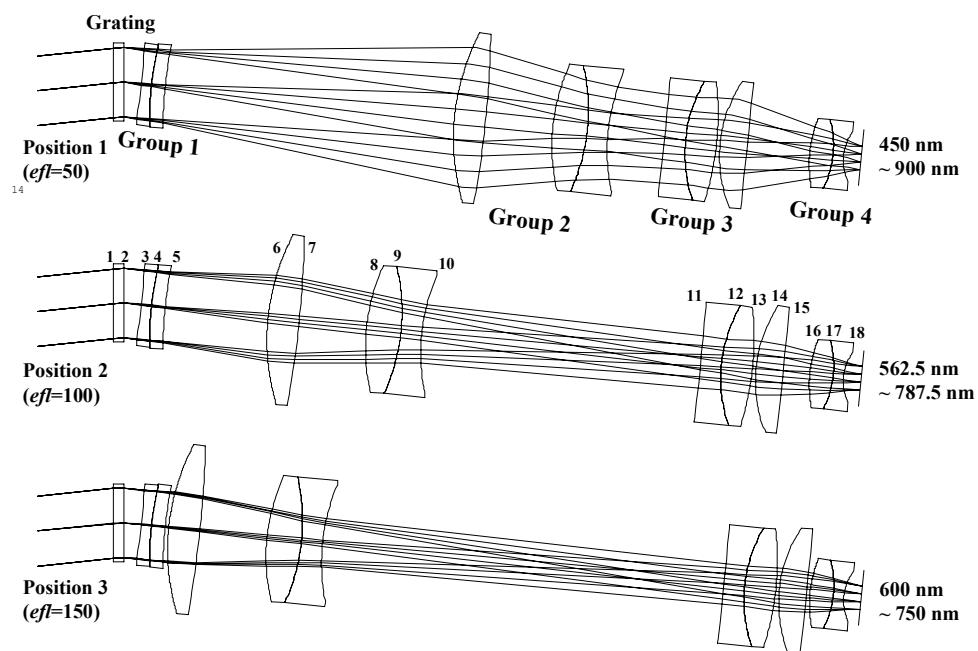


그림 2. 설계된 줌렌즈에 대한 광선추적결과

본 연구는 한국과학기술원 영상정보특화연구센터를 통한 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

1. S. C. Park and R. R. Shannon, "Zoom lens design using lens modules," Opt. Eng. **35**, 1668 (1996).
2. Jin Choi, T. H. Kim, H. J. Kong, and Jong Ung Lee, "Zoom lens design for a novel imaging spectrometer individually controlling the spatial and the spectral resolutions," submitted to Appl. Opt. (2005).