

## 인공위성 탑재용 극자외선 태양망원경(EUVT) EM 개발

이선민<sup>†</sup>, 장민환, 이은석  
경희대학교 우주과학과

### DEVELOPMENT OF THE SOLAR EUV TELESCOPE ENGINEERING MODEL FOR A SATELLITE

Sun-Min Lee<sup>†</sup>, Min-Hwan Jang, and Eun-Seok Lee  
Dept. of Astronomy & Space Science, Kyung Hee University, 449-701, Korea  
E-mail: smlee428@hanmail.net

(Received October 15, 2003; Accepted November 19, 2003)

#### 요 약

본 논문에서는 인공위성에 탑재될 것을 감안한 극자외선 태양망원경의 제작을 통한 연구 결과를 기술한다. 극자외선은 지상에서는 관측되는 않는 영역으로 인공위성이나 로켓 등에 탑재되어 관측하게 된다. 본 연구의 극자외선 태양망원경(EUVT; Extreme-Ultra-Violet solar Telescope)의 설계는 ‘인공위성 탑재용 극자외선 태양망원경 공학모형 설계’(한정훈 등 2001)를 기반으로 인공위성에 탑재할 만한 크기와 위성 입력전압에 따른 전자부 설계 등 기본적인 요구사항에 맞추었으며, 특히 EUVT의 관측 파장대인 58.4nm에서 62.9nm의 검출 가능성에 중점을 두었다. 본 논문에서는 부경으로 인한 차폐율을 줄이기 위한 광학계 설계 변경과 공학모형(Engineering Model)을 제작하는데 사용된 검출기와 광학 기술에 대해 논의한다. 또한, EUVT의 검출기가 받는 태양 복사량을 산출하기 위한 검출효율 프로그램과 차후 관측 자료 처리에 대해 기술한다.

#### ABSTRACT

The aim of this paper is to describe the results of the study on the extreme-ultra-violet (EUV) solar telescope, which is designed for a possible satellite mission. Since the EUV band can not be observed on the ground, the observation in EUV should be performed in space using a satellite or a rocket. Design of the Extreme-Ultra-Violet solar Telescope (EUVT) in this study is based on “Designing a small-sized engineering model of solar EUV telescope for a Korean satellite” (Han et al. 2001). Our EUVT design is satisfied with the requirements for a satellite in size and input voltage. The major goal of the study is to confirm if we can detect the specific wavelength (58.4nm to 62.9nm) with the EUVT. We describe re-designing of the EUVT to decrease a shelter ratio. Also we describe the technics in the optic system and the detector, which were used to manufacture the EUVT. We explain the detective program, which is to calculate the amount of the solar radiation, and the image data processing system.

*Keywords:* space-based ultraviolet telescope, solar instrument, EUV filter, EUV coating, MCP

---

<sup>†</sup>corresponding author

## 1. 서 론

우주에서 극자외선 영역의 복사를 내는 물체들은 활동적인 코로나를 가진 낮은 온도의 별들과 백색 왜성들, 격변 변광성 그리고 활동 은하핵 등이 있으며 가까운 태양의 경우에도 채층 코로나와 플레어, 코로나와 태양풍의 경계면에서 극자외선 영역의 복사를 내는 등, 이 파장대의 복사는 우주 물체의 거의 전 영역에 걸쳐있기 때문에 극자외선 관측은 우주연구에 매우 중요한 위치를 점하고 있다(Worden et al. 1998, 1999). 특히, 태양의 극자외선 복사에너지의 증가는 상층대기를 가열시켜 대기밀도를 증가시키고, 이는 인공위성이 운행하는 고도까지 영향을 미친다. 또한 태양이 방출하는 고에너지 입자들은 single event upset을 야기하여 위성 내의 마이크로칩을 손상시키고 탑재 컴퓨터의 소프트웨어 명령을 변환시키기도 하며 인공위성에 대전현상을 일으켜 결과적으로 부품을 손상시키기도 한다. 태양 활동으로 인한 전리층의 교란은 이상 전파현상을 야기하여 인공위성을 이용한 통신, 선박과 해안간의 교신, 단파방송, 군사용 레이더 시스템 등을 교란하게 된다. 이런 이유 때문에 태양의 극자외선 복사는 극자외선 관측이 시작된 초기단계부터 중요한 연구대상이었다.

위와 같은 중요성에도 불구하고 극자외선(70-900Å) 영역의 관측은 지구대기의 오존층에 의한 흡수로 인해 지상에서의 관측이 불가능하므로 로켓이나 인공위성에 탑재되어 관측될 수밖에 없다. 그러한 이유로 극자외선 영역에서의 태양관측 역사는 매우 짧다. 처음 1960년대에 계속된 OSO(Orbiting Solar Observatory) 위성들에서 시작되어 미국의 Skylab 등에서 좁은 파장영역의 간헐적인 관측이 이루어졌다. 근접한 파장대인 자외선 천문연구는 1979년에 정지궤도에 올려진 구경 40cm의 IUE(International Ultraviolet Explorer)에 의해 비로소 본격적으로 시작되었다. 극자외선 영역의 관측은 우주왕복선의 ORFEUS(Orbiting and Retrievable Far and Extreme Ultraviolet Spectrometer) 이후, 1989년 처음 발사를 시작으로 일련의 로켓에 의한 SERTS(Solar EUV Rocket Telescope and Spectrograph) 계획이 현재 진행 중이다. 또한, 위성에 탑재되어 종합적 우주망원경의 역할을 하는 EUVE(Extreme Ultraviolet Explorer)가 1992년에, SOHO(Solar and Heliospheric Observatory)가 1995년에 각각 발사되어 운용되고 있다. 하지만, 극히 짧은 파장이라는 극자외선의 성질 때문에 고도의 광학시스템과 검출기 시스템 기술이 요구되는 관계로 극자외선 관측의 역사는 우주기술의 선진국인 미국에서조차 본격적인 역사가 10년도 채 안되는 실정이다.

이와 같은 상황에서 본 연구의 목적은 극자외선 태양관측 망원경의 직접 제작을 통해 국외의 광학 기술과 망원경 설계 기술 자료를 수집하고, 적용해 보는 것이다. 본 연구는 태양관측 광학망원경 탑재체 제작의 시초가 되며, 향후 국내 위성의 탑재체 제작에 근간이 될 것으로 기대된다.

## 2. EUVT(Extreme-Ultra-Violet solar Telescope)

### 2.1 광학계

#### 2.1.1 광학설계

초기 설계에서는 주경의 직경이 80mm, 부경이 40mm였다(한정훈 등 2001, ZeMax 2001). 초기 설계 양식인 Richey-Chretien 방식과 주경의 지름 80mm를 고정하고, 차폐율을 낮추기 위해서 부경의 크기를 줄여 설계를 다시 하였다(CodeV). 그 결과 망원경 광학설계 기본요소는 표 1과 같다.

그림 1은 EUVT 광학계에서 매질을 통과하면서 광량이 감소하는 정도를 나타낸 MTF(Modulation

표 1. EUVT 광학 설계 기본 요소.

망원경 설계 요소	척도
방식	Ritchey-Chretien
주경의 직경	80mm
주경 초점비	F/5.25
주경의 conic 상수	-1.651170
부경의 직경	35mm
부경 초점비	F/11
부경 conic 상수	-37.38870
유효초점거리	640mm
FOV(Field of View)	About 36" × 48"
유효 초점비	F/8
관측 파장대	584.3(Hel)~ 629.7 (OV)
Total Track	280mm
Back Focal Length	50mm

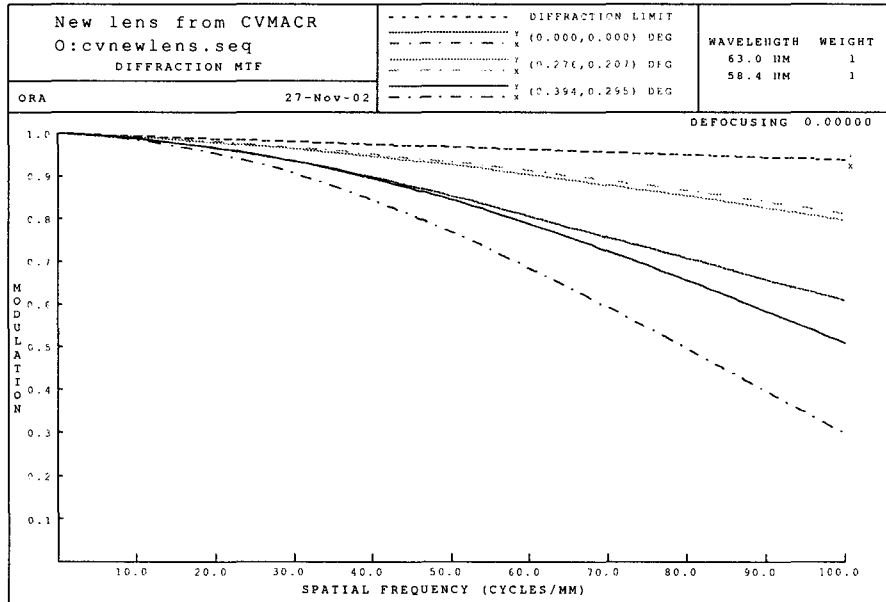


그림 1. MTF 특성.

Transfer Function) 곡선이다. 맨 위의 점선은 회절 한계를 나타낸다. 이 곡선과 그 아래 곡선들이 일치하는 경우가 망원경이 가장 좋은 성능을 보일때이다. 회절한계 아래의 세 종류의 선들은 각각 광학계의 축상(0도)으로 들어오는 광선과 비축으로 들어오는 광선을 각각의 각도에 따라 나타낸 것이다. 비축으로 들어올수록 광학계를 통과하면서 생기는 광량손실이 축상에서 보다 더 큰 것이 일반적이다. 그림 1은 100/mm에서 자료를 본 것으로, 광량이 축상과 비축상에서 대부분 50% 이상 나오는 것을 확인할 수 있다. RGB가 완전히 일치하진 않지만, CCD가 분해할 수 있는 한계보다는 성능이 좋게 설계되었다.

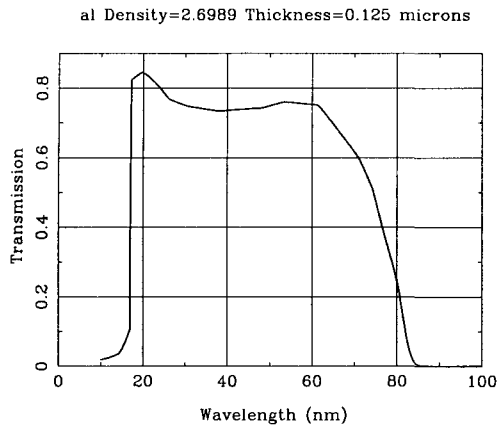


그림 2. Al 필터의 투과율.

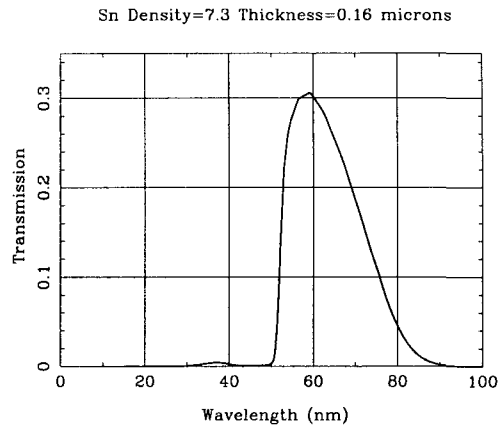


그림 3. Sn 필터의 투과율.

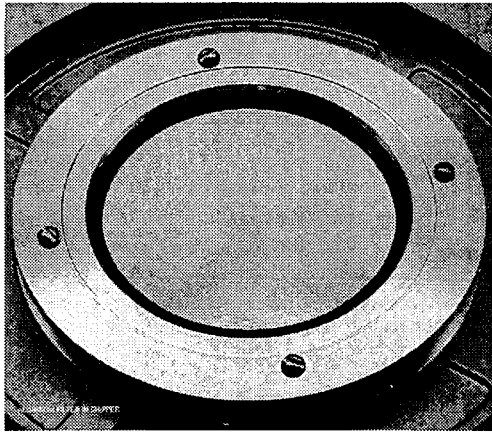


그림 4. Al 필터(80mm).

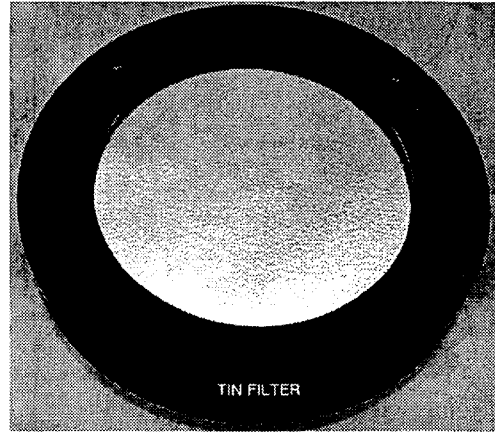


그림 5. Sn 필터(25mm).

### 2.1.2 필터

입사 필터인 Aluminum 필터는 극자외선 관측에서는 매우 흔히 쓰이는 필터이다. 85nm 이상의 빛을 모두 막아주어 효율을 높여줄 뿐만 아니라, 열 또한 차단해 주기 때문이다(그림 2 참조). 그러므로 이 필터의 사용으로 광학계는 전체적으로 보호받을 수 있다. 본 연구에서 개발한 EUVT에서는 구경이 80mm로 일반 상용 필터에 비해 대구경인 필터를 사용하게 되어 제작비용이 상대적으로 높았다. 또 하나의 필터는 Sn 필터로서 그림 3에서 보는 것과 같이 본 연구에서 요구하는 파장대만 효율이 매우 높다.

이 두 필터는 'Thin film filter'라고 불리는데, nickel로 meshing되어 있으며(Luxel Corporation; <http://www.luxel.com>), 매우 손상이 쉬워 보관과 관리가 특별히 요구된다. 조립 시에 특별히 주의해야 한다. 그림 2는 Al 필터의 투과율을, 그림 3은 Sn 필터의 투과율을 나타낸 것이다. 그림 4와 5는 Luxel사에서 제작된 필터의 실제 모습이다. 그림 4의 Al 필터의 경우는 운송을 위한 자체 제작

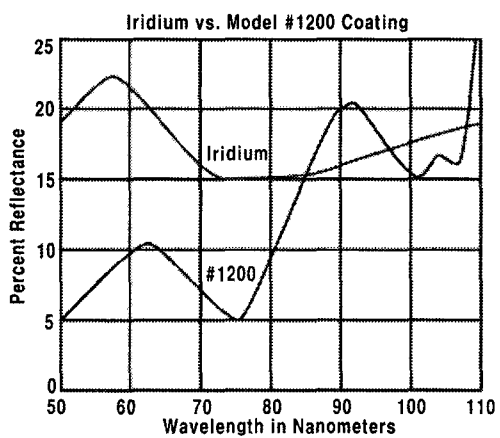


그림 6. Iridium coating의 반사율.



그림 7. Iridium coating된 EUVT 반사경.

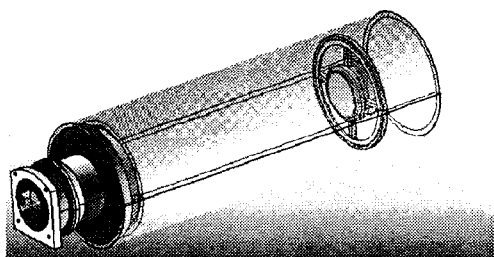


그림 8. EUVT 광학계 modeling.

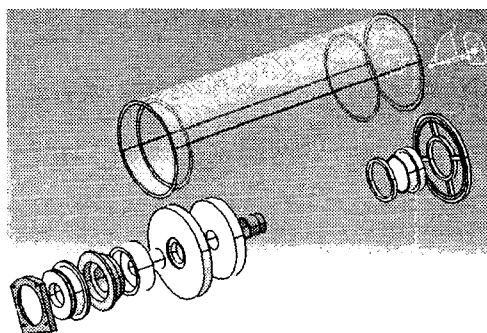


그림 9. EUVT 광학계 부분별 modeling.

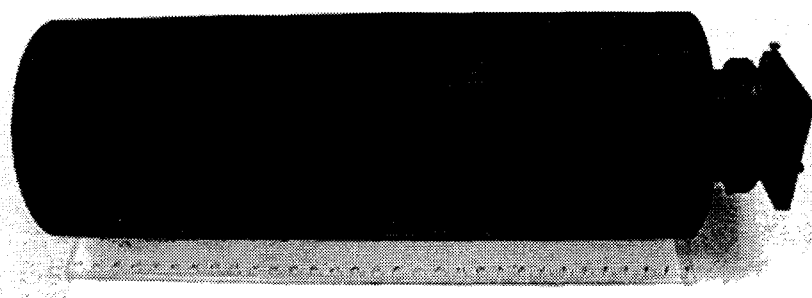


그림 10. 제작된 EUVT 광학계.

표 2. Zerodur 등급에 따른 불순물 함유 정도.

	Standard	Special	Class 3	Class 2	Class 1	Class 0
단위부피당 불순물이 차지하는 면적 ( $\text{mm}^2/100\text{cm}^3$ )	2.0	1.0	0.5	0.25	0.1	0.03
단위부피당 평균 불순물 수 ( $\#/100\text{cm}^3$ )	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0

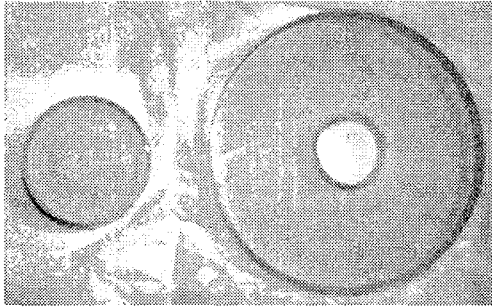


그림 11. Zerodur를 가공한 EUVT의 Mirror.

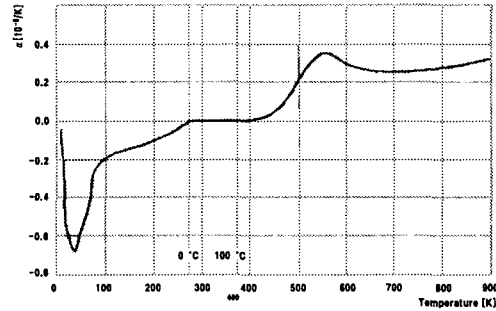


그림 12. Thermal effect of zerodur.

mount를 볼 수 있고, 그 안쪽으로 조금 보이는 검은 링이 본 망원경에 장착될 mount이다. 그림 5는 Sn 필터의 모습이다. Sn 필터는 검출기 바로 앞에 놓여지는 것으로, 본 과제의 특정 파장대에 가장 적합한 필터이다. 지름은 1inch이며, 직접 제작된 필터 case에 들어가게 된다.

필터의 효율은 물질의 두께에 따라 달라질 수 있다. 예를 들면, Sn 필터에서 두께가 0.12인 경우 최고 투과율이 0.4가 된다. 그러나, 본 연구에서는 Luxel 사의 표준 생산품인 두께가 0.16인 필터를 사용하였다. 필터 투과 설계는 CXRO(Center for X-Ray Optics; <http://www-cxro.lbl.gov>)의 웹페이지 도구를 이용하였다.

### 2.1.3 Coating

본 광학계에서는 반사경 coating 물질로 Iridium을 사용하였다. Iridium coating은 제작한 회사인 Acton에서도 실험치가 나온 지 얼마 안된 신기술이다(Acton Research Corporation; <http://www.acton-research.com>). 이 전에는 EUV 광학계에서 대부분 #1200 coating을 주로 사용하였었다. 그림 6에서 보듯이 Iridium의 반사율은 본 연구의 관측 파장대인 약 58nm에서 최고치를 보이고 있다. 80nm 이상의 파장대에서 반사율이 다시 증가하고 있지만, 본 망원경에 사용된 필터들에 의해 차단되어 무시할 수 있을 정도이다. 그림 7은 본 연구에 사용되는 주경과 부경에 Iridium이 coating된 모습을 찍은 사진이다.

### 2.2 기계구조

EUVT의 기계구조로는 Mirror mounting과 경통, 검출기 case로 나누어진다. 본 연구 초기의 자료 조사를 바탕으로 가장 간단하고, 위험성이 적은 구조로 설계하도록 노력하였다. 모델링은 CATIA

표 3. MCP Performance 특성.

Configuration	L/D Ratio	Maximum Voltage	Gain	Pulse Height
Single MCP	40:1	1000	$> 4 \times 10^3$	Neg. Exp.
	60:1	1200	$> 1 \times 10^4$	Neg. Exp.
Chevron	40:1	2000	$> 4 \times 10^6$	$< 175\%$
	60:1	2400	$> 1 \times 10^7$	$< 100\%$
Z-Stack	40:1	3000	$> 3 \times 10^7$	$< 120\%$
	60:1	3600	$> 2 \times 10^8$	$< 65\%$

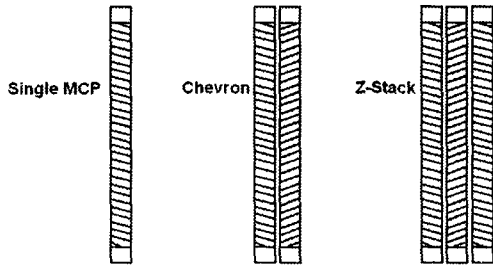


그림 13. MCP 종류.

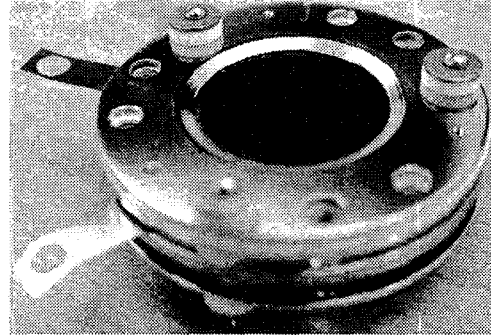


그림 14. MCP.

V5R9 프로그램을 이용하였으며, 그림 8은 조립된 EUVT의 전체적인 형상이고, 그림 9는 EUVT의 구성 요소별로 나타낸 형상이다. 그림 10은 개발 완성된 EUVT의 광학계 사진이다.

부경은 mount에 접착하였고, 주경은 base plate와 baffle, 경통으로 지지되어진다. 주경 mounting 뒤로 filter case, MCP case, CCD connector의 순서로 연결된다.

반사경의 재질은 열과 힘에 대한 변형이 적은 Zerodur를 사용하였다. 표 2는 Zerodur의 등급에 따른 불순물 함유 정도를 보여주고 있다. 불순물의 정도에 따라 반사경 가공 시 오차가 달라질 수 있다. 본 연구에서는 standard Zerodur로 가공하였다. 그림 11은 본 연구의 요구사항에 맞게 가공된 반사경의 모습이다. 그림 12는 Zerodur의 온도에 따른 변형 정도를 나타낸 그래프로 EUVT의 정상 작동 온도 범위인  $-20^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 의 범위에서 안정된 모습을 보여준다.

### 2.3 Detectors(MCP; MicroChannel Plate)

일반적인 CCD(Charge Coupled Device)로는 극자외선 영역에서의 검출 효율이 낮기 때문에 검출되는 광량을 늘리기 위해 본 연구에서는 MCP를 사용하였다. 표 3에는 MCP 종류에 따른 성능을 나타내고 있다. 그 중, 본 연구에서 사용된 것은 gain이  $3 \times 10^7$ 인 Z-stack이다. 그림 13은 MCP 구조를 간단히 보여주고 있다. 차례대로 Single, Chevron, Z-stack이 표현되어 있는데, 이것은 미세한 구멍이 뚫린, 다시 말해 짧은 증폭관이 모여 있는 판의 겹쳐지는 수에 따라 구분되는 것이다. 겹쳐지는 판의 수가 많아질수록 gain이 높아지는 것을 표 3에서 볼 수 있다. 또한, MCP는 관측 파장대에 따라 ScI, CuI, MgF<sub>2</sub>, KBr 등의 coating을 하여 사용되는데, 본 연구에서는 극자외선에 민감한 KBr 코팅을 선택하였다(BURLE Technologies INC; <http://www.burle.com>).

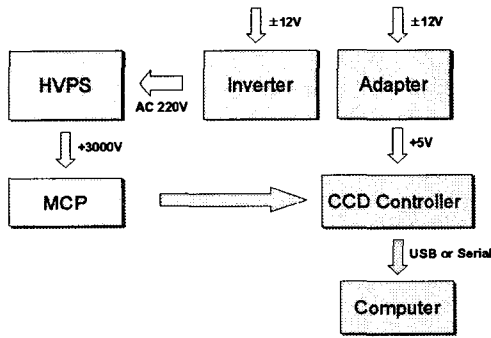


그림 15. EUVT 전자부 블록선도.

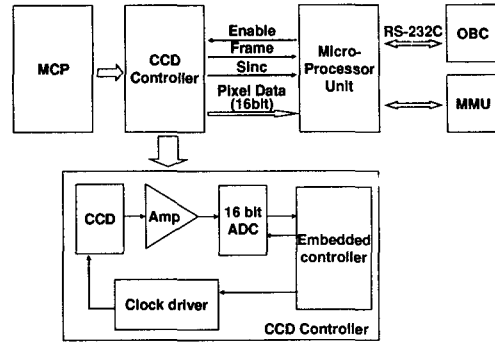


그림 16. 위성과 연결된 전자부 블록선도.

표 3에서 볼 수 있듯이 MCP는 매우 높은 전력을 요구하며, EUVT에서 사용된 MCP는 3000V 일 때 가장 높은 gain을 나타낸다. 그러므로 MCP는 높은 전력을 공급해주는 HVPS(High Voltage Power Suply)와 함께 설치되어야 한다. 그림 14는 EUVT에 장착된 MCP의 실제 사진이다. 왼쪽으로 세 개의 단자가 차례대로 돌출되어 있는 것을 볼 수 있는데, 차례대로 입력단자, 출력단자, 접지단자이다. MCP에서 증폭된 전자들은 CCD에서 검출되어 이미지 자료를 형성하게 된다.

### 2.4 전자부

탐재체에서 전자부에 포함되는 부분은 CCD, CCD 제어기, MCP, 전력부로 나누어진다. 본 연구에서는 위성에서 입력되는 전압을 12V로 가정하고 전자부를 설계하였다. 먼저 전원에서 12V를 공급 받은 후 변환장치를 이용하여 220V의 입력을 요하는 HVPS(High Voltage Power Supply)에 전력을 공급하고, 어댑터를 이용하여 CCD 제어기에 5V의 전압을 걸어준다. HVPS는 3000V에서 가장 높은 효율을 나타내는 MCP에 연결되어 전력을 공급한다. 5V의 전압을 받은 CCD 제어기는 USB 또는 serial를 통해 computer processor로 자료를 전송한다(그림 15 참조).

그림 16은 가상의 위성과 EUVT간의 자료 전송 및 제어 등의 상호작용(interface)을 나타낸 block diagram이다. MCP는 매우 높은 전류가 흐르도록 되어 있어, 공기 중에서 작동하게 되면 먼지 등으로 인해 타버리는 경우가 있으므로, 항상 청정 진공상태에서 작동시켜야 한다. 본 탐재체는 진공 chamber 안에서 실험되어 지고, 우주에 올려져 작동하게 되도록 하여, vacuum chamber를 구성하지 않았다. 전자부 box는 알루미늄으로 제작되어, 무게를 가볍게 하도록 하였으며, 검은색 anodizing을 하였다.

### 3. 검출 계산

효율계산은 현재 우리나라에서 본 연구의 관측 파장대역인 58.4nm~62.9nm 파장대의 source를 제공할 수 없으므로 필수적이다. 본 연구에서는 IDL(Interactive Data language)를 이용하여 확장성 있는 프로그램을 작성하도록 하여 다른 프로젝트에서도 사용하기 쉽게 하였다.

프로그램의 과정을 살펴보면, 자료 파일들을 읽어 들이고 파장을 기준으로 각기 달리 분포되어 있는 자료들을 태양 자료를 기준으로 변환시킨다(interpolate). 여기에서 나온 자료들의 값을 곱하



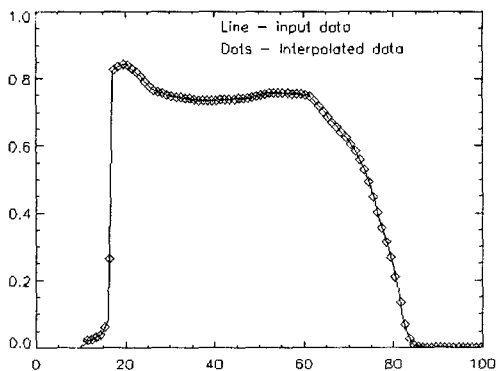


그림 17. Al 필터의 내삽된 자료와 초기자료와의 비교 그래프.

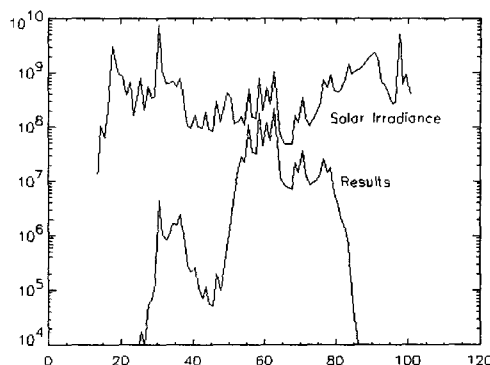


그림 18. EUVT 광학계 검출량과 태양의 광량 비교 그래프.

여, 효율성을 체크하게 되고, 그 자료를 적분하여 총 플럭스량을 추정한다. 내삽된 자료와 원래 자료를 비교해본 결과 간과할 만한 오차율을 포함하여 내삽된 자료를 이용하는 것에 문제가 없음을 확인하였다. 그림 17은 Aluminum 필터 투과 자료를 예로 하여 내삽된 자료를 비교한 그래프로써 시각적으로는 차이를 알 수 없을 정도이다. 총 검출량을 계산한 결과  $1.0541436 \times 10^9 \text{ph/cm}^2/\text{s}$ 의 값을 얻을 수 있었으며, 자료 검증을 위해 앞뒤의 30% 자료를 손실시킨 후 값을 구하였으나, 그 값이 거의 비슷하여, 충분히 넓은 값을 취했음이 증명되었다. 그림 18은 그 결과로 태양 플럭스(200nm 이상; Arvesen et al. 1969, 200nm 이하; Woods & Rottman 1997)와 EUVT가 받게 되는 태양광량을 비교한 그래프로 log scale로 나타내었다. x축과 y축의 단위는 각각 파장(nm)과  $[\text{ph/cm}^2/\text{s}/\text{nm}]$ 이다.

#### 4. 자료 처리계

본 연구에서는 위의 연구결과에 추가하여 인공위성에서 관측되어 전송되어지는 자료들을 장기적으로 관리하고, 저장, 분석하는 방법을 조사하여 앞으로 있을 국내 우주관측기기의 자료 분석, 관리에 도움이 될 수 있도록 하였다. 또한 PC(Personal Computer)에서 fits(Flexible Image Transport System) 파일을 읽고 이미지 처리가 가능한 영상처리 프로그램을 개발하였다.

##### 4.1 SolarSoft

현재 선진국들의 우주 태양관측기들은 대부분 'SolarSoft'라는 거대한 프로그램을 이용하고 있다. 이 프로그램은 전 세계 우주태양관측기기의 자료 분석에 공통적으로 이용되고 있으므로 차후 국내 태양 관측 위성이 운용될 경우에도 자료 교류와 분석의 일반화를 위해 필수적으로 사용되어야 할 것이다.

태양의 극자외선 영역 관측을 위한 SOHO, Yohkoh, TRACE, SMM 등 많은 Mission들에 의해 생산된 방대한 자료 처리 기술들은 SolarSoft(SSW; Solar Software, [www.lmsal.com/solarsoft](http://www.lmsal.com/solarsoft))로 집약되어져 있다. SolarSoft는 Solar Physics의 연구를 위해 많은 Programming source들과 자료분석환경을 제공하는 software libraries, data bases 그리고 system utilities들의 집합체이다. 이 SSW system은 IDL 언어를 기반으로 Yohkoh, SOHO, SDAC, 그리고 Astronomy libraries들로부터 만들어졌다.

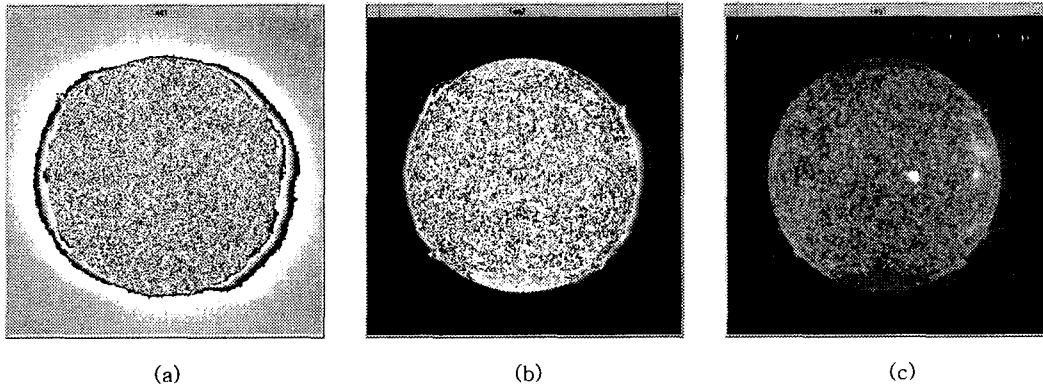


그림 19. EIT의 태양 이미지.

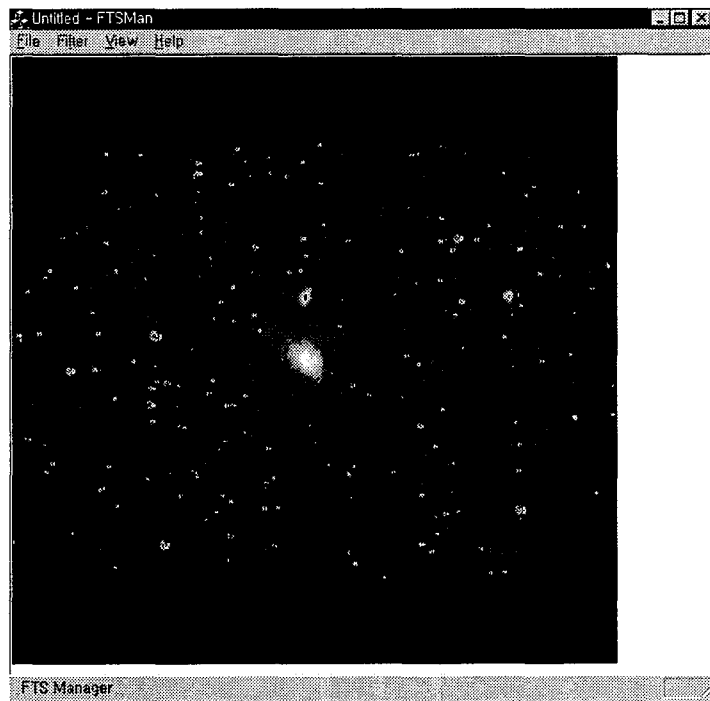


그림 20. Embossing 필터링.

자료를 분석하는 기본적인 방법은 크게 네 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 분석하고자 하는 대상의 fits file들을 불러 들여 변수에 저장, 둘째, 변수를 읽어 들임으로써 Image data array와 그 Image에 관한 정보가 들어있는 Header를 구분하여 각각의 변수에 저장, 셋째, Data Reduction과정 수행, 넷째, 세부적인 분석을 수행하는 것이다. 그림 19(a)는 EIT를 통해 획득된  $304\text{\AA}$ 의 full frame image이며, (b)는 eit\_prep을 수행 했을 때의 이미지, 그리고 (c)는 IDL의 'tvsc1'을 이용하여 나타낸 이미지이다.

#### 4.2 Windows용 Fits file reading program

본 연구에서 제작한 FTS Manager program은 FITS 파일을 이용해 이미지 처리를 할 수 있는 프로그램이다. 관측 초보자도 누구나 쉽게 이용할 수 있는 GUI(Graphic User Interface) 환경에, 원하는 이미지를 윈도우 95 이상의 기본 그래픽 파일인 비트맵으로의 변환을 가능하도록 하여 다른 그래픽 프로그램을 이용한 출력 및 편집 등이 용이하도록 하였다. 그 외에 이미지의 반전, 확대/축소, 미러링 등의 기능을 제공하며, 마우스를 이용하여 현재 위치의 값을 알 수 있다. CCD camera의 기본 파일포맷인 fits 파일을 PC에서 보다 쉽고 빠르게 구현하기 위해 본 프로그램을 개발하게 되었다. 그림 20은 본 프로그램 중 fits 파일을 읽어, embossing 필터링을 한 이미지를 보여준다.

### 5. 요약 및 결론

극자외선 관측이 가능하고, 탑재체로서의 기본적인 사양들에 적합한 것을 기본으로 하여, 제작과정이 용이하고, 단순한 구조를 지향하였다. 인공위성 탑재체로 적합한 광학계 시스템에 대해서 조사한 결과 Ritchey-chretien 방식이 가장 적절하였고, 일반적인 구조였다. ZeMax와 codeV를 이용하여 EUVT의 광학계를 설계, 분석하였다. EUV 특정영역(590~630Å 영역)의 검출 효율성을 높이기 위한 반사경 coating 기술과 필터에 대한 상세한 자료를 수집하였다. 특히 coating 물질의 선정을 위해 해외 논문과 기업의 실험 자료 조사를 통해 EUVT 관측 파장대에서 높은 DQE(Detection of Quantum Efficiency)를 보이는 물질들을 정리하고, EUVT의 반사경 coating 물질을 iridium으로 선정하게 되었다. Aluminum 필터를 입사필터로 사용하여, coating 수명 단축 등의 태양복사로 인한 영향을 줄일 수 있도록 하였다. 그리고, Zn 필터를 detector 앞에 뒀으므로 특정 관측 파장대에서의 효율성을 높였다. 또한, EUVT에는 MCP를 적용하여, 적은 태양검출량을 증폭시켜 CCD로 전달함으로써 관측 자료의 질을 높일 수 있도록 설계하였다. MCP의 적합성을 살펴본 결과 Z-stack 구조가 가장 효율이 높고, 적합한 것으로 평가되었다. 이렇게 제작된 EUVT의 검출 효율을 알아내기 위해 IDL로 프로그램을 작성하였다. 이는 태양 검출 광량을 계산할 수 있는 프로그램으로 EUVT의 검출 효율 자료들을 적용. 기존 태양관측 자료와 비교, 결과값을 산출하여 EUVT의 광학계 효율성을 검증하였다. 마지막으로 기존 태양관측 미션에서 사용중인 SolarSoft 시스템의 조사를 통하여 자료 처리 시스템 설계를 위한 기초지식을 확보하였으며, 윈도우 환경에서 fits 파일을 읽어 들이는 프로그램을 제작하여 일반 PC에서도 읽을 수 있도록 하였다.

이 연구를 통해 극자외선의 태양관측 가능성이 검증되었다. 앞으로 지속적인 연구와 과제 수행을 통해 태양관측 자료를 얻고, 그 자료를 이용한 우주환경예보 시스템이 구축될 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글: 본 연구는 한국과학기술평가원 과학기술국제화사업(I-00-039)의 지원을 받아 수행되었습니다.

### 참고문헌

- 한정훈, 장민환, 김상준 2001, 한국우주과학회지, 18, 145  
Arvesen, J. C., Griffin, R. N., & Pearson, B. D. 1969, Appl. Optics, 8, 2215

CATIA 2002, CATIA V5 기초 (서울: 중소기업진흥공단)

CodeV 2001, Introductory User's Guide, CodeV 9.0 (California: Optical Research Associates)

Woods, T. N., & Rottman, G. J. 1997, *J. Geophys. Res.*, 102, 8769

Worden, J., Woods, T. N., Neupert, W. M., & Delaboudiniere, J.-P. 1999, *ApJ*, 511, 965

Worden, J. R., White, O. R., & Woods, T. N. 1998, *ApJ*, 496, 998

ZeMax 2001, Zemax Optical Design Program User's Guide (Arizona: Focus Software)