

# Lockheed Martin 광학 분야 연구개발 동향

권 오 석

Space Imaging, Inc.  
okwon@spaceimaging.com

## 1. 서 론

아는 바와 같이, 미국의 주요 첨단 과학기술 연구개발은 대체로 국방안보기관들의 중장기 방위 및 안보 무기체계 개발계획과 NASA를 중심으로하는 우주개발 사업에 참여하는 대규모 주요 방산업체들과 각 분야별로 전문화된 수많은 중소 하청업체들의 끊임없는 유기적 노력의 산물이라고 하겠다. 물론 여기에는 우수한 대학들과 국립 연구소들의 역할도 포함된다.

지난 30여년간의 다양한 첨단광학 분야의 기술개발 실적은 이러한 현상 중에서도 가장 두드러진 예라 하겠으며, 소위 80년대를 상징하던 Star War라 불리는 "Space and Ground Laser Weapon Systems" 개발사업은 기존 classical optics 분야는 물론이고, 첨단 electrooptics 또는 photonics 분야에 획기적인 발달과 변화를 이룩하는데 중요한 역할을 하였다.

그러나, 구 소련 공산권의 몰락으로 인한 세계적 구조조정의 여파는 90년대를 휩쓸고 있으며, 그 가운데서도 가장 두드러진 미국의 정책 변환은 국방비 절감을 통한 방위안보체계의 수정과 그에 따른 주력 방산업체들과 중소기업체들의 과감한 사업 전환노력이라 하겠다. 이러한 현상은 무릇 국립 연구소들이나 대학들도 예외가 아니어서 모두들 과감한 변신을 통한 자구책 수립에 전력을 기하고들 있다. Clinton 정부가 집권 초기에 내세운 "Information Super Highway Initiative"는 아직까지 특별한 보호속에서 쌓아올린 제반 첨단방산기술의 상용화(Technology Spin-off and Spin-on)를 능동적으로 주도하여 다가오는 2000년대의 "정보 지식 사회"(Global Information and Knowledge Based Society)를 계속적으로 선도하려는 의지를 천명한 것이라 하겠다.

Lockheed Martin도 이러한 국책전환과 국내외 기술시장의 역동적 변화속에서 장기적인 경쟁력 우위와 사업성 유지 및 확장을 위한 구조조정을 계속하고 있으며, 특히 space와 missile technology를 기반으로 하여 Space Telecommunications and Imaging Applications, Information Systems Management, Energy and Environment Management, Commercial Launching

Services 등에 중점을 두고 있다. 아래에서는 이들 주요사업들에 응용되고 있는 핵심기술 가운데 제반 광학분야의 최근 연구개발 상황과 동향을 요약하고자 한다.

## 2. Lockheed Martin(LM) 주요 광학기술 개발 과제 및 사업

일반적으로 대규모 방산기업의 조직은 중앙연구소를 주축으로 하는 연구개발 부서와 각종 사업부 주관의 특수사업과제들의 운영조직으로 나누어지며, 이들 두 조직은 각자 독립적인 운영과 소위 "Matrix" 조직을 통한 차출식 협력체제를 병행 활용하여 서로의 단합과 특수성을 유지하고 보호하도록 노력한다.

### 2.1. 연구 개발 부서

북가주 Palo Alto에 위치한 LM 중앙연구소(Advanced Technology Center)는 일반인들의 인식과는 달리 미국내의 여러 방산 및 상용 광학업체들 가운데 그 동안 가장 많은 광학기술 인력과 시설을 보유하고 있으며, 쉽게 짐작할 수 있듯이 주로 세속에는 알려지지 않는 특수 방산과제들이나 NASA의 space program들을 수행한다.

주요 광학 분야 부서들은 크게 다음 세 분야로 구성되어 있다.

- Optical Systems Group
- Solar and Space Sciences Group
- Sensor Systems Group

여기서는 주로 Optical Systems Group의 활동상황을 아래와 같이 요약하고 나머지 group들은 특수과제 활동과 연계하여 소개하고자 한다.

#### 2.1.1. Optical Systems Engineering

주어진 광학계의 초기구상 및 설계단계부터 최종 완료까지의 모든 과정을 분석 검토한다. 각종 센서나 system의 사양을

결정하며 sub-system들 간의 연계가 원만히 이루어지어 최종 system의 성능을 보장할 수있게한다.

### 2.1.2. Opto-Mechanical Engineering

이와같이 설계되고 분석된 system 들을 실제로 가공 조립 시험을 거쳐 성공적인 최종 운용단계까지 Mechanical/Opto-Mechanical 분야의 모든 세부사항들을 정밀하게 규정짓는 과제를 담당한다.

### 2.1.3. Optical Design 및 Systems Software

광학설계 및 code 개발에 오랜 경험과 know-how를 통해 자체개발한 고성능 design program들을 확보하고 있으며 지속적인 성능개선을 하고 있다. 예를 들면,

OPTIMA: Optical Design and Analysis Program for Lens Design, Image Evaluation, 3D Visualization

MSAT: Parametric Analysis Program for Electro-Optic Sensor Design and Modeling

GORT: Atmospheric Propagation and Adaptive Optics Program for Diffraction Analysis and Modeling

그 밖에 주로 사용하는 상용 software program으로는 다음과 같은 것들이 있다.

CODE V: Lens Design, Image evaluation, Tolerancing

I-DEAS/CADAM/CATIA: Solid Modeling for Optical/Mechanical Design and Analysis

CAEDS/SINDA/NEPSAP/TMG: Thermal/Structural/Stress FEM Design and Analysis

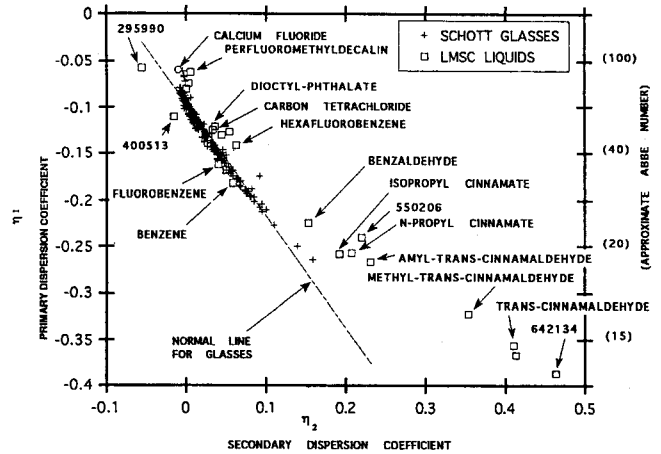


도표 1. Buchdal dispersion map for glasses and liquids.

PV-WAVE/IDL: Data Visualization

KHOROS: Imaging and Signal Processing

ASAP/APART: Stray-Light Analysis

이들 Program들을 이용하여 다음과 같은 분야의 연구개발이 진행되고 있다.

- Diffraction Optics, Vector Diffraction Analysis
- Non-linear Optics Modeling and Analysis
- Liquid/Plastic/Metallic Optics Design(도표 1 참조)
- Closed-loop Adaptive/Phased-Array Optical Systems
- Active Illumination Imaging System
- Coherent and Incoherent Source Modeling
- High Energy Laser Beam Compensation Systems
- Cryogenic Infrared Systems

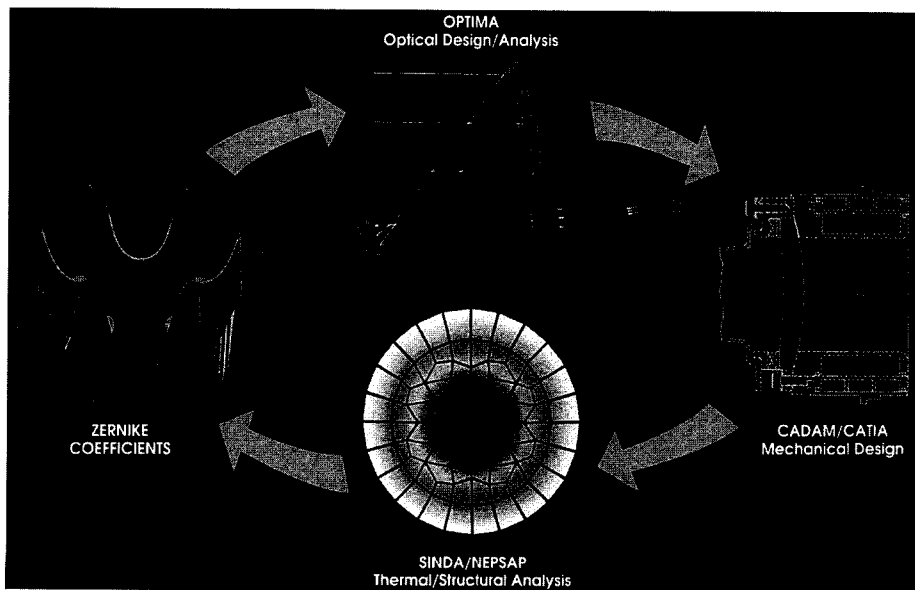


그림 1. 기본적인 광학계 개발과정.

- X-ray Imagers
- Underwater Systems
- Micro-optic/Integrated Optic Sensor Systems
- Precision Interferometry/Wavefront Sensing Systems
- 3D/Robotic Sensor Systems 등의 분석과 설계를 수행한다.

그림 1은 이러한 과제들의 진행구도를 요약하여 보여주고 있으며, 그림 2는 다섯 개의 망원경으로 구성된 Phased-array Telescope System을 예로 보여주고 있다.

## 2.2. 특수사업 과제

여기서는 특수과제들 가운데 몇 가지를 선정하여 소개하고자 한다. 대부분의 공개된 과제들은 NASA 주관이거나 국제 협력 과제들이다. 그러나, 최근에는 기존의 정찰위성 개발 경험을 이용한 상용 고해상도(1-meter) 영상위성 개발도 진행중에 있다.

### 2.2.1. IKONOS 1-meter 해상도 정찰위성

미국정부는 최근에 지난 60년대 초부터 진행해 오던 CORONA라 불리는 첩보위성(초기에는 2-meter 해상도에서 시작)의 존재를 공개하였고 그와 동시에 1-meter 해상도까지 허용되는 digital 영상위성의 상용화를 허가하였다. 그림 3, 4는 optical

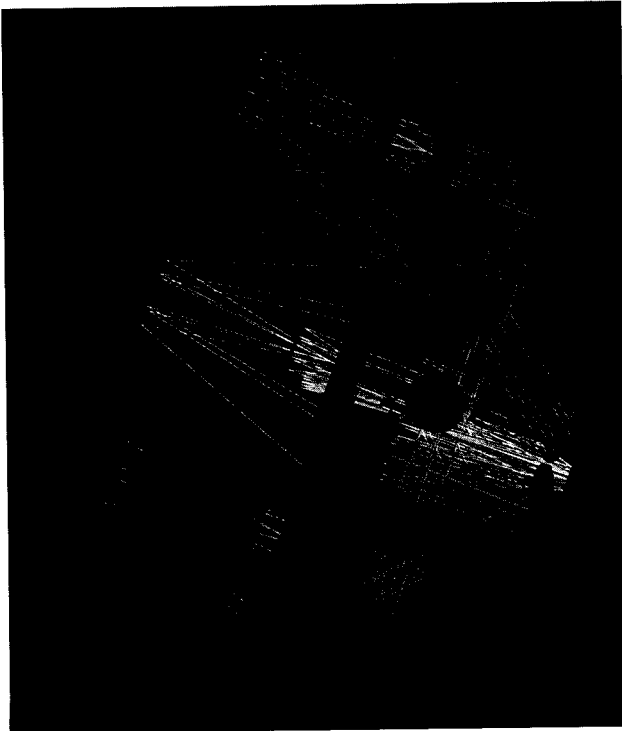


그림 2. 다섯 개의 망원경으로 구성된 Adaptive Phased-array Telescope System.

design과 위성체 구조를 각각 보여주고 있다. Primary 거울의 직경은 70-cm로 680-km의 극원형 저궤도를 매 90분마다 회전하며 지상국을 중심으로 4,500-km 이내의 지상물체를 촬영한다. Focal plane은 평균 1-meter 해상도의 panchromatic과 4개의 평균 4-meter 해상도의 multi-spectral channel(0.4~0.9 micron) CCD array로 이루어져 있으며 모든 channel이 동시에 영상을 취득할 수 있다.

### 2.2.2. Hubble Space Telescope(HST)

널리 알려진 HST는 Kodak과 Lockheed의 light-weight large-aperture mirror system(2.4-meter)의 설계, 가공 및 측량조립 기술의 결정적인 결과로 space-optics technology의 중요한 분기점이 되었다. 특히 케도진입 후에 밝혀진 primary mirror의 결함을 3D optical simulation design을 통해 correctional optics를 설계 가공하여 차후에 장착시킴으로 본 설계 이상의 분해능을 얻을 수 있게 되었다.

### 2.2.3. Space Interferometry Mission(SIM)

NASA는 인류의 궁극적인 의문점 가운데 하나인 “외계에도 인간과 유사한 지능적인 생명체가 존재하는가?”를 규명하기 위

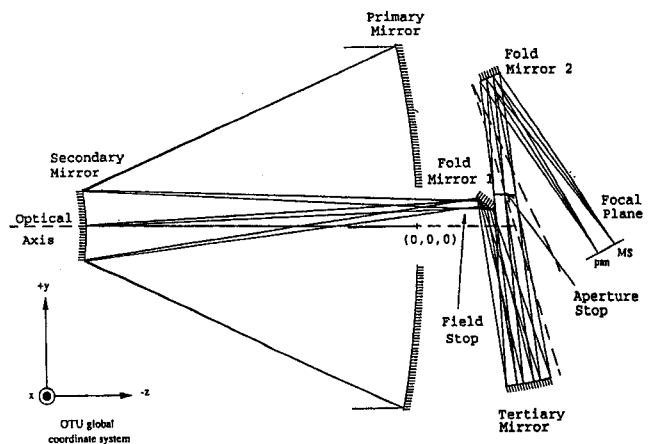


그림 3. 1-meter 해상도 IKONOS 위성의 광학설계도.

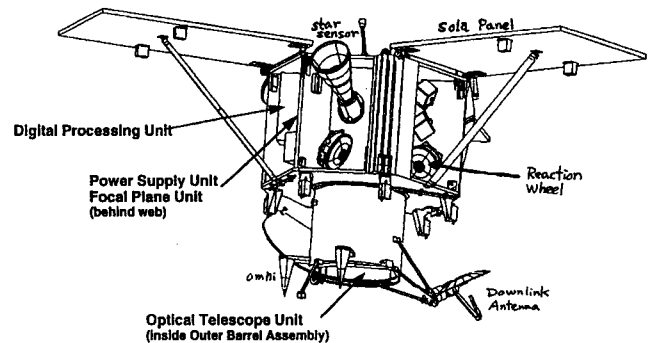


그림 4. IKONOS 위성체 모형도.

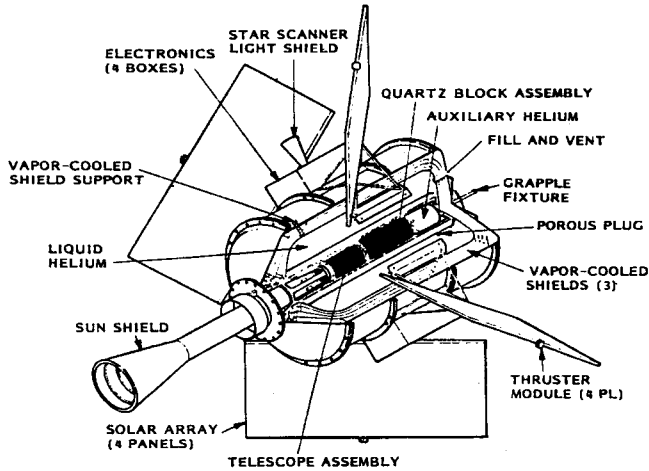


그림 5. Gravity Probe-B Space Gyroscope의 모형도.

해 소위 “Origins Program”으로 일컬어지는 일련의 장기 연구 과제들을 추진하고 있다. SIM는 그중의 하나로 그 원리는 30-cm 구경을 갖는 두쌍의 망원경을 최고 10-meter 간격위치에서 우선적으로 30광년 정도 떨어진 100개 정도의 별들을 대상으로 간섭현상을 측정하여 보통 지상 망원경이 갖는 분해능 보다 250배 이상의 정밀도로 별의 위치측정(precision astrometry)을 가능케 한다. 주요 기술로는 정밀 star sensor와 laser gyro를 이용한 위성체의 자세조종 유지와 adaptive optics와 wavefront sensing 기술을 통한 angular position의 측정이 가능하다.

#### 2.2.4. Gravity Probe-B(GP-B)

NASA의 지원으로 Stanford 대학과 벌써 10년 이상 장기추진되고 있는 과제로 (그림 5 참조) Einstein의 일반상대성 이론에 따라 정밀한 cryogenic optical gyro를 지구궤도에 진입시켜 지구의 영향으로 생기는 reference star의 precession을 정밀 측정하는 임무를 수행하게 된다.

#### 2.2.5. Soft X-ray Telescope(STX)/Solar Terrestrial Probe(STP)

일본과 NASA의 합작과제로 1991년에 발사된 일본의 Yohkoh 위성에 STX를 장착하여 X-ray와 Gamma-ray band를 통한 태양의 corona와 solar flareup을 측정한다.

#### 2.2.6. Michelson Doppler Imager(MDI)

유럽 공동체와 합작으로 1995년에 발사된 Solar and Helioseismic Observatory(SOHO) 위성에 장착된 MDI를 통해 solar oscillation 측정을 수행한다.

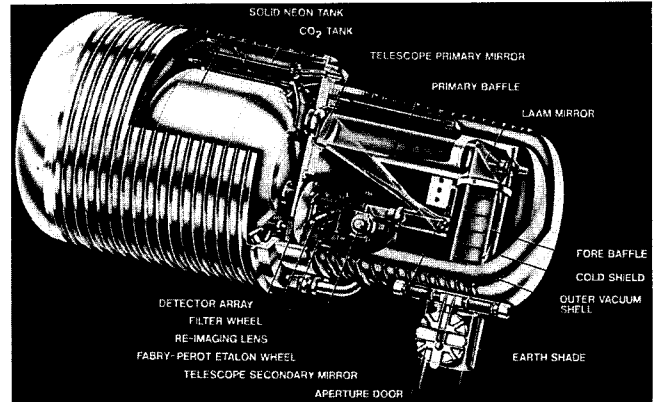


그림 6. Cryogenic Limb Array Etalon Spectrometer(CLAES) 탑재체 모형도.

#### 2.2.7. Cryogenic Limb Array Etalon Spectrometer(CLAES)

1991년에 발사된 Upper Atmosphere의 구성물질의 변화를 측정하며, 특히 Ozone layer의 감소, CO<sub>2</sub>, Freon gas 등의 변화를 감지하도록 설계되었다(그림 6).

#### 2.2.8. Space Based Laser(SBL) Beam Control System

이 과제는 수 Mega-Watt의 high-power laser beam의 wavefront를 control하는 active adaptive optics 기술개발을 통해 우주미사일 방어체계의 핵심체계를 구축함을 목표로하고 있다.

### 3. 결 어

이상 간략히 살펴본 바와 같이 각종 첨단 optical system들의 개발과 응용에는 위에서 지적한 여러 분야의 종합적인 경험과 기술축적을 필요로 하며, Lockheed Martin은 계속해서 가시적 이거나 밖으로 노출되지 않는 특수과제들을 수행해 오고 있다. 여기에는 끊임없는 협력체계가 Lockheed Martin과 같은 기업체의 연구부서와 학계나 각 정부조직들 사이에 유기적으로 이루어지고 있다.

### 참고문헌

1. Lockheed Martin Website: <http://www.lmco.com>.
2. Space Interferometry Mission: to be published in *Optics Letter* (1999).
3. “Stability of the optical properties of abnormally dispersive liquids”, *SPIE Proceedings*, **2263**, 24 (1994).
4. “Closed wavefront correction using phase diversity”, *SPIE*, **3356(9)**, 844 (1998).