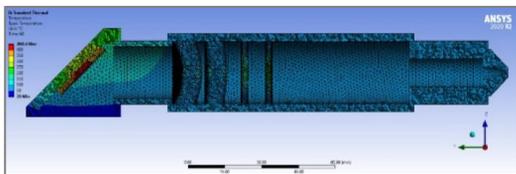


대부분의 광학소프트웨어는 광 기계시스템을 이루는 주변 환경 및 렌즈 온도 변화에 대해 몇 가지 가정을 하고 분석되지만 여기에는 구조와 열과 관련된 여러 문제점이 발생합니다. OptoMechanics는 광 공학의 구성 요소와 기술을 Mechatronics 시스템에 통합하여 광 특성에 대해 조사 및 분석하는 것으로, 광학 부품의 안정성과 정확성을 높여 시스템 효율을 높이는 데에 사용할 수 있습니다.

Ansys Zemax OpticStudio에서는 광원에서 나온 광선이 기계 시스템에 도달하여 광 기계 시스템에서 발생하는 기계적 운동, 구조 및 열에 의해 광학 구성 요소 표면의 미세한 구조 및 열 변형이 센서에 도달되는 광선에 미치는 변화에 대해서 연구할 수 있습니다.

## 구조 및 열을 고려한 광학 설계 및 성능 분석 OptoMechanics

대부분의 광학 소프트웨어는 광 기계 시스템을 이루는 주변 환경 및 렌즈 온도 변화에 대해 몇 가지 가정을 하고 분석되지만 여기에는 몇 가지 문제점이 있습니다.



<Ansys Mechanical을 활용한 구조/열 해석>

첫째, 지정된 온도는 부품 전체에서 균일하다고 가정합니다. 광원에서 발생하는 열이 렌즈에 복사된다고 할 때, 광속이 닿는 영역과 닿지 않는 영역 모두 동일한 광학 특성을 가진다고 가정합니다.

둘째, 열 팽창 및 수축은 재료의 열 팽창 계수(CTE)만을 기반으로 하는 선형 함수로 계산됩니다. 이러한 선형 함수는 광 기계 시스템의 온도가 구배 분포로 인한 발생할 수 있는 성능 저하를 전혀 고려하지 않는 상당히 단순화된 기술입니다.

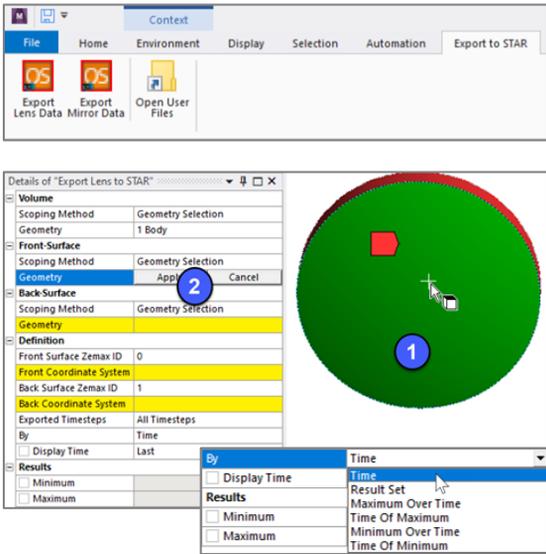
셋째, 광 기계 시스템이 구조 및 열로 인해 형상이 변형된 것에 대한 해석이 불가능 합니다. 이러한 변형은 작게는 마이크로미터부터 밀리미터까지 변형될 수 있어 전혀 다른 광학 성능을 도출할 수 있지만 형상 변화에 대한 도구 세트를 지원하지 않습니다.

하지만, Ansys Zemax OpticStudio STAR는 이러한 모든 가정 및 제약 조건은 구조 및 열 분석 소프트웨어인 Ansys Mechanical의 유한 요소 분석(FEA)을 통해 분석된 결과물을 OpticStudio에 통합함으로써 모두 충족될 수 있습니다. 이로 인해 사용자는 위에서 가정된 세 가지 문제에 대하여 사실적이고 가정과는 비교도 할 수 없는 정확한 분석을 통해 광 기계 시스템에 대한 통찰력을 충족될 수 있습니다.

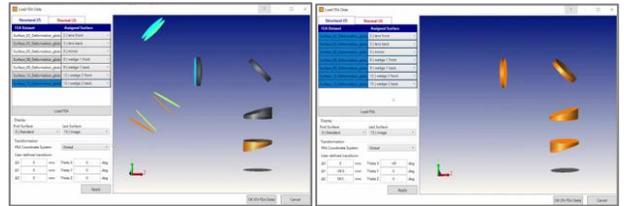
### 데이터 입출력 확장 프로그램

STAR를 사용하면 FEA 패키지의 구조 및 열 변형 데이터를 Ansys Zemax OpticStudio의 광학 표면에 할당하여 FEA 데이터가 광 기계 시스템 성능에 끼치는 영향을 분석 뿐만 아니라, STOP(Structural, Thermal, and Optical Performance : 구조, 열 및 광학 성능) 분석 워크플로우에 대한 효율성을 높여줍니다. 이를 통해 사용자는 광-기계 시스템 동작이 광학 성능에 주는 영향을 깊게 이해할 수 있으며 정보에 입각한 설계 결정을 내릴 수 있도록 통찰력을 제공합니다. 그러므로 FEA 데이터 세트와 이를 할당할 광학 표면 간의 데이터를 관리하는 것은 STOP의 정확도를 위한 모델링의 필수적인 과정입니다. 하지만, STOP에 반영할 광학 부품이 늘어날수록 FEA 데이터에 적절한 이름을 붙이고 데이터를 관리하는 것은 굉장히 번거롭고 시간이 오래 걸리는 작업입니다.

이러한 작업의 시간을 간소화하고 데이터 관리의 정확성을 높이고자 사용자는 Ansys Mechanical의 ACT Start Page에 Export to STAR 기능을 통해 손쉽게 FEA 패키지 데이터를 OpticStudio에 내보낼 수 있습니다. Export to STAR 도구는 Ansys Mechanical 환경에서 분석된 FEA 패키징 데이터를 Mirror 또는 Lens로 구분하여 데이터를 내보낼 수 있으며, 분석의 필요에 따라 정적 또는 동적 데이터로 추가 설정을 선택할 수 있습니다. 출력된 FEA 데이터는 Workbench 프로젝트 경로의 user\_file 폴더에서 시간 조건에 따른 각 표면 및 각 부피에 대하여 txt 파일로 개별 저장됩니다. 저장된 각 FEA 패키징 파일은 적절한 이름과 형식이 지정되어 출력되어 표면 주석을 쉽게 수행할 수 있습니다.



피팅에 대한 평가는 FitAssessment 도구에서 지원하는 피팅 오차의 RMS 및 PV 값을 확인하며 오차가 최소화되도록 피팅 파라미터를 조정할 수 있습니다. 피팅 파라미터는 Grid 1 과 Grid 2의 파라미터의 값을 변경하며 STAR의 피팅 알고리즘이 참조하는 데이터 포인트를 변화하며 데이터 피팅 결과가 전체적으로 더욱 부드럽게 표현됩니다. 그러므로, 사용자는 피팅 파라미터의 파라미터 값을 높여 필요한 정확도를 얻을 때까지 데이터 포인트의 세밀성을 높일 수 있습니다.



<블러온 FEA 분석 데이터의 기준 위치, 방향 정보>

<수정된 FEA 분석 데이터의 위치, 방향 정보>

## 데이터 피팅

FEA 데이터를 STAR 기능에 올바르게 불러오기 위해서는 FEA 데이터 로드(Load FEA Data), FEA 데이터 피팅(Fit Assessment) 단계를 수행하여 광학 표면과 FEA 데이터의 호환성을 높이는 과정이 필요합니다.

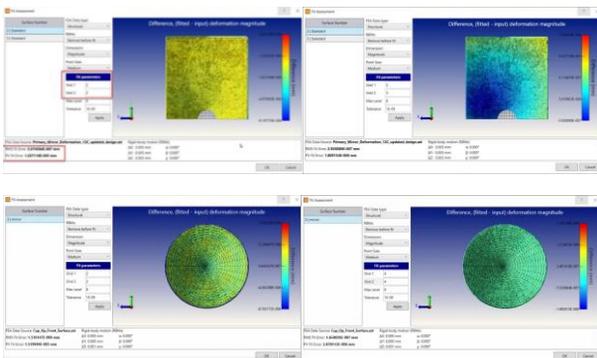
먼저, FEA 텍스트 파일 데이터를 Load FEA Data 도구를 사용하여 읽어옵니다. Load FEA Data 도구는 구조 또는 열 FEA 데이터를 읽고 광학 표면에 쉽게 FEA 데이터를 할당할 수 있는 윈도우입니다. 불러온 FEA 데이터와 광학 표면의 위치가 일치하도록 전역 좌표계(Global Coordinate)와 지역 좌표계(Local Coordinate) 기준으로 FEA 데이터의 위치를 설정할 수 있습니다.

## 구조 및 열 영향 분석

STAR 데이터를 활성화한 상태에서 파면 수차 맵, Spot Diagram, Sag Map 등의 해석 창을 사용하여 FEA 데이터가 광학계의 성능에 미치는 영향을 확인할 수 있습니다.

## 선택적 결과 분석

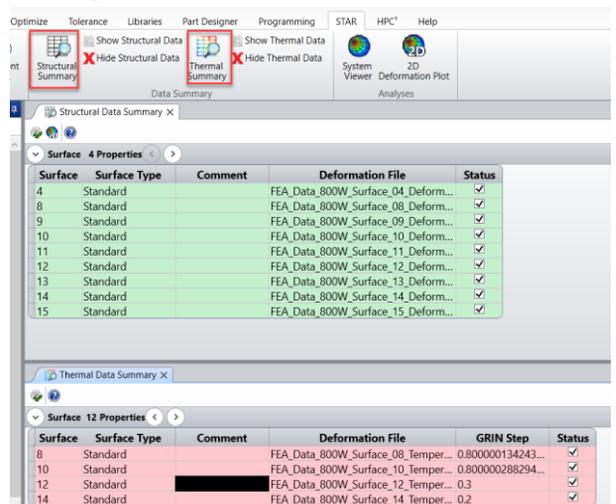
FEA 데이터 세트는 각 표면 및 각 부피에 따라 선택적으로 활성화 또는 비활성화할 수 있습니다. 이로 인해, 사용자는 각 광학 구성 요소에 적용된 FEA 데이터를 통해 부품 별 민감도 분석을 통해 광 기계 시스템의 성능 변화에 대한 통찰력을 얻을 수 있습니다. 이렇게 하려면 구조 분석 데이터 요약 (Structural Data Summary) 및 열 분석 데이터 요약 (Thermal Data Summary) 테이블을 사용합니다.



<블러온 FEA 분석 데이터의 적합상>

<수정된 FEA 분석 데이터의 적합상>

Fit Assessment 도구를 사용하면 사용자가 원하는 정확한 피팅을 얻을 때까지 각 광학 표면에 대해 데이터를 개별적으로 조정할 수 있습니다.



<블러온 FEA 분석 데이터 요약 분석>

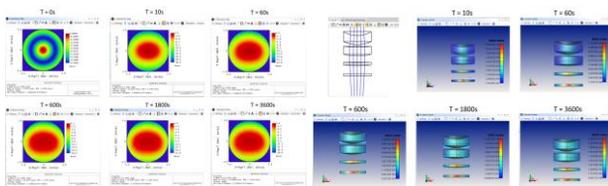
## 적용 분야

### 고출력 광원 활용한 성능 분석

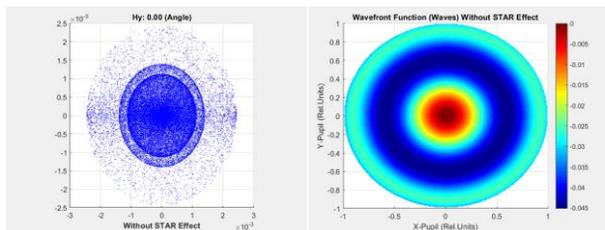
고출력 레이저는 레이저 용단, 용접, 드릴 등 다양한 용도로 널리 사용됩니다.

이러한 레이저 광학계에서는 안정된 초점 거리와 레이저 빔의 크기 및 품질이 보장되어야 하는데, 렌즈의 재질 또는 코팅에 의한 표면 흡수율의 효과는 무시할 수 없습니다. 또한, 고출력 레이저로 인해 광 기계 시스템이 열화되는 것이 고려되어야 합니다.

Ansys Zemax OpticStudio는 이러한 고출력 광학 시스템에 대하여 STAR 기능을 이용한 다양한 레이저 예제를 통해 사용자가 요구하는 안정된 초점 거리에서 레이저 빔의 크기 및 품질 분석 뿐만 아니라 렌즈 재료의 온도 상승에 의한 굴절률 변화 또는 기계적 응력이나 열 팽창 효과에 의해 발생하는 구조적인 변형 효과를 검토하는 실패할 수 있습니다.



<동적FEA데이터 적용 여부에 따른 광학 시스템 성능 저하 분석>  
Spot Size(좌) / 시간 분석(우)



<동적FEA데이터 적용 여부에 따른 광학 시스템 성능 저하 분석>  
Wavefront(좌) / Spot Size(우)

## 환경 설정

- Ansys Zemax OpticStudio : 광학 설계 및 해석
  - Pro Module : 결상 / 조명 설계, 최적화, 공차 분석
  - Premium Module : Pro Module + 측정 데이터 활용
  - Enterprise Module : Premium Module + Ansys Zemax STAR Module  
FEA 분석 데이터를 OpticStudio에 불러들여 분석

### 항공 우주

항공 우주 업계에서는 우주 공간에서 사용하는 광학 솔루션으로서 저비용으로 쉽게 제조할 수 있는 CubeSat(소형 위성)에 대한 주목이 높아지고 있습니다. 시장에서는 기존의 고가이고 대형의 시스템을 저가이고 소형의 다양한 위성을 제조할 수 있다는 점에 의해서 많은 제품들이 개발되고 있으며, CubeSat 광학계를 제조하는 기업에서는 광학계와 기계 모듈 및 시스템을 설계하고, 궤도상에서 시스템에 가해지는 구조 및 열 영향을 반영한 모델링을 위해 정확하고 신뢰할 수 있는 개발 기법이 요구됩니다. 대부분의 기업은 광학계, 기계 시스템의 치수 형상, 그리고 이로 인해 결정되는 광학기시스템의 설계 및 분석이 개별적으로 진행되었습니다.

하지만, Ansys Zemax OpticStudio에서는 이러한 CubeSat 모델을 위해 OpticStudio, OpticsBuilder, STAR 기능을 활용한 기계 설계, 광학 설계 해석 뿐만 아니라 구조 및 열 분석의 통합된 도구 세트를 통해 실무적인 CubeSat 설계 예제를 지원합니다.

