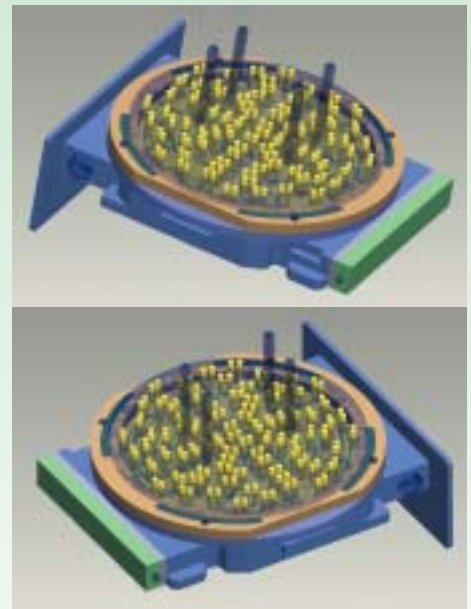


3G를 이용한 고객성공사례 20

RTA300H 장비의 최적설계를 위한 유동 해석 및 열응력 해석



뉴영애펜테크는 기술력 확보와 양질의 제품을 개발하기 위하여 현재 열유체 해석 프로그램인 CFdesign과 구조 해석 프로그램인 3G를 동시에 사용하고 있다. 이번 호에서는 뉴영애펜테크RTA300H 장비의 최적설계를 위한 유동 해석 및 열전도·분포, 열응력 해석 사례에 대해 소개한다.

21세기 디스플레이 및 반도체 제조설비의 미래를 열어가는 뉴영애펜테크는 끊임없는 연구 개발로 세계 제일의 Thermal Technology 관련 시스템 & 서비스 제조업체로 발돋움하기 위해 모든 노력과 자원을 지원하고 있다. 1989년 1월 설립된 뉴영애펜테크는 반도체 설비 중 전공정의 핵심이라고 할 수 있는 Rapid Thermal Anneal, Furnace 200mm/300mm와 FPD 설비를 연구, 개발, 생산하고 있다. 뉴영애펜테크는 기술 집약적 산업이며 고부가가치가 높은 반도체, 디스플레이 장비산업의 중심에서 세계 제일의 장비업체로의 도약을 위해 꾸준하고 지속적인 노력을 할 것이다.

뉴영애펜테크 주요 제품으로는 RTA150H-SP, RTA200H-AP/VP(RP), RTA300H, FURNACE-200, ROBA-3002H이 있다.



성노영

뉴영애펜테크 핵심기술연구 상무이다.

CFdesign CFD와 3G 도입 이유

국내의 LCD/반도체 산업은 세계최고의 기술력과 생산력을 가지고 있다. 이런 세계최고의 경쟁력을 유지하기 위하여 뉴영애펜테크에서도 기존의 설계방식을 탈피하

고, 선진적인 설계검증 및 해석의 도입이 필수적이었다. 또한 LCD/반도체 장비의 국산화 및 빠른 세대의 교체에 발 맞추기 위하여 설계자에 의한 빠른 해석검증 및 최적설계는 필수 요소라고 할 수 있다.

CFdesign / 3G 도입 시 고려 사항

- 세계적인 글로벌 LCD / 반도체 장비업체에서 사용할 것
- 국내의 동종업체에서 활용사례가 많은 프로그램일 것
- 설계자 및 연구원에 의한 해석 및 검증이 가능할 것
- Pro/ENGINEER와 양방향 호환성을 가질 것
- 해의 정확성 및 인증이 가능할 것
- 다 영역 통합최적화(MDO)가 가능할 것
- 고급해석영역(비선형, 고급진동, 과도해석) 등이 가능하고, 설계자가 활용할 수 있을 것
- 해석 시간이 빠를 것

설계자를 위한 해석 프로그램은 국내에 여러 개의 프로그램이 있다. 그러나 3G 및 CFdesign의 경우는 기존의 설계자를 위한 어떤 프로그램보다 뛰어난 장점을 많이 가지고 있으며, 선형과 비선형을 포함한 거의 모든 해석이 설계자에 의하여 가능하게 되어있어 뉴영애펜테크에서는 CFdesign과 3G를 기본 CFD/CAE 시스템으로 선정하게 되었다.

기존의 국내 경쟁업체보다 빠르게 CFdesign과 3G를 도입하여 R&D 투자를 하였고, 뉴영애펜테크의 기술축적 및 기술향상에 많은 도움을 주어, 자체기술력을 확보하고 세계 초일류 기술력으로 배양하기 위하여 CFD/CAE 시스템을 적극 활용하고 있다.

해석 적용 사례

RTA300H 장비의 유동 해석

RTA300H 모델링

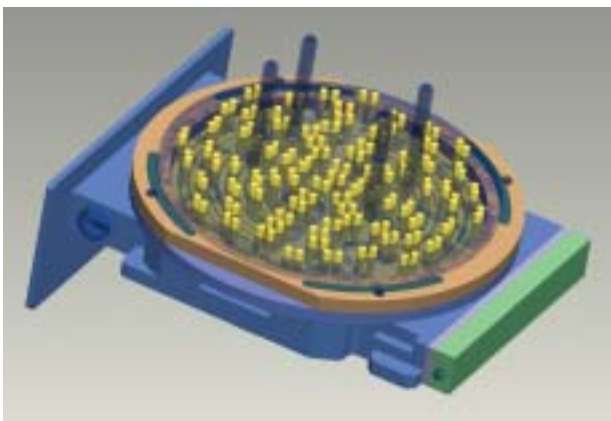


그림 1. Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 3D 모델링

Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 모델링 파일 Direct Launch

Pro/ENGINEER Wildfire 3.0을 사용하여 제작된 모델링 RTA300H 중 Wafer burning 작용의 핵심부인 Chamber 영역을 CFdesign 8.0에 Direct Launch하였다. 복잡한 Chamber 영역의 파트들이 하나 빠짐 없이 전부 Direct Launch된 것을 확인할 수 있었으

며, 특히 또 유체 파트를 따로 모델링 하지 않고 CFdesign 8.0이 자동으로 생성해주는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 추가 모델링 작업이 필요 없게 된 것이다.

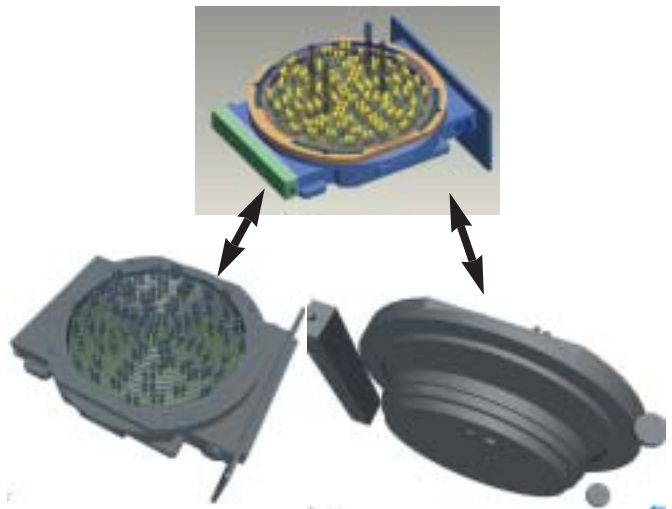


그림 2. Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 의 모델을 CFdesign 8.0에 Direct Launch한 형상

해석 조건 입력(Boundary Condition)

CFdesign 8.0은 수직도구바의 순서대로 조건 입력만 해주면 해석을 시작할 수 있다. 먼저 입·출구 조건 및 발열 조건을 입력하였다. 본 모델은 수많은 조건들이 입력되는데 예를 들면 총 4부분의 Cooling System 부분의 유량과 온도, 또 각각의 램프들의 발열 조건 및 그에 따른 열 전달 조건들이 입력이 된다.

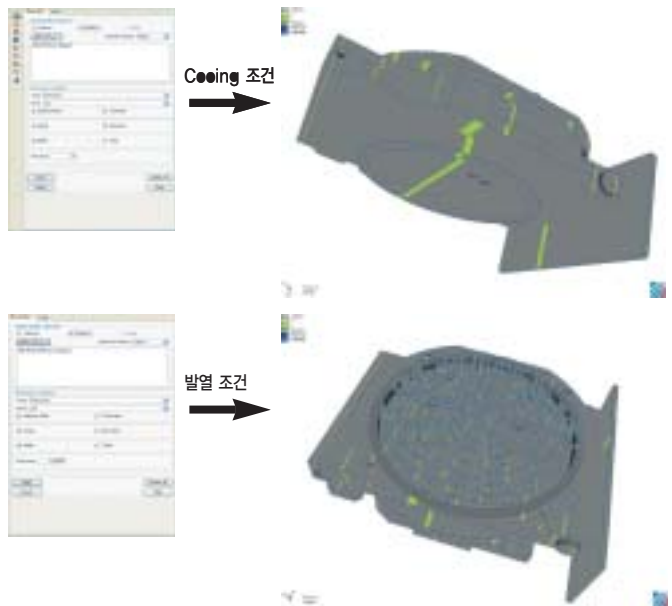


그림 3. 입·출구 조건 및 발열 조건 입력

Mesh Generation(격자 설정)

다음 단계인 수직 도구바의 메시 크기를 설정해 준다. 본 모델은 약 200개의 파트들로 이루어져 있고 작은 홀들을 상당히 많이 포함하고 있어 격자의 양이 1872672개의 Element를 삽입하게 된다. 그런데

도 불구하고 CFdesign은 해석을 하는데 방해 요소가 하나도 없었다. CFdesign은 최대 크기의 해석이 가능하다는 점을 이 부분에서 느낄 수 있었다.



그림 4. Mesh Generation

Materials(물성치 정의)

다음은 Assembly 되어 있는 각 part에 대한 물성치 정의이다. 아래에서 보는 것과 같이 각 part 별에 대하여 별도로 물성치를 적용할 수 있다. 아래 그림에서 보듯이 여러 가지의 물성치를 자유자재로 입력할 수 있었다. 또한 Group 기능이 있어, 수많은 파트들의 물성치를 간단하게 정리할 수 있었다. CFdesign은 전처리 과정의 시간을 상당히 줄여주는 사용자 편리성의 기능들이 무수히 많이 있었다.

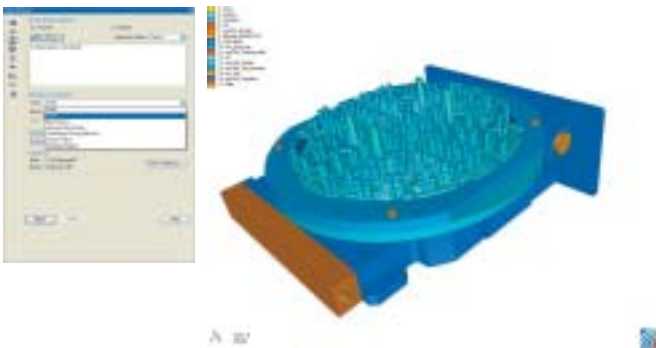


그림 5. Materials

Analysis Type and Option(해석 옵션 설정)

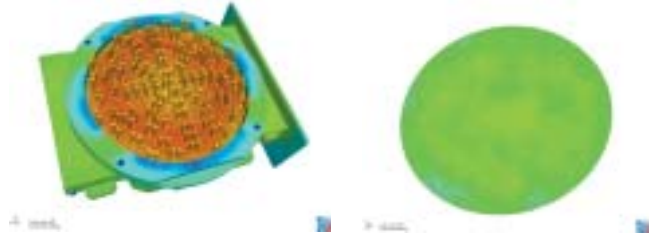


그림 6. Analysis Type and Option

이번 해석의 모델은 Wafer Burning Chamber이다. 특히 본 해석은 초고온(약 1200도)의 해석이다. 또한 제품의 특성상 복사(Radiation)영역의 해석이 중요 관건이다. 복사 조건이 입력되지 않는다면 해석의 데이터는 믿을 수 없게 되는 것이다. CFdesign은 복사 해석을 단순한 on/off 선택과 물성치만으로 실시할 수 있었다.

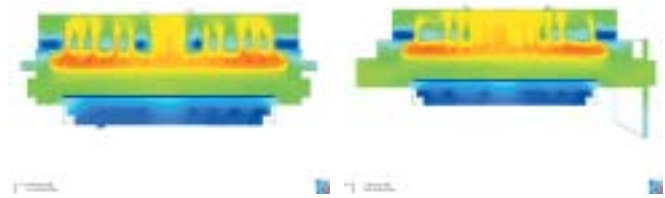
해석 결과

이번 해석은 서두에 말했듯이 Wafer Burning Chamber의 해석이며, 그만큼 높은 온도의 열 분포와 그에 따른 Cooling System이 작용하면서 Wafer의 온도가 최대 1200도까지 상승하여야 한다.



▲ Lamp와 그 주변 파트 열 분포 Contour ▲ 내부 Wafer 열 분포 Contour
▲ 그림 7. 온도 Contour

Wafer의 열 분포도의 결과에서 좌측의 위아래 부분이 약간은 온도가 낮은 것을 확인 할 수 있었다. 이는 내부 Cooling system의 구조적 문제로 들어가 실제 Wafer의 Burning 공정을 완벽하게 이행하지 못하고 있다는 것을 알게 된 것이다.



▲ Y-Z Cut Surface ▲ X-Z Cut Surface
그림 8. Temperature Cut-Surface contour

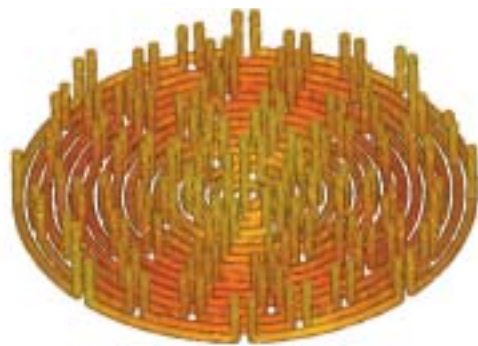


그림 9. Lamp의 전자적 저항에 의한 발열

다음 그림은 Wafer 위쪽의 Cooling System의 유동 흐름을 Contour와 Vector로 나타낸 것이다.

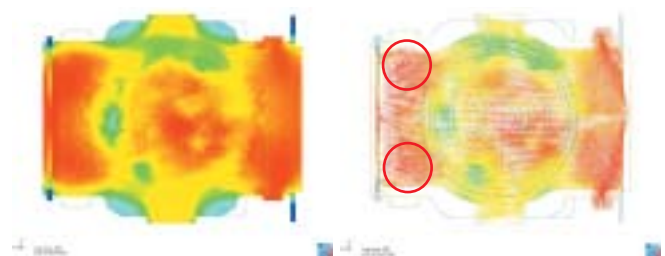


그림 10. Wafer Cooling System Velocity

Cooling System의 입구 부분에서 또 하나의 문제점이 발생되었다. 위 그림에 표시되어 있는 것처럼, 입구의 위치가 서로 마주 보는 형상이므로 중앙 부분은 속도가 더욱 빨라지게 되고 양쪽 끝 부분은 그로 인해 Vortex 현상이 일어나고 있는 것이다.

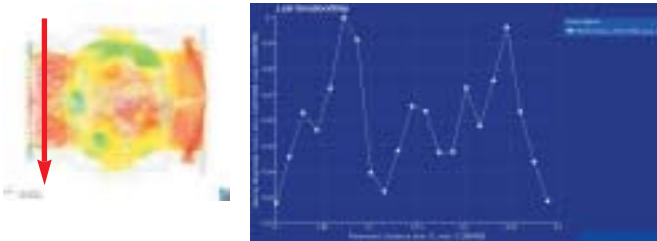


그림 11. Velocity X-Y Plot

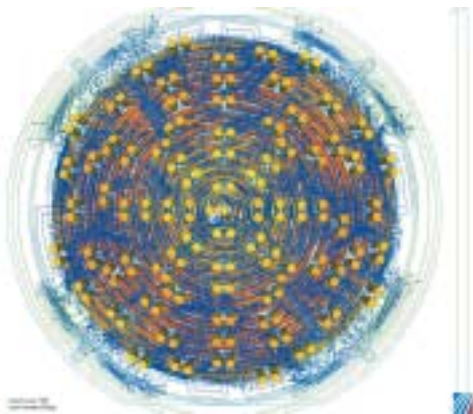


그림 12. Lamp Cooling System의 Flow Vector

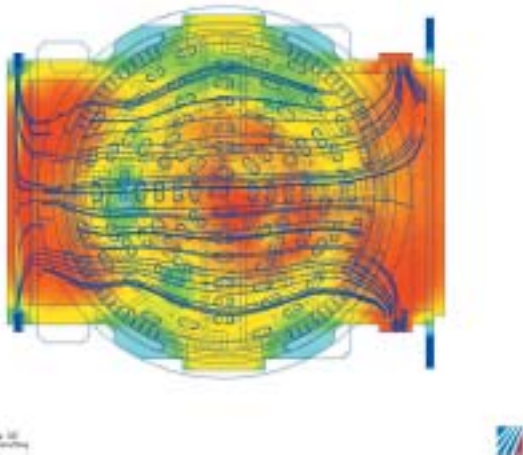


그림 13. Lamp Cooling System Path line

결론

이번 Wafer Burning Chamber는 서두에 말했듯이 고온의 공정이므로 이로 인해 실험조건이 많이 까다롭다는 것이 현실이다. 또한 실험을 하기 위해선 수많은 비용을 들여야 하고 그만큼 Prototype의 개수가 늘어나게 되는 것이다. 하지만 CFdesign을 활용하여 실제 장비와 똑 같은 조건에서 장비의 모든 설계오류를 파악할 수 있었다. 바로 이것이 가장 이상적인 제품을 만드는 방법이 아닐까 생각한다. 또 초고

온의 해석 조건이라 구조적인 열 변형이 의심스럽지 않을 수 없었다. CFdesign의 열 분포 결과를 바탕으로 구조해석 툴인 3G를 이용해 열 변형 및 열 응력 해석을 실시하였다. CFdesign은 Mapping 기능을 사용하여 간단하게 FSI 해석을 실현시켜 주었다.

해석 적용 사례

3G를 이용한 RTA300H 모델의 열응력 해석

3G에서 모델링 파일 Import

CFdesign 8.0에서 나온 해석 데이터를 이용 3G에서 열 전달 및 열 응력 해석의 Input data로 사용하였다. 다음 그림은 RTA300H의 3D CAD 파일을 3G로 불러온 후의 형상이다.

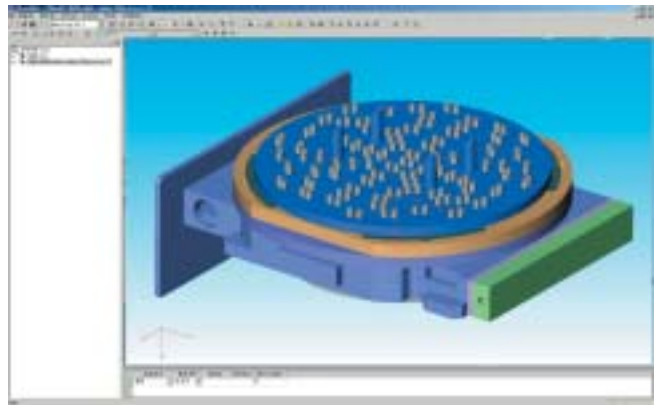


그림 14. RTA300H의 CAD 파일을 3G로 Import한 형상

전체 모델에서 해석을 할 부분인 Wafer 및 Edge Ring 부분을 제외하고 나머지 파트들에 대해서는 해석에서 제외 옵션을 사용 해석작업을 수행하였다.

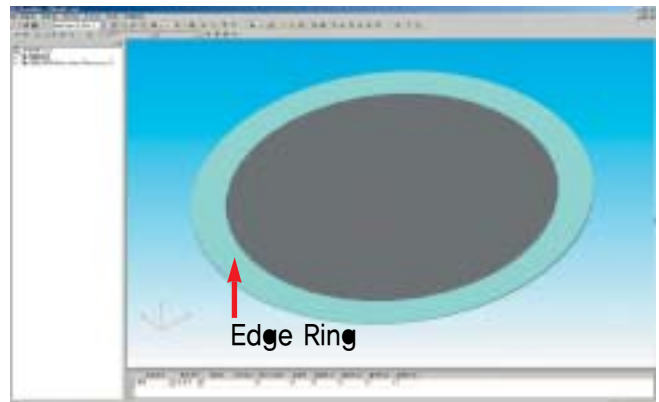


그림 15. Wafer와 Edge Ring의 모델 형상

해석타입 설정

3G로 입력된 RTA300H 모델에 대하여 해석타입을 Thermal Static으로 적용 Wafer 및 Edge Ring에 대한 열 전달 해석을 수행 모델에 대한 열 분포도를 확인한다. 또한 해석 시 필요한 요소망(Mesh) 생성에 관련하여 사용되는 요소 사이즈에 대하여 확인할 수 있었다.



그림 16. 해석 영역 설정 및 요소망 생성 방법

재료 물성치 정의

다음은 Assembly 되어 있는 part에 대한 물성치 정의이다. 아래에서 보는 것과 같이 각 part 별에 대하여 별도로 물성치를 적용할 수 있다. 각 요소별 물성치는 기본적으로 3G에서는 물성치 웹사이트를 기본으로 제공하고 있으며, 49,000개의 물성치를 데이터베이스화 하여, 설계자들이 쉽고, 빠르게 정의할 수 있었다.



그림 17. 재료 물성치 정의

모델에 대한 적용 물성치는 각각에 맞는 최적의 데이터를 물성치 웹사이트를 이용하여 쉽게 입력이 가능하였다. Wafer에 대해서는 Silica Glass를 Edge Ring에 대해서는 SIC로 정의하였다.



그림 18. 물성치 정의

열 하중 및 대류조건 적용(Boundary Condition)

RTA300H 모델에 대하여 우선 Wafer 부분에 971℃의 온도를 주



그림 19. 온도조건 적용

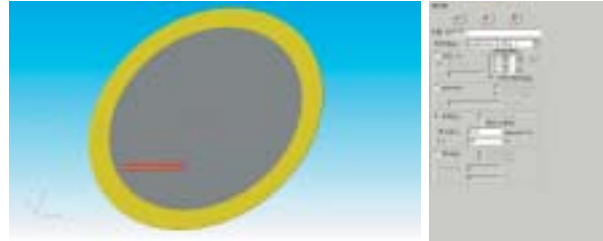


그림 20. 대류조건 및 대기온도 적용

었다.(다음 그림에서 노란색으로 선택되어진 부분) 그 후 Wafer 부분을 제외한 모든 면에 대하여 대류계수 0.01N/(mm*s*°C) 대기온도 20℃를 적용하였다.

해석 결과

이전에 정의된 열 하중 및 대류조건에 의한 3G에서의 온도분포의 해석결과는 다음과 같다.

Wafer를 감싸고 있는 Edge Ring으로 대류조건에 의해 열이 분포되는 것을 확인하였고 경로 생성을 통하여 경로에 대한 온도분포를 그래프로 확인 및 엑셀 데이터로 저장하였다.

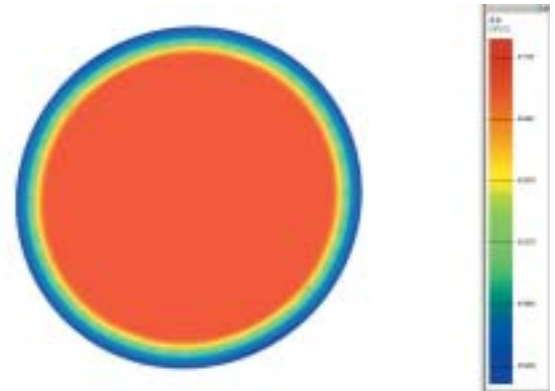


그림 21. 온도분포

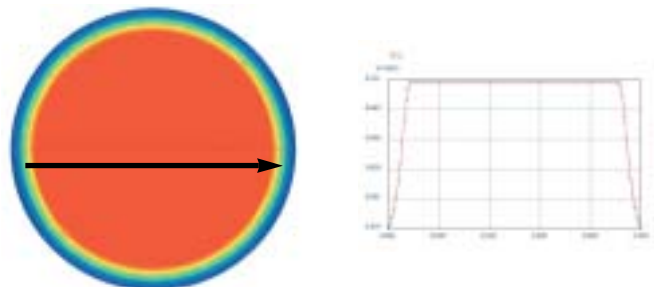


그림 22. 경로생성 및 그래프

해석 타입 설정

전의 Thermal Static 해석에서 나온 온도분포 데이터를 이용 열 응력 해석을 수행하였다. RTA300H 모델에 구속 및 하중조건을 부여하고 또한 온도분포 데이터를 적용하여 열팽창에 대한 응력 및 변위를 확인할 수 있었다. 해석 스터디의 특성에서 온도 결과 가져오기 체크 이전에 열 전달 해석을 수행한 해석 스터디를 선택 온도분포 결과를

적용할 수 있다.



그림 23. 해석 영역 설정 및 요소망 생성 방법

중력가속도 적용(Body Force)

RTA300H 모델에 대하여 Wafer를 중심으로 -Z 방향 즉 수직방향으로 중력 가속도를 주었다.



그림 24. Body Force 적용

해석 결과

Thermal Static의 온도 데이터를 이용 하중 및 구속조건을 적용하여 Thermal Stress 해석을 통하여 열팽창에 의한 응력 및 변위결과를 확인할 수 있었다. 열팽창에 의한 응력 값은 537MPa, 변위는 1.227mm가 나온 것을 확인할 수 있었다.

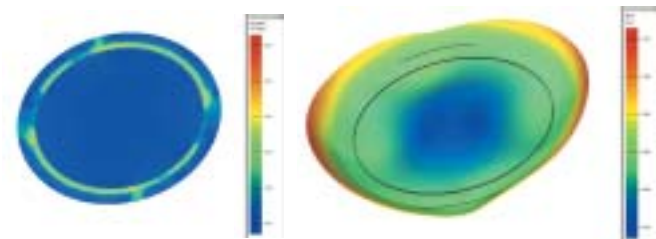


그림 25. 등가응력 및 변위 결과

또한 경로 생성을 통하여 경로에 대한 변위 및 등가응력을 그래프로 확인하였다.

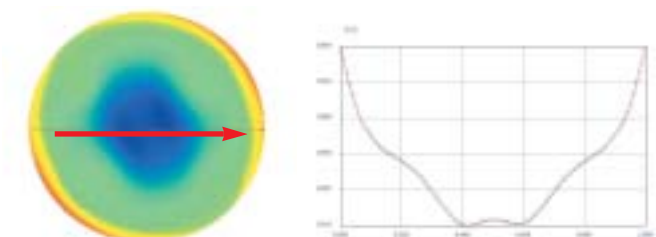


그림 26. 변위결과에 대한 경로생성 및 경로그래프

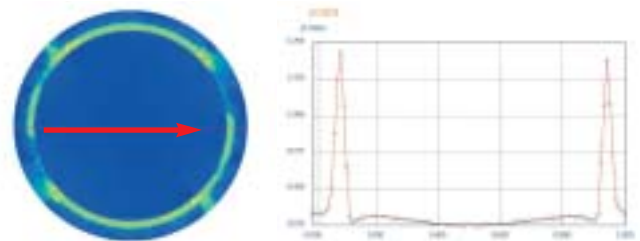


그림 27. 등가응력 결과에 대한 경로생성 및 경로그래프

결론

RTA300H 모델에 대하여 CFdesign 해석결과에서 나온 온도결과를 3G에서 받아들여 열전달 해석 및 열 응력 해석을 수행, Wafer에서의 열 분포와 열팽창에 의하여 발생하는 등가응력 및 변위결과를 확인하여 설계에 반영하였다. Wafer의 온도가 971℃일 때 Edge Ring의 등가응력은 537Mpa, 최대변위는 1.227mm가 나오는 것을 확인할 수 있었다.

맺음말

이와 같이 최적의 장비를 만들기 위해서는 어느 부분이 문제인지, 어느 Part가 영향을 미치는지 설계자인 나조차도 모르는 곳을 CFdesign과 3G는 아주 쉽고 빠르게 알려 주었다. 뉴영엠테크는 CFdesign과 3G를 이용하여 유동/구조해석을 적용하면서 설계자들은 본인이 설계한 제품에 대하여 본인이 구조적인 문제점을 바로 찾아내고, 이에 대한 개선점을 바로 실무에 적용하고 있다.

CFdesign과 3G는 세계적인 트렌드로 짧아진 라이프사이클에 맞게 설계자들이 설계하고, 빠르게 검증하는 설계자용 CFD/CAE 프로그램이라고 할 수 있다. 이러한 점이 CFdesign과 3G를 국내·외의 우수 기업들이 적극적으로 도입을 하고 있는 이유라고 생각된다. 또한 CFdesign과 3G는 반도체/LCD 장비 업체의 바쁜 설계 일정에도 신속히 기술적 대응을 할 수 있는 최적의 프로그램이라고 생각된다.

향후 뉴영엠테크는 기존의 열 유체유동해석 프로그램 및 구조해석 프로그램인 CFdesign과 3G를 이용하여 자체 기술력 배양을 통한 세계최고의 제품을 만들어 나갈 것이다.