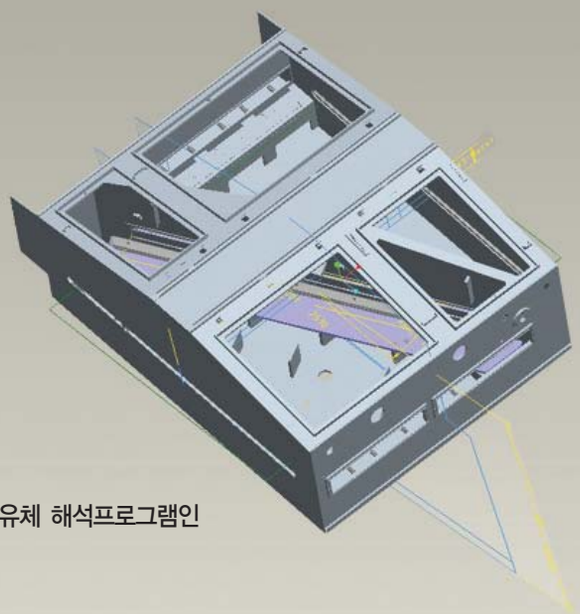
3G와 CFdesign을 이용한 고객 성공 사례 23

TFT LCD Field initial Cleaner 장비의 유동해석



이번 호에서는 반도체, LCD 공정의 전 분야 핵심 장비를 생산하고 있는 STI에서 열유체 해석프로그램인 CFdesign과 구조해석프로그램인 3G를 동시에 적용한 사례에 대해 소개한다.

박우윤

에스티아이 연구소 차장이다.

반도체 및 FPD 전공정 장비 제조업체, STI

STI는 지난 1997년 설립된 국내 반도체 및 FPD 전공정 장비 전문 제조업체로 CDS와 세정, 식각 장비를 국산화하여 수입대체를 이루었고, 2005년을 기점으로 대만, 중국 등으로 시장을 넓혀 나감으로써 명실상부한 세계 속의 STI로서 기반을 다지고 있다.

STI는 올해 창립 10주년을 맞이하게 되며, 새로운 CI 선포를 통해 새로운 모습으로 도약하기 위해 Vision 2010을 선포했다.

▲ STI의 핵심장비

이를 위해 핵심역량인 CDS와 세정, 식각 기술은 더욱 발전시켜 경쟁력을 강화하고 이를 기반으로 반도체, FPD용 재료 및 부품소재 부문으로의 사업 다각화를 통해 안정된 수익기반을 다지는 준비기간의 해로 나간다는 계획이다.

이제 외부환경은 국가간의 총성 없는 무한기술경쟁에 돌입한 지 오래되었다. 특히 반도체와 FPD 분야에서는 끊임없는 연구개발과 종합 생산성 관리 없이는 생존할 수 없다. STI는 국내 반도체 장비산업 부문을 주도해 나감과 동시에 반도체 산업에서 핵심 역할을 수행하는 세계적인 기업이 되기 위해 지속적인 연구개발, 기술가치경영, 고객감동을 할 수 있도록 노력하고 있다.

CFdesign CFD와 3G CAE 도입 배경

STI는 기존에 Fluent라는 열유체 해석 프로그램과 PTC의 Pro/MECHANICA라는 구조 해석 프로그램을 사용하고 있었다. 하지만 점점 생산 장비는 복잡해지고 그로 인해 더욱 정확한 해석 데이터가 필요하게 되었다.

정확한 데이터와 복잡한 장비를 해석하기 위해서는 수많은 시간이 필요했으며, 또한 해석을 하기엔 한계가 있는 장비들도 보이기 시작한 것이다. 그로 인해 현 산업에 분포되어 있는 여러 가지 해석 툴들을 전부 공개 경쟁하여 해석 소프트웨어의 재 도입을 검토하였다. 특히 STI

는 Wet System을 주력 사업으로 하고 있기 때문에 CFD 툴의 재도입이 시급한 상황이었다. STI는 Wet System중 하나인 TFT LCD Field initial Cleaner를 벤치마크하여 그 데이터를 검토 후 해석 툴을 결정하기로 하였다.

벤치마크 모델은 크고 복잡한 시스템의 장비였으며, 무엇보다도 Motion의 영역이 해석이 불가능하다면 절대적으로 정확한 데이터가 나올 수 없는 장비이다. CFdesign은 정확한 모션을 구현하였으며, 그 결과도 가장 정확하면서 한 눈에 장비의 문제점과 개선방안을 파악할 수 있었다. 그로 인해 당사는 기존의 유동 해석 툴을 보유하고 있지만 CFdesign을 적극 도입했으며, 수많은 데이터를 실로 빠른 시간 안에 뽑아 내었다. CFdesign은 반도체 & LCD 산업분야에 맞는 유동 해석 프로그램이다. 또한 CFdesign V9의 새롭고 편리한 기능의 업그레이드로 더욱 쉽고 빠르며 정확한 데이터를 얻을 수 있는 강력한 유동 해석프로그램이라는 걸 확인할 수 있었다.

해석 적용 사례

TFT LCD Field initial Cleaner 장비의 유동 해석

TFT LCD Field initial Cleaner 모델링

이 모델은 해석의 중점을 두 부분으로 나눌 수 있다. 즉 장비의 핵심 부위인 4개의 Air Knife 각각의 유동 분포와 총 4개의 Air Knife가 작동하면서 유동의 와류 현상이나 잔류 현상을 없애는 것이 중점 포인트이다. 본 장비는 총 두 Case의 해석을 실시했으며, 그 중 Air Knife의 유동 분포 해석을 먼저 소개하겠다. 그 후 4개의 Air Knife와 Full Ass'y를 해석하여 다음 호에 연재할 예정이다.

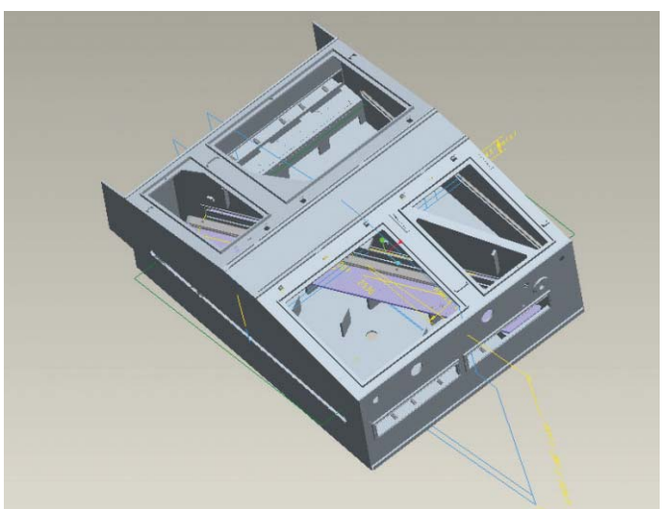


그림 1. 프로엔지니어 와일드파이어 2.0 3D 모델링

프로엔지니어 와일드파이어 2.0 모델링 파일 Direct Launch

프로엔지니어 와일드파이어 2.0을 사용하여 제작된 모델링 TFT LCD Field initial Cleaner의 Air Knife 부분 Ass'y를 CFdesign V9.0에 Direct Launch하였다. 또 유체 파트를 따로 모델링 하지 않고 CFdesign V9.0이 자동으로 생성해 주는 것을 확인할 수 있었다. 즉 추가 모델링 작업이 필요 없게 된 것이다. 본 모델은 출구 부분에 0.08mm의 얇고 긴 영역이 있어 유동 영역의 파트를 나누어주는 것이 키 포인트이다. 얇은 영역을 따로 나누어 CFdesign V9의 새로운 기능을 사용하였다.

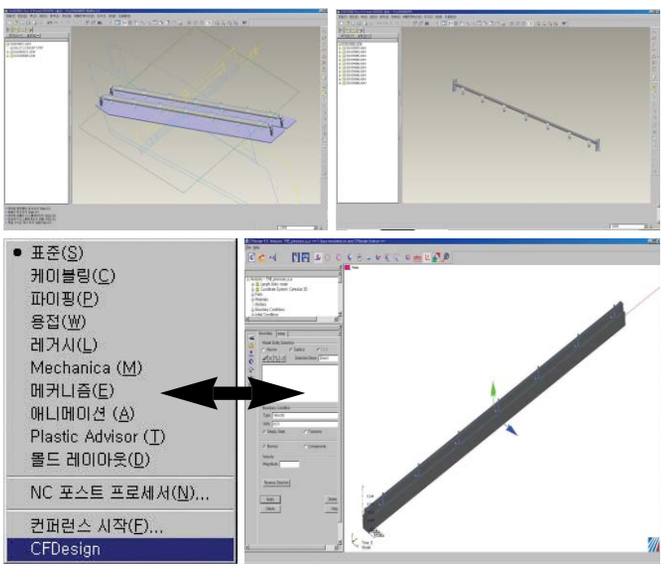


그림 2. 프로엔지니어 와일드파이어 2.0의 모델을 CFdesign 9.0에 Direct Launch한 형상

해석 조건 입력(Boundary Condition)

CFdesign 9.0은 수직도구바의 순서대로 조건 입력만 해주면 해석을 시작할 수 있다. 먼저 입 · 출구 조건을 입력하는데 본 모델은 입구 Pressure와 출구의 Suction Pressure의 조건을 입력해야 한다.

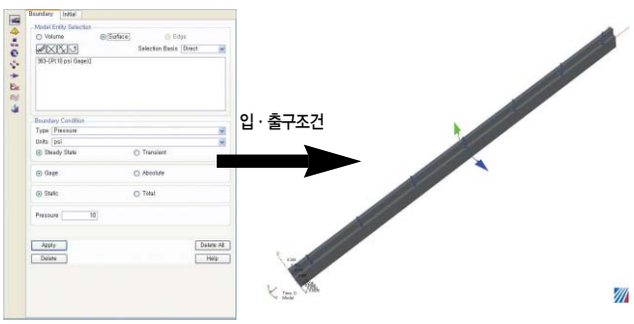


그림 3. 입 · 출구 조건

Mesh Generation(격자 설정)

다음 단계인 수직 도구바의 격자 사이즈를 설정해 준다. 본 모델은 격자를 어떻게 나누어주느냐에 따라서 전혀 관계없는 데이터가 나올 수 있으며 모델의 형상의 특성상 격자 입력이 까다로운 점이 있다. 즉 가장 얇은 영역인 출구 부분이 문제였다. 얇고 긴 영역(약1:37000의 비율)은 격자를 나누기 힘들뿐 아니라 격자의 양도 많이 차지하게 되며, 격자의 입력이 잘못 된다면, 해석 데이터는 발산할 수 있을 것이다.

하지만 CFdesign V9의 새로운 기능을 이용하여 이런 문제를 쉽게 해결할 수 있었다. CFdesign V9에는 Mesh Automatic size 기능을

이용하여 각각 파트와 모델에 가장 알맞은 최적의 격자를 버튼 한 번 클릭으로 자동 삽입해 주며, 특히 0.08mm의 얇은 영역을 Extrude mesh(돌출 격자)를 이용하여 쉽고 정확하게 격자를 입력할 수 있었다. 어려운 문제를 간단하게 해결한 것이다.

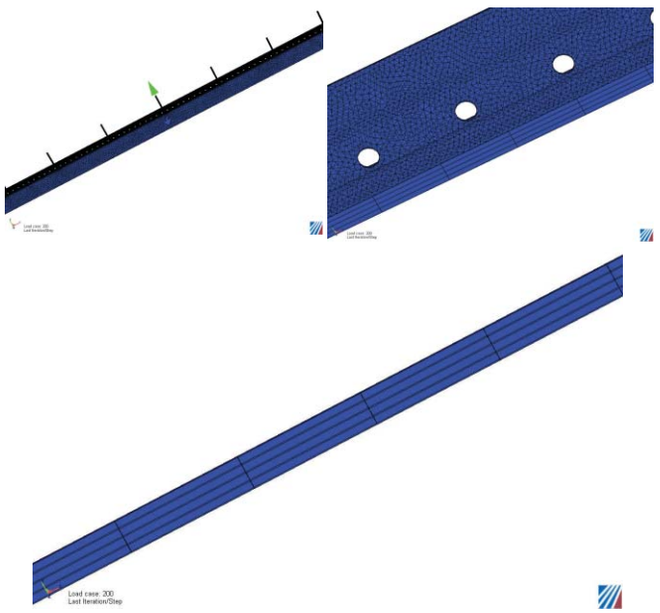


그림 4. Mesh Generation

Materials(물성치 정의)

이 해석은 입 · 출구 조건이나 모델의 형태 또는 실험 데이터의 속도 결과로 볼 때 빠른 유속이 일어날 것이 분명하였으며, 압축성의 유체 물성치가 반드시 필요하였다. 그리하여 본 모델의 유체 물성치는 기체상태 방정식을 이용한 Air의 물성치를 삽입하였다.

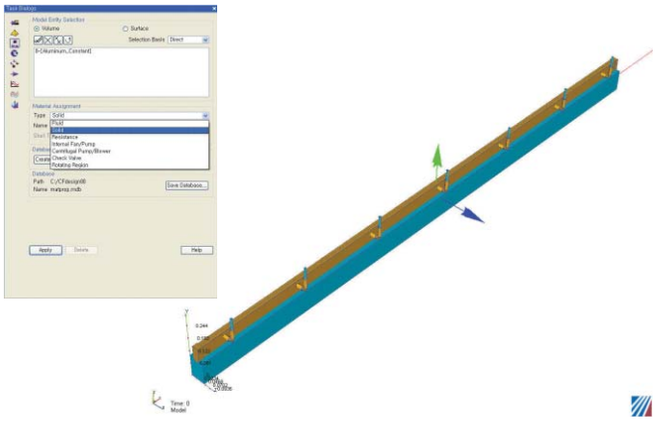


그림 5. Materials

Analysis Type and Option(해석 옵션 설정)

물성치 정의에서 언급했듯이 본 해석은 압축성 해석이며, 열 전달의 해석은 불필요했다.

그리하여 compressible 해석을 실시하였다.

해석 결과

해석 데이터의 중점적 포인트는 유동의 고른 분포이며(uniformity) 유동의 고른 분포를 확인하기 위해 일반적인 Contour와 Vector, plot의 기능으로 데이터를 삽입하겠다.

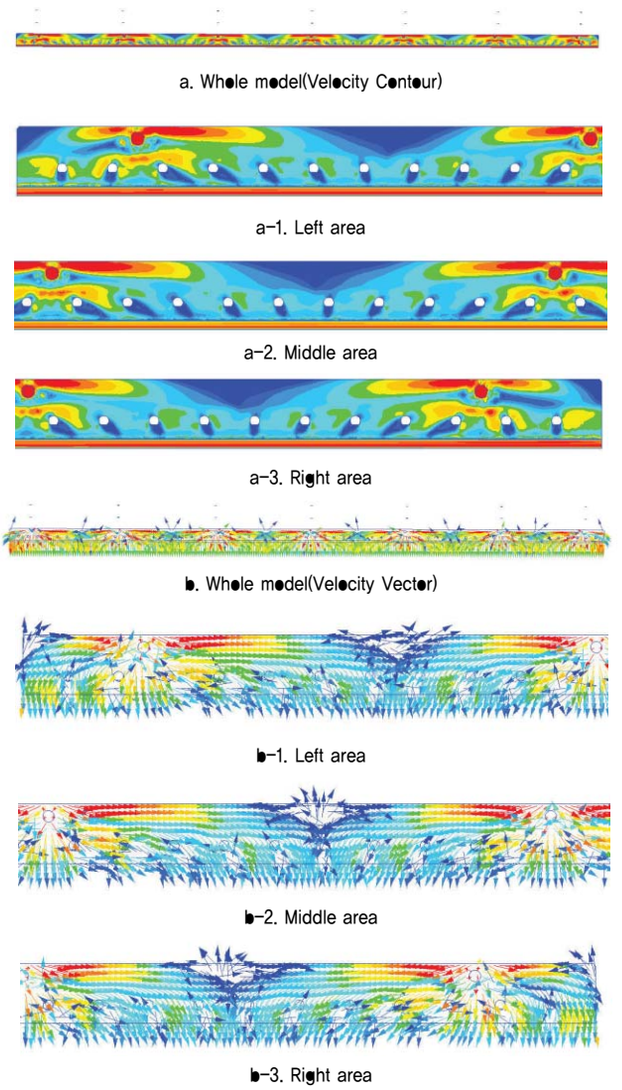
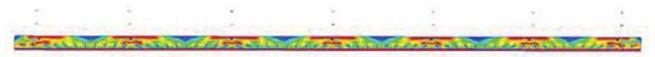


그림 6. Velocity contour / vector contour

해석 결과를 볼 때 유동의 흐름은 정확히 고르지는 않지만 어느 정도의 고른 분포도를 확인할 수 있었으며, 몇 가지 약간의 문제점을 발견 할 수 있었다. Vector의 결과를 볼 때 양쪽 끝단의 와류 현상을 감지 할 수 있었다. 기존에는 같은 방향으로 흐르겠지만, 안쪽의 빠른 유속의 영향을 받아 역으로 흐르는 건 어찌 보면 당연한 결과였다. 하지만 해석상 양쪽 끝 단의 출구를 정해주지 않아서 나타나는 현상으로 예상되며, Full Ass'y의 해석을 한다면 유동영역의 확장으로 나타나지 않을 것이라고 예상된다.



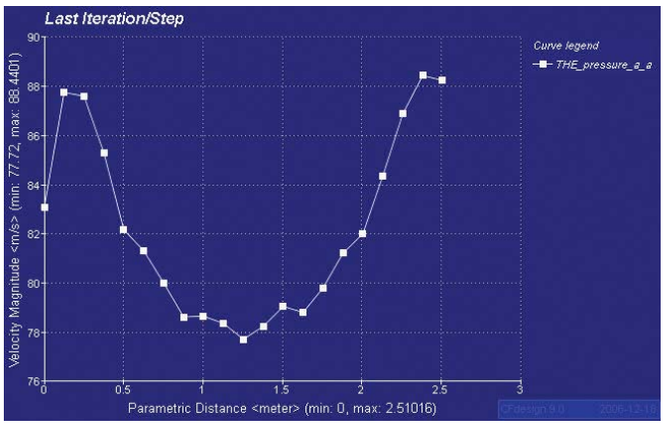


그림 7. 출구 Velocity X-Y Plot

출구 영역의 속도 데이터를 보다 정확히 보기 위해 X-Y plot으로 결과를 뽑아 내었다. 포인트가 정확하지 않아 비대칭처럼 보이지만 어느 정도 결과는 확인할 수 있었다. 즉, 수치적인 데이터로 볼 때 양쪽 끝단에 속도가 빠르긴 하지만, 유속의 Uniformity가 어느 정도 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 이를 엑셀 파일로 Export 시켜 포인트의 좌표나 Vx,Vy,Vz의 속도 값, 압력 값 등을 뽑아 낼 수 있었다.

그림 8. 80 m/s 이상 ISO Surface

해석의 데이터를 한눈에 알아볼 수 있도록 ISO Surface 기능을 사용해 보았다. 즉 80m/s 이상 영역만을 나타내어 그 부분의 Vector를 본 것이다.

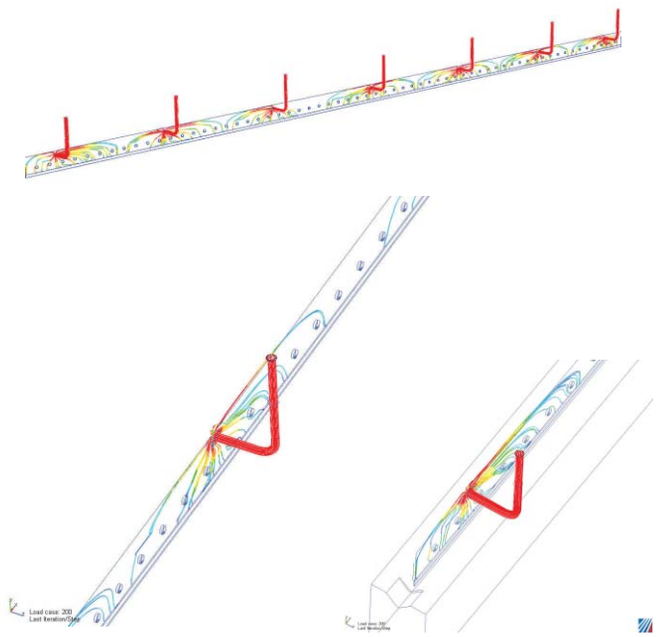


그림 9. Path line

유동이 흐르는 길을 따라 유선을 그려 나타내었다. 이 결과에서도 유동의 Uniformity를 확인할 수 있었다. 이렇게 CFdesign은 여러 가지 방법으로 결과를 확인할 수 있었다.

맺음말

이와 같이 최적의 장비를 만들기 위해서는 어느 부분이 문제인지, 어느 Part가 영향을 미치는지 설계자인 나조차도 모르는 곳을 CFdesign, 3G는 아주 쉽고 빠르게 여러 가지 방법으로 알려 주었다. 실로 방대한 자료를 어떻게 해야 할지 행복한 고민에 빠질 때도 있다.

또한 실제로 실험을 한다 해도 얻어낼 수 있는 데이터는 한계가 있으며, 실험 데이터에 너무 의존만 한다는 건 시간적으로 비용적으로 많은 문제가 있다. 해석 프로그램을 도입하여 비용을 아끼고 시간을 줄이고 그 노력을 경쟁력에 힘쓴다면 이야말로 성공의 지름길이 아닐까 생각한다.

만약 CFdesign의 쉽고 빠른 기능들과 다른 유동 해석 툴들과 전혀 다르지 않은 해의 정확도가 없었다면 이루지 못했을 자료들이다. 이 방대한 자료들을 이용해 더욱 경쟁력 있는 제품들을 생산할 것이며, 특히 인재 개발에도 큰 효과를 기대하고 있다. 유체역학이 전공이 아닐지라도, CFdesign을 이용해 차츰 유동의 전반적인 이해를 하게 되어 기대하지 않은 아이디어가 이곳 저곳에서 불쑥 나타나는 것을 확인할 때 곧 STI는 최고의 LCD&반도체 분야에 선두 주자가 될 것이다.