

트리즈를 활용한 퍼니스 온도 균일화를 위한 문제해결

하주환¹, 김광선¹, 허용정^{1*}

A TRIZ-Based Solution to Problem in Furnace for Thermal Equalizing

J. H. Ha, K. S. Kim, Y. J. Huh (*yjjuh@koreatech.ac.kr)

한국기술교육대학교 메카트로닉스공학과¹

Key Words : TRIZ (트리즈), Furnace(퍼니스), Thermal Equalizing(온도 균일화)

1. 서론

반도체 제조 공정 중에서도 가장 핵심공정인 열처리 공정 (Thermal process)은 산화, 확산, 어닐(Anneal)을 목적으로 꼭 필요하다. 이러한 열처리 공정을 처리하기 위해서는 장비가 필요한데 Furnace가 주로 사용되고 있다.

Furnace는 장시간 열처리하는데 적합하고, 웨이퍼의 온도를 안정하게 유지시키고 단위 시간당 처리량이 높은 장점이 있어 주로 사용되고 있다.

하지만, 많은 수량의 웨이퍼를 열처리하기 위해 집적화가 되면서 온도 정밀화가 요구되어 기존의 Furnace 시스템의 개선이 필요하다. 웨이퍼의 집적화로 인한 퍼니스 내의 웨이퍼 전체의 표면에 균일한 온도를 유지하는데 문제가 있다.

본 논문에서는 실용트리즈의 6 단계 창의성(6SC : 6 Step Creativity)을 적용하여 기존에 적용중인 열처리 공정용 퍼니스의 웨이퍼 온도 균일화 문제를 해결하는 방안을 설명하고 문제 해결에 대한 기술적인 평가를 위해 퍼니스의 내부에서 N2유동에 의한 웨이퍼 표면의 온도분포를 상용 수치해석 프로그램인 START-CCM+를 사용하여 문제해결에 대한 기술적인 평가를 수행하였다.

2. 본론

2.1 Furnace

반도체 디바이스 제조에 있어서 반드시 필요한 열처리 공정 이고, 이를 위하여 웨이퍼를 고온으로 가열을 할 필요가 있다. 퍼니스를 이용하여 웨이퍼에 열을 가할 수 있으나 퍼니스는 온도를 상승하거나 하강시키는데 긴 시간(10°C.Min)이 소요되기 때문에 한번에 많은 수량의 웨이퍼를 처리하도록 설계되어진다.

반도체 제조 공정의 wafer를 가열식 heater의 복사열을 이용, 가열하여 wafer제조 공정을 수행한다. 웨이퍼 전체의 온도를 균일하게 유지하고 측정하거나 제어하는 능력이 퍼니스는 우수하여 지금까지 열처리 장치로서 이용도가 높았다. 퍼니스를 이용한 열처리가 반도체 공정부터 주류를 형성하고 있다.

히터와 웨이퍼 사이가 석영(quartz)으로 만들어진 투명한 창(window)으로 분리되어 있다. 웨이퍼의 지지대는 웨이퍼의 온도 균일도 유지하도록 되어 있다. 이 열처리 공정기내에는 대기압이나 다른 가스등으로 채워져 외부와 분리되어 웨이퍼만 내장하게 되어 있다. 이 열처리 공정기 퍼니스의 재질은 주로 석영(quartz)과 스테인레스 스틸(stainless steel) 또는 알루미늄(aluminium)등으로 되어 있다.

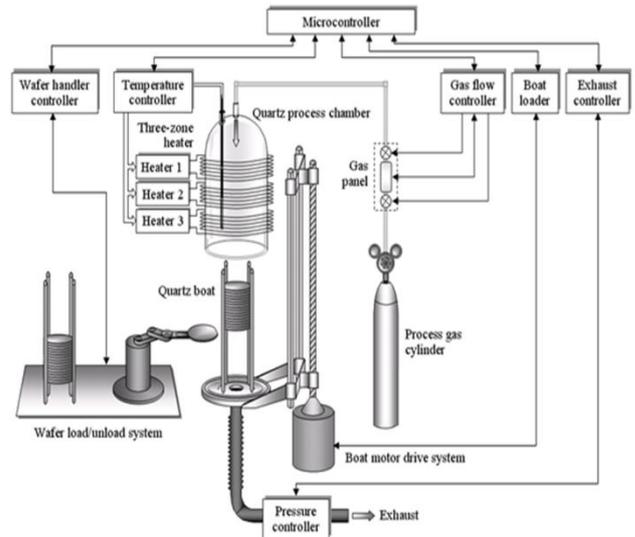


Fig. 1 Thermal process system

2.2 실용트리즈 6단계 창의성

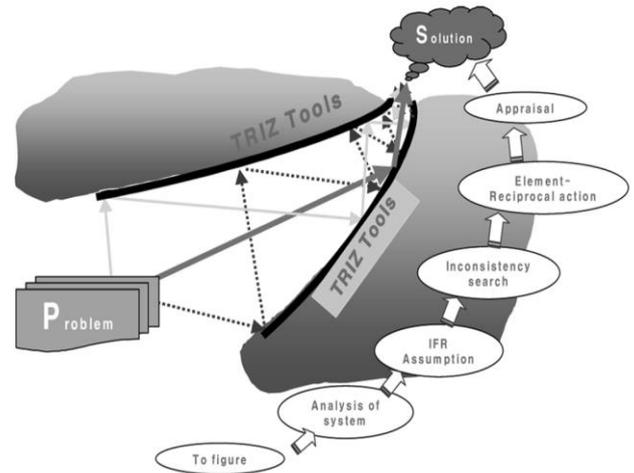


Fig. 2 Application of 6SC method

6 단계 창의성에는 문제를 단계별로 분석하고 해결책을 찾아가는 6 가지 방법론이다. 실용트리즈의 6단계는 Fig. 1과 같이, 1) 그림으로 표현, 2) 시스템의 기능분석, 3) 이상해결책, 4) 모순과 분리원리, 5) 요소-상호작용, 6) 해결책과 평가 단계를 거치면서 창의성을 하나씩 적용한다.

1) 그림으로 표현

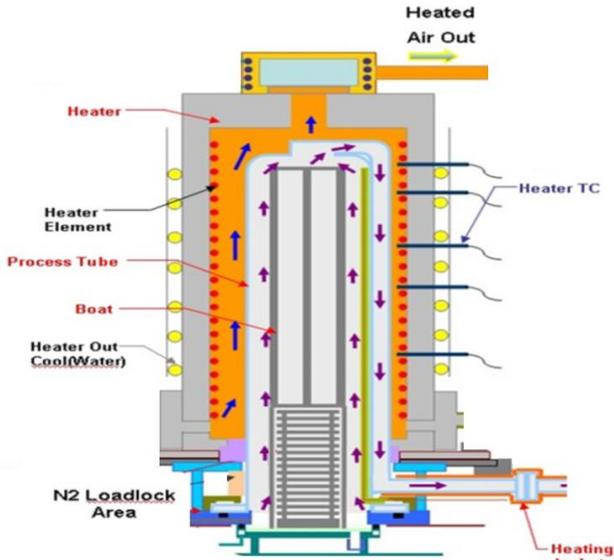


Fig. 3 Structure of furnace

문제를 일으키는 전체적인 상황과 퍼니스의 열처리 공정 구조를 그림으로 표현하면 Fig.3 과 같다. 퍼니스 내부의 구조를 보면 공기와 N2의 영역이 Quartz tube로 분리되어 있다. 히터의 열이 공기를 통해 열이 순환되고 복사열을 통해 석영을 통과하여 웨이퍼에 열을 전달하고 있다. Quartz 내부에서는 N2가스가 유입되어 웨이퍼에 사이사이에 잘 분포되어 열 전달을 돕고있다.

2) 시스템 기능분석

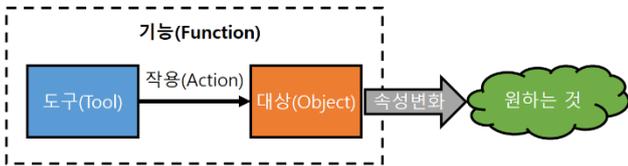


Fig. 4 Function analysis

시스템의 기능분석은 해결해야 할 기술과제가 복잡하게 얽혀 있거나 문제가 명확하지 않은 경우 매우 중요하게 작용한다. 특히 복잡한 시스템의 부품이나 모듈들의 모순 관계를 도식적으로 나타내어 기능의 관점에서 분석하여 비교적 간단한 모델로 기술시스템을 분석하는데 유용하다.

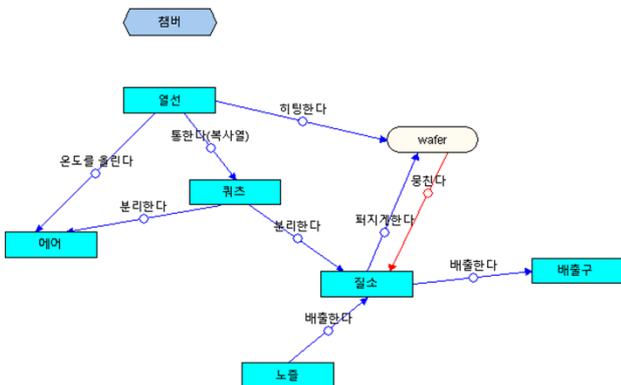


Fig. 5 Function model of furnace

Furnace를 기능분석을 통해 살펴보면 heater를 통해 웨이퍼에 바로 온도를 전달하는게 아니라 에어를 N2를 통해 웨이퍼에 열을 전달하는 것을 알 수 있었다.

N2의 온도분포를 위한 활용은 기술시스템의 열전달이라는 유용한 기능을 얻을 수도 있지만 너무 과도한 웨이퍼 밀집현상은 원활한 N2의 분포가 쉽지 않아 온도 불균일이라는 유해한 기능도 알 수 있었다.

유해한 기능을 보완하기 위해서는 웨이퍼 사이의 간격이 N2의 유동분포 보다 크면 된다.

3) 이상해결책

이상해결책(IFR : Ideal Final Result)은 문제에 대한 고정관념을 벗어나는 좋은 방법론으로 이상적인 시스템은 요구되는 기능을 수행하면서도 존재하지 않는 시스템인 것이다.

$$Ideality = \frac{\sum Useful\ function}{\sum Harmful\ hunction}$$

Fig.3 과 Fig.5 의 Furnace 도식화와 Furnace의 시스템 기능분석도를 통해 가장 이상적으로 문제가 해결되는 이상해결책을 아래와 같이 제시하였다.

- (1) 웨이퍼의 간격이 작아도 온도분포가 균일하다.
- (2) 한번에 열처리 할 수 있는 웨이퍼가 다수이다.

4) 모순과 분리원리

- (1) 웨이퍼의 온도를 균일하기 위해서는 웨이퍼의 층 간격이 넓어야 하고 많은 웨이퍼를 열처리공정을 하려면 웨이퍼의 층 간격이 작아야 한다.
- (2) 유용한 기능을 위해서는 웨이퍼 간격은 넓어야 하고 유해한 기능을 제거하기 위해서는 작아야 한다.

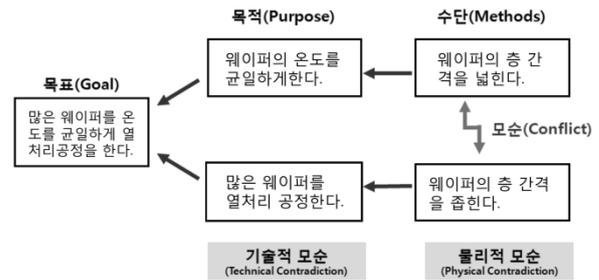


Fig. 6 Contradiction

‘웨이퍼의 균일한 온도분포를 위해서는 웨이퍼 층 간격이 넓어야 하고 한번에 많은 웨이퍼를 열처리공정을 하려면 웨이퍼 층 간격이 작아야 한다.’ 라는 모순의 해결책을 찾기 위하여 시간의 분리와 공간의 분리를 적용하면 다음과 같다.

(1) 시간의 분리 : Furnace가 열처리 중 웨이퍼의 간격을 조절이 가능한 웨이퍼 지지대를 설계한다. 웨이퍼 간격 사이의 N2를 순환시키는 기능으로 시간의 분리를 적용한다.

(2) 공간의 분리 : 웨이퍼가 히터의 열을 집중적으로 받는 부분과 열을 균일하게 전달받지 못한 부분으로 나누어 만든다. 층 구조가 아닌 비스듬한 구조로 층을 쌓아 N2분포를 높인다.

5) 요소-상호작용

Fig.7 은 히터와 N2의 열에 대한 요소-상호작용 그림이다. 웨이퍼에 온도 균일화에 직접적인 원인을 제공하는 N2에 대한 특징과 성질을 나열하였다.



Fig. 7 Element – Mutual action

6) 해결책 평가

퍼니스 내 웨이퍼 표면 온도 균일화 문제를 해결하기 위한 해결책을 평가해보면 분리원리를 이용한 해결책은 기존의 퍼니스 구조 변경 및 추가 장치가 요구되기 때문에 후순위로 미루고 요소-상호작용으로 인한 분석을 통해 N2의 유입량과 배출압력을 조절하여 N2를 온도분포의 효율을 높일 수 있다고 판단하였다.

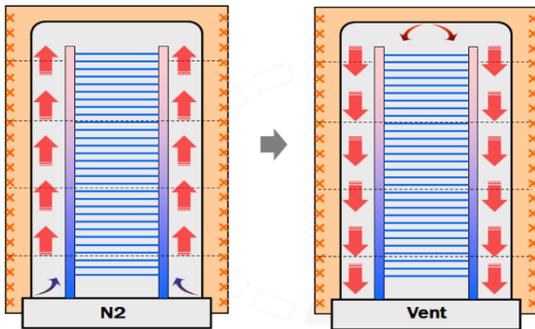


Fig.8 Solution of Thermal equalizing

Fig.8. 은 웨이퍼의 층 구조 간격은 변경시키지 않고 N2의 유입량과 배출의 압력을 조절하여 quart(석영) 내부의 N2의 유동을 순환시켜 웨이퍼 층 간격 사이에 N2가 골고루 분포되어 전체적인 웨이퍼 표면의 온도가 균일화가 되어 해결된다.

2.3 수치해석

본 연구에서 사용한 열처리로의 형상은 일반적으로 사용되는 열처리 장치를 기반으로 하였다. 해석 시간의 단축을 위해 복잡한 형상을 단순화 하였으며, 사용한 열처리로의 모델링은 Solidworks을 사용하였고 모델링 시 열처리로 내부의 주요 유동경로가 되는 입구, 출구는 실제 모델의 규격을 적용하였다. 수치해석은 START-CCM+를 사용하여 진행하였다.

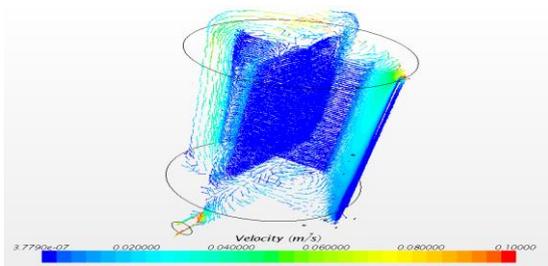


Fig. 9 Furnace Modeling

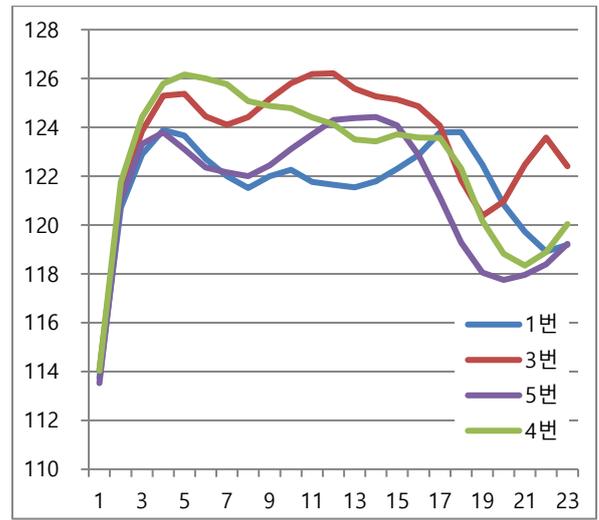


Fig. 10. Result of analysis

기존의 조건과 달리 N2유입량과 배출압력의 조건을 달리하여 총 5회에 걸쳐 시뮬레이션을 진행하였다. 2번의 해석의 경우 목표온도인 120도를 상당히 넘어서기 때문에 비교대상에서 제외하였다. 각각의 해석결과를 비교한 결과 1번의 조건의 해석결과가 웨이퍼의 전체적 평균온도와 표준편차가 작아 해당 조건이 퍼니스 내 웨이퍼 표면 온도 균일화와 적합하다.

3. 결론

본 연구에서는 실용트리즈의 6 단계 창의성을 적용하여 열처리 장비인 퍼니스 내 웨이퍼 표면 온도 균일화 문제를 해결방안을 찾고 수치해석 시뮬레이션을 통해 최적의 조건을 도출하는 연구를 진행하였다.

기존조건을 중심으로 산정한 요소들에 대하여 시뮬레이션을 실시하고 각각의 값들을 비교·분석하여 열처리공정용 퍼니스의 균일한 온도 분포 형성을 개선하기 위한 방안으로 N2의 유입량과 배출압력만으로도 해결가능하다는 것을 보였다.

이 해결책은 현업에 적용이 가능하여 생산성 향상에 기여할 것으로 판단한다. 추후 현업 적용을 위한 보다 구체적인 해결책에 대한 실험과 평가가 관련 업체와 진행할 예정이다.

References

- (1) 최하영, 정의문, 이종수, 2012, “트리즈를 이용한 에어컨 디셔너 프레임구조 설계“, 한국생산제조학회
- (2) 정두원, 2011, “반도체 공정용 저온 열처리 장치의 온도 형성에 관한 연구“, 한국기술교육대학교
- (3) 오재준 외 3명, 2007, “트리즈 기법을 활용한 LCD 이송장치용 우레탄 휠의 문제 해결에 관한 연구“, 한국 CDE학회
- (4) 임사환, 허용정, 2007, “TRIZ를 활용한 가정용 가스보일러 배기통의 연결부 이탈문제해결“, 한국CDE학회
- (5) 김호중, 2007, “실용트리즈의 기술문제 해결사례“, 한국 CDE학회