

온도 균일도 향상을 위한 대면적 서셉터의 설계 및 성능 시험

양학진¹, 김성근^{2*}, 조종근³

¹동양미래대학교 로봇자동화공학부, ²호서대학교 기계공학부, ³㈜포톤

Design and Performance Test of Large-Area Susceptor for the Improvement of Temperature Uniformity

Hac Jin Yang¹, Seong Kun Kim^{2*}, Jung Kun Cho³

¹School of Robot & Automation Eng., Dongyang Mirae Univ.

²School of Mechanical Engineering, Hoseo Univ.

³Photon Co.

요약 서셉터 히터에서 쉬스 열선을 사용하는 방법이 일반화되어 있지만, 대면적 초고온 조건에서는 서셉터의 온도 균일도 성능 저하의 문제가 있다. 본 연구에서는 온도균일도 성능을 향상시킬 수 있도록 판형 형태의 열선을 기본으로 새로운 서셉터를 설계하여 프로토타입을 개발하였다. 표면 온도 450℃의 고온에서 1.4% 이내로 온도 균일도가 시제작된 서셉터에서 검증될 수 있었다. 또한 온도 학습 데이터를 이용하여 측정 온도 데이터를 예측할 수 있는 커널 회귀 알고리즘을 개발하고, 이러한 예측 데이터와 측정 데이터의 비교 분석으로 균일도 측정 온도의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

Abstract Although sheath-type heating line is generally used for susceptor heater, performance deterioration problems in temperature uniformity occurs in the case of large scale and high temperature condition. We developed new design and prototype of the susceptor using sheet metal to provide performance improvement in temperature uniformity. Temperature uniformity below 1.4% in the surface temperature condition of 450℃ was verified in the susceptor prototype. Also we developed Kernel regression algorithm to estimate measured temperature using temperature learning data. The reliability of the measured temperature uniformity was confirmed by comparative analysis between predicted data and measured data.

Key Words : Large-Area Susceptor, Performance Test, Reliability, Temperature Uniformity, Kernel Regression.

1. 서론

능동 유기 발광 다이오드(Active Matrix Organic Light Emitted Diode) 평판 디스플레이는 두 개의 유리판을 포함하며, 이러한 유리 기판은 최대 약 $2,500 \times 2,500 [mm \times mm]$ 정도의 대형화에 이르렀다.

평판 디스플레이를 생산하는 데 있어 자주 채택되는 제조 공정은 화학 기상 증착(Chemical Vapor

Deposition)과 물리 기상 증착(Physical Vapor Deposition)을 포함한다. Fig. 1은 공정 챔버의 개략적인 단면도로 이러한 공정 챔버에는 기판을 지지하도록 온도제어식 서셉터(Susceptor)가 배치되어 있다[1, 2]. 서셉터는 PVD나 CVD 공정뿐만 아니라, 사진 공정이나 열처리 공정 등 여러 가지 공정 전반에 걸쳐 다양하게 사용된다.

서셉터에서 일반적으로 사용되는 고온용 히터를 구현하는 방법으로는 스테인리스 파이프에 Ni-Cr이나

*Corresponding Author : Seong Kun Kim(Hoseo Univ)

Tel:+82-41-540-5811 email: kimskun@hoseo.edu

Received February 26, 2015

Revised (1st April 27, 2015, 2nd June 9, 2015)

Accepted June 11, 2015

Published June 30, 2015

Ni-Fe 등의 열저항선을 설치하고 MgO 입자를 충전하여 사용하는 파이프 형식의 쉬스(Sheath) 열선이 있지만 [3], 대용량 대면적 초고온에서는 온도의 불균일성 문제가 나타나며, 세라믹 절연체에 균열이 발생할 경우 대기 중의 수분과 반응하여 암모니아 가스등이 발생할 가능성이 있는 등의 문제가 있어서 청정 환경에서 미세한 오차 없이 공정을 진행해야 하는 제조 공정에서는 더욱 적합한 구현방법이 필요하다. 한편, 기판에 증착되는 박막의 증착율은 기판 온도에 의해 크게 영향 받으며 기판이 안착되는 서셉터 상면의 온도 균일도가 CVD 박막 두께 균일도를 좌우하는 가장 큰 요인이 된다[1,2,3,4,5].

Fig. 2는 현재 가장 보편적으로 사용되는 서셉터 형태로서[5], 이러한 대면적 판형 서셉터의 대표적 실제 모양이며, 면적 전체에 걸친 온도의 균일성을 위해 특정 열선패턴이 서셉터 뒷면에 형성되어 있다. 또한, Fig. 3은 서셉터 열선의 일반적인 제조 방법으로서 알루미늄 모재(1)에서 일정한 패턴(2, 5)을 가공하여 파내고, 패턴에 열선(3)을 심은 후, 열선을 알루미늄 덮개(4)로 덮어 e-Beam으로 라인용접을 한다[6]. 이러한 방식은 밀봉 커버와 용접재의 열팽창률이 달라서 내부에 공극이 발생하는 문제점이 있으며, 이를 보완하기 위하여 억지 끼워 맞춤 방식을 사용하기도 한다[4].

하지만 대용량 대면적 초고온 서셉터에 있어서 열이나 중력하중에 의한 처짐, 박막 품질과 관련된 온도 균일도에 대한 문제점은 해소시켜주지 못하고 있다. 또한 박막 품질 향상에 대한 연구도 여러 방향으로 이루어지고 있다[1, 2, 7, 8]. Applied Materials는 냉각 기술 및 박막 균일화 기술에 대한 연구를 통하여 표면 온도를 제어하고 있으며[7], 단성일렉트론은 소성 변형으로 열선을 밀봉하기 위하여 단조 방식을 사용하였다[8].

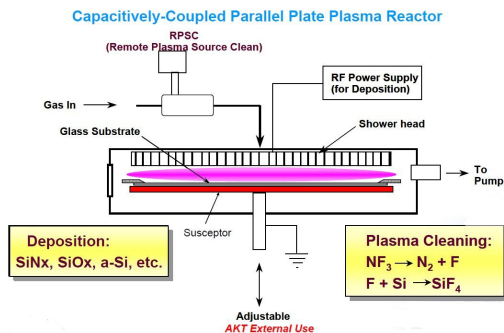


Fig. 1 Flow in Large PECVD Equipment.

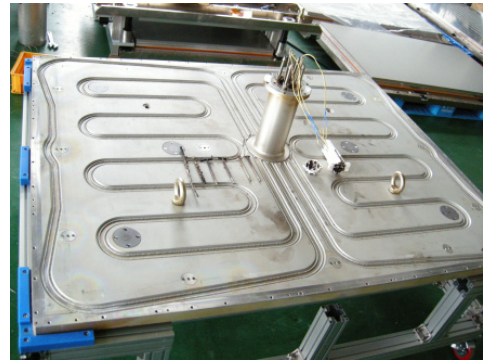


Fig. 2 A Sheath type large-area aluminum susceptor.

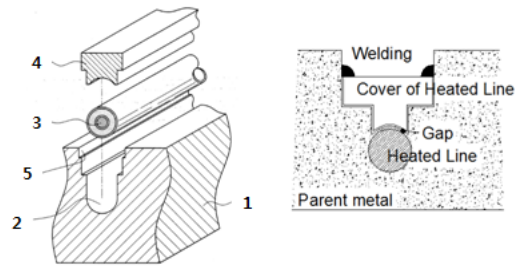


Fig. 3 Traditional production method for heated line manufacturing and sealing.

소자 공정의 미세화가 점점 진전됨에 따라 온도 균일도에 대한 소자 업체의 요구는 더욱 정교해져 가고 있으며, 또한 공정 온도도 점차 상승하고 있는 추세이다. 그러나 기존 방식이 지니고 있는 문제점으로 이러한 시장의 요구를 수용하기에는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서 설정된 목표는 반도체 및 디스플레이의 제조 공정에서 기판을 지지하는 동시에 기판을 공정 온도까지 올려주는 핵심 부품인 고기능 서셉터에서 온도 균일도를 향상시키는 새로운 설계를 개발하고자 하는 것이다. 본 연구에서 개발한 서셉터는 기존의 특허를 피할 수 있는 새로운 형태의 열선 및 열선 배치로 이루어져 있으며, 이에 대한 모의실험(Simulation) 및 이를 바탕으로 한 최적 설계(Optimum Design)를 통하여 표면 온도 450℃의 고온에서 1.4% 이내의 온도 균일도를 유지할 수 있는 디스플레이 제조장비용 서셉터를 개발하여 프로토타입을 제작하였으며, 성능 시험을 통한 신뢰성을 확보하였다.

본 논문의 2장은 서셉터의 모델링에 대한 모의 실험 결과값을 토대로 최적의 설계 모델을 찾고, 이를 제작한

과정에 대한 내용이며, 3장에서는 이렇게 제작된 서셉터에 대한 시험을 기반으로 성능 검증을 하고 커널 회귀를 통해 온도 균일도 예측 모델의 구성을 통해 신뢰도를 향상시킨 결과이다. 그리고 마지막 4장에 본 논문에 대한 결론을 정리하였다.

2. 서셉터 설계

2.1 초기 조건 및 기본 설계

서셉터의 양산 수준 제품의 성능은 국내 수준과 세계 수준이 비슷하며, 주요 성능 변수와 각 성능 변수의 일반적인 산업계 성능 수준은 다음과 같다.

- (1) 온도 균일도는 목표치 온도까지 상승시킨 후 안정화가 되었을 때 표면의 몇 개소를 측정하고 최대치와 최소치의 차이를 계산하여 수치로 나타내는 것으로서, 3.0% 수준을 보이고 있다.
- (2) 최대 사용온도는 최대 사용온도까지 1시간 승온 후 냉각하는 사이클 시험을 내구성 시험 수준만큼 진행하고 단선이 없는 경우의 사용온도를 말하며, 현 수준은 480℃ 이다.
- (3) 위와 같은 사이클 시험 후 서셉터의 끝단에서 변형량을 측정하여 최대값을 얻는 것이 최대 변형량이며, 8 mm 수준이다.
- (4) 내구성 시험은 10회 수준이며,
- (5) 상온에서 사용온도까지 상승시간은 90분 수준이다.

위와 같은 산업계 양산 수준보다 우월한 제품을 개발하기 위한 목표를 설정하였으며, 이를 전제 조건으로 본 연구에서는 다음과 같은 기본 설계를 구성하였다.

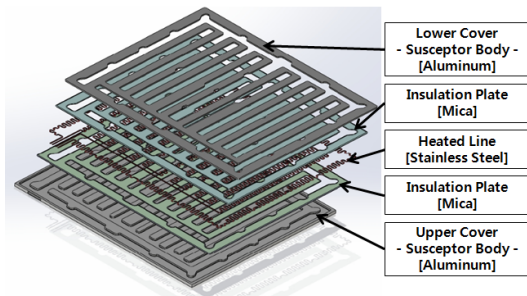


Fig. 4 New Design of Susceptor heating line and structure.

- (1) 기판을 공정 온도까지 올려주는 고기능 서셉터로서 자중에 의한 처짐과 같은 구조 변형은 상온 시강성이 떨어지면서 심하게 발생함으로 이를 보완하며 기판을 지지할 수 있는 구조체로 설계한다.
- (2) 서셉터 바디와 열선 사이에 에어갭(Air Gap)의 발생을 방지하기 위하여 열전도도가 좋고 낮은 열팽창으로 열충격에 강하고 불소가스에도 강한 내식성을 가지고 있는 질화 알루미늄을 삽입할 수 있게 한다.
- (3) 본 연구에서는 쉬스형의 SUS 튜브 형태가 아니라 Fig. 4와 같이 새로운 판형 형태의 열선을 개발하였으며, 얇은 박판(Sheet Metal)을 레이저 가공이나 워터젯(Water Jet)을 이용하여 일정 패턴으로 가공하여 균일한 두께와 균일한 폭을 유지하여 균일한 발열 및 온도를 유지하도록 하였으며, 이를 얇은 온도판으로 전기적으로 절연하고 열전도를 극대화하였다.

2.2 해석 시뮬레이션

서셉터 바디 내에 열선코어를 배치하고 몸체를 덮개와 연결하는 공간 구조에 있어서 몸체가 덮개와 연결되는 브릿지 부분의 설계를 가장 중요한데, 여러 가지 형태의 브릿지 연결 구조에 대한 구조 해석이 진행되었다. Fig. 5는 이의 사례들을 보여주고 있으며, Case 1은 봉형 브릿지 형태, Case 2는 조밀 리브형, 그리고 Case 3은 단순 리브형을 나타낸다. 결과에서 확인되듯이 봉형 브릿지가 다소 취약한 것으로 나타났고 리브 형태의 브릿지는 조밀하게 하든 단순하게 하든 자중에 의한 처짐에 대한 영향이 없으며, 대략 6.1 mm 수준인 것으로 나타났다.

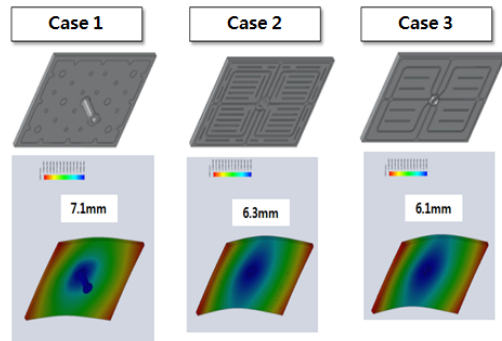


Fig. 5 Deflection simulation to self-weight.

서셉터 공정이 진행되는 동안 서셉터 내부는 상압인 반면, 외부는 진공 환경에 노출되어 있어 대략 약 1 기압의 팽창 압력을 받게 되는데, Fig. 6은 각기 다른 구조 설계에의 압력분포에 따른 변형 모의실험이 진행된 것이다. 리브형인 경우는 상대적으로 매우 작은 변형인 0.18 mm로 거의 가공 오차 수준인 것으로 해석되었다.

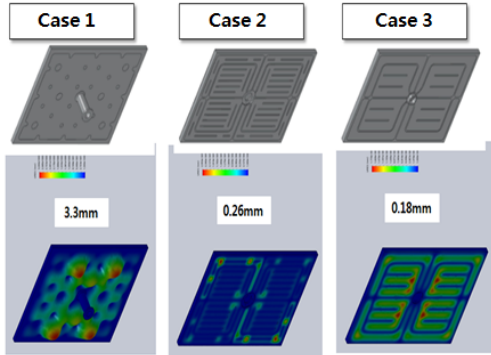


Fig. 6 Pressure distribution in the surface of susceptor.

상기에서 설계된 열선 패턴에 대하여 열전달 모의실험을 통한 1차적인 최적화가 진행되었으며, 발열체 온도가 450℃ 라고 했을 때 표면에서의 온도는 Fig. 7에 보이듯이 최대치 440.9℃, 최소치 428.9℃로 대략 12℃ (온도 균일도 1.38%)의 편차를 보이고 있다.

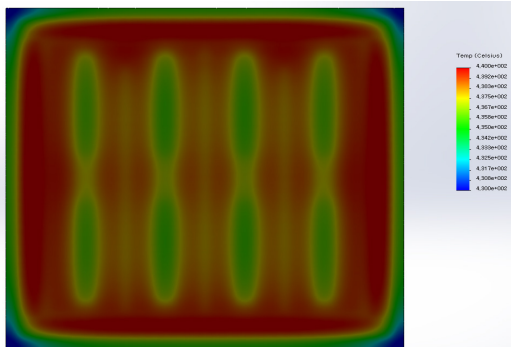


Fig. 7 Temperature distribution in the surface of susceptor.

2.3 프로토타입 제작

상기의 해석 결과로부터 얻은 구조 설계를 바탕으로 서셉터 바디, 운모판 및 덮개를 제작하였으며, Fig. 8은 서셉터에 열선 상부에 전기적 절연을 위한 운모판을 장

착한 후에 열선을 배열한 모습이다. 서셉터 몸체에 덮개를 씌우고 진동 용착 방식으로 용접을 하였다. 이러한 방식은 기존 이온빔 용접 방식에 비해 견고한 접합을 유지할 수 있다. 반면, 앞에서 언급한 질화 알루미늄 파우더인 경우는 운모판과 열선 사이인 에어갭 공간에 도포하여 보았으나 분진이나 용접불량 등의 문제점을 야기하는 등의 문제에 의하여 양산시 적용하지 않기로 하였다.

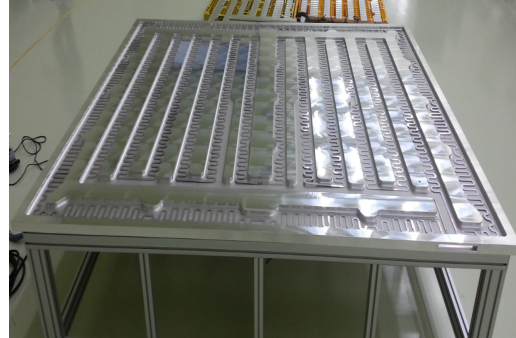


Fig. 8 Heated line and insulation plate in the susceptor.

3. 성능 시험

3.1 시 험

서셉터의 성능 평가항목은 (1) 온도 균일도, (2) 최대 사용온도, (3) 최대 변형, (4) 내구성 그리고 (5) 온도 상승 시간에 관한 항목이다. 이러한 서셉터의 성능을 시험하고 분석하기 위한 시험장치 셋업이 Fig. 9에 보여주고 있다. 이러한 시험은 단일 챔버를 사용하여 대기 중에 방열로 실내온도가 과도하게 올라가는 문제를 방지하고, 시험 중 작업자를 보호하도록 하였다.



Fig. 9 Equipment set-up of performance test for susceptor.

첫 번째 성능 평가 항목인 온도 균일도 시험은 목표 온도를 450℃로 설정하여 수행하였다. 온도를 측정하기 위한 써모커플(Thermocouple)은 su-s 타입으로서 일반적인 허용 오차는 ±1.5℃ 또는 측정 온도의 0.25%이다. 하지만 써모커플의 접촉 방식에 따라 오차는 더 크게 발생하는 것을 알 수 있었으며, 자체 실험시 접촉 면적을 최대한 넓게 설정할 수 있는 방법을 선택하고, 수반의 반복 테스트에서 오차 범위가 ±3℃ 또는 측정 온도의 1.5%로 이내에 측정되는 온도센서만을 정상적인 써모커플로 간주하였다. 이러한 써모커플의 위치는 4x4 (16개)를 균등하게 배치시켰으며, 가운데 2x2 (4개)는 서셉터의 내부에 장착하였고, 나머지 써모커플은 서셉터의 상판에 장착하였다. 온도 균일도는 각 써모커플의 온도 측정값 후 최대값과 최소값을 구하며, 이 후 다음 식으로 그 균일도를 평가하였다.

$$(T_{max} - T_{min}) / (T_{max} + T_{min}) \% \quad (1)$$

시험 결과 최대 온도는 452.3℃, 최소 온도는 440.2℃로서 온도 균일도는 1.36%에 해당하였다. 여기서 최대 온도 및 최소 온도는 외부 발열체의 상부에 해당하는 곳의 온도 측정값으로서 최대 온도 측정부는 발열체의 용접부에 해당하며, 최소 온도 측정부는 외부 발열체의 발원에서 먼 부분에 해당하기 때문에 추측한다.

두 번째 성능 평가 항목인 최대 사용온도는 목표 온도까지 1시간 승온 후에 냉각하는 싸이클 시험 100회 중 단선이 없는 경우로 설정하였는데, 본 연구에서 제작된 시제품 서셉터에서 이러한 기준을 적용하여 측정된 결과 개발 목표치인 480℃를 상회하는 491.2℃에서도 싸이클 시험 100회중 단선이 없는 것이 확인되어 최대 사용온도를 정하였다. 이러한 수치는 내부 발열체와 외부 발열체로 구성된 발열체의 출력 온도를 기준으로 가열하였으며, 서셉터에 설치된 온도 센서에 의하여 측정되는 값과의 온도차가 발생하기 때문이다.

Table 1. Displacement measurements on Susceptor.

Measurement					
No	Height [mm]	Displacement [mm]	No	Height [mm]	Displacement [mm]
1	28.55	0.55	8	28.15	0.15
2	29.55	1.55	9	28.12	0.12
3	29.77	1.77	10	28.39	0.39
4	29.75	1.75	11	28.40	0.40
5	27.14	1.14	12	28.54	0.54
6	27.21	0.79	13	28.49	0.49
7	27.64	0.36
Max. Displacement point			31.39	3.39	

세 번째 항목인 변형량은 내구성 시험 후 석정반 위에 서셉터를 올려 놓고 각 부위에서의 변형을 측정하여, 최대변형을 기준으로 하였고 그 값은 3.39 mm로 관찰되었다. Table 1은 내구성 시험 전 서셉터의 각 부위별 임의의 기준면(석정반)에 대한 높이 및 내구성 시험 후 변형량을 측정된 값들이다.

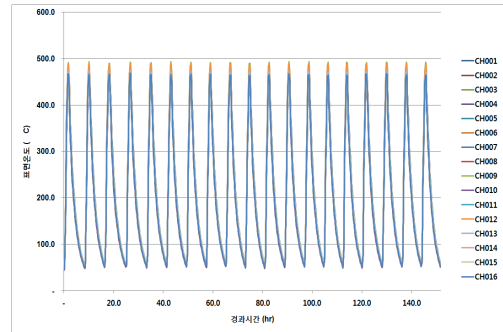


Fig. 10 Surface temperature on susceptor in durability test.

네 번째 평가 항목인 내구성 시험은 상온에서 현재 일반적인 산업계 성능 수준인 480℃까지 상승 시켰다가 다시 상온(50℃)까지 자연 냉각하는 사이클을 1회 운전으로 하여 250회의 운전을 하여 개발품의 목표치를 도달하였으며, 최대 운전 회수는 286회까지 가능하였다. Fig. 10은 이러한 운전에 대한 온도 변화를 보여주고 있다.

또한, 마지막 평가 항목인 상승 시간은 개발품이 사용될 450℃를 기준으로 온도 균일도가 ±1.5% 이내에 도달하는 상승 시간을 측정된 결과로서 Fig. 11과 같으며 도달 시간은 2,010 sec (약 33분) 이었다.

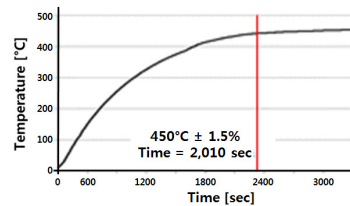


Fig. 11 Temperature rising time.

Table 2는 본 연구에서 개발한 서셉터의 사양을 나타낸 표이며, Table 3은 일반적인 국내외에서 개발되었던 서셉터의 성능 및 본 연구에서 개발된 서셉터의 성능을 비교한 표이다.

Table 2. The Specification of Susceptor Prototype

	Spec.
Temperature Heater Type	AL Heater
Heater Body Material	AL 6061
Heater Size	2050(W) x 1700(D) x 28(T)
Welding	FSW
Max. Temperature	480℃
Surface Temp. Uniformity	450℃ ± 1.5%
Heater Zone	2 Zone (Inner, Outer)
Control Zone	4 Zone K-Type (2-Inner, 2-Outer)
Power	AC 220V / 31kw
Weight	235 kg
Heating Element	Sheet Metal Element
Surface Treatment	Soft Anodizing (13±5μm)

Table 3. Performance Comparison between the newly developed and commercial Susceptors

	Current Level	Prototype Development
Temp. Uniformity [%]	3.0	1.36
Max. Temperature [℃]	480	491.2
Max. Displacement [mm]	8	3.39
Durability [Cycle]	10	286
Temp. Rising Time [min]	90	33
Heater Size [mm x mm]	1700 x 1700	1700 x 2050

3.2 온도 균일도 측정의 신뢰성

서셉터의 온도 균일도 성능 평가시 온도 센서의 오작동은 측정 데이터의 신뢰성을 저하시켜 온도 균일도 성능 평가를 어렵게 하게 된다. 이러한 온도 센서의 측정 데이터 오류 여부를 판별할 수 있는 알고리즘과 예측 모델을 적용하여 성능 시험시의 온도 균일도 신뢰성을 향상시켰다. 이러한 알고리즘은 측정 온도의 균일도를 계산할 때 측정 온도와 예측 온도를 추정·비교하여 예측 데이터의 유효 범위안에 측정 데이터가 속하는지를 판별할 수 있게 하였으며, 이러한 일관성이 유지될 수 있는 데이터만을 가지고 온도 균일도를 결정함으로써 온도 균일도 결과의 신뢰성을 높이고자 하였다. 예측 온도 균일도를 추정하는 예측 모델 구성 방법은 모수 추정 방법과 비모수 추정 방법으로 대별될 수 있다. 비모수 추정 방법은 일정한 분포를 제한하지 않고 주어진 자료에서 직접 함수를 추정하게 되는데, 이러한 비모수 추정 방법으로는 커널 밀도 추정, 비모수 베이지안 모델, 커

널 회귀 등이 있다[9-14]. 본 연구에서는 기존의 신경회로망과 SVM(Support vector Machine)의 적용 연구[1]를 바탕으로 이상 데이터에 대한 강인성을 제공하는 커널 회귀를 이용한 비모수 추정 방법을 근간으로 표본 데이터 쌍이 주어졌을 때, 이를 가지고 함수의 근사치를 구하는 방법으로 예측 알고리즘을 Fig. 12와 같이 구현하였으며, 이러한 알고리즘의 절차는 다음과 같이 (1)-(8)의 단계로 구성하였다.

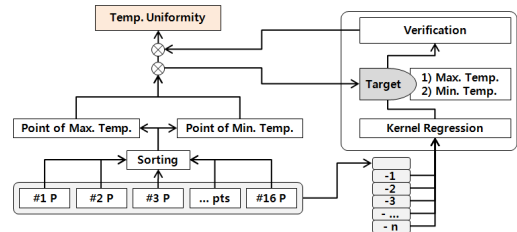


Fig. 12 Flow-Chart of Predicting Algorithm with kernel regression.

- (1) 성능 시험시 임의의 포인트에서 추출한 온도 측정 데이터들을 하나의 집합체로 구성한다. 여기서 하나의 집합체는 측정 데이터셋(dataset)과 학습용 데이터셋으로 구성하였다. 측정 데이터셋은 측정하고자 하는 시점에서 모든 센서로부터 측정된 온도 데이터이며, 학습용 데이터셋은 측정 데이터셋의 시점보다 이전에 측정한 온도 데이터셋으로 커널 회귀 모델의 표본 데이터로 사용하기에 충분한 수의 온도 데이터셋의 집합을 의미한다. 그리고 학습용 데이터셋 중에서 측정 시점과 가장 가까운 데이터셋을 검증데이터셋으로 설정하였으며, 나머지 학습용 데이터셋을 학습데이터셋으로 구성하였다. 본 연구에서는 60개의 데이터셋으로 만들어진 하나의 집합체를 구성하였으며, 측정 데이터셋은 1개이며, 59개의 학습용 데이터셋 중에서 검증데이터셋은 1개이며 나머지는 학습데이터셋으로 구성하였다.
- (2) 이러한 집합체의 검증데이터셋 중에서 최대 측정 온도를 추출하며, 추출한 최대 측정 온도를 출력 데이터로 설정한다. 같은 온도 센서에서 추출한 측정 데이터셋 및 학습데이터셋의 온도도 출력데이터로 설정하며, 출력값을 제외한 나머지 데이터를 입력데이터로 구성한다.

- (3) 학습용 데이터셋의 입력데이터 및 출력데이터를 이용하여 유클리드 거리(식 2)를 계산한다.

$$K_h(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi h^2}} e^{-d/2h^2} \quad (2)$$

여기서, d 는 입·출력 데이터 차의 절대치를 의미한다.

- (4) 가우시안 커널 함수를 이용한 가중치를 구하고, 커널 폭(h)을 임의의 간격으로 증가시키면서 조절한다.
 (5) 커널 함수의 가중치와 학습데이터셋의 입력데이터 곱의 합을 이용하여 학습데이터셋의 출력데이터에 대한 추정값을 구하고(식 3), 학습데이터셋의 출력데이터와 비교한다.

$$Y'(x) = \frac{\sum_{i=1}^n [K_h(X_i - x) Y_i]}{\sum_{i=1}^n K_h(X_i - x)} \quad (3)$$

- (6) 학습용 데이터셋의 각 출력데이터에 대한 오차를 계산한다. 그리고 (3)에서 (6) 까지를 적절한 반복 횟수까지 반복하여 오차가 가장 작은 커널 폭을 설정한다.
 (7) 이렇게 구한 커널 폭을 갖고, 측정 데이터셋의 입·출력데이터 및 학습데이터셋의 입·출력데이터를 이용하여 유클리드 거리 및 커널 함수를 통과시켜 예측데이터를 추정한다.
 (8) 이러한 예측 데이터를 측정 데이터와 비교하여 오차 범위 안에 들어오는지 판별한다. 여기서 오차 범위란 온도 센서의 측정 오차 범위를 말하며, 일반적인 온도 센서의 오차는 $\pm 3^\circ\text{C}$ 이거나 1.5% 이다. 본 논문에서는 이러한 두 개의 오차 범위 중에서 작은 값과 비교하여 오차 범위 안에 들어오는지 판별하였으며, 최대 측정 온도를 예측하는 과정을 최소 측정 온도에도 적용한다.

위와 같은 알고리즘을 이용하여 계산한 온도 균일도 예측 데이터는 Fig.13과 같다. 측정 주기가 150 에서 200 까지는 측정 데이터와 예측 데이터의 균일도가 차이가 많은 것을 알 수 있는데, 이 부분의 학습 데이터는 온도를 상승시키는 구간으로서, 각각의 센서마다 측정된 측정 데이터와 예측 데이터의 차이가 있는 구간으로 균일도 차이도 크게 나타난다. 예측 데이터의 구성이 온도

를 상승시키는 구간에서는 온도가 일정한 구간에서 측정했던 학습 데이터셋에 의해서 영향을 받기 때문에 균일도가 작게 나타나는 것으로 보인다. 하지만 온도 목표치에 근접하여 안정화가 된 상태에서는 측정 데이터와 예측 데이터의 균일도가 비슷하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

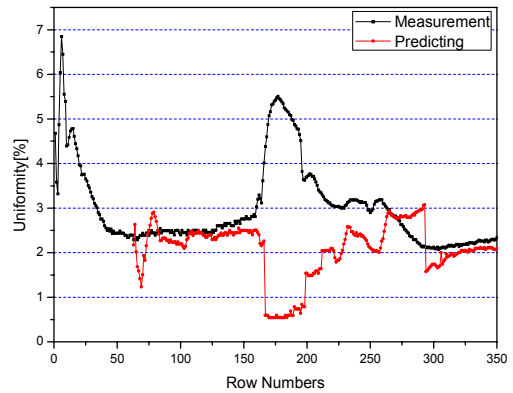


Fig. 13 Uniformity of the measurement and the predicting value.

4. 결 론

반도체 및 디스플레이의 제조 공정에서 기판을 지지하는 동시에 기판을 공정 온도까지 올려주는 핵심 부품인 고기능 서셉터를 새로운 판형 형태의 열전 방식을 구성하여 설계, 개발하였으며, 표면 온도 450°C 의 고온에서 1.36% 이내의 온도 균일도를 유지할 수 있는 디스플레이 제조장비용 서셉터를 개발하고 프로토타입을 제작하였다.

봉형 브릿지 방식과 리브형 방식에 대한 자중 해석 및 열전달 모의 실험을 통하여 최적화된 서셉터를 설계하였으며, 서셉터의 성능 평가항목인 온도 균일도, 최대 사용온도, 최대 변형, 내구성 및 온도 상승 시간에 대하여 기존 서셉터보다 우수함을 입증하였다. 서셉터 온도 균일도 성능 판단의 신뢰성을 향상시키기 위하여 온도 균일도 예측 모델을 적용하여 균일도의 검증에 적합한 데이터만을 사용하는 알고리즘을 개발하여 유용성을 검증하였다.

서셉터가 대면적화되는 추세가 지속되므로 온도 균일도 향상 및 서셉터의 크기 확대에 따른 영향도 분석에 대한 연구는 지속되어야 할 것이다.

References

- [1] H. J. Yang, S. K. Kim, J. K. Cho, "A Verification Algorithm for Temperature Uniformity of the Large-area Susceptor", Journal of KSPE, Vol. 31, No. 10, pp. 947-954, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7736/kspe.2014.31.10.947>
- [2] S. K. Kim, C. K. Cho, "Development of High Performance Susceptor for Manufacturing of Display", Project Report of Hoseo University, pp. 10-17, 2014.
- [3] Micro Tech Co., "Structure for inserting heat wire of susceptor and method for the same", Patent No.1020050123734, 2005.
- [4] Jusung Engineering Co., Ltd., "Plasma generator", No.US13/905,872, 2013.
- [5] Micro Tech Co., "Main plate of susceptor", No.1020060024890, 2006.
- [6] Point Engineering Co., Ltd., "A welding method for susceptor heater and susceptor", Patent No.1020050092750, 2005.
- [7] Applied materials, Inc., "Heating and cooling of substrate support", Patent No.US11/213,348, 2005.
- [8] Dansung Electron Co., Ltd., "Manufacturing method for susceptor and susceptor using this method", Patent No.1020060136876, 2006.
- [9] J. M. Shim, H. J. Chun, "Automotive Component Testing Data Extrapolation Using Non- Parametric Density Estimation", Proceedings of KSAE Spring Conference, pp. 834-839, 2004.
- [10] H. J. Yang, H. T. Kim, S. K. Kim, "Comparative Study of Modeling of Hand Motion by Neural Network and Kernel Regression", Journal of KSME(A), Vol. 34, No. 4, pp. 399-405, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/ksme-a.2010.34.4.399>
- [11] H. J. Yang, S. K. Kim, "Design of Wafer Handling Robot Using Kernel Regression and Neural Network", Proceeding of KSME Spring Conference, pp. 67-68, 2010.
- [12] J. W. Hines, D. Garvey, R. Seibert, A. Usynim, "Technical Review of On-Line Monitoring Techniques for Performance Assesment Vol. 2: Theoretical Issues", U.S.NRC, 2008.
- [13] C. G. Atkeson, A. W. Moore, S. Schaal, "Locally Weighted Learning", Artificial Intelligence Review, Vol 11, pp. 11-73, 1997.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1006559212014>
- [14] Geoffrey S. Waton, "Smooth Regression Analysis", The Indian Journal of Statistics, Series A, Vol. 26, No.

4, pp. 359-372, 1964.

양 학 진(HacJin Yang)

[정회원]



- 2002년 8월 : 호서대학교 기계공학(석사)
- 2012년 8월 : 호서대학교 기계공학(박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 동양미래대학교 로봇자동화공학부 교수

<관심분야>

플랜트 성능 해석 및 예측, 장비 설계(CAD)

김 성 근(Seong Kun Kim)

[정회원]



- 1985년 3월 : 서울대학교 기계설계학과(학사)
- 1987년 3월 : 서울대학교 기계설계학과(석사)
- 1992년 8월 : 서울대학교 기계설계학과(박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

플랜트 성능 해석 및 진단, 설계/가공

조 중 근(Jung Kun Cho)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한국항공대학교 기계공학과 (학사)
- 1986년 2월 : KAIST 기계공학과 (석사)
- 1995년 2월 : KAIST 기계공학과 (박사)
- 2012년 1월 ~ 현재 : (주)포톤 대표이사

<관심분야>

반도체 디스플레이 장비