

Slip 현상을 줄이기 위한 RTA (고속열처리) 장치 설계모델링

장헌룡, 한승은, 황호정

중앙대학교 전자공학과

RTA system design modeling to reduce slip

Hyeon Yong Jang, Seung Yun Hang, Ho Jung Hwang
Dept. of Electronic Eng. Chung Ang University

ABSTRACT

In this paper optimal light source arraies are calculated to reduce slips in RTA process. A two-channel temperature controller is constructed on a board using IBM - XT to improve the temperature uniformity. The proposed RTA structure has also advantage of power dissipation.

1. 서론

고속열처리 공정은 기존의 확산로에서 행하던 다양한 공정을 대부분 수행할 수 있다. 그럼에도 실제 널리 사용되지 않는 이유는 고온 고속열처리 시에 발생하는 slip 현상 때문이다. 기존 확산로에서의 열처리시 웨이퍼를 확산로의 입구에서 고온 영역으로 이동시키거나 밖으로 꺼낼때 웨이퍼의 loading 속도가 빠를경우 가장자리부터 가열되고 냉각 되는 효과로 인한 온도구배가 형성되어 웨이퍼가 휘거나 slip 현상이 생기게된다. 웨이퍼의 loading 속도를 충분히 천천히 함으로써 이문제를 해결하고 있다. 고속열처리의 경우 웨이퍼의 가열과 냉각이 빛의 복사에 의해서만 이루어지므로 웨이퍼의 각부분에서 흡수하거나 방출하는 복사에너지가 다를 경우 온도구배가 발생하게 된다. 고속열처리 장치에서 웨이퍼의 표면에 가해주는 빛에너지가 균일하다고 가정할때 웨이퍼의 가장자리가 방출 하는 복사에너지가 크므로

가장자리는 중심부분에 비해서 상대적으로 온도가 낮게 된다. 그러므로 빛에너지를 균일하게 설계한다고 해도 웨이퍼의 radial 방향으로 온도구배가 형성됨으로써, thermal stress 를 받게된다. 고속열처리온도가 $1030^{\circ}\text{C} \sim 1090^{\circ}\text{C}$ 이상일때 웨이퍼에 slip 이 형성되는 yield stress를 넘게되어 웨이퍼 가장자리에 slip이 일어나게된다. 웨이퍼에 도달하는 에너지를 완전히 균일 하도록 설계하기가 매우 어려워 1000°C 이하에서 수행되는 Al-Si contact alloy 이나 silicide 형성과 같은 비교적 저온공정에서 사용되고 있다.

본 논문에서는 slip 현상방지를 위하여 light source 가 복합형태로 배열되며 이들을 두개의 channel 로 제어되는 RTA 장치를 설계하고, 또 이 RTA 장치내에 웨이퍼가 공회로 부터 받는 에너지 분포에 관하여 simulation 하고자한다.

뿐만아니라 컴퓨터를 이용한 Two-channel 온도제어 장치설계에 관하여서도 논하고자 한다.

2. Slip line 과 웨이퍼 왜곡

RTA 와 확산로 열처리 사이의 현저한 차이중의 하나는 RTA 경우 열처리될 웨이퍼가 공정분위기로 부터 열적으로 절연되어 있다는 점이다.

열처리 하는 동안에 웨이퍼 전면적에대해 온도구배가 일어난다. 이는 바람직하지 못한 웨이퍼 slip과 왜곡이 형성된다. 이러한 현상은 기존 확산로에서

열처리된 웨이퍼에서는 좀처럼 관찰되지 않는다.

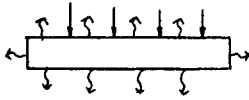


그림 1.

그림 1. 에서 웨이퍼 온도와 관련된 에너지 흐름은 가열광원으로 부터 받는에너지와 웨이퍼 표면 윗부분과 아랫부분 그리고 웨이퍼 측면이 가열되어 방출하는 복사에너지이다. 이복사에너지는 웨이퍼의 온도를 내리는 역할을 하게된다. 전면적이 단위적격에 곱고루 에너지를 주면 가운데는 상하 복사 에너지만 잃게되나 가장자리는 웨이퍼측면에도 복사 에너지를 잃게되어 온도가 가장자리에 비해 낮아 지게된다. slip 을 일으키는 온도구배는 RTA cycle 중 냉각단계에서 가장 많이 일어난다.

이문제를 해결하기위해서 열팽창 stress 가 일어나는 웨이퍼 가장자리 부분 가까이에 guard ring 으로 보상하여 guard 해주지 않은 경우에 비해 slip을 상당히 줄이고 있다. 또다른 한방법으로는 반사경을 이용하여 모서리 부분에서 나오는 빛에너지와 광원으로 부터의 에너지를 다시 모서리로 반사해 줌으로써 slip을 줄이고 있다.

위의 두방법모두 source 에너지가 할로겐 램프로 부터 균일하게 웨이퍼에 도달한다는 가정하에서 이루어진다. 그러나 할로겐 램프의 길이가 무한이 아니므로 유한장축에 대해서도 $E = \frac{I}{2\pi r} \cos\theta$ 의 식을 적용할 수 없다.

만일 웨이퍼의 지름에 비해 충분히긴장축램프를 사용하면 균일도는 좋아지지만광원전력이 증가하게 된다. (3inch용 : 20kw heat-puls)

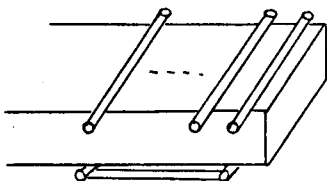


그림 2. 위쪽램프를 등간격으로 배열

또한 램프축에 대해서 직각방향의 도래에너지 균일도를 해결하기위해서 램프의 배열을 등간격으로 하지않고 가장자리를 조밀하게하고 가운데를 드물게 배열하면 그림 11,12 과같이 한방향에 대해서만이 균일하게된다.

3. 에너지균일도를 고려한 램프배열

웨이퍼에 도달하는 에너지를 X 축과 Y 축에 대해서 동시에 균일하도록 해주기위해서는 그림 2 같이 사각 chamber 위쪽에는 등간격으로 램프를 배열하고 아랫쪽에는 그림 3 과같이 램프 4개를 사용하여 4각이되게한다.

이때 윗쪽램프에 의한 빛에너지 분포는 그림 4 과 같으며 아랫쪽의 4개 램프에 의한 빛에너지분포는 그림 15 과같은 분포를 가지게된다. 이와같은 구조에서는 아랫쪽램프는 가장자리가 가운데에 비해 과에너지를 적게받는 것 (그림 9,10) 에 대해서 이를 보상 (그림 15) 하여 균일도를 조절할 수 있다.

그런데 웨이퍼에 도달하는 에너지가 균일하다고 해도 edge fast cooling 효과에 의해 가운데보다 수 % 더많은 에너지를 보상해야한다. 복합적으로 램프배치를 할경우 아랫쪽 램프의 광량을 조절한다. 기존의 수동보상에 비해서 이는 능동적으로 보상 정도를 조절할 수 있고 반응로내의 입사에너지를 균일하게 줄 수 있으므로 에너지 균일도를 위해 길이가 충분히 긴 램프를 사용할 필요가 없다. 길게 해준다하더라도 복사에 의한 손실본은 보상할 수 없다.

웨이퍼 한점에서 받는 광에너지 (Es)

$$E_s = E_{ud} + E_{ur} + E_{ddx} + E_{drx} + E_{ddy} + E_{dry}$$

E_{ud} : 윗쪽 6개 램프로 부터 직접 받는 광에너지

E_{ur} : 윗쪽 6개 램프가 그위의 반사경으로

반사되어 나온 빛으로 부터 받는 에너지

- Eddx: 아랫쪽 X 축방향으로 배열된 램프로 부터 직접 받는 에너지
- Edrx: 아랫쪽 X 축방향으로 배열된 램프의 빛이 반사경으로 부터 반사되어 나온 에너지
- Eddy: 아랫쪽 Y 축방향으로 배열된 램프로 부터 직접받는 에너지
- Edry: 아랫쪽 Y 축방향으로 배열된 램프의 빛이 반사경으로 부터 반사되어 나온 에너지

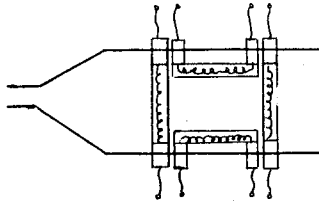


그림 3. 아랫쪽램프를 4개가되게 약간 안쪽으로 배열

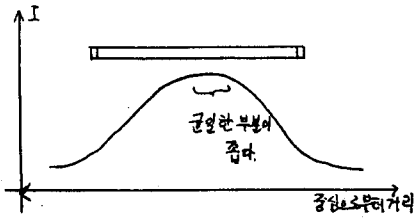


그림 4. 장속램프의경우에도 균일성이 떨어진다.

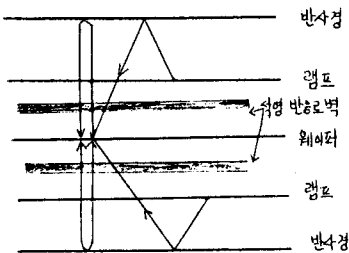


그림 5. 웨이퍼 한점은 여러방향에서 온 빛의 합

4. RTA 장치제어

Slip 현상을 최대한 줄이기 위해서는 위쪽 램프와 아랫쪽의 제어를 분리하여 2-channel 로서 동작시켜야한다. RTA 반응로내의 에너지 불균일성으로 인한 slip 과 dislocation 발생은 여러현인이

있지만 냉각단계에서 가장자리가 가운데에 비해 냉각속도가 빨라 냉각 cycle 로 접어들고 수백ms 후에는 그림 6 과같이 상당한 온도 차이가 나타나고 있다. 그래서 냉각 단계 가 slip 문제해결에서 중요하다. 2 - channel 로 RTA 제어할 경우에 냉각단계에 동시에 전력을 내리는 것보다 웨이퍼 가운데에 비해 가장자리 부분의 냉각속도를 조금 줄여 가운데와 냉각속도비율이 같게 되도록 보조를 맞출 필요가 있다.

Ref.6 실험에 의하면 냉각시에 가운데와 가장자리 온도가 가운데 온도보다 같거나 약간 높을때도 slip 이 일어나지 않는다.

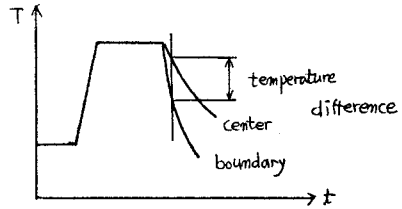


그림 6. 냉각단계에서 가장자리는 중심보다 냉각속도가 빠르다.

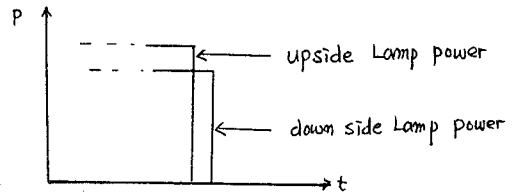


그림 7. 가장자리를 전력공급 지연

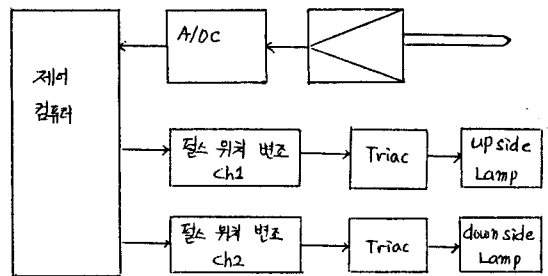


그림 8. 2채널 제어를 위한 장치 개략도.

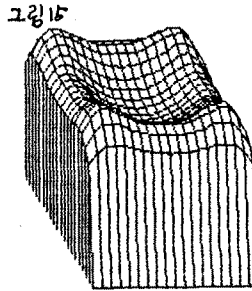
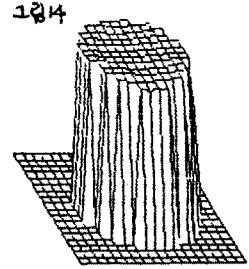
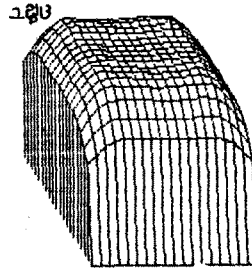
위와 같은 제어 block 에서 채널1은 윗쪽램프

제어부가 펌프 제널2는 아랫쪽 보상용 램프제어부가 된다. 제널2를 통하여 웨이퍼의 모서리를 중앙에 비해 약 5% 이상의 빛에너지를 줄수가 있으며 냉각단계에서 전력공급을지연 해줌으로서 slip을 방지할 수 있으리라 본다.

5. 결론

RTA 장치의 여러 열공정은 웨이퍼가 공정분위기와 열적으로 차단되어 반응로 벽으로부터의 오염을 막을 수 있으나 웨이퍼의 균일도가 떨어질뿐 아니라 slip 문제가 남아있어 다양한공정을 수행할 수 있음에도 불구하고 사용되지 못하였지만 가열원을 상하로 배치하되 아랫부분을 4각으로 복합구조로 설계하고 2-제널 제어로 냉각단계에서 가장자리를 지연 냉각시켜 가운데와 냉각속도를 맞추어 줌으로써 slip 과 균일성문제를 해결할 수 있다.

상하복합램프 배열은 기존방법에 비해 보다 적은 전력으로 RTA 공정을 수행할 수 있다.



- simulation 조건 :
- 1 반사판의 반사율 0.9
 - 2 석영 광부과율 0.9
 - 3 반사경의 공집사각과 반사각은 같다.
 - 4 광학에도 가우스법칙을 적용할 수 있다.

그림 13. 상하복합 구조로 배열한 경우 반응로

그림 14. 그림 13의 경우 웨이퍼가 받는 에너지

그림 15. 아랫쪽램프만이 가장자리보상 에너지

그림 9

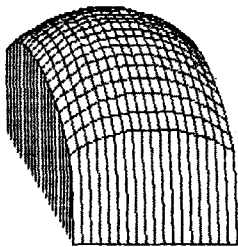


그림 10

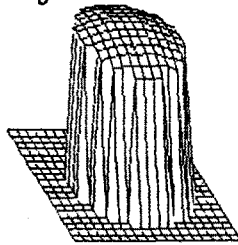


그림 11

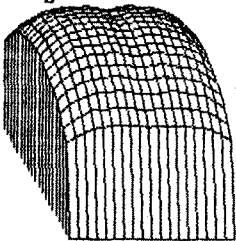


그림 12

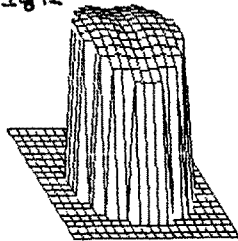


그림 9. 램프를 15mm 간격 6개에의한 반응로속의 에너지분포

그림 10. 그림 9. 경우 웨이퍼가 받는 에너지

그림 11. 램프를 (13,15,19,15,13) 배열한 경우

그림 12. 그림 11 경우 웨이퍼가 받는 에너지

6.Reference

1. B.R.Wilson, et als, "Rapid annealing technology for Furture VLSI", Solid State Technology, Jun, 1985, p.185
2. S.M.Hu, "Temperature Distribution and Stress in Circular Wafers in a Row During Radiative Cooling" J. Appl. Phys., Vol. 40, No. 11, 1969, p.4413
3. T.O.Sedgwick, "Short Time Annealing", J. Electrochem. Soc. Vol. EDL-6, No. 5, 1985, p.205
4. 김충기, 김경태, "VLSI 제조공정에서의 고속열처리 장치의 응용현황", 전기학회지 제36권 제2호 1987, 2
5. G.Bentini, et als, "Defects Introduced in Si Wafers during Rapid Isothermal Annealing: Thermoelectric Effects", J. Appl. Phys., Vol. 56, No. 10, 1984, p.2922
6. Sys R. Wilson Ronald Powell d.Eirug Davies, Rpaid thermal processing of Electronic Mater. ials, MRS, 1987