

1. 반도체 공정에서 불순물을 반도체 표면에 기체상태로 공급하여 반도체 웨이퍼 내로 확산시키는 공정이 있다. 1000℃에서 1시간 동안 실리콘 내로 불순물인 붕소가 확산되는 경우 침투깊이는 얼마인가? (단, 반도체 웨이퍼 표면의 붕소 농도(C_s)는 10^{19} atoms/cm³로 유지되고 웨이퍼 내 붕소의 확산계수(D)는 4×10^{-14} cm²/s이다)

- ① 1.1×10^{-5} cm ② 2.2×10^{-5} cm
③ 3.3×10^{-5} cm ④ 4.4×10^{-5} cm
⑤ 5.5×10^{-5} cm

2. 점도 μ 인 비압축성 유체가 반지름이 R 인 파이프 내를 흐르고 있다. 정상상태의 완전 발달흐름일 때, 이 흐름을 유지하기 위한 압력구배는 $-\Delta P/L$ 이며, 이 때 측정된 평균 속도는 u_m 라고 하자. 유체의 점도를 주어진 변수들로 나타내면?

- ① $\mu = \frac{R^2}{u_m} \left(\frac{-\Delta P}{L} \right)$ ② $\mu = \frac{R^2}{2u_m} \left(\frac{-\Delta P}{L} \right)$
③ $\mu = \frac{R^2}{4u_m} \left(\frac{-\Delta P}{L} \right)$ ④ $\mu = \frac{R^2}{8u_m} \left(\frac{-\Delta P}{L} \right)$
⑤ $\mu = \frac{R^2}{16u_m} \left(\frac{-\Delta P}{L} \right)$

3. 자연대류에서 점성력에 대한 부력의 비를 나타내는 값으로, 강제대류에서의 Reynolds수와 비슷한 역할을 하는 무차원 수는 무엇인가?

- ① Biot수 ② Grashof수
③ Nusselt수 ④ Colburn수
⑤ Prandtl수

4. 안지름이 d_i , 바깥지름이 d_o , 길이가 L , 열전도율이 k 인 파이프가 있다. 안쪽 표면과 바깥쪽 표면의 온도차가 ΔT 라고 하면 전도열저항은 얼마인가?

- ① $\frac{\ln(d_o/d_i)}{2\pi kL}$ ② $\frac{\ln(d_o/d_i)\Delta T}{2\pi kL}$
③ $2\pi kL \ln(d_o/d_i)$ ④ $2\pi k \ln(d_i/d_o)$
⑤ $\frac{\ln(d_o/d_i)}{2\pi kL\Delta T}$

5. 비압축성 유체의 흐름이 속도분포가

$\vec{u} = \vec{i}x + \vec{j}(y-z) + \vec{k}f(x, y, z)$ 로 주어진다. 다음 중 $f(x, y, z)$ 에 해당되는 것은?

- ① $-2z$ ② $2x-y$
③ x^2z ④ yz
⑤ $x(y-z)$

6. 지름 20mm 관을 통해 흐르는 유동율 0.03kg/s, 온도 27℃의 유체가 층류, 완전발달(fully developed) 상태로 흐르고 있을 때, 관 내부 물의 최대 속도는 얼마인가?

(단, 유체의 밀도는 1,000kg/m³, $\pi \approx 3$ 으로 한다)

- ① 0.1m/s ② 0.2m/s
③ 0.3m/s ④ 0.4m/s
⑤ 0.5m/s

7. 비등과 응축에 의한 열전달에 대한 설명 중 틀린 것은?

- ① 핵 비등이 막 비등보다 낮은 온도에서 일어난다.
② 전이비등 영역에서 온도가 증가할수록 열전달 계수가 감소하는 영역이 존재한다.
③ 수증기 응축시 불응축 기체는 응축을 방해하여 열전달 속도를 감소시킨다.
④ 응축특성은 응축 표면의 특성에 영향을 받는다.
⑤ 액의 점도가 높을 때 막상 응축이 적상 응축보다 열전달이 잘된다.

8. 대향류, 동심관 열교환기가 대형 산업용 가스터빈 엔진의 윤활유를 냉각시키는데 이용된다. 안쪽관에 유량 0.2kg/s로 냉각수가 흐르고, 바깥쪽 환상공간을 통하여 유량 0.1kg/s로 윤활유가 흐른다. 윤활유는 100℃로 열교환기로 들어가서 60℃로 나오고, 냉각수인 물은 30℃로 열교환기에 들어간다. 이 열교환기에서 LMTD(Log Mean Temperature Difference)는 얼마인가? (단, 윤활유와 물의 비열은 각각 2,000J/kg·K, 4,000J/kg·K, $\ell_{n2}=0.7$, $\ell_{n3}=1.1$ 로 계산한다)

- ① 43℃ ② 46℃
③ 49℃ ④ 52℃
⑤ 55℃

9. 높이 80cm, 너비 40cm, 두께 3.2mm인 유리창이 있다. 유리창 양면의 온도가 각각 10℃와 20℃이고 정상상태라면 유리창을 통과하는 열전달률(W)은? (단, 두께 방향으로 열전도만 고려하며, 이 유리의 열전도율은 2.0W/m·K이다)

- ① 20 ② 100
③ 500 ④ 2000
⑤ 4000

10. 부피변화가 없는 단일 구 주위를 흐르는 흐름에 의한 강제 대류 물질전달 상관식은 다음과 같이 주어진다.

$Sh_D = A + 0.6Re_D^{1/2}Sc^{1/3}$ 여기서 A의 값은?

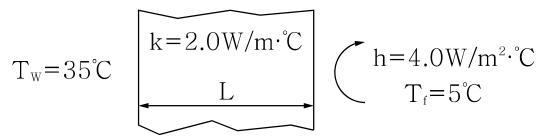
(단, Sh_D 와 Re_D 는 구의 지름을 기준으로 한 Sherwood수와 Reynolds수이고, Sc 는 Schmidt수이다)

- ① 1/4 ② 1 ③ 2
④ 1/2 ⑤ 4

11. 다음 중 대류열전달에 관련한 무차원수에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① Nusselt수는 대류열전달에 대한 복사열전달의 비이다.
- ② 관성력이 일정할 경우 점성력이 증가할수록 Reynolds수는 커진다.
- ③ Grashof수는 고체의 특성길이의 3승에 비례한다.
- ④ 강제대류에서 Nusselt수는 Reynolds수와 관련이 있으나 Prandtl수와는 무관하다.
- ⑤ 자연대류에서 층류와 난류는 Prandtl수로 판별한다.

12. 그림과 같이 왼쪽 벽이 35°C이고 오른쪽 벽에서 5°C 유체로 대류열전달이 일어날 때, 통과 열유속을 60W/m² 이하로 제한하기 위한 벽의 두께 L(m)은? (단, k는 벽의 열전도도, h는 유체의 열전달계수이다)



- ① 0.002 ② 0.01 ③ 0.25
- ④ 0.5 ⑤ 2

13. 다음 관마찰계수에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 완전발달 층류 유동에서 관마찰계수는 Reynolds수에 반 비례한다.
- ② Moody선도에 따르면 난류 유동에서 관마찰계수는 Reynolds수에 관련이 있으나 표면거칠기에는 무관하다.
- ③ 난류 유동에서 관마찰계수는 Prandtl수의 1/3승에 비례한다.
- ④ 완전발달 난류 유동에서 관마찰계수는 Reynolds수가 증가할수록 증가한다.
- ⑤ 수력직경이 같을 때 층류 유동에서 정사각형 단면에 대한 관마찰계수는 원형관에 대한 관마찰계수보다 크다.

14. 안지름이 10mm이고 길이 10m인 관 내부에 유체가 0.2kg/s로 흐른다. Reynolds수를 구하고 유동이 층류인지 난류인지 판단하면? (단, 유체의 밀도와 점성계수는 각각 1,000kg/m³와 1×10⁻⁴N·s/m²이다)

- ① $\frac{5}{\pi}$, 층류 ② $\frac{100}{\pi}$, 층류
- ③ $\frac{4000}{\pi}$, 층류 ④ $\frac{200000}{\pi}$, 난류
- ⑤ $\frac{800000}{\pi}$, 난류

15. 해발 100m에 위치하고 있는 기상대에서 측정한 기압이 0.97bar라고 보고되었다. 만약 여러분이 해발 300m인 산 정상에 있다면 그 곳에서의 압력은 얼마인가? (단, 공기의 밀도는 1kg/m³로 일정, 중력가속도는 10m/s²이라고 가정한다)

- ① 0.95bar ② 0.968bar ③ 0.97bar
- ④ 1.17bar ⑤ 0.9698bar

16. 복사능이 0.3이고 온도가 300K인 '표면A'와 비교할 때 복사능이 0.9이고 온도가 600K인 '표면B'의 총 복사에너지는 '표면A'의 총 복사에너지에 대해 몇 배인가?

- ① 3 ② 6 ③ 16
- ④ 24 ⑤ 48

17. 다음 중 열전달과 물질전달에 관련하는 Prandtl수와 Schmidt수의 표현으로 옳은 것은? (단, α, ν, D_{ab}는 각각 열확산계수, 동점성계수, 물질확산계수이다)

- ① $\frac{\alpha}{\nu}$, $\frac{\nu}{D_{ab}}$ ② $\frac{\nu}{D_{ab}}$, $\frac{\alpha}{\nu}$
- ③ $\frac{\alpha}{D_{ab}}$, $\frac{\nu}{D_{ab}}$ ④ $\frac{\alpha}{\nu}$, $\frac{D_{ab}}{\nu}$
- ⑤ $\frac{\nu}{\alpha}$, $\frac{\nu}{D_{ab}}$

18. 다음 중 총괄열전달계수(열관류율, overall heat transfer coefficient)에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 열플럭스(flux)가 동일할 경우 총괄열전달계수는 온도차이가 클수록 크다.
- ② 일반적인 열교환기의 총괄열전달계수에서 전도열저항의 비중이 가장 크다.
- ③ 총괄열전달계수는 전도열저항만 고려할 때 사용한다.
- ④ 파이프에서 안쪽 표면을 기준으로 한 총괄열전달계수는 바깥쪽 표면을 기준으로 한 것 보다 크다.
- ⑤ 총괄열전달계수는 총열저항에 비례한다.

19. 수소기체가 두께가 0.3mm인 멤브레인막의 양쪽에 3bar와 1bar를 유지하며 등물확산하고 있고, 멤브레인 내 수소의 확산계수는 9×10⁻⁸m²/s이다. 막을 통한 수소의 물질확산 유속(kg/s·m²)은 얼마인가? (단, 막의 양쪽 경계에서의 농도는 각각 4.5×10⁻³kmol/m³과 1.5×10⁻³kmol/m³이며, 수소의 분자량은 2kg/kmol이다)

- ① 0.8×10⁻⁶kg/s·m²
- ② 1.3×10⁻⁶kg/s·m²
- ③ 1.8×10⁻⁶kg/s·m²
- ④ 2.3×10⁻⁶kg/s·m²
- ⑤ 2.8×10⁻⁶kg/s·m²

20. 작은 기공에서의 확산으로 기공의 크기가 기체의 평균자유거리보다 작을 경우 나타나는 확산은?

- ① 표면확산 ② Knudsen확산
- ③ 빈자리확산 ④ Fick확산
- ⑤ 격자간확산