

초청정가스 공급장비의 제조기술이 표면*질의 (SURFACE QUALITY)에 미치는 영향; 표면 질에 대한 요구조건 (PART I)

- 목 차 -

1. 서 론
2. 초청정 가스공급과 구성부품에 대한 요구 조건
3. 지침과 사양
4. 결 론

한국공기청정연구조합
자 료 실 제 공

1. 서 론

반도체, 화학, 식품 그리고 제약산업에 있어서 새로운 기술은 유틸리티 시스템 (Utility system) 특히 초청정 가스 공급 시스템 (Ultra clean gas-supply system)의 공정매개물 (Process medium)인 가스가 접하는 표면에 있어서 더 많은 요구를 하고 있다. 그 결과로서, 시스템의 표면이나 그 주위의 층에서 결함을 탐지하는데 훨씬 더 세심하고 정확한 Test 방법이 사용되고 있다.

초청정 가스 부품 제조업체들은 그들의 제조방법을 검사하지 않을 수 없게 되었고, 산업 고문회사 (Industrial advisory company)에서도 조언 (advice) 과 평가 (evaluation) 등 서비스업무를 제공한다.

이같은, 요구되는 표면질 (Surface quality)을 어떻게 얻을 수 있으며 어떠한 표면 testing 방법을 사용하는가라는 질문에 대한 대답을 주기 위한 시리즈 중에 첫번째이다. part I에서, 우리는 공정매개물 (Process medium)에 있어서 증가하는 순도 (Purity) 요구와 초청정부품의 제조 사양 (Specification)에 초점을 맞출것이다.

2. 초청정 가스 공급과 구성부품에 대한 요구조건

칩 (Chip) 표면의 회로가 점점 작아짐에 따라 결정적인 결함 (defect)을 유발시킬수

* 표면 (Surface) : 가스와 접하는 면 예) 파이프와 밸브등의 안쪽면

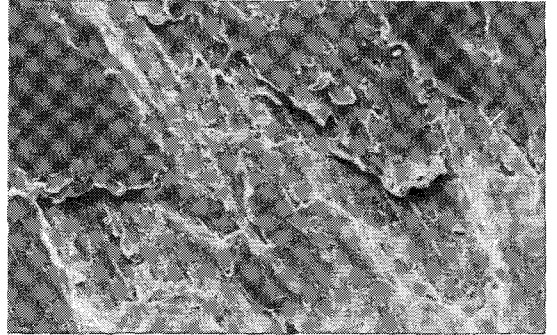
있는 입자(Particle)의 크기가 또한 감소해왔다. (Table I) 초청정 가스 공급시스템을 구성하는데 있어서, 시스템 전체에 누설이 없는(leak-tight) 성질, 퍼징, (purging)능력, 그리고 사용점 (point of use)에서의 순도(purity)와 입자(particle)가 없음을 보장하는 것이 매우 중요하다. 반도체 부속품들이 훨씬 소형화됨에 따라 순도 요구가 훨씬 더 절박해졌다.

칩 기억 용량 (Kb)	입계 입자 크기 μm
16	0.4
64	0.3
256	0.15
1×10^3	0.09
4×10^3	0.05
16×10^3	0.03
64×10^3	0.01

<Table I. 고집적회로에 있어서 입계 입자 크기>

모든 반도체부품들 (밸브, 휠타, 레귤레이터 튜브 등등)은 공정매개물 (process medium)에 더 이상의 입자 (particle)를 방출하지 않도록 제조되어야 한다. 더 나아가서 입자 (particle), 습기 (moisture) 또는 다른 피해를 주는 합성물 (예, polishing 용 전해액으로부터 발생하는 인) 등을 잡아두는 악성 경향이 없도록 각 안쪽 표면의 미세구조 (microstructure)가 말

끔이 마감되어야 한다. Figure 1은 마감처리가 안된 전형적인 표면을 보여준다.



<Figure 1: 전자현미경 촬영사진이 AISI 303 밸브의 오리피스에 있어서 마감처리가 안된 표면을 보여주고 있다. (500배 확대) 조각조각 갈라진 균열은 이 재료의 특성이고 표면 거칠기는 약 $Ra\ 0.8\ \mu\text{m}$ 이다.>

밸브 (Valve) 표면이 초청정 가스 공급시스템의 모든 안쪽표면의 작은 일부분만을 차지하는 반면 많은 입자 (Particle)를 모으고 흘러보내는 것으로 밝혀져 왔다. 증가된 입자 발생은 난류의 결과로서 발생하는데, 특히 밸브가 throttling position에 있을 때이다. 그래서 입자 (particle)를 보유하고 방출하는데 영향을 미칠 수 있는 모든 요소들은 초청정 밸브의 설계 (design)시 고려되어야만 한다. 가장 중요한 변수들은 재료, 밸브 설계 / 공사, 그리고 표면 공정 / 처리 순서이다. (Table II)

초청정 가스 부품에 영향을 미치는 변수	요 구 조 건
재 질	<ul style="list-style-type: none"> • 내부식성 • Electropolishing 용이성 • 양호한 기계 가공성 • 자재 순도(함유율) • 용접의 용이성
표 면 (공정 / 처리)	<ul style="list-style-type: none"> • 표면질 (Surface quality) (구조, 매끄러움(smoothness)) • 무입자(Free particles) • 청정도(유기, 비유기 합성물총과 소금층이 없어야 함) • 최소의 trapping(양호한 가스배출성 / 양호한 세척성)
설 계	<ul style="list-style-type: none"> • dead zone 없거나 가능한 적어야 함. • Small gas-wetted surface • Electropolishing에 적합한 표면 마감 • 작동중 최소의 입자 발생 • 최소의 내외부 누출율

〈Table II : 초청정 가스 부품의 자재, 표면질 (surface quality), 그리고 설계에 대한 요구조건〉

3. 지침과 사양

현재 초청정 부품(ultraclean components)을 위한 제조, 표면요구조건, 또한 Test 절차에 관해서 표준화된 지침이 없다. 각 제조회사 사양은 주로 현재 클린룸 기술의 요구조건에 근거를 둔다. 산업쪽에 있어서 가장 중요한 기본 클린룸과 기술 기준은 "U.S. Federal Standard 209 D", "VDI 2083 clean room standard"

그리고 "British Standard 5295"이다. Table III는 새로운 범주(category)를 포함해서 FS 209 D의 순도(purity) 범주와 VDI 2083의 안에서 제안된 것들을 나타낸다.

부품제조 요구조건은 각 반도체 제조회사에 따라 폭 넓게 변한다. (비록 Austenitic CrNi-Steel AISI 316 L[corresp. DIN Material Nr. 1.4404 /1.4435]

순도의 범주 (Categories of Purity)		입 자 수 / m^3			
VDI 2083 Part 1	FS 209 D	$>0.02 \mu m$	$>0.1 \mu m$	$>0.5 \mu m$	$>55 \mu m$
0a	0.1 a	3.5×10^3	1.2×10^2	3.5×10^0	—
1a	1 a	3.5×10^4	1.2×10^3	3.5×10^1	—
2a	10 a	3.5×10^5	1.2×10^4	3.5×10^2	—
3	100	—	1.2×10^5	3.5×10^3	—
4	1,000	—	—	3.5×10^4	2.5×10^2
5	10,000	—	—	3.5×10^5	2.5×10^3
6	100,000	—	—	3.5×10^6	2.5×10^4

a - New particle-size and purity categories

<Table III : VDI 2083과 FS 209D의 안에 따라 확대된 순도의 범주(Category)>

이 구리를 대신해서 뛰어난 구조적인 재질이 되어왔지만), 어떤 고객은 클린룸내 조립에 EP(electro polishing) 처리를 안한 밸브를 지정하는 반면 다른 고객은 클린룸내 조립없이 EP 밸브를 요구한다. 초청정 가스 부품에 있어서의 경향은 분명히 클린룸내 조립을 포함해서 EP의 질(quality)을 원하고 있다. Table IV는 EP 밸브에 대한 재질과 표면질(surface quality)의 범위를 나타낸다. 모든 밸브의 모양은 절대적으로 청정한 상태에서 프로세스가스(process-gas)가 웨이퍼(wafer)에 도달하는 것을 보장하도록 되어있다. 그러나 그 요구 조건의 정의(definition)가 이 목표를 달성하기에는 불충분하다. 초청정 가스공급시스템(ultraclean gas-system)의 품질보

장(quality assurance)에 있어서 가장 큰 결함(deficiency)은 밸브 제조업체도 반도체 제조업자도 요구에 상당하는 조건에 부합할 수 있는 시험 기술(testing technique)을 가지고 있지 않다는 것이다. 그결과로서, 특히 용해잉여물(soluble residue), 입자(particle) 유기오염(organic contamination), 밀폐능력(leak-tightness) 그리고 재질의 순도를 위한 test에 있어서 측정된 밸브들이 또 다른 밸브들과 비교될 수 없다. (사양과 testing 방법들이 Part III에서 중요하게 평가되고 언급될 것이다.)

심지어 세심한 주의를 하더라도, 사양에서 요구되는 질(quality)이 신뢰성있게 test될 수 없다. 밸브의 안쪽 표면이 이 문제

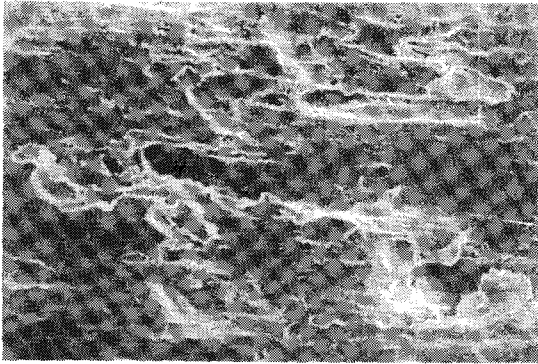
재 질	AISI 316L(W. No 1.4404/1.4435)
용융 분석	DIN 17440
표면 처리	Polished (mechanically, chemically, electro-magnetically)
안쪽의 표면거칠기 RA-max	< 0.2 to < 0.8 μm
수용성물질에 의한 오염	< 0.1 to < 0.5 mg / m^2
유기적인 잉여물	None
수용성물질에 의한 오염 (particles)	< 350 to < 700 particles > 0.2 to > 0.5 $\mu m / m^2$
비금속 물질의 함유율	< 10 inclusions / mm^2
표면 구조	No selective structural aggression (상호 결정체 부식)
색(변색)	None
클린룸에서의 조립 (FS 209D에 의한)	Class 1 ~ 10,000
누출율	$10^8 \sim 10^{-10}$ mbar L / sec

<Table IV : 초청정 가스밸브의 재질과 표면질 (surface quality) 에 대한 요구조건 목록>

의 좋은 예제 (example)를 제공한다. 왜냐하면, 접근(accessibility) 곤란한 점이 신뢰성 있고, 비파괴적인 testing 을 불가능하게 만들기 때문이다. 결과로서 이 표면 폴리싱질(polishing quality)이 종종 불량하기도 하다.(Figure 2) 감추어진 문제들의 전형적인 “예”가 이 시리즈의 Part II에서 언급될 것이다.

모든 QC측장(quality control measures)이 제작에 앞서 완전히 평가된다

는 것은 분명히 매우 중요하다. 그러한 측정은 초기(entrance) 컨트롤, 각 제작단계 크리닝(cleaning), 테스트(testing) 그리고 말기(final) 컨트롤과 관계한다. 중요한 점은 문서화하고, 제조하는 동안에 엄격히 고수되어야 할 것이다. 스탠다드 조립(standard fabrication)과 시험 측정(testing measure)에 관련하여 공급업자에 의해 스스로 감시되는 이러한 타입은 질(quality)이 떨어지는 것을 최초로 탐



〈Figure 2: electropolishing한 밸브의 안쪽 표면, 하지만 절대적으로 polishing 처리가 불충분함〉

지하는 것이 가능하기 때문에 그러한 노력을 기울일 필요가 있다.

4. 결론

이 글에서 강조했듯이, 표면기술(surface

ce technology)은 반도체에서 진보적인 소형화와 함께 거의 페이스(pace)를 유지할 수 없었다. 특히, 초청정 가스 공급 시스템을 위한 부속품과 구성부품 표면의 사양(specification), 평가(evaluation) 그리고 테스트(testing)에 있어서 이러한 내용은 사실이다.

장치들이 계속해서 소형화됨에 따라, 풀어야 할 많은 문제들이 계속 있을 것이다. 전 제작 공정을 완전히 분석함으로써만이 초청정 가스 기술에서 요구하는 질(quality)과 순도(purity)를 계속해서 향상시킬 수 있을 것이다. 기준 QA(Quality Assurance) 프로그램은 부품뿐만 아니라 반도체 제조업자를 위해서도 질을 향상시키고 또한 비용을 감소시킬 것이다.