

반도체 유동성 미세먼지 제거를 위한 SMIF(Standard Mechanical InterFace) 내부 기류 및 Mechanism 연구 Study on the mechanism and air flow of SMIF (Standard Mechanical Interface) to remove fluid particles at Semiconductor

*#최진성^{1,2}, 신규창¹, 임지호¹, 성재환¹, 문성용¹, 김경호²

*# J. S. Choi(ribsand.choi@samsung.com)¹, K. C. Shin¹, G. H. Lim¹, J. H. Sung¹, S. Y. Moon¹, K. H. Kim²

¹삼성전자 반도체 연구소, ²삼성전자공과대학교

Key words : Particle, Turbulence, SMIF, EFEM, Reticle

1. 서론

Reticle 은 반도체 제작을 위하여 사용되는 원판으로서, Reticle 표면에 인가된 Particle 또는 Contamination 요인들은 반도체 회로 구현시 반복성 Defect 을 발생시켜 Chip 품질 불량 및 수율 저하를 야기시킨다. 이러한 치명적인 문제의 개선을 위하여 Reticle 제작 공정 중 Particle 발생 억제를 위한 세심한 주위와 관리가 필요하다. 특히, Reticle 제작을 위한 In-Process Step 중 Dry Etch 진행 전 Step 인 ADI(After Develop Inspection) 의 경우는 Coated- Resist 의 화학적, 물리적 특성에 의하여 발생된 Particle 의 제거를 위한 후속 공정을 진행할 수 없어 가장 치명적이라고 할 수 있다. ADI Reticle 에 대한 공정이 진행되는 Machine 또는 Environmental System 에 대한 Particle 억제 기술들이 지속적으로 개발, 도입되고 있다.

반도체 Design Rule 감소에 따른 Reticle CD (Critical Dimension) 축소에 따른 불량을 유발할 수 있는 Particle Size 또한 급속도로 축소되고 있어, 수십 nm 의 Particle 에 대한 관리가 요구되고 있다. 실제로 0.1um 정도의 Particle 은 Environmental System, Machine, Load/Unload System, Carrier 등의 Reticle 의 제작과 관련된 모든 Parts,구간에서 발생되고 있음을 여러 평가를 통하여 확인 할 수 있다.

본 논문을 통하여 다양한 발생인자들 중 발생 Particle 의 80%정도를 차지하는 Machine-SMIF System Interface 부분의 Air Flow 및 Air Turbulence 에 의한 Particle 발생 Mechanism 규명과 개선 가능한 방안들에 대한 연구 결과를

다루고자 한다.

2. Particle 발생 원인 및 기류 분석

Reticle 제작을 위한 Reticle 의 이동 및 보관 시 외부 오염원으로부터 대상물을 보호하기 위한 Mini-Environmental Chamber 인 SMIF Pod 를 사용한다. 모든 설비는 Reticle Single Pod 의 Open/Close 를 위한 SMIF System 인 Pod Indexer 가 기본적으로 장착된다. Pod Indexer 내에서 발생하는 Particle 분석을 위하여 Pod Open/Close 가속 평가를 진행하였다. 발생된 Particle 에 대한 성분 분석시 0.1um Size 의 Particle 에서 Fe, Cr, C, N, Si,O 등의 성분이 검출되었다

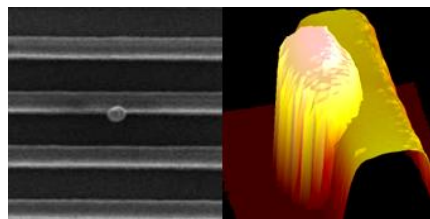


Fig. 1 Particle Image @ SEM / AFM

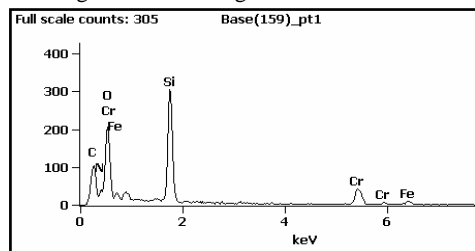


Fig. 2 Particle 성분 분석 결과

SMIF Pod Indexer 구조적인 특징으로 인하여 Pod Open/Close 동작을 위한 기계적 구동부인

Motor, Bearing, Rail 등에서 마찰이 존재한다. 이 기계적인 마찰에 의해서 Particle 이 발생하게 되어 Reticle 공정이 진행되는 공간에 쌓이게 된다. 발생된 Particle 들이 Pod Indexer 구동 중 어떠한 과정을 거쳐 Reticle 제작 공정에 영향을 주는지 분석하였다.

Air Flow 방향을 평가하기 위해 Foging 및 Simulation 을 진행하였다. 그 결과 Fig. 3 과 같이 Machine 부에서 Pod Indexer 로 유입되는 기류를 Indexer 부의 설치되어 있는 Suction Fan 의 위치 및 배기 능력 부족으로 기류를 완전히 배출하지 못하였고 Indexer 바닥으로부터 Air Turbulence 가 발생되어 Particle 을 부양시키고 있음을 확인하였다.

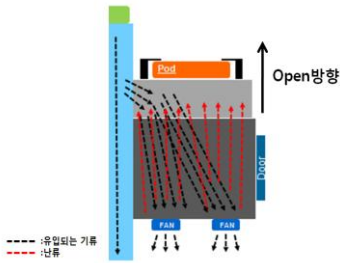


Fig. 3 기류 변화

추가적으로 Air Flow 의 속도에 대한 세밀한 측정을 위하여 Fig 4.와 같이 풍속 측정기를 이용하였다.



Fig. 4 Machine 내부(Left), Indexer 입구(Right)

Air Flow 의 속도 측정 결과에 따르면 Machine 내부의 풍속은 0.6 m/s, Pod Indexer 입구의 풍속은 0.8 m/s 이고, Indexer Fan 배기구의 풍속은 1.0m/s 를 보이고 있다. Machine 와 Pod Indexer 경계부분의 0.2 m/s 차이는 Indexer 내부의 Fan Speed 가 빠르기 때문에 발생하는 것으로 보이며 Fig. 3 과 같이 Air Flow 를 형성하는 원인을 확인하였다.

Pod Indexer 내부에 존재하는 Particle 의 이동 속도는 Fig. 5 의 식과 같이 정의된다.

$$V = V_{TS} = \frac{\rho_p * d_p^2 * C_c}{18\mu}$$

P : 밀도
 d : 입자의 직경
 g : 중력 가속도
 c : 보정 상수
 μ : 유체점성계수

Fig. 5 Particle 낙하 속도 관계식

위 식에서 알 수 있듯이 Particle 의 낙하속도는 d 의 제곱에 비례한다. 즉, Particle 의 Size 가 작을수록 낙하하는 속도가 줄어든다. 즉, Air Turbulence 에 의하여 질량이 작은 Particle 이 Reticle 주변으로 부양하게 되고 Reticle 에 흡착될 확률이 높다는 것을 예측할 수 있다.

3. 기류 개선 방안

Machine 내부 기류에 의한 Air Turbulence 제거를 위해서는 기류 배출의 최적화가 필수적이다. Machine-SMIF Indexer Interface 부분의 기류 안정화를 위하여 Indexer 부분에 추가 배출 System 을 구축하였다.

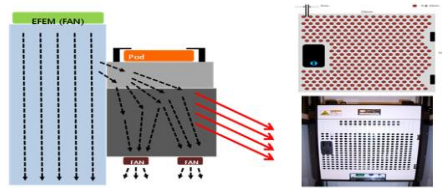


Fig. 6 New SMIF Door Design 및 개선 실물

4. 결론

Machine-SMIF Indexer Interface 부분의 Particle 발생의 주요 요인은 Air Flow 의 불균형에 의한 것으로 확인되었으며, 이를 개선하기 위해서 Air Flow 의 최적화를 위한 구조적인 개선을 진행하였다. 이에 따라 Particle 의 발생이 현저하게 줄어들음을 확인하였고 양산에 적용할 수 있었다.

후기

본 연구는 2011년도 삼성전자 반도체의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. 이수용, The control method of particle adhesion to a wafer in EFEM, 반도체총괄사내기술논문