

P-counter 구동 원리와 Algorithm 이해

정 성 우 대리

LG SILTRON, Wafer Characteristics Research Team

1. Introduction

반도체 device의 진보에 의해 design rule은 나날이 축소되며 발전됨에 따라 device의 가장 기초가 되는 wafer에 대한 미세 defect과 금속과 같은 오염원에 대한 불순물 제거의 중요성이 증대되고 있다. 이러한 결함들에 대해 제어를 위한 가장 선행적으로 필요한 활동은 결함에 대한 인식 및 속성 파악이 우선적으로 되어야 한다. 이러한 이유들로 인해 분석 장비 또한 나날이 발전되고 있으며, 그 대표적인 장비가 Particle counter 장비이다.

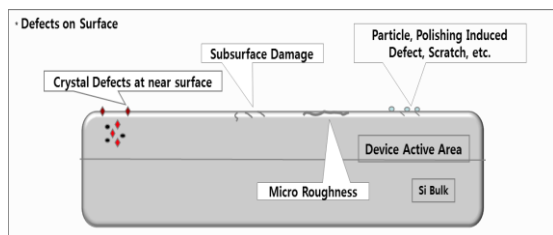
본 보고서에서는 Particle counter의 기본 원리 및 주요 품질 항목을 이해를 돕고, device killer defect로 작용하여 주요 결함들에 대한 검출 및 분류할 수 있는 방법에 대해 제시하고자 한다.

2. Particle counter에 대한 이해

2.1 Particle counter 정의 및 기본 원리

Particle counter란 wafer 표면에 laser를 조사해 산란 및 반사되는 빛의 정보를 수집 및 분석하여 defect의 위치, 크기, 수 등의 정보를 제공하는 장비이다.

LLS(Localized Light Scattering)란 Laser를 이용하여 분석된 defect들 중 light scattering에 의해 detecting되는 defect들을 통칭하는 용어로서 산란에 의해 측정되는 wafer 표면의 모든 결함들이라 말할 수 있다.

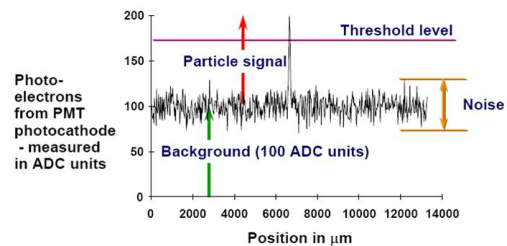
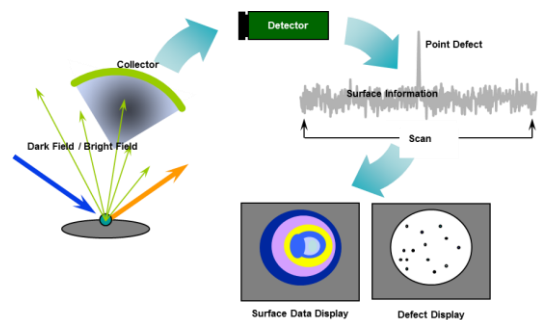


[그림 1] Wafer 내 표면 결함

LLS에 대해 조금 더 세부적으로 나누면 LPD(Light Point defect), LPD-N(Light Point Defect Non-cleanable), Area defect, Scratch, LLPD로 분류된다. LPD는 light source인 laser가 wafer 표면에 입사되었을 때, 표면의 defect에 의해 산란되어 detector에 검출되는 defect으로 일반적으로 real particle에 해당된다. LPD-N의 경우 LPD와 동일한 방식으로 defect이 검출되나, COP(Crystal Originated Particle)나 PID(Polishing Induced Defect)과 같이 세정에 의해 지워지지 않는 defect들이 해당된다. 나머지 분류에 해당되는 Area, Scratch, LLPD의 경우 Particle counter Scan 이후 일

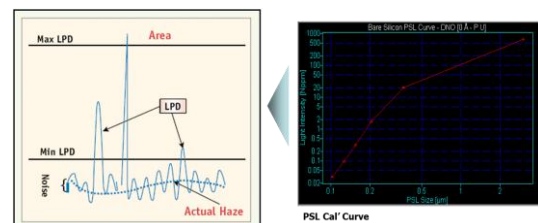
부 알고리즘을 적용하여 특정 조건에 충족될 시 해당 defect들로 분류하게 된다.

Particle counter의 기본 원리는 incidence light에 의해 wafer에 표면에서 발생하는 signal intensity를 size화 하여 point로 구현하고 설정한 알고리즘에 의해 LPD, LPDN, Area, Scratch, Haze 등으로 구분한다. [그림 2]



[그림 2] Particle counter의 기본 원리

Defect의 size는 PSL calibration curve에 의해 결정되며, Min./Max.(Dynamic range) 내에서는 크기로 구분되고 Max. 이상의 값은 area로 처리된다.[그림 3]



[그림 3] PSL Cal. Curve에 의한 LLS size 구분

2.2 Particle counter의 구성

Particle counter는 laser beam path에 따라 Normal mode(입사각 90도) 및 Oblique mode(입사각 20도)로 나뉘며, Normal mode에서는 Roughness, Scratch, Residue와 같

은 표면결함이 비교적 검출되기 쉬우며, Oblique mode에서는 Particle, COP 등 비교적 작은 size의 결함들이 검출되기 쉽다.

Collector의 경우 종류에 따라 Dark field와 Bright field(DIC) 두 종류가 있다. Dark field는 scattered light(산란 빛)을 이용하여 defect를 구분하고, Bright field는 reflected light(반사 빛)을 이용하여 defect를 검출한다.

Dark field의 경우 그 내에서도 넓게 산란된 정보를 수집하는 Wide channel과 좁게 산란된 정보를 수집하는 Narrow channel로 나뉘는데, 이러한 Beal path와 defect collection channel 조합을 이용하면 아래와 같은 다양한 측정방식이 가능하다.

• Beam Path와 Defect Collection Channel 조합에 따른 분류

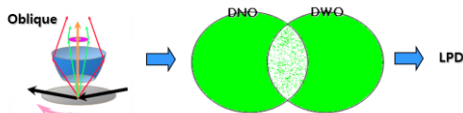
- DWO : Dark Field Wide Oblique
- DWN : Dark Field Wide Normal
- DNO : Dark Field Narrow Oblique
- DNN : Dark Field Narrow Normal
- DCO : Dark Field Composite Oblique
- DCN : Dark Field Composite Normal

2.3 Algorithm 이해

앞서 서술한 LPD, LPDN, Area, Scratch, LLPD와 같은 결함의 분류는 특정한 장비 내 algorithm에 의해 분류된다. LPD의 경우 Oblique mode로 조사되는 광에 의해 Narrow channel(DNO) 또는 Wide channel(DWO)에서 검출되거나, DNO와 DWO 모두에서 검출이 되는데 $DNO/DWO \leq 1.25$ 비율로 검출되면 LPD 결함에 해당 된다. 반면 LPDN의 경우 DNO와 DWO 모두에서 검출되며 $DNO/DWO > 1.25$ 비율로 검출될 시 해당된다.

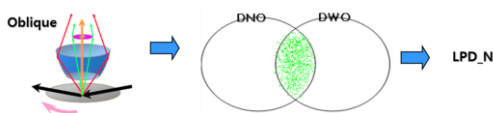
• LPD (Light Point Defect) 정의

Sized in DNO or Sized in DWO
Sized in DNO, Sized in DWO and $DNO/DWO \leq 1.25$



• LPD_N (Light Point Defect, Non cleanable) 정의

Sized in DNO: Sized in DWO and $DNO/DWO > 1.25$



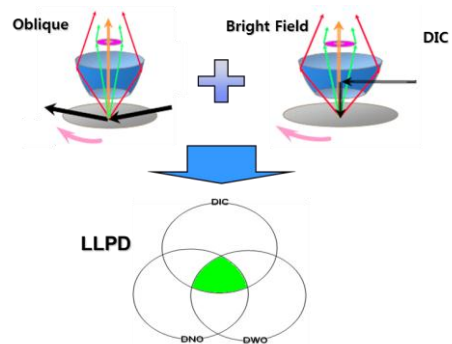
[그림 4] LPD, LPDN 결함의 algorithm

Area(Cluster) 및 Scratch 결함의 경우 장비에서 읽은 particle에 대하여 사용자가 setting한 값의 기준에 의해 분류된다.

[그림 5] Area(Cluster)/Scratch 분류 parameter

[그림 5]에서의 ①Pitch란 Beam-size(High Throughput의 경우 340um)의 1/2 값이며, 그림 상에서 설정된 값이 5이므로 850um의 영역에 해당된다. ②Minimum Events는 ①에서 설정된 5pitch(850um) 내에 5point(설정 값) 이상의 particle이 존재하는지 확인하는 것이다. ③Aspect Ratio의 설정된 숫자 5의 의미는 5Pitch 내에 존재하는 particle의 단축 대비 장축이 5배 이상을 만족 여부를 확인하는 것이며, ④Minimum Length(mm)는 ①~③에 해당하는 particle이 설정된 minimum length 2mm 이상이 되는지 확인하는 것이다. ⑤Multi Resolution Levels은 ①~④에 해당되는 항목을 2회 진행을 통해 재 확인함을 의미하며, ⑥Cluster From은 particle size를 75nm 이상 검출된 particle만 cluster와 scratch parameter를 적용하는 것을 의미한다. 이렇게 ①~④ 네 개의 parameter에 대해 모두 만족하면 Scratch로 분류, 4개 미만 만족일 경우에는 Area(Cluster)로 분류하는 것이다. 앞서 언급한 바와 같이 이러한 Parameter는 사용자의 설정 값에 따라 달라질 수 있는 부분이며, 실제 defect에 대한 형상 분석 등을 통해 사용자의 환경에 알맞은 parameter를 적용하여야 한다.

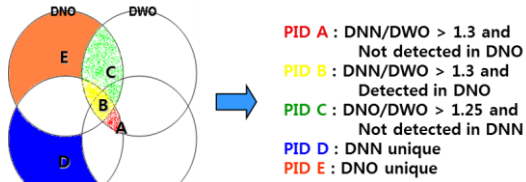
LLPD는 큰 size의 LPD 결함으로 대부분이 Non-cleanable defect의 형태가 대부분이다. LPD는 Dark field에서만 검출되는 결함으로 분류되는 결함이었으나, LLPD의 경우 Dark field 외에 매우 큰 size의 결함을 구분하기 위하여 Bright field 기능이 추가되어 DNO, DWO, DIC에서 공통적으로 검출이 되는 결함이 해당된다. [그림 5]



[그림 5] LLPD 결함의 algorithm

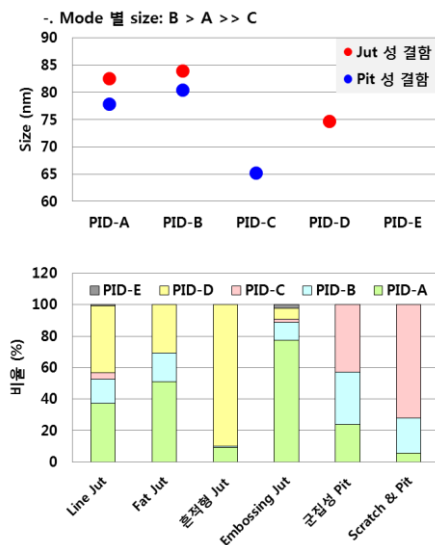
또 하나의 Non-cleanable defect인 PID(Polishing Induced Defect)은 그 내에서도 PID-A, B, C, D, E 다섯 가지로 구분되며 DWO, DWN, DNO, DNN, DCO(Dark field Composite Oblique), DCN(Dark field Composite Normal)과 같은 다양한 algorithm에 의해 검출된다. 여기서 Composite란 wide channel과 narrow channel의 defect을 합친 가상의 map 형태를 의미한다. PID-A, B, C, D, E의 상세한 algorithm 조합은 [그림 7]에 나타내었다.

항목	DWO	DNO	DWN	DNN
PID A	O	X	-	O
PID B	O	O	-	O
PID C	O	O	-	X
PID D	X	X	X	O
PID E	X	O	X	X



[그림 7] PID mode 별 algorithm

다섯 가지의 각 mode 별 나타나는 결함의 특성을 test 해본 결과 PID 결함으로는 Line Jut, Fat Jut, Embossing Jut, 흔적형 Jut, 군집성 Pit, Scratch, Pit 총 7 가지의 결함들로 구분된다. 각 결함 별 검출되는 PID mode는 [그림 8]에서와 같은 형태로 검출되는 비율이 다르게 나타나며, 주로 Jut 형 결함은 PID-A, B, D에서 검출되고, Pit 성 결함은 PID-A, B, C에서 검출되는 특징과 함께 PID-A, B 결함이 타 mode 결함 대비 결함의 size가 조금 더 큰 것으로 확인되었다.



[그림 8] PID mode 별 size 및 결함 별 mode 분류

3. Summary & Conclusion

Particle counter는 두 개의 Beam path(Oblique mode, Normal mode) 및 Collector의 경우 종류에 따라 Dark field와 Bright field(DIC), Dark field 내에서도 wide channel, narrow channel로 구성되어 다양한 algorithm 조합에 의해 결함들의 size와 속성을 분류한다.

본 보고서는 wafer 표면 내 결함의 위치 등의 정보를

제공하는 Particle counter에 대한 기본 구동 원리 및 결함을 구분하는 algorithm에 대한 내용을 서술하여 이해를 돕고자 하였다.