

ESD 제어 재료와 Ionization 기술

유용훈 국제정전기협회 한국지부 대표/코어인사이트(주) 대표

목차

- 1 / 표면실장 산업에서의 ESD 제어 현황과 국제표준과의 차이
- 2 / ESD 관리 방법과 측정 기술
- 3 / ESD 제어 재료와 Ionization 기술
- 4 / ESD 불량 분석 기술
- 5 / 디바이스 테스트 방법과 시스템 레벨 테스트 방법

필자가 크고 작은 기업들을 방문해 보면, 대부분의 경우 ESD에 대한 인식이 부족하거나, 국제 표준에 대한 바른 이해와 교육 없이 본인의 판단에 의해 또는 인터넷에서 찾은 근거 없는 자료들을 기반으로 ESD 제어를 실행하고 있었다.

또한 기업 및 엔지니어들은 정전기를 미스테리한 현상으로 인식하는 경우가 많은 반면, 해결책은 상당히 미숙한 방법이 제시되거나 사용되고 있었다.

대부분의 기업에서는 생산 공정 장비를 구매하거나 검토할 때 상당한 준비와 학습을 병행하며 진행하게 된다. ESD Association을 비롯한 표준 제정 단체에서 오랫동안 활동하거나 교육 받은 사람이라면, 사실 이러한 절차가 ESD 제어 재료를 선정할 경우에도 그대로 적용된다는 것을 알고 있을 것이다.

연재 1회에서도 밝혔지만, 현재 우리나라 산업계에서는 절차를 준수하며 차별하게 개발 및 생산이 진행되기보다는 빨리 빨리 제조 및 개선을 진행하는 문화가 광범위하게 퍼져 있는 상황이다. 따라서 제조 현장에서 사용할 재료를 차별하게 평가한다는 것은 생각할 수도 없다. 이와 같은 경우에는 주변에서 좋다고 제안하는 모든 재료를 아무런 사전 평가 없이 제조 현장에 바로 사용하게 되고, 이로 인해 문제도 많이 발생한다.

Qualification Test와 Compliance Verification Test 방법

여기서는 지난 달에 이어 Qualification Test와 Compliance Verification Test가 서로 어떻게 다른지, 그리고 테스트 절차는 어떤지에 대해 살펴본다. 먼저, 쉽게 생각했을 때 현재 우리 제조 현장에서 정기적으로 실시하고 있는 점검 수준의 측정은 Compliance Verification Test라고 할 수 있다. 이는 정해진 표준에 따라 정기적인 주기를 가지고 현장의 제조 환경이 이 기준에 적합한지의 여부를 지속적으로 확인하는 테스트 방법이라고 할 수 있다.

예를 들어, 우리 제조 현장이 ANSI/ESD S20.20 기준에 따르고 있다고 할 경우, 사용자가 지정한 기간 내에 사용하는 모든 ESD 제어 재료가 근거한 표준에서 설정 한계치를 초과하지 않는지 정기적으로 점검하는 테스트 방법을 말하며, 이는 ANSI/ESD S20.20-2014 문서(ANSI/ESD S20.20-2014 ESD Association Standard for the Development of an Electrostatic Discharge Control Program for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment)의 표 2와 표 3 오른쪽에 표시한 내용으로 이해하면 될 것이다.

표 1. Personnel Grounding Requirement

Technical Requirement	Product Qualification		Compliance Verification	
	Test Method(s)	Required Limit(s)	Test Method(s)	Required Limit(s)

또한, 이 경우 사용되는 측정 방법은 ESD TR53 문서를 기준으로 실시하도록 규정되어 있다. 기업은 지난 달 연재에서 설명한 바와 같이, 많은 기업은 Ohms/square 측정 장비로 단순히 해당 한계치 이내라는 것을 확인하는 수준에 머물러 있지만, 사실은 사용하는 대상체에 따라 특정 전극을 사용하여 측정을 진행하도록 규정하고 있다.

앞에서 설명한 바와 같이, Compliance Verification은 제조 현장에 설치된 제어 재료의 상태를 확인하는 방법이다. 그러므로 상대적으로 대량의 측정 대상과 현장 조건에 따라 다르게 설치된 재료 평가를 진행하므로 측정 위치가 복잡하지 않고 상대적으로 단순한 측정을 실시한다. 또한 측정 방법의 경우 제어 재료의 표면에서 접지까지의 저항 측정을 주로 실시하는데, 이 방법의 목적은 현장에 적용되고 관리가 가능한 수준의 제어가 실질적으로 이루어지도록 하는 것이다. 상대적으로 아주 쉽고 간단한 측정기로 관리할 수 있다.

그러나 Product Qualification Test의 경우, 지난 달에 설명한 바와 같이 제조하는 제품에 대한 테스트가 아닌, 사용하려는 ESD 제어 재료를 사전에 평가하는 테스트이다. ESD 제어 재료의 사전 평가 제도는 사용하려는 재료가 원래의 목적에 부합하는지에 대한 ESD 리스크 평가를 엔지니어링 작업으로 검증한 후 정해진 현장에 적용하는 것을 말한다. 사계절이 있는 국내 환경과 항온 항습이 일정하게 유지되지 않는 조건, 제조 환경과 사용 환경이 일치하지 않는 국제 거래 관계 등에서는 제조 현장에서 사용하는 재료를 테스트한 결과 그대로 고객사 또는 다른 환경에서도 사용할 수 있는지 평가하는 것이 매우 중요한 변수이다.

이러한 사전 평가 제도를 유지했을 때 갖게 되는 이점은 다음과 같다. 현재와 같이 검증되지 않은 소재가 제조 라인에 반입되는 것을 통제할 수 있어 제2, 제3의 문제를 사전에 예방할 수 있다. 그리고 엔지니어링 작업을 기준으로 제조 제품의 품질에 대한 확신을 가질 수 있다. 또 어떤 조건에서도 사용할 수 있는 재료를 선정함으로써 고객 품질 이슈를 없앨 수 있으며 계절에 따른 유연한 대응도 가능하다. 이 밖에도 현재 많은 기업에서 정전기 제어를 위해 국제 표준에서 제안하고 있지 않은 온습도 제어를 주요 정전기 관리 사항으로 생각하고 있지만, 사실 온습도는 정전기 발생이 낮아지게 하는

방법이 되기는 해도, 주요 ESD 제어 솔루션은 아니다. 이에 비해 상당히 높은 투자비와 유지 관리비가 소요된다. ANSI/ESD S20.20은 별도의 온습도 제어 없이도 ESD 제어가 가능하도록 작성된 표준 문서로서, S20.20에서 제안하는 사항들이 만족될 경우 별도의 온습도 제어가 필요하지 않다.

Product Qualification Test는 원칙적으로 제어 재료를 사용하는 사용자가 재료를 상대습도 $12 \pm 3\%$, $23 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 저습 상태에서 48시간 방치하여 재료 표면에 있는 모든 습기를 제거한 후, 겨울철이나 낮은 습도 환경을 대표해 테스트를 실시한다. 이후 상대습도 $50 \pm 5\%$, $23 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 비교적 준수한 수준의 습도 상태에서 48시간 방치하여 재료의 저항 특성 변화를 측정하도록 권고하고 있다. 이 경우, 사용자는 온도와 습도를 제어하면서 측정할 수 있는 Controlled Environment가 필요하게 된다.

이러한 테스트 환경을 갖추면, 재료 개발이나 평가를 주변 환경에서 하지 않을 수 있으므로 다양한 조건에서 사용되는 재료를 개발하는 데 도움이 된다. 재료의 저항 테스트를 진행할 경우 DC 전압을 사용한다. 그러나, 이때 사용되는 전압의 전류량은 일반적인 DC 회로에 사용하는 전류량에 비해 아주 미미하다. 따라서, ESD 제어 재료에서 측정되는 저항은 온도와 습도 등 환경 조건에 의해 민감하게 변화한다. 이 말은 반대로, 모든 조건에 만족할 수 있는 재료를 만드는 것이 쉽지 않다는 뜻이며, 이러한 재료에 대한 바른 이해야말로 ESD 문제를 해결하는 데 대단히 중요하다고 할 수 있다.

그러나, 모든 기업이 반드시 이와 같은 설비를 갖추고 Product Qualification Test를 진행할 수는 없으므로 ANSI/ESD S20.20-2014 표준 문서에서는 ESD 제어 재료 제조사에서 제출하는 제품 사양서가 Product Qualification



Test를 대체할 수 있다고 허용하고 있다. 이 방법도 제조사 혹은 공급사가 주변 환경이 아닌 온습도 제어 환경 (Controlled Environment)에서 실시한 테스트 결과를 제출할 때 허용하는 것인데, 사실 우리 현실을 보면 제조사 혹은 공급사가 온습도 제어 환경을 갖추고 있지 못한 경우가 대부분이며, 심지어 어떤 표준에 따라 측정을 실시해야 하는지도 모르고 있다. 대기업에서는 지나친 가격인하를 요구하고, 경쟁은 점점 더 심화되는 가운데, 가격 맞추기에 급급한 제품이 사전 검사 없이 구매 및 입고되어 현장에서 사용되고 있는 것이 현실이다. 그뿐 아니라, 대부분의 공급업체에서는 저항이 어느 정도 적절한지, ANSI/ESD S20.20 혹은 IEC-61340-5-1 기준이 어떤지도 알지 못하고 있어 우려된다.

Product Qualification Test를 진행할 수 있는 또 다른 방법은, 현재 사용하고 있는 재료에 대한 누적 Compliance Verification Test 데이터를 이 테스트의 증빙 용도로 사용하는 것이다. 이 경우, 지난 누적 데이터가 모두 Product Qualification Test 기준을 만족시켜야 하며, 현장 점검 시 한계를 넘는 데이터가 발견되지 않아야 한다. 어떤 측면에서는 가장 쉬운 방법이 될 수도 있지만, 다른 측면에서는 적절한 유지 관리가 되지 않았을 경우 큰 문제점이 지적될 수 있는 사례가 될 수도 있어 사용자의 각별한 주의가 요구된다.

접지 기술

산업 내에서 가장 많은 오해를 받는 것이 접지에 대한 부분일 것이다. 가장 흔한 오해는 전기 설비 관련 접지 규정과 ESD 접지 관련 규정을 혼동하는 것이다. 흔히들 알고 있는 접지 설비 규정은, 우리나라의 경우 1종 접지, 2종 접지, 3종 접지 등의 접지 규정을 들어 ESD 접지 규정으로 사용하는 경우이다. ESD 접지는 전기 설비 규정과 다르고 목적과 방식도 다르다. 또 다른 오해는 ESD 접지의 경우 지표면을 1m 정도 깊이로 파고 전극을 매설해야 한다는 것인데, 기본적으로 정전기를 이해하지 못한 잘못된 예라고 할 수 있다.



ESD 접지는 기본적으로 작업 위치에서 가장 가까운 전원 접지를 사용하며, 전원 접지를 구분하지 않고 사용할 수 있다. 단, 220V AC 전원의 경우 단상과 삼상 전원 시스템이 상이하고 단상의 경우 Hot과 Neutral이 혼선되지 않아야 하며, Ground와 Neutral 사이의 임피던스가 1Ω 미만인 것을 추천한다. 만약 어느 기업에서 ANSI/ESD S20.20을 따르고자 한다면, 위에서 설명한 1Ω 임피던스를 만족시켜야 한다.

회사에 따라서는 S20.20을 따르지만, 자체 판단에 의해 다른 접지 규정이나 한계를 다르게 설정하여 사용할 수 있다. 그러나, 이 경우에도 고객과 3rd Party Auditor를 상대하게 될 경우 다른 접지 시스템을 사용하는 근거를 기술적으로 정확하게 적은 문서가 필요하다.

ESD 보호 재료 평가

앞서 설명했던 ohms/square 저항 측정 방법은 이제 더 이상 ESD 측정 단위로 사용하지 않는다. 최근 사용되는 전극은, 평면 재료의 경우 Concentric Ring Probe이며, 이 전극을 사용하여 표면 저항과 체적 저항을 모두 측정한다. 이 전극의 무게는 5lb(2.27kg)±2.5%여야 하며, 동심원의 크기와 사용된 재료도 세밀하게 규정되어 있다. 일반적인 평면 재료의 경우는 포장재 등이 있다.

흔히 제조 현장에서 많이 사용하는 ESD Mat 제품의 경우 Concentric Ring Probe가 아닌, 표면이 평면인 5lb Probe를 사용하여 Product Qualification 실험과 Compliance Verification 테스트를 실시해야 한다. 5lb 전극의 경우 그 사용처가 다양한데 앞서 설명한 작업대, 바닥, 작업복, 의자, 대차, 선반 등의 제조 현장에서 흔히 볼 수 있는 ESD 제어 재료에 대한 평가에 사용한다.

ESD 측정은 측정 환경과 적용 대상물에 따라서 다른 전극을 사용한다. 그러므로, 사용자는 사용하려는 목적물에 따라 전극을 구비하고, 표준에 명기된 절차에 따라 다양한 측정 위치에서 재료의 저항을 측정해야 한다.

그 밖에 JEDEC Tray 등 성형된



재료의 경우, ANSI/ESD STM11.13에 명기된 Two Pin Probe를 사용하여 성형된 재료의 표면 저항이 어느 정도 수준인지 측정해야 한다. 대부분의 ESD 제어 재료의 경우 표면 저항과 체적 저항 개념의 평가가 이루어지는 반면, 성형 제품은 아직 접지까지 빠져나가는 체적 저항 개념의 평가 방법은 표준으로 완성되지 않고 있다. 그러나 현재 진행형으로 작성되고 있음을 지면을 통해 미리 밝혀 둔다.

부도체 처리 이온화 기술

부도체에 대한 부분은 ANSI/ESD S20.20-2014 표준 문서에서 새롭게 개정되어 강조되고 있다. 이전 문서에서는 2,000V 이상의 대전 전계가 측정된 부도체의 경우 30cm 이상 이격하거나 이오나이저를 사용해 제전하도록 규정했다. 그 문서가 이번 개정에서는, 같은 내용을 포함하고 있으면서도 ESD에 민감한 소자나 제품 반경 2.54cm(1inch) 이내에서 125V를 초과하지 않게 관리하도록 새롭게 요구하고 있다. 다시 정리해서 얘기하자면, CDM 200V 민감도 수준을 갖고 있는 소자의 경우, 반경 2.54cm 이내에 125V를 초과하는 부도체를 두지 않거나, 이오나이저를 사용하여 제전해 주어야 한다는 것이다. 이 부분은 기존에 비해 상당히 강화된 내용으로, 전 세계적인 도전과 이슈가 되고 있다.

SMT 제조 공정에 사용하는 기본 재료인 PCB가 FR4 계열의 재료로 만들어졌고, 상대적으로 크기도 큰 대표적인 부도체이며, 흔히 라인의 JIG로 사용하는 테프론도 부도체이고,



정전기 제어용으로 잘못 알려진 베크라이트의 경우도 사용 한계치를 넘는 부도체이다. 이런 재료의 경우, ANSI/ESD S20.20의 상한치 표면 저항인 $1.0 \times 10^9 \Omega$ 을 초과하고, 마찰에 의한 정전기 대전은 쉽게 125V를 초과한다. 이러한 재료 없이 작업을 진행하는 것은 대단히 어렵다.

그러므로 단기 혹은 중장기적으로 대체 재료 평가(Product Qualification)를 거쳐 선별한 후, 가공 현장에 적용해야 한다. 그러나 현재 사용하고 있는 JIG를 제거하고 작업이 이루어지지 않을 경우, 이오나이저를 사용해 대전된 부도체의 전압을 공정 시간 안에 125V 미만으로 만들어야 한다.

이오나이저는 AC, DC 등의 기술을 기반으로 하여 다양한 방식의 기술과 디자인으로 제작되어 제조 현장에 사용할 수 있다. ANSI/ESD S20.20-2014 표준 문서에서 변경된 또 다른 사항은 이오나이저 규정이다.

기존의 이온 밸런스 규정은 $\pm 50V$ 였으나, 2014년 표준에서는 이 규정이 $\pm 35V$ 로 줄어들었다. 이러한 변화는 현재 사용하고 있는 이오나이저의 관리에 있어서 또 하나의 새로운 도전이 될 수도 있을 것이다. 해외 제품을 제외하고 35V 규정을 만족할 수 있는 이오나이저는 흔하지 않으며, 국내 제조 제품의 경우 10만원 내외의 저가 제품을 제조하는 회사 중 이 기준을 만족할 수 있는 기술력을 갖고 있는 곳은 2~3군데에 불과할 것이다. 이 경우, 밸런스 테스트 및 제전 능력 평가를 더 자주 실시해야 하는 상황에 처하게 될 것이며, 제조 현장의 ESD 민감도 증가에 대한 관리 방안 마련도 큰 도전에 직면하게 된다. 