

พื้นฐานของ การประทุของไฟฟ้าสถิต

ส่วนที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประทุของไฟฟ้าสถิต

ประวัติและความเป็นมา

ในช่วงทศวรรษที่ 90 เป็นที่จดจำกันว่าเป็น ทศวรรษที่มีการแข่งขันในเรื่อง การปรับปรุงและการควบคุมคุณภาพของ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ การแข่งขันที่เริ่มขึ้น ทำให้เรื่อง six-sigma และ ISO9000 มีผลบังคับให้เกิดความมุ่งมั่นพัฒนาในด้านการปรับปรุงและการควบคุมคุณภาพของบริษัทต่างๆ แม้กระทั่งบริษัทเหล่านั้นจะไม่เต็มใจก็ตาม ถ้าเรามองไปรอบๆ เรื่องการปรับปรุงและการควบคุมคุณภาพเกี่ยวกับเรื่อง การประทุของไฟฟ้าสถิต (electrostatic discharge) หรือ ESD ยังเป็นเป้าหมายหรือกุญแจสำคัญเรื่องหนึ่งสำหรับการพัฒนา

ไฟฟ้าสถิตเป็นปัญหากับอุตสาหกรรมมานานหลายศตวรรษแล้ว ในช่วงต้นๆของปี ค.ศ. 1400 ชาวยุโรป และชาวแอฟริกัน ได้ใช้วิธีการควบคุมไฟฟ้าสถิต และอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าสถิต เพื่อป้องกันปัญหาไฟฟ้าสถิตไปจุดระเบิด เหม่ดินดำหรือดินปืน ในช่วงต้นทศวรรษ 1860 โรงผลิตกระดาษในสหรัฐอเมริกาได้ใช้ การ กราวด์(ground) แบบพื้นฐานง่ายๆ และใช้ถังไอน้ำพ่นไอน้ำเพื่อทำให้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าสถิตอย่างช้าๆ หรือที่เรียกว่า dissipate จากกระดาษที่มีไฟฟ้าสถิตขณะที่มันเคลื่อนตัวผ่านขบวนการอบแห้ง ยุคอิเล็กทรอนิกส์มีปัญหาเรื่องไฟฟ้าสถิตและการประทุของไฟฟ้าสถิตเพราะอย่างยิ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานได้เร็วเท่าไรเล็กลงเท่าไร ความเปราะบางต่อการประทุของไฟฟ้าสถิต (sensitivity to ESD) ก็ยิ่งเพิ่มขึ้น ในปัจจุบันผลกระทบจากไฟฟ้าสถิตได้เกิดขึ้นต่อกำลังการผลิตหรือผลผลิตและความเชื่อถือหรือการคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระยะยาว (product reliability) ความรู้เรื่องการควบคุมไฟฟ้าสถิตใน อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์หลายอย่างได้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น เช่น อุตสาหกรรม cleanroom หรือห้องสะอาด และอุตสาหกรรมทำกราฟิครีด

ถึงแม้ว่ามนุษย์เราจะเพิ่มความพยายามในการจัดการเรื่องปัญหาไฟฟ้าสถิตในทศวรรษที่ผ่านมา มากมายอย่างไรก็ตาม ESD ก็ยังเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ของดีที่ได้จากการผลิต (production yields) เช่น ผลิตของ 100 ตัว ทดสอบแล้วได้ของดี 98 ตัว เรียกว่า yields 98% ซึ่งมีผลต่อต้นทุนของการผลิต มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระยะยาว และในท้ายที่สุดก็มีผลกระทบต่อผลกำไร ผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมได้ประมาณการไว้ว่าไฟฟ้าสถิตทำให้เกิดความเสียหายอยู่ใน ช่วง 8-33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้ประมาณการ ความเสียหายจากการประทุของไฟฟ้าสถิต (ESD damage) ในวงการอิเล็กทรอนิกส์ว่าอยู่ในช่วงพันล้านเหรียญสหรัฐต่อปี (ตารางที่ 2) มูลค่าของอุปกรณ์ที่เสียหายต่อตัว อาจจะมีมูลค่าเพียงไม่กี่เซ็นต์สำหรับ ไดโอด (diode) แบบง่ายๆ หรือแม้กระทั่งหลายร้อยดอลลาร์สหรัฐ สำหรับอุปกรณ์ประเภท ไฮบริด (hybrids) แบบซับซ้อน แต่เมื่อรวมราคาของการซ่อมหรือการสับเปลี่ยน การขนส่ง ค่าแรง และค่าเสียหาย เข้าไปด้วย จะเห็นว่าความเสียหายมีมูลค่ามากมาย

ตารางที่ 1 แสดงระดับความเสียหายที่เกิดจากไฟฟ้าสถิต

รายงานความเสียหายที่เกิดจากไฟฟ้าสถิต			
ชนิด	อัตราความเสียหายขั้นต่ำ	อัตราความเสียหายขั้นสูง	อัตราความเสียหายเฉลี่ย
ส่วนประกอบ จากโรงงาน	4%	97%	16-22%
ผู้ค้ารายย่อย	3%	70%	9-15%
ตัวแทนจำหน่าย	2%	35%	8-14%
ผู้ใช้	5%	70%	27-33%
แหล่งข้อมูล : Stephen Halpein “ Guidelines for Static Control Management” Eumstat,1990			

ตารางที่ 2 แสดงการเกิดของไฟฟ้าสถิต (โวลต์)

การเกิดของไฟฟ้าสถิตโดยเฉลี่ย	10-25% RH	65-90% RH
การเดินบนพรม	35,000V	1,500V
การเดินบนกระเบื้องปูพื้น	12,000V	250V
การทำงานบนโต๊ะทำงาน	6,000V	100V
การย้ายของจากโต๊ะทำงานไปยังถุงบรรจุ	20,000V	1,200V
การสัมผัสระหว่างแก้อีและโฟมยูลิเทน	18,000V	1,500V

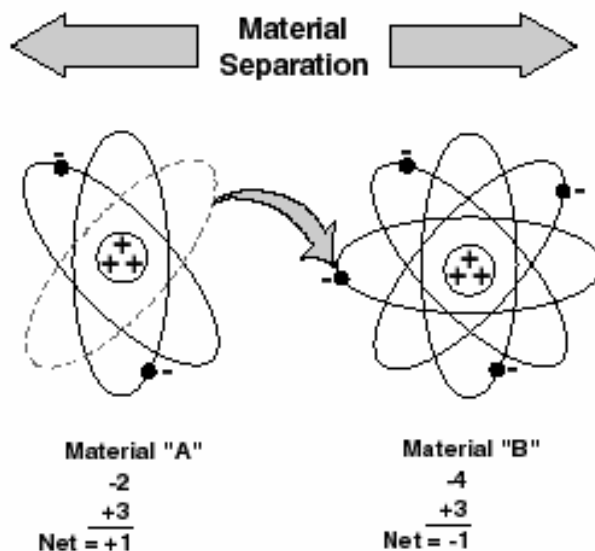
บทความแรกในบทความของเรื่อง ESD นี้จะเน้นไปที่ สาเหตุการเกิดการประทุของไฟฟ้าสถิต วัสดุต่างๆ ได้รับผลกระทบจากระดับของประจุต่างๆ ต่างกันอย่างไรบ้าง รูปแบบของความเสียหายจากไฟฟ้าสถิตแบบต่างๆ และ การประทุของไฟฟ้าสถิต หรือเรียกสั้นๆง่ายๆว่า ESD หรือเหตุการณ์ ESD ทำลายอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างไร บทความหลังจากนี้จะกล่าวถึงวิธีการต่างๆในการควบคุมหรือป้องกันปัญหาไฟฟ้าสถิต

ไฟฟ้าสถิต และ การทำให้เกิดประจุ

ไฟฟ้าสถิตถูกนิยามว่า “ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากความไม่สมดุลย์ของอิเล็กตรอนบนพื้นผิวของวัสดุ” ความไม่สมดุลย์ของอิเล็กตรอนทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่สามารถวัดได้และสนามไฟฟ้านี้ก็จะมีผลหรือมีอิทธิพลต่อวัสดุที่อยู่รอบๆ Electrostatic Discharge หรือ ESD ถูกนิยามว่าเป็นการถ่ายประจุระหว่างวัสดุหรือชิ้นส่วนของวัสดุที่มีศักดาไฟฟ้าต่างกันไฟฟ้าสถิตสามารถเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ ไม่ว่าจะเป็นทำให้มันแยลงหรือว่าทำลายให้เกิดความเสียหาย. ESD อาจทำให้ระบบอิเล็กทรอนิกส์เสียหาย ทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานผิดปกติหรือล้มเหลว ปัญหาอื่นที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตนั้นคือ ปัญหาใน cleanroom หรือห้องสะอาด ทำให้พื้นผิววัสดุที่มีประจุดึงดูดฝุ่นละอองไว้ ทำให้ยากต่อการทำความสะอาด

สะอาดหรือเอาออก เมื่อฝุ่นเหล่านี้ถูกดูดเข้าไปติดพื้นผิวของเวเฟอร์ที่ทำจากซิลิกอนหรือวงจรทางไฟฟ้า ฝุ่นเหล่านี้ก็จะทำให้เกิดการเสียบของ เวเฟอร์และทำให้ผลผลิตต่ำการที่จะควบคุมไฟฟ้าสถิตต้องเริ่มต้นด้วยความเข้าใจว่าไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้นอย่างไรก่อน ประจุไฟฟ้าสถิตส่วนใหญ่เกิดจากการสัมผัสแล้วแยกของวัสดุอย่างเดียวกันหรือคนละอย่าง ตัวอย่างเช่นเวลาคนเดินไปตามพื้นก็จะทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตเพราะว่าเส้นรองเท้าแตะแล้วก็แยกจากพื้น , อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่บรรจุเข้าหรือนำออกจากบรรจุภัณฑ์ก็ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต แม้ว่าขนาดของประจุไฟฟ้าสถิตจะต่างกันในกรณีดังกล่าว แต่แน่นอนที่สุดคือประจุไฟฟ้าสถิตได้เกิดขึ้นแล้ว

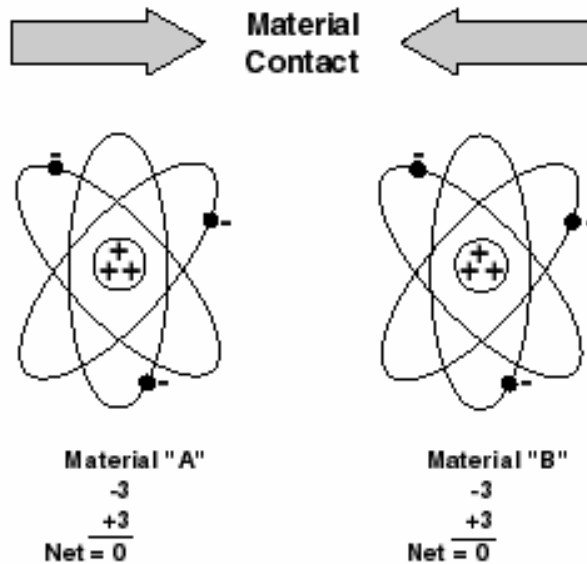
Triboelectric Charge



รูปที่ 1 ประจุแบบ ไทโรโบอิเล็กทริก (Triboelectric) เกิดจากวัสดุสองชิ้นสัมผัสกัน

ประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดจากการสัมผัส และแยกจากกันของวัสดุเรียกว่าการประจุแบบไทโรโบอิเล็กทริก เหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างวัสดุทั้งสอง อะตอมของวัสดุที่ไม่มีประจุไฟฟ้าถือว่าเป็นจำนวนประจุบวก(โปรตรอน) ที่นิวเคลียสเท่ากับประจุลบ(อิเล็กตรอน) ซึ่งวิ่งรอบๆนิวเคลียส ใน **รูปที่ 1** วัสดุ A ประกอบด้วยอะตอมที่มีจำนวนโปรตรอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน วัสดุ B ก็ประกอบด้วยอะตอมที่มีจำนวนของโปรตรอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน ดังนั้นวัสดุทั้งสองจึงถือว่าเป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อวัสดุทั้งสองถูกนำมาแตะแล้วแยกกัน ประจุลบหรืออิเล็กตรอนก็จะถูกย้ายจากผิวของวัสดุหนึ่งไปสู่ผิวของอีกวัสดุหนึ่ง วัสดุใดจะสูญเสียอิเล็กตรอนหรือจะได้รับอิเล็กตรอนมาเพิ่มก็ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวัสดุทั้งสอง วัสดุที่สูญเสียอิเล็กตรอนก็จะมีประจุบวก(เพราะมีประจุบวกมากกว่าประจุลบ) วัสดุที่ได้รับอิเล็กตรอนมาเพิ่มก็จะถือเป็นวัสดุประเภทประจุลบหรือ negatively charged ดังแสดงตาม **รูปที่ 2**

Triboelectric Charge



รูปที่ 2 ประจุแบบ ไตรโบอิเล็กทริก (Triboelectric) เกิดจากวัสดุสองชิ้นแยกกัน

ระดับหรือความมากมายของประจุมีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (coulombs) อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปเราพูดถึง ศักดาไฟฟ้าสถิตบนวัสดุอยู่ในรูปหน่วย โวลต์เตจ (voltage) หรือเรียกกันทั่วไปว่า โวลต์จริงๆแล้วขบวนการที่วัสดุสัมผัส และแยกออกจากกัน อิเล็กตรอนมีการเคลื่อนย้าย เป็นกลไกที่มีความซับซ้อนมากกว่าที่อธิบายมาแล้วมาก จำนวนประจุที่เกิดจากขบวนการ ไตรโบอิเล็กทริก ขึ้นกับขนาดของพื้นที่สัมผัส ความเร็วของการแยกออกจากกัน ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) และองค์ประกอบอื่นอีกหลายอย่าง ทันทีที่มีประจุเกิดขึ้นบนวัสดุ ก็ถือได้ว่ามีประจุไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้นแล้ว (ถ้าประจุยังอยู่บนวัสดุ) ประจุเหล่านี้จะเคลื่อนย้ายจากวัสดุไปสู่ที่อื่นเรียกว่าเกิดกระบวนการ ประทุ (discharge) ของไฟฟ้าสถิต หรือเรียกกันง่ายๆ ว่า เหตุการณ์ ESD ประจุไฟฟ้าสถิตจะเกิดขึ้นบนวัสดุในขบวนการอื่นด้วย เช่น การเหนี่ยวนำ (induction) การระดม ไอออนใส่ (ion bombardment) หรือการที่วัสดุอย่างหนึ่งไปสัมผัสกับวัสดุที่มีประจุ อย่างไรก็ตามการประจุแบบไตรโบอิเล็กทริก เป็นเหตุการณ์ที่เกิดบ่อยที่สุด

คุณสมบัติของวัสดุ และวัสดุต่างกันมีผลต่อไฟฟ้าสถิตอย่างไร

วัสดุทุกอย่างไม่ว่าเป็น น้ำ, เม็ดฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศก็จะเกิดประจุแบบไตรโบอิเล็กทริกได้ ประจุจะเกิดมากหรือน้อย เกิดแล้วไปอยู่ที่ใด เกิดเร็วเท่าไร เป็นสิ่งที่ขึ้นกับคุณลักษณะทางไฟฟ้าของวัสดุนั้นๆ

ฉนวนไฟฟ้า

วัสดุที่กันหรือจำกัดการไหลหรือเคลื่อนตัวของอิเล็กตรอนไปตามผิวหรือผ่านเนื้อในของวัสดุเรียกว่า ฉนวน ฉนวนมีความต้านทานทางไฟฟ้าสูงมาก ปริมาณประจุไฟฟ้าก็สามารถเกิดได้บนผิวของฉนวนเช่นกัน เพราะว่าฉนวนไม่ยอมให้อิเล็กตรอนไหลผ่านได้ง่ายๆ ทั้งประจุบวกและประจุลบก็สามารถอยู่บนผิวฉนวนได้ ในเวลาเดียวกันแม้ว่าอยู่คนละจุดกัน จำนวนอิเล็กตรอนมากๆ ที่อยู่บนผิวที่เป็นประจุลบ ณ จุดใดจุดหนึ่ง อาจวิ่งเข้าไปหาจุดที่เป็นบวกเพื่อทำให้เป็นกลางได้ อย่างไรก็ตามการไหลของอิเล็กตรอนเป็นไปได้ยากมาก บนผิวที่เป็นฉนวน เพราะฉะนั้นทั้งประจุบวกและประจุลบอาจยังคงอยู่บนวัสดุนั้นได้เป็นเวลานานแม้ว่าจะอยู่คนละจุด

วัสดุตัวนำทางไฟฟ้า

ตัวนำไฟฟ้าจะปล่อยให้อิเล็กตรอนวิ่งผ่านพื้นผิวหรือในตัวได้ง่ายเพราะว่ามีความต้านทานทางไฟฟ้าต่ำ เมื่อตัวนำไฟฟ้าตัวหนึ่งมีประจุ ประจุเหล่านั้นจะกระจายตัวไปอยู่ทั่วผิวของวัสดุตัวนำนั้น ถ้าวัสดุตัวนำนั้นไปสัมผัสกับวัสดุอื่น อิเล็กตรอนจะไหลผ่านพื้นผิวของวัสดุที่เป็นตัวนำนั้นไปสู่วัสดุอีกชิ้นได้อย่างง่ายดาย ถ้าตัวนำตัวที่สองแตะหรือถูกต่อลงไปที่ดินหรือโลก อิเล็กตรอนจะไหลไปที่ดินหรือกราวด์แล้วประจุที่เกินบนตัวนำนั้นจะถูกทำให้เป็นวัสดุที่เป็นกลาง (neutralized) ประจุไฟฟ้าสถิตสามารถเกิดขึ้นในขบวนการโทรโบอิเล็กทริกบนวัสดุตัวนำในลักษณะเดียวกับที่เกิดขึ้นบนวัสดุที่เป็นฉนวน ทรายใดที่วัสดุที่เป็นตัวนำถูกแยกไม่ให้อสัมผัสกับตัวนำอื่นหรือกราวด์ประจุไฟฟ้านั้นก็ยังคงค้างอยู่บนวัสดุที่เป็นตัวนำตัวนั้น ถ้าวัสดุที่เป็นตัวนำตัวนั้นถูกกราวด์ ประจุก็จะลงกราวด์ได้อย่างง่ายดาย ถ้าตัวนำที่มีประจุสัมผัสหรือเข้าใกล้ตัวนำอื่นประจุก็จะไหลหรือถ่ายเทระหว่างตัวนำทั้งสอง

วัสดุประเภท Static Dissipative

วัสดุที่เป็นประเภท Static dissipative จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่างฉนวน และตัวนำ อิเล็กตรอนสามารถไหลไปตามพื้นผิวหรือวิ่งผ่านเนื้อในวัสดุประเภท dissipative ได้เช่นเดียวกับฉนวนหรือตัวนำ วัสดุประเภท dissipative ก็สามารถเกิดประจุแบบโทรโบอิเล็กทริกได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามวัสดุประเภท dissipative มีความเหมือนวัสดุประเภทตัวนำตรงที่มันสามารถปล่อยให้มีการเคลื่อนย้ายประจุจากวัสดุนั้นไปลงดินหรือวัสดุที่เป็นตัวนำอื่นได้แต่การเคลื่อนย้ายประจุของวัสดุที่เป็นประเภท dissipative จะใช้เวลานานกว่าวัสดุประเภทตัวนำ หากว่ามีขนาดเท่ากัน การเคลื่อนย้ายประจุจากวัสดุประเภท dissipative จะทำได้รวดเร็วกว่าฉนวนมากแต่ก็จะช้ากว่าตัวนำ

อนุกรมโทรโบอิเล็กทริก

อนุกรมโทรโบอิเล็กทริกจะเป็นตารางแสดงว่า เมื่อวัสดุสองชิ้นมาแตะและแยกกันจะมีการจับขั้วและขนาดของประจุต่างกัน เมื่อวัสดุสองอย่างแตะและแยกกัน วัสดุตัวที่อยู่บนกว่าในตารางจะมีประจุบวก ตัวที่อยู่ต่ำกว่าจะเป็นประจุลบ วัสดุในตารางยังอยู่ห่างกันในตารางก็จะให้ประจุมาก ถ้าอยู่ใกล้กันในตารางจะให้ประจุน้อยดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ชนิดของอนุกรมไตรโบอิเล็กทริก

+	Acetate
Positive	Glass
Negative	Nylon
-	Wool
	Lead
	Aluminum
	Paper
	COTTON
	Wood
	Steel
	Nickel
	Copper
	Rubber
	Polyester
	PVC
	Silicon
	Teflon

ความเสียหายจาก ESD และอุปกรณ์เสียหายได้อย่างไร

ความเสียหายที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถเกิดได้ตั้งแต่ ผู้ผลิตจนถึง ณ จุดการใช้งาน ความเสียหายเป็นผลมาจากการจับฉวยหรือเข้าใกล้อุปกรณ์นั้นๆ โดยไม่มีการระมัดระวังเรื่องการควบคุมไฟฟ้าสถิตเป็นอย่างดีพอ โดยทั่วไปแล้วความเสียหายเสียถูกแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เรียกว่าความเสียหายทันที (catastrophic failure) และกลุ่มที่เรียกว่าความเสียหายแบบแฝง (latent defect)

ความเสียหายทันที

เมื่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้รับความเสียหายจาก ESD อุปกรณ์นั้นจะไม่สามารถทำงานได้เลยอย่างนี้เรียกว่าความเสียหายทันที (catastrophic failure) ไฟฟ้าสถิตอาจทำให้วงจรขนาดเล็กของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกิดละลาย ขาด หรือละลายมาเชื่อมกัน (วงจรเปิด – วงจรปิด) ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ นอกจากนั้นอาจเกิดการเสียหายของออสซิลเลเตอร์ (ออสซิลเลเตอร์เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ โดยเฉพาะกลุ่ม ไอซี (integrated circuit)) โดยปกติของเสียจากไฟฟ้าสถิตเหล่านั้นจะถูกจับได้จากการตรวจสอบไอซีก่อนการส่งมอบให้ลูกค้า แต่ถ้าหากเกิดปัญหาจากไฟฟ้าสถิตภายหลังการตรวจสอบก็จะมีโอกาสตรวจพบ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีปัญหาเหล่านั้น จนกว่าจะถึงเวลาใช้งาน

การเสียหายแบบแอบแฝง

ของเสียที่เกิดจากอาการเสียแบบนี้ยากที่จะตรวจสอบพบ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับความเสียหายจาก ESD ลักษณะนี้จะทำงานได้ต่ำกว่ามาตรฐาน แต่ก็ยังทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ อย่างไรก็ตาม อายุงานของอุปกรณ์ชิ้นนั้นจะลดลงอย่างมาก และจะเสียหายในไม่ช้า เมื่ออุปกรณ์ชิ้นนั้นถูกประกอบเข้าเป็นอุปกรณ์สำเร็จ ความเสียหายที่เกิดจากเหตุการณ์เหล่านี้มีมูลค่าสูงมาก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการซ่อมสูงมาก และในบางงานที่อุปกรณ์เหล่านี้ไปเป็นชิ้นส่วนที่ควบคุมเกี่ยวกับการป้องกันอันตรายหรืองานที่เสี่ยงอันตรายเช่นอุปกรณ์ของอากาศยาน ความเสียหายก็สูงขึ้นเป็นทวีคูณ

ปรากฏการณ์ ESD แบบพื้นฐานและอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เสียหาย

ความเสียหายจาก ESD เกิดจาก 1 ใน 3 ของเหตุการณ์ต่อไปนี้ ประการแรกเป็นการประทุประจุไฟฟ้าสถิตเข้าสู่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประการที่สองเป็นการประทุประจุไฟฟ้าสถิตจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประการที่สามที่เรียกว่าเป็นการประทุอันเกิดจากการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า

1. การประทุของประจุไฟฟ้าสถิตสู่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ปรากฏการณ์ ESD อาจเกิดจาก เมื่อวัตถุที่เป็นตัวนำเกิดประจุแล้วประทุเข้าสู่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อการเสียหายจากไฟฟ้าสถิต ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่า ESDS (Electrostatic Discharge Sensitive) สาเหตุหลักๆของการเสียหายจากไฟฟ้าสถิตก็คือ การประทุของประจุไฟฟ้าสถิตจากร่างกายมนุษย์เรา หรือวัสดุอื่นที่มีประจุไฟฟ้าสู่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อความเสียหายอันเกิดจากไฟฟ้าสถิตหรือ ESDS เมื่อใครคนใดคนหนึ่งเดินอยู่บนพื้นโรงงาน, พื้นสำนักงาน ประจุไฟฟ้าสถิตจะถูกสะสมไว้ในร่างกายเขา และเมื่อบุคคลนั้นไปสัมผัสส่วนที่เป็นโลหะของ ESDS หรือวงจรที่มี ESDS อยู่ ประจุไฟฟ้าก็จะประทุเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นเสียหายได้ โมเดลหรือรูปแบบที่แสดงถึงการเสียหายจากไฟฟ้าสถิตในลักษณะอย่างนี้เรียกว่า Human Body Model (HBM).

การประทุของประจุไฟฟ้าในลักษณะเช่นนี้ก็เรียกว่าเกิดจากวัตถุที่เป็นตัวนำ เช่นเครื่องมือที่เป็นโลหะ (Tools or Fixture) โมเดลหรือรูปแบบที่อธิบายลักษณะแบบนี้เราเรียกว่า MM (Machine Model)

2. การประทุไฟฟ้าสถิตจากอุปกรณ์ การถ่ายเทประจุจาก ESDS สู่สิ่งอื่น ก็ถือว่าเป็นปรากฏการณ์ ESD เช่นกัน ดูเหมือนว่าการทำให้ระบบการผลิตเป็นระบบอัตโนมัติ จะช่วยแก้ปัญหาเรื่อง HBM ของเหตุการณ์ ESD ได้ อย่างไรก็ตามมีการพิสูจน์กันแล้วว่า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีโอกาสที่จะเสียหายมากขึ้นเมื่อมีการประกอบแบบระบบอัตโนมัติ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะมีประจุเพิ่มขึ้นอย่างเช่นการที่อุปกรณ์นั้นวิ่งหรือไถลเลื่อน ในรางของการผลิต เมื่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชิ้นนี้ถูกส่งไปพบพื้นผิวรางหรือภาชนะอื่นที่เป็นตัวนำไฟฟ้า การประทุของประจุจะเกิดอย่างรวดเร็วจากอุปกรณ์นั้นสู่ตัวที่เป็นโลหะ เหตุการณ์ลักษณะนี้เรียกว่า CDM (Charged Device Model) ในบางครั้งสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางชิ้น เหตุการณ์แบบ CDM จะสร้างผลเสียได้มากกว่า HBM แม้ว่าช่วงเวลาของการประทุจะสั้นมาก ซึ่งส่วนใหญ่ก็สั้นกว่า 1 nanosecond หรือ 1/1 พันล้านวินาที แต่ระดับของกระแสไฟฟ้านั้นอาจสูงถึงนับหลาย 10 แอมแปร์

3. การประทุอันเกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เหตุการณ์ทางไฟฟ้าสถิตที่จะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เสียหาย โดยทางตรงหรือทางอ้อมที่น้อยไปกว่าปกติคือ Field induction ดังได้

กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า เมื่อไรก็ตามที่วัตถุหนึ่งเกิดประจุไฟฟ้าสถิตขึ้นก็จะมีสนามไฟฟ้าสถิตเกิดมาพร้อมกับประจุเหล่านั้นถ้ามีอุปกรณ์ที่เป็น ESDS อยู่ใกล้สนามไฟฟ้าสถิตนั้น จะมีการเหนี่ยวนำให้เกิดประจุขึ้นบนอุปกรณ์นั้นๆ หากบังเอิญว่ามีการกราวด์อุปกรณ์ชิ้นนั้นในขณะที่ยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของประจุไฟฟ้าสถิตนั้น การเคลื่อนย้ายของประจุจากอุปกรณ์นั้นก็เกิดขึ้น

ความเปราะบางของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อไฟฟ้าสถิตของอุปกรณ์ และการป้องกันที่จำเป็นมีมากขนาดไหน

วิธีการทดสอบที่อาศัยรูปแบบของเหตุการณ์ ESD จะช่วยให้เรานิยามความเปราะบางของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อ ESD อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางอย่างถูกทำลายได้อย่างง่ายดาย จากการประทุของประจุในระหว่างขบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ ในขณะเดียวกันอุปกรณ์บางอย่าง อาจเสียหายได้ง่ายกว่าเมื่อเกี่ยวข้องกับบุคคลหรือบุคลากร การนิยามความเปราะบางต่อ ESD ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นขั้นตอนแรกในการระบุหรือบ่งบอกหามาตรการในการป้องกันปัญหา ESD มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนไม่น้อยมีความเปราะบางต่อ ESD ในระดับโวลต์เตทต่ำๆ และก็มีไม่น้อยเลยที่เปราะบางต่อโวลต์เตทระดับ 100 โวลต์ ชิ้นส่วนของ ดิสไครว์ มีความเปราะบางต่อ ESD ในระดับที่ต่ำกว่า 10 โวลต์ แนวโน้มของการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้วงจรขนาดเล็ก ที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ระดับความเปราะบางต่อ ESD สูงขึ้นหรือทนต่อโวลต์เพียงไม่กี่โวลต์ ตารางที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความเปราะบางต่อ ESD ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ

ตารางที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความเปราะบางต่อ ESD ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ

ประเภทของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	อัตราทนแรงดันจาก ESD (Volts)
VMOS	30-1,200
Mosfet, GaAsfet, EPROM	100-300
JFET	150-7,000
OP-AMP	190-2,500
Schottky Diodes	300-2,500
Film Resistors	300-3,000
Schottky TTL	1,000-2,500

บทสรุป

ในบทนำที่เกี่ยวกับการประทุของไฟฟ้าสถิต เราได้กล่าวถึงพื้นฐานของคำว่าประจุไฟฟ้าสถิตหรือ Electrostatic Discharge การประทุของประจุ(discharge) ลักษณะของความเสียหายหรือความล้มเหลวในการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เหตุการณ์ ESD ต่างๆ และความเปราะบางของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อไฟฟ้าสถิต เราสามารถจะสรุปได้ดังนี้

โดยทั่วไปแล้ววัสดุทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นตัวนำ สามารถทำให้มีประจุแบบโพรไบเอิลทริกได้ ระดับของประจุขึ้นกับลักษณะของวัตถุ เนื้อวัตถุ ความเร็วของการสัมผัสและการแยก ความชื้น และองค์ประกอบอื่นๆอีกหลายอย่าง การประทุของไฟฟ้าสถิตอาจทำให้เกิดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เสียหายทันที (catastrophic) หรือเสียหายแบบแอบแฝง (Latent failures) การประทุของประจุไฟฟ้าสถิตเกิดได้ทุกส่วนของขบวนการผลิต ขบวนการทดสอบ การขนส่ง การขนย้าย การจับต้องต่างๆ หรือแม้กระทั่งในระหว่างที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้น กำลังถูกใช้งาน ความเสียหายอาจเกิดจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้รับประจุเข้ามา หรือมีการถ่ายเทประจุออกจากตัวอุปกรณ์นั่นเอง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆมีความไวหรือความเปราะบางต่อ ESD ต่างกันไปการป้องกันปัญหาไฟฟ้าสถิตทำลายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะเริ่มจากการที่เราเข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิตเป็นอย่างดี เมื่อเราเข้าใจเรื่องราวเหล่านี้เราก็สามารถที่จะพัฒนาวิธีการป้องกันและควบคุมไฟฟ้าสถิตในบทความต่อไปเราจะเน้นไปที่พื้นฐานสำคัญๆ ของการควบคุมไฟฟ้าสถิต

พื้นฐานของ การประทุของไฟฟ้าสถิต

ส่วนที่ 2 หลักการควบคุมไฟฟ้าสถิต

บทนำ

ในส่วนที่ 1 เราได้อธิบายพื้นฐานของการประทุของไฟฟ้าสถิต , การประทุของไฟฟ้าสถิต , ชนิดของความเสียหาย , เหตุการณ์ ESD และอุปกรณ์ที่มีความไวต่อปัญหา ESD ในส่วนต่อไปนี้จะมุ่งเน้นไปที่หลักการพื้นฐานการควบคุมไฟฟ้าสถิต

หลักการพื้นฐานการควบคุมไฟฟ้าสถิต

บางครั้ง การควบคุมไฟฟ้าสถิตในวงการอิเล็กทรอนิกส์ก็ดูคล้ายกับว่าเป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตามงานออกแบบและพัฒนาแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิต (ESD control program) จะเป็นเรื่องไม่ค่อยซับซ้อนเท่าใดนัก ถ้าเรามุ่งเน้นไปที่หลักการพื้นฐานการควบคุมไฟฟ้าสถิต 4 ข้อ. ในการทำดังนี้เราต้องระลึกถึงกฎของเมอร์ฟี (Murphy 's law) ที่กล่าวว่า “ไม่ว่าคุณจะทำอย่างไร ประจุไฟฟ้าสถิต ก็จะทำให้คุณยุ่งอยู่ดี”

1. การออกแบบที่สามารถต้านทานการประทุของไฟฟ้าสถิต

หลักการข้อแรกคือ ต้องออกแบบผลิตภัณฑ์และการประกอบ ให้มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าสถิตมากที่สุด และสมเหตุสมผลมากที่สุด หนึ่งในวิธีการที่ใช้คือ ใช้อุปกรณ์ที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตต่ำ หรือให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ , สายการผลิต และเครื่องมือเครื่องมือนี้อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าสถิตในตัว (Input protection) สำหรับวิศวกรและผู้ออกแบบข้อขัดแย้งประการหนึ่งคือ เมื่อผลิตภัณฑ์มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมากขึ้น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็มีขนาดเล็กลง แต่กลับมีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตมากขึ้น

2. การกำจัดและลดการก่อเกิดไฟฟ้าสถิต

การออกแบบในข้อแรกไม่ใช่คำตอบที่สมบูรณ์แบบสำหรับเรื่องไฟฟ้าสถิต หลักการในข้อที่สองคือ กำจัดและลดการเกิด , การสะสมของไฟฟ้าสถิตเป็นอันดับแรก. พื้นฐานง่าย ๆ ก็คือ *เมื่อไม่ประจุก็ไม่ประทุ (no charge – no discharge)* เริ่มต้นด้วยการลดวัสดุหรือวิธีการที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต เช่นลดพลาสติกที่ไม่จำเป็น หรือลดการสัมผัส และแยกจากกันของวัสดุต่างชนิดกัน ในที่ทำงาน. เราต้องเก็บรักษากระบวนการผลิต และวัสดุในที่ที่มีศักดาไฟฟ้าเท่ากับไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้าสถิตจะไม่เกิดระหว่างวัสดุ 2 อย่างที่เก็บในที่ที่มีศักดาไฟฟ้าเท่ากัน หรือปลอดภัยศักดาไฟฟ้า เราต้องจัดเตรียมเส้นทางการกราวด์ เช่น wrist strap , พื้น และที่ทำงาน เพื่อที่จะลดการเกิดไฟฟ้าสถิต และการสะสมไฟฟ้าสถิต

3. ทำให้การถ่ายประจุเป็นไปอย่างช้าๆ และเป็นกลาง

เพราะว่าเราไม่สามารถกำจัดการเกิดประจุไฟฟ้าสถิตในที่ทำงานได้ หลักการข้อที่สามก็คือทำให้เกิดการถ่ายเทประจุอย่างช้าๆ ที่ปลอดภัย (dissipate) หรือทำให้ประจุไฟฟ้าสถิตเป็นกลาง (neutralize) การกราวด์ที่ถูกต้อง และการใช้วัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าหรือวัสดุที่เป็น dissipative เป็นความจำเป็นยิ่ง ตัวอย่างเช่น พนักงานนำประจุไฟฟ้าสถิตเข้าที่ทำงาน เขาสามารถทำให้ประจุไฟฟ้าสถิตหมดไปโดยการใส่ wrist strap หรือ โดยการเหยียบไปบนพื้นที่มีคุณสมบัติในการลดการสะสมประจุไฟฟ้าสถิตในขณะที่สวมใส่อุปกรณ์

ควบคุมไฟฟ้าสถิตที่เท่า ประจุจะประจุลงกราวด์แทนที่จะประจุลงสู่ชิ้นส่วนที่เปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต อัตราของการประจุสามารถควบคุมด้วยวัสดุที่เป็น dissipative เพื่อป้องกันความเสียหายจากประจุไฟฟ้าสถิต

สำหรับวัสดุบางชนิด เช่นพลาสติกทั่วไป และฉนวนตัวอื่นๆ การกราวด์ไม่สามารถเคลื่อนย้ายประจุไฟฟ้าสถิตได้เนื่องจากวัสดุเหล่านั้นไม่มีเส้นทางที่จะนำไฟฟ้าสถิตลงกราวด์ วิธี ionization (ไอออนไนเซชัน) จึงถูกนำมาใช้เพื่อทำให้ประจุเป็นกลางสำหรับวัสดุที่เป็นฉนวน กระบวนการของวิธี ionization ก็คือการสร้างละอองของประจุไฟฟ้าบวก และลบดึงดูดประจุบนพื้นผิวของวัสดุที่เป็นฉนวนทำให้เกิดความเป็นกลางทางไฟฟ้า

4. ปกป้องผลิตภัณฑ์

หลักการข้อสุดท้ายของการควบคุมไฟฟ้าสถิต คือ ป้องกันการประจุที่เกิดจากการสัมผัสกันเองของชิ้นส่วนต่างๆ และขั้นตอนการประกอบที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต วิธีแรกคือการจัดเตรียมชิ้นส่วนและขั้นตอนการประกอบที่เกี่ยวกับการกราวด์เพื่อทำให้เกิดการถ่ายเทประจุอย่างช้าๆ ออกจากผลิตภัณฑ์ วิธีที่สองคือการบรรจุ และการขนส่งอุปกรณ์ที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต ในขั้นตอนของการบรรจุวัสดุที่มีการปกป้องผลิตภัณฑ์จากประจุไฟฟ้าสถิตจะช่วยลดการประจุไฟฟ้าสถิตจากการเคลื่อนย้ายไปยังที่เก็บผลิตภัณฑ์ได้

องค์ประกอบของแผนงานควบคุมที่มีประสิทธิภาพ

หลักการทั้ง 4 ข้างต้น ก่อนข้างดูคล้ายกับเป็นหลักการพื้นฐาน แต่หลักการเหล่านั้นสามารถที่จะให้คำแนะนำเราในการเลือกวัสดุและกระบวนการที่เหมาะสมที่จะใช้ในการควบคุมไฟฟ้าสถิตได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายๆโอกาส แผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตที่มีประสิทธิภาพจะต้องเกี่ยวข้องกับหลักการเหล่านั้น ไม่มีกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ใดที่ใช้ได้กับทุกงาน ถ้าจะพูดให้ถูกต้องการควบคุมไฟฟ้าสถิตที่มีประสิทธิภาพต้องการแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตที่เต็มรูปแบบ มีองค์ประกอบอย่างน้อย 9 ข้อเพื่อความสำเร็จในการพัฒนาและส่งเสริมแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่

1. ก่อตั้งผู้ประสานงาน และคณะทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต

คณะทำงานต้องให้ความใส่ใจใกล้ชิด เข้มงวดกวดขัน เอาใจใส่ต่อเรื่องไฟฟ้าสถิตเพราะว่าปัญหาและวิธีทางแก้ปัญหานั้นเกี่ยวข้องกับบุคคลหลายหน้าที่, หลายแผนก, หลายส่วน และหลายคู่ค้า คณะทำงานช่วยให้เกิดความมั่นใจในหลายๆเรื่อง, การจัดเตรียมคำแนะนำจากผู้ชำนาญ และข้อผูกมัดเพื่อที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ไขปัญหา ESD ผู้ประสานงานมีหน้าที่ตอบสนองต่อการพัฒนา, งบประมาณการเงิน และการปฏิบัติตามแผนงาน ผู้ประสานงานจะกระจายคำแนะนำเกี่ยวกับปัญหาไฟฟ้าสถิตไปสู่แต่ละพื้นที่ทำงาน

2. บอกความสูญเสียที่เกิดจากไฟฟ้าสถิต

การที่จะหาวิธีการในการแก้ปัญหาจากไฟฟ้าสถิตนั้นเราต้องหาขอบเขตของความสูญเสียที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตก่อน ความสูญเสียอาจตรวจได้จากรายงานการรับของเข้า, บันทึกจากฝ่ายประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพ, การคืนของจากลูกค้า และจากที่อื่นๆตามที่ต้องการหรือเท่าที่จะหาได้ ข้อมูลความสูญเสีย

ดังกล่าวไม่ได้บอกเฉพาะขนาดของความสูญเสียเท่านั้น แต่ยังบอกถึงจุดที่ต้องการการแก้ไข ซึ่งอาจอยู่ในรูปของส่วนประกอบ DOA , การซ่อมแซม (rework), การคืนของ และความเสียหายจากการตรวจสอบอีกด้วย

3. ระบบกระบวนการและวัสดุที่ต้องควบคุม

ก้าวต่อไปคุณต้องทำความเข้าใจว่าสภาพแวดล้อมใดที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อปัญหาไฟฟ้าสถิต จากข้อมูลความสูญเสียคุณสามารถที่จะหาค่าบนพื้นฐานของความเป็นจริง ตรวจสอบพื้นที่และกระบวนการที่จะช่วยสนับสนุนให้สามารถบอกปัญหาไฟฟ้าสถิต มองหาสิ่งต่างๆเช่นวัสดุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต และบุคคลที่ควบคุมกระบวนการที่มีความเปราะบางต่อปัญหาไฟฟ้าสถิต แล้วจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อบังคับใช้กับบุคคลตลอดจนวัสดุในพื้นที่นั้นๆ

4. ระบุรายการที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต

คุณต้องกำหนดรายการต่างๆ เช่นส่วนประกอบ, การประกอบ หรือชิ้นงานที่สำเร็จแล้ว ที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต และระดับของเปราะบางเหล่านั้น คุณอาจกำหนดรายการต่างๆจากการ ทดสอบด้วยตัวเองหรือ ใช้ข้อมูลจากลูกค้า

5. กำหนดเหตุผลสำหรับแผนงาน

เมื่อคุณเข้าใจสภาพแวดล้อมและผลกระทบจากไฟฟ้าสถิตของผลิตภัณฑ์และบริการแล้ว คุณต้องกำหนดเหตุผลสำหรับแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิต คุณอาจต้องปฏิบัติตามแผนงานของผู้ที่เคยแก้ไขปัญหาแล้วถ้าประสบการณ์ของบริษัทที่ใกล้เคียงไม่พอเพียงพอที่จะช่วยให้แก้ไขปัญหาในจุดนั้นๆได้

6. ได้รับความสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง

เพื่อที่จะประสบผลสำเร็จ แผนงานเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตต้องการการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง ถ้าเป็นไปได้ก็ควรจะได้รับ การสนับสนุนจากผู้บริหารสูงสุดเลยทีเดียวดี เพื่อให้เกิดการปฏิบัติตามข้อผูกมัดที่กำหนด เหตุผลของแผนงานต้องเน้นหนักในเรื่องของคุณภาพและการรักษาคุณภาพสินค้าในระยะยาว, ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากความเสียหาย, ผลกระทบของปัญหาไฟฟ้าสถิตต่อการบริการลูกค้าและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

7. จัดตั้งข้อกำหนด

จัดเตรียมและแจกจ่ายเอกสารต่างๆ รวมทั้งข้อกำหนดเพื่อให้ทุกคนได้เข้าใจว่าแผนงานต่างๆจะสำเร็จเมื่อไร เอกสารที่สมบูรณ์จะช่วยให้บริษัทได้รับการประกันคุณภาพ ISO 9000 ได้สะดวกขึ้น

8. ฝึกอบรมบุคลากร

จัดให้มีการฝึกอบรมบุคลากรเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตและแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตของบริษัท การฝึกอบรมสำหรับพนักงานในสายการผลิตถือเป็นเรื่องสำคัญ เนื่องจากพวกเขาใกล้ชิดกับผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตมากที่สุด

9. การพิจารณา, ตรวจสอบ, วิเคราะห์, รายงาน, ผลสะท้อน

ต้องมีการพิจารณา, ตรวจสอบ, วิเคราะห์, รายงานผล, ผลสะท้อนให้กับบุคลากรทุกฝ่ายตั้งพนักงานในสายการผลิต จนถึงผู้บริหารระดับสูง

หลักการทั้ง 4 ข้อมรรถองค้ประกอบของแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตทั้ง 9 ข้อ จะนำให้ค้คุณมีแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตที่มีประสิทธิภาพ

พื้นฐานของ การประทุของไฟฟ้าสถิต ส่วนที่ 3 ภาพรวมของวิธีการควบคุมไฟฟ้าสถิตและวัสดุที่ใช้ บทนำ

ในส่วนที่ 2 เราได้อธิบายถึงหลักการ 4 ข้อในการควบคุมไฟฟ้าสถิต และแผนงาน 9 ข้อในการพัฒนาและจัดการเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ในส่วนนี้เราจะกล่าวเฉพาะการควบคุมไฟฟ้าสถิตโดยเน้นที่วิธีการควบคุมไฟฟ้าสถิตและวัสดุที่ใช้ในแผนงาน อันดับแรกเรามาทบทวนถึงหลักการพื้นฐานการควบคุมไฟฟ้าสถิต

หลักการพื้นฐานการควบคุมไฟฟ้าสถิต

เราขอแนะนำว่าการควบคุมไฟฟ้าสถิตจะง่ายและมีประสิทธิภาพ ถ้าเรามุ่งเน้นไปที่หลักการพื้นฐานการควบคุมไฟฟ้าสถิต 4 ข้อดังนี้

1. การออกแบบที่สามารถต้านทานการประทุของไฟฟ้าสถิตเป็นอย่างดีและสมเหตุสมผล
2. กำจัดและลดการเกิดไฟฟ้าสถิตโดยการกำจัดหรือลดวิธีการที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต จากการจัดการให้วิธีการและวัสดุที่ใช้ในการผลิต มีศักดาไฟฟ้าเทียบเท่ากัน และจากการจัดการให้มีการกราวด์ที่เหมาะสมเพื่อลดการเกิดและการสะสมประจุไฟฟ้าสถิต
3. ทำให้การถ่ายเทประจุเป็นไปอย่างช้าๆ และเป็นกลาง โดยการกราวด์ , การ ionization (ไอออนไนเซชัน) และการใช้วัสดุที่เป็นตัวนำหรือเป็น dissipative
4. ป้องกันผลิตภัณฑ์จากไฟฟ้าสถิต โดยการกราวด์หรือการ shunting (ชันทึง) ที่เหมาะสม และใช้วัสดุ , การบรรจุ ที่ป้องกันไฟฟ้าสถิตได้

โดยทั่วไปตามสถานที่ต่างๆที่ต้องควบคุมไฟฟ้าสถิต เราจะเน้นไปที่หลักการ 3 ข้อสุดท้าย ต่อไปนี้ เราจะกล่าวเน้นถึงวัสดุและวิธีการที่จะกำจัดและลดการเกิดไฟฟ้าสถิต , การทำให้การถ่ายประจุเป็นไปอย่างช้าๆ และเป็นกลาง หรือการปกป้องผลิตภัณฑ์ที่เปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตจากไฟฟ้าสถิต

การระบุพื้นที่ที่เป็นปัญหา

ในส่วนที่แล้วเราได้แนะนำว่าม้องค้ประกอบอย่างน้อย 9 ประการที่สำคัญ ที่จะช่วยให้เราพัฒนาและจัดการควบคุมไฟฟ้าสถิตอย่างมีประสิทธิภาพ การเลือกใช้วัสดุที่ปลอดภัยจากไฟฟ้าสถิตและการเลือกวิธีการที่มีประสิทธิภาพเริ่มต้นของค้ประกอบ 2 ข้อดังนี้

1. ระบุรายการชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตที่ใช้ในโรงงาน
2. ประเมินพื้นที่และกระบวนการต่างๆ ในโรงงาน เพื่อกำหนดว่าพื้นที่ใดในโรงงานต้องการ การปกป้องจากไฟฟ้าสถิต โดยหลักแล้ว พื้นที่ที่ต้องการ การปกป้องจากไฟฟ้าสถิตมีดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงพื้นที่ในโรงงานที่ต้องการ การปกป้องจากไฟฟ้าสถิต

	พื้นที่ในโรงงานที่ต้องการ การปกป้องจากไฟฟ้าสถิต	
	รับชิ้นส่วน , ผลิตภัณฑ์	
	ตรวจสอบ	
	เก็บชิ้นส่วน , โกดัง	
	สายการผลิต	
	ทดสอบ และตรวจสอบผลิตภัณฑ์	
	วิจัยและพัฒนา	
	บรรจุ	
	จุดบริการและซ่อมแซม	
	สำนักงาน , ห้องสมุด	
	ห้องสะอาด	

การเคลื่อนที่ของบุคลากรและเครื่องมือ , เครื่องจักร

ในโรงงานส่วนใหญ่ สิ่งที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตมากที่สุดคือบุคลากรในโรงงานเอง การเดินไปรอบๆ ของบุคลากรหรือผู้ที่กำลังซ่อมแผงวงจรสามารถที่จะก่อให้เกิดไฟฟ้าสถิตนับหลายพันโวลต์บนตัวของเขา ถ้าขาดการควบคุมที่ดีประจุไฟฟ้าจะประทุเข้าหาอุปกรณ์ที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต เราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า “(Human Body Model หรือ HBM)”

แม้กระทั่งในสายการผลิตที่เป็นระบบอัตโนมัติทั้งหมด บุคลากรที่ทำงานก็ต้องมีการจับจួយอุปกรณ์ที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต ไม่ว่าจะเป็นห้องเก็บของ , โกดัง , ห้องซ่อม หรือในขณะขนย้าย ด้วยเหตุผลดังกล่าวแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตจึงเน้นไปที่การควบคุมดูแล บุคลากรที่มีโอกาสที่จะก่อให้เกิดไฟฟ้าสถิต และก่อให้เกิดการประทุของไฟฟ้าสถิต เช่นเดียวกันกับรถเข็น , รถลาก ไม่ว่าจะเป็นล้อหรือไม่มีล้อก็ตามที่เคลื่อนที่

อยู่ในพื้นที่โรงงาน ก็จะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าสถิตแล้วประจุเหล่านั้นก็จะประทุเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ที่เคลื่อนที่ไปบนรถเข็นหรือรถลากเหล่านั้น

Wrist Straps

โดยหลักแล้ว วิธีการพื้นฐานที่จะควบคุมไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นโดยบุคลากรก็คือการใช้ Wrist Strap หากมีการใช้และการกราวด์ที่ถูกต้อง Wrist Strap จะทำให้บุคลากรที่สวมใส่มีสัปดาห์ไฟฟ้าเข้าใกล้กราวด์ ในเมื่อบุคลากรและวัตถุต่าง ๆ มีการกราวด์ และเมื่อมีศักดาไฟฟ้าใกล้ๆ กันแล้วการประทุที่เป็นอันตรายของไฟฟ้าสถิตก็จะไม่เกิดขึ้น นอกจากนี้ประจุไฟฟ้าสถิตก็จะถูกทยอยส่งลงกราวด์และจะไม่ก่อให้เกิดการสะสมขึ้น

โดยทั่วไป Wrist Strap จะประกอบไปด้วยชิ้นส่วน 2 ชิ้นหลักๆ คือ สายข้อมือที่เรียกว่า “cuff หรือ wrist band” และสายไฟที่เชื่อมจากสายข้อมือไปจุดกราวด์ร่วม (common point ground) Wrist Strap ส่วนใหญ่จะมีตัวต้านทาน (Resistor) อยู่ 1 ตัวเพื่อจำกัดกระแส และมักจะอยู่บนสายไฟใกล้ๆ กับข้อมือ ตัวต้านทานส่วนใหญ่ที่ใช้จะมีขนาด 1 ล้านโอห์ม $\frac{1}{4}$ วัตต์ 250 โวลต์ Wrist Strap ควรจะได้รับการทดสอบอย่างสม่ำเสมอว่ายังใช้การได้ดีอยู่ ควรจะตรวจสอบทุกวันหรือถ้าเป็นไปได้ควรใช้การตรวจสอบอย่างต่อเนื่องหรือที่เรียกว่า “continuous monitoring”

Floors , Floor Mats , Floor Finishes

วิธีที่สองของการควบคุมไฟฟ้าสถิตอันเกิดจากตัวบุคลากรคือ การใช้พื้นโรงงานที่มีการป้องกันไฟฟ้าสถิตแล้ว ผนวกกับการใส่รองเท้าหรืออุปกรณ์ยึดเท้าที่ช่วยควบคุมไฟฟ้าสถิตได้ (footwear หรือ footstraps) การใช้คู่กันระหว่างพื้นโรงงานและอุปกรณ์ยึดเท้าจะทำให้มีการเคลื่อนย้ายประจุไฟฟ้าสถิตลงสู่พื้นอย่างช้าๆ เป็นการลดการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิตที่จะสะสมบนตัวบุคคล และไม่ทำให้ระดับของไฟฟ้าสถิตสูงเกินกว่าค่าที่ปลอดภัย นอกจากนี้จะช่วยเคลื่อนย้ายประจุแล้วพื้นโรงงานประเภทนี้ยังช่วยลดการเกิดไทรโบอิเล็กทริกได้อีก การเน้นไปที่การควบคุมพื้นโรงงานนี้จะมีเหมาะสมมากที่สุด เมื่อการทำงานในพื้นที่โรงงานเจ้าหน้าที่มีการเคลื่อนที่หรือเดินกันมากๆ นอกจากนี้พื้นโรงงานดังกล่าวก็จะลดการสะสมของประจุบนเก้าอี้ , รถลาก , รถเข็น หรือสิ่งอื่นๆ ที่อยู่บนพื้น อย่างไรก็ตามสิ่งต่างๆ เหล่านี้ต้องมีล้อหรือจุดที่สัมผัสกับพื้นด้วยวัสดุประเภท dissipative หรือตัวนำ

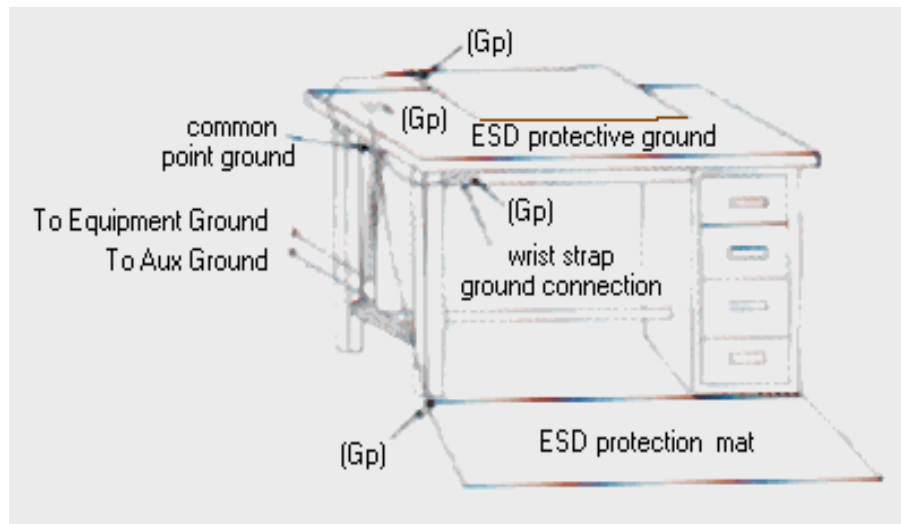
Shoes , Grounders , Casters

เมื่อใช้รองเท้าป้องกันไฟฟ้าสถิต , ล้อที่ปลอดภัยต่อไฟฟ้าสถิต ร่วมกับพื้น ที่เหมาะสมก็จะทำให้บุคลากรหรือสิ่งต่างๆ ที่อยู่บนพื้นสัมผัสกับพื้นได้ดี การกราวด์ก็จะมีประสิทธิภาพ หากใช้วัสดุที่เป็นฉนวน เช่นรองเท้าที่เป็นฉนวน บุคคลก็ผู้นั้นก็จะสะสมไฟฟ้าสถิตบนตัว เพราะไม่มีทางเดินไฟฟ้าที่จะให้ประจุลงพื้นไปได้

เสื้อผ้าที่สวมใส่

เสื้อผ้าที่สวมใส่เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณา ในบางพื้นที่ที่ต้องการการปกป้องจากไฟฟ้าสถิต โดยเฉพาะในห้องสะอาด (clean room) และในที่ที่มีอากาศแห้งมากๆ วัสดุที่ใช้ทำเสื้อผ้าสามารถกักประจุไฟฟ้าสถิตได้เมื่อสัมผัสและแยก กับวัสดุอื่นๆ หรือแม้กระทั่งตัวเสื้อผ้าเอง ประจุเหล่านี้อาจประทุไปที่ชิ้นส่วนที่เปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตหรือสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสถิตซึ่งจะนำไปให้เกิดประจุบนร่างกายมนุษย์ แม้ว่า

บุคคลนั้นจะมีการกราวดินนั้นก็ไม่ได้หมายความว่าใยผ้าที่เป็นฉนวนจะคลายประจุอย่างช้าๆไปสู่บุคคลนั้น และลงกราวดีไปในที่สุทธได้ ส่วนใหญ่เสื้อผ้าใช้วัสดุที่เป็นฉนวน ดังนั้นเสื้อผ้าที่สามารถควบคุมไฟฟ้าสถิตจะทำให้เกิดผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสถิตหรือการประจุที่อาจเกิดขึ้นที่ตัวบุคคลน้อยลง



รูปที่ 1 แสดงพื้นที่ที่ทำงาน

พื้นที่ที่ทำงานและพื้นผิวที่ทำงาน

พื้นที่ที่ทำงานและพื้นผิวที่ทำงานเป็นส่วนที่สำคัญของแผนงานป้องกันไฟฟ้าสถิต ซึ่งอุปกรณ์และกระบวนการที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตต้องใช้ เช่นการประกอบหรือการซ่อมแซมผลิตภัณฑ์ในพื้นที่ที่ทำงานพื้นที่ที่ทำงานที่ต้องได้รับการปกป้องจากไฟฟ้าสถิตหมายถึงพื้นที่เฉพาะบุคคลใดบุคคลหนึ่งที่สร้างหรือบรรจุวัสดุหรือเครื่องมือที่ต้องกำหนดขอบเขตความเสียหายจากรายการที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต อาจเป็นพื้นที่ที่ไม่เกี่ยวข้องกับส่วนอื่นๆในห้องเก็บของ , โกดัง , พื้นที่ประกอบชิ้นส่วน หรือพื้นที่ในลักษณะที่ คล้ายๆกัน หรือเป็นพื้นที่ที่ต้องอยู่ในความควบคุมดูแลเช่นห้องสะอาด

พื้นที่ทำงาน ต้องมีการจัดเตรียมการเชื่อมต่อระหว่างพื้นผิวที่ทำงาน , เครื่องไม้เครื่องมือต่างๆ และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการกราวดีไปยังจุดกราวดีร่วม นอกจากนี้อาจเพิ่มการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์กราวดีส่วนบุคคล , เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ground monitors และ ionizers องค์ประกอบที่สำคัญในการควบคุมไฟฟ้าสถิตประกอบด้วย พื้นที่ที่ทำงานที่มีพื้นผิวที่ทำงานเป็นวัสดุประเภท static dissipative , อุปกรณ์กราวดีส่วนบุคคล , การเชื่อมต่อกราวดีร่วม และการทำแผ่นป้ายที่เหมาะสม ตัวอย่างของพื้นที่ที่ทำงานแสดงในรูปที่ 1 พื้นผิวที่ทำงานที่ต้องได้รับการปกป้องจากไฟฟ้าสถิตมีความต้านทานพื้นผิวที่ใช้ในการกราวดีอยู่ในช่วง 10^6 ถึง 10^9 ซึ่งต้องมีศักดาไฟฟ้าที่เท่าเทียมกันกับรายการที่ต้องได้รับการปกป้องจากไฟฟ้าสถิตอื่นๆ พื้นผิวที่ทำงานจะต้องจัดเตรียมเส้นทางการกราวดีเพื่อที่จะควบคุมการประจุของประจุให้เป็นไปอย่างช้าๆ และปลอดภัยบนวัสดุที่ต้องสัมผัสกับพื้นผิวที่ทำงาน และพื้นผิวที่ทำงานต้องเชื่อมต่อกับจุดกราวดีร่วม

เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและเครื่องทุ่นแรง

แม้ว่าโดยทั่วไปบุคคลจะเป็นผู้ก่อให้เกิดไฟฟ้าสถิต แต่กระบวนการผลิตและการทดสอบแบบอัตโนมัติก็ทำให้เกิดปัญหาไฟฟ้าสถิตได้เช่นกัน ดังตัวอย่าง อุปกรณ์เกิดประจุไฟฟ้าสถิตจากการเลื่อนลงของตัวรางป้อน ถ้าอุปกรณ์เหล่านั้นสัมผัสกับหัวใส่ (insertion head) หรือพื้นผิวตัวนำอื่นๆ การประทุก็จะเกิดจากอุปกรณ์ไปสู่วัสดุที่เป็นโลหะ เราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า “ตัวแบบเครื่องจักร (Charged Device Model หรือ CDM)” นอกจากนี้เครื่องทุ่นแรงต่างๆก็ทำให้เกิดปัญหาไฟฟ้าสถิตได้

การบรรจุและขนย้ายวัสดุ

การปกป้องผลิตภัณฑ์ที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตโดยตรงได้แก่ การจัดเตรียมวัสดุที่ใช้บรรจุ เช่น ถัง , ลูกฟูก ,บรรจุภัณฑ์ชนิดแข็งหรือชนิดที่ไม่แข็งแต่คงรูปได้ เราจะใช้การบรรจุเพื่อปกป้องผลิตภัณฑ์จากไฟฟ้าสถิตเมื่อเราต้องเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ออกจากโรงงาน โดยเฉพาะเมื่อส่งให้กับลูกค้า นอกจากนี้ tote boxes หรือบรรจุภัณฑ์อื่นๆ ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ขณะเคลื่อนย้ายทั้งภายในโรงงานเองหรือระหว่างโรงงาน ก็ต้องมีการป้องกันไฟฟ้าสถิตเช่นกัน

หน้าที่หลักที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าสถิตของบรรจุภัณฑ์และวัสดุที่ใส่ผลิตภัณฑ์ข้อแรกคือจำกัดความเป็นไปได้ของผลกระทบของไฟฟ้าสถิตที่เกิดจากประจุแบบไทรโบอิเล็กทริก , การประทุโดยตรง และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสถิต ข้อพิจารณาขั้นแรกคือใช้วัสดุที่มีการเกิดของประจุไฟฟ้าสถิตต่ำ (antistatic) ในการบรรจุชิ้นส่วนที่เปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตเนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุที่มีการเกิดของประจุไฟฟ้าสถิตต่ำจะสามารถควบคุมผลของประจุแบบไทรโบอิเล็กทริกจากการสั่นไถลไปบนแผ่นกระดาน หรือตู้เก็บสินค้าได้ ข้อพิจารณาข้อที่สองคือวัสดุที่ใช้ควรที่จะป้องกันผลิตภัณฑ์จากการประทุของไฟฟ้าสถิตได้โดยตรงดีกว่าที่จะป้องกันผลิตภัณฑ์จากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสถิต

หลายๆ วัสดุที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ควรมีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ข้อคือ ข้อแรกเป็นวัสดุที่มีการเกิดของประจุไฟฟ้าสถิตต่ำ (antistatic) , ป้องกันการประทุ (discharge protection) และป้องกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electric field suppression) ชั้นในของวัสดุที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ควรเป็นวัสดุที่มีการเกิดของประจุไฟฟ้าสถิตต่ำ

แต่ชั้นนอกควรเป็นวัสดุที่มีช่วงความต้านทานเป็นวัสดุประเภท dissipative การบ่งบอกว่าวัสดุใดมีคุณสมบัติของการเกิดประจุไฟฟ้าสถิตต่ำไม่สามารถบ่งบอกได้ด้วยค่าของความต้านทาน แต่อย่างไรก็ตามค่าของความต้านทานช่วยให้เราแยกแยะว่าวัสดุใดมีความสามารถในการป้องกันไฟฟ้าสถิตหรือมีความสามารถในการถ่ายเทประจุอย่างช้าๆ และปลอดภัย การป้องกันไฟฟ้าสถิตจะช่วยลดความเข้มของสนามไฟฟ้าสถิตที่มีต่อพื้นผิวของวัสดุที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อันเป็นการป้องกันการเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายนอกกับภายในบรรจุภัณฑ์ การป้องกันไฟฟ้าสถิตทำได้โดยการใช้วัสดุที่มีความต้านทานพื้นผิวไม่เกิน 1.0×10^3 เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน EOS/ESD-S11.11 หรือใช้วัสดุที่มีความต้านทานเชิงปริมาตรไม่เกิน 1.0×10^3 โอห์มต่อเซนติเมตร เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน EIA 541

วัสดุประเภท dissipative จะมีความต้านทานพื้นผิวระหว่าง 1.0×10^4 ถึง 1.0×10^{11} เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน EOS/ESD-S11.11 หรือมีความต้านทานเชิงปริมาตรระหว่าง 1.0×10^5 ถึง 1.0×10^{12} โอห์มต่อเซนติเมตร เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน EIA 541

การกราวด์



รูปที่ 2 แสดงสัญลักษณ์จุดกราวด์ร่วม

1. เท่าที่กล่าวมาถึงจุดนี้ เราได้เห็นความสำคัญของการกราวด์ต่อการควบคุมไฟฟ้าสถิตอย่างมีประสิทธิภาพมาแล้ว สิ่งก็ตามมาก็คือ การกราวด์ไฟฟ้าสถิตอย่างมีประสิทธิภาพเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่งในการทำงานทุกขั้นตอน การกราวด์ไฟฟ้าสถิตควรที่ได้รับการนิยามและตรวจสอบอยู่เสมอ

มาตรฐานของสมาคม ESD (EOS/ESD 6.1) ในหัวข้อ Grounding ได้แนะนำว่า มี 2 ขั้นตอนในการกราวด์เพื่อป้องกันเครื่องมือจากไฟฟ้าสถิตทำการกราวด์ทุกส่วนของพื้นที่ที่ทำงานไม่ว่าจะเป็น พื้นผิวที่ทำงาน , ตัวบุคคล , เครื่องมือต่างๆ และอื่นๆ ลงไปที่จุดกราวด์ร่วม (จุดกราวด์ร่วมคือจุดที่ระบบงาน หรือวิธีการตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไปเชื่อมต่อผ่านตัวนำมายังจุดที่มีศักดาไฟฟ้าเท่ากัน) จุดกราวด์ร่วมนี้ควรที่จะได้ทำการกำหนดสัญลักษณ์ให้ชัดเจนซึ่งมาตรฐานของสมาคม ESD (EOS/ESD S8.1-1993) ได้กำหนดสัญลักษณ์ของจุดกราวด์ร่วมแสดงดังรูปที่ 2

2. เชื่อมต่อจุดกราวด์ร่วมไปยังสายกราวด์ของเครื่องจักร (สายที่ 3 หรือสายสีเขียว) เพื่อให้ศักดาไฟฟ้าของพื้นผิวที่ทำงาน , ตัวบุคคล , เครื่องมือต่างๆ , เครื่องจักร และอื่นๆมีขนาดเท่ากัน ถ้าไม่ได้เชื่อมต่อจุดกราวด์ร่วมกับสายกราวด์ของเครื่องจักรเข้าด้วยกันแล้วอาจทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตภัณฑ์ได้เนื่องจากศักดาไฟฟ้าไม่เท่ากันจึงทำให้เกิดการประทุของไฟฟ้าสถิต

กระบวนการ ionization

เราได้เห็นแล้วว่าพื้นฐานของการควบคุมไฟฟ้าสถิตคือการเชื่อมต่อวัสดุที่เป็นตัวนำ , static dissipative และบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน แต่อย่างไรก็ตามแผนงานควบคุมไฟฟ้าที่สมบูรณ์จะต้องควบคุมไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นบนวัสดุตัวนำที่ไม่สามารถกราวด์ หรือวัสดุประเภทฉนวน (พลาสติกทั่วไป) ได้ มีบ้างเหมือนกันที่มีการใช้น้ำยาเคลือบบนผิวของวัสดุประเภทฉนวนเพื่อทำให้เกิดการควบคุมประจุไฟฟ้าสถิต แต่ส่วนใหญ่ใช้กระบวนการ ionization เพื่อทำให้ประจุที่อยู่บนพื้นผิววัสดุ เป็นกลางโดยการดึงดูดประจุตรงข้ามเข้ามาหักล้าง ไม่ว่าประจุที่อยู่บนพื้นผิวจะเป็นประจุบวกหรือประจุลบก็ตาม เนื่องจากว่าอากาศมีอยู่ในที่ทำงานทุกแห่ง ระบบ ionization ที่ใช้อากาศจึงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางรวมทั้งห้องสะอาดซึ่งการใช้สเปรย์ ควบคุมไฟฟ้าสถิตไม่มีความเหมาะสม

ระบบ ionization ที่ใช้อากาศไม่ใช่สิ่งทดแทนการกราวด์แต่เป็นเพียงส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิต ionizer หรือเครื่องทำ ionization จะถูกนำมาใช้ก็ต่อเมื่อไม่สามารถกราวด์ทุกสิ่งในโรงงานได้ในห้องสะอาดระบบ ionization ที่ใช้อากาศเป็นหนึ่งในหลาย ๆ วิธีการที่จะควบคุมไฟฟ้าสถิต

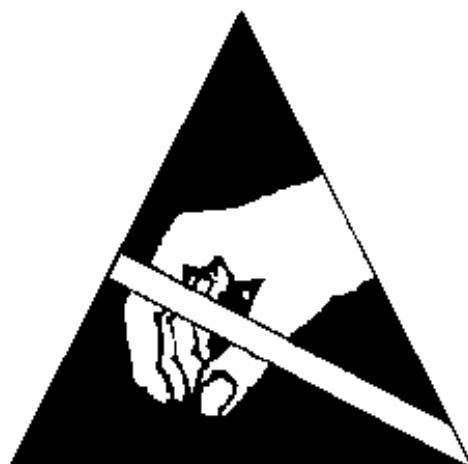
ข้อกำหนดในห้องสะอาด

ขณะที่วิธีการพื้นฐานในการควบคุมไฟฟ้าสถิตที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นสามารถใช้ได้กับงานในหลายๆ ด้าน แต่ในโรงงานที่ผลิตอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำก็ยังต้องการข้อพิจารณาเป็นพิเศษ

วัสดุหลายๆประเภทที่ใช้ในการกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (ควอต , แก้ว , พลาสติก และเซรามิก) ก่อให้เกิดประจุไฟฟ้าสถิตโดยตัวของมันเอง เนื่องจากการกราวด์ไม่สามารถแก้ไขปัญหาไฟฟ้าสถิตบนวัตถุที่เป็นฉนวนได้ มีไม่น้อยเลยที่วัสดุที่ใช้สำหรับควบคุมไฟฟ้าสถิตมีส่วนผสมของผงถ่านซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในห้องสะอาด ในขณะที่บุคลากรก็ยังคงเคลื่อนไหวและเสื้อผ้าที่สวมใส่ก็ยังกราวด์ได้ยาก ดังนั้นการใช้วิธีการ ionization พื้นและรองที่ป้องกันไฟฟ้าสถิตจึงเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมไฟฟ้าสถิต

บอกหรือกำหนด

องค์ประกอบสุดท้ายของแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตคือการกำหนดสัญลักษณ์เพื่อระบุอุปกรณ์และกระบวนการที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต มาตรฐานของสมาคม ESD (ESDS8.1-1993) ได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการระบุอุปกรณ์และกระบวนการที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตไว้ 2 สัญลักษณ์ดังนี้



รูปที่ 3 สัญลักษณ์ที่แสดงความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต

สัญลักษณ์ในรูปที่ 3 ประกอบด้วย รูปเครื่องหมายสแลชทับรูปมือ ขณะกำลังหยิบฉวยตลอดทั้งมือ วางอยู่ บนรูปสามเหลี่ยม ซึ่งรูปสามเหลี่ยมหมายความว่า การเตือน ส่วนรูปเครื่องหมายสแลชทับรูปมือ ขณะกำลังหยิบฉวยหมายความว่า ห้ามสัมผัส สัญลักษณ์นี้ใช้กับ IC , แผ่นวงจร และกระบวนการที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต เพื่อที่จะระบุว่าการสัมผัสสิ่งเหล่านี้ อาจทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าสถิตได้



รูปที่ 4 สัญลักษณ์ที่แสดงว่าสามารถป้องกันไฟฟ้าสถิต

สัญลักษณ์ในรูปที่ 4 ประกอบด้วย รูปมือขณะกำลังหยิบฉวยบนพื้นสามเหลี่ยม คลอบด้วยเส้นส่วนโค้งแทนเครื่องหมายสแลช ซึ่งหมายความว่า การป้องกัน สัญลักษณ์นี้ใช้ระบุว่าเป็นวัสดุที่ป้องกันไฟฟ้าสถิต มักใช้กับ mats , แก้ว , wrist straps , เสื้อผ้า , บรรจุภัณฑ์ และอื่นๆ

สรุป

แผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตที่มีประสิทธิภาพต้องใช้วัสดุและวิธีการหลายอย่างในส่วนนี้เรากล่าวถึงองค์ประกอบพื้นฐานของแผนงานอย่างคร่าวๆ ถ้าต้องการเนื้อหาในระดับที่สูงขึ้น สามารถหาได้จากเอกสารต่างๆ เช่น ESD Handbook ของสมาคม ESD ในส่วนถัดไปเราจะกล่าวถึงการตรวจสอบภายในและการฝึกอบรม

พื้นฐานของ การประทุของไฟฟ้าสถิต

ส่วนที่ 4 การตรวจสอบภายในและการฝึกอบรม

บทนำ

แผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตของท่านกำลังเริ่มและดำเนินต่อไป ปัญหาคือคุณเอาสิ่งใดมากำหนดว่าแผนงานจะสัมฤทธิ์ผลหรือไม่ และคุณจะมีใจได้อย่างไรว่าพนักงานจะปฏิบัติตามอย่างมั่นใจ ในบทก่อน ได้พูดถึงองค์ประกอบสำคัญอย่างน้อย 9 ประการ เพื่อการนำไปใช้อย่างได้ผลในการควบคุมไฟฟ้าสถิต ในส่วนนี้จะเน้นความสำคัญไปที่การตรวจสอบภายในและการฝึกอบรม

การฝึกอบรมส่วนบุคคล

ระเบียบปฏิบัติจะต้องถูกจัดวาง วัสดุจะต้องนำมาใช้ แต่แผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิต ดูเหมือนจะไม่ได้ yield ตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง ความล้มเหลวเกิดขึ้นได้ในช่วงต้น ๆ เราต้องปรับเปลี่ยนทิศทางเสียใหม่ คำตอบเรื่องนี้คงต้องดูที่รายงานการตรวจสอบวัสดุที่รับเข้ามา หรือไม่ก็ดูที่เอกสารการใช้ wrist strap บางครั้งอาจต้องย้อนกลับไปดูปฏิทินงานเก่า ๆ ที่มีเงื่อนไขสำคัญ แผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตได้ฝึกให้พนักงานครั้งสุดท้ายเมื่อใด และทุกคนได้รับการฝึกอบรมหรือไม่ ไม่ว่าบริษัทจะใหญ่หรือเล็ก ก็เป็นการยากที่จะกำหนดประมาณการบทบาทของการฝึกอบรมแผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิต เหตุการณ์สำคัญที่จะสนับสนุนการมีส่วนร่วมต่อความสำเร็จมีหลายประการ เราคงไม่ส่งพนักงานเข้าไปที่พื้นที่ทำงานโดยขาดทักษะที่ดีเพียงพอ หรือขาดความรู้ในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ

องค์ประกอบของแผนงานการฝึกอบรมที่ดี

แม้ว่าความต้องการแต่ละบุคคลในการฝึกอบรมจะแตกต่างกันไปในแต่ละบริษัท แต่ก็มีมาตรการร่วมกันดังนี้

1. แผนงานที่สัมฤทธิ์ผลต้องครอบคลุมพนักงานที่เกี่ยวข้องทุกคน

เราฝึกอบรมพนักงานในฝ่ายผลิต โดยใช้ Wrist Strap หรือใช้ผลิตภัณฑ์ในชุดป้องกันไฟฟ้าสถิต รวมถึงหัวหน้าฝ่าย , ผู้บริหารระดับสูง และพนักงานบริหารในกระบวนการผลิต บุคคลเหล่านี้ต้องรับผิดชอบต่อการกำกับดูแลวันต่อวัน และบริหารแผนงาน เป็นทั้งผู้นำและผู้สนับสนุน การฝึกอบรมจะแตกต่างกันไปตามกลุ่มต่าง ๆ แต่การตระหนักถึงและความเข้าใจในทุก ๆ ระดับของพนักงานเป็นสิ่งสำคัญ

2. แผนงานต้องกว้างขวางและคงเส้นคงวา

การฝึกอบรมไม่เพียงแต่ครอบคลุมระเบียบปฏิบัติเฉพาะเท่านั้น แต่ต้องรวมถึงโครงสร้างปัญหาและผลประโยชน์ที่จะได้รับด้วย ความคงเส้นคงวาต้องกำหนดไปตามความแตกต่างของกลุ่มโรงงาน หรือแม้แต่ประเทศที่มี วัฒนธรรมต่างกัน เพื่อลดความสับสนและช่วยประกันความสอดคล้องต้องกัน

3. ต้องใช้เครื่องมือหรือเทคนิคที่แตกต่างกัน

เครื่องมือสื่อสารการสอนสำหรับการฝึกอบรมโดยใช้ วีดีโอ หรือ ซีดีรอม จำเป็นเสมอ และต้องเกี่ยวข้องกับพนักงานในกระบวนการผลิต ต้องมีการสื่อความเชิงเสริมแรงใจ และสาธิตเหตุการณ์ ESD และผลกระทบต่าง ๆ ต้องมีการสื่อสารรายปี โปสเตอร์เพื่อให้แผนงานบรรลุผล

4. การทดสอบ , การรับรอง และการฝึกอบรมใหม่

การฝึกอบรมต้องให้ความมั่นใจเรื่องการรักษาวัสดุ และเน้นถึงความสำคัญของการพยายาม การนำไปปฏิบัติที่เหมาะสม รวมถึงการทดสอบ การกระตุ้นโดยให้ใบรับรองและสร้างความภูมิใจในหมู่พนักงาน จะต้องมีการฝึกอบรมซ้ำเพื่อเสริมแรงใจ ระลึก ตระหนัก และจัดเตรียมโอกาสที่จะนำระเบียบใหม่ ๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์

5. ข้อมูลย้อนกลับ การตรวจสอบภายในและมาตรวัด

- ต้องใจและจัดเตรียมกลไกการปรับปรุงแผนงาน
- ต้องแบ่งปันผลงาน หรือข้อมูลเชิงผลิตภาพให้กับพนักงาน อันเป็นสื่อแสดงถึงผลิตผลของแผนงานและความพยายามที่ทำได้ ลู่ทางเหล่านี้จะสามารถบ่งชี้ว่า ถึงเวลาต้องอบรมซ้ำ หรือการปรับเปลี่ยนแผนงานตามที่จำเป็น
- การออกแบบและส่งต่อแผนงาน มีความสำคัญเท่า ๆ กันระหว่างระเบียบปฏิบัติ และการใช้วัสดุในแผนงาน โดยต้องบ่งชี้ได้ วัดได้ถึงเป้าหมายเพื่อความมั่นใจว่าทุกคนเข้าใจและจะนำไปปฏิบัติให้สำเร็จ

การตรวจสอบภายใน

- แผนงานต้องได้รับการทบทวนอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการตรวจสอบ วิเคราะห์ ป้อนข้อมูลกลับและปรับปรุง
- แผนงานต้องชี้ได้ว่าผลตอบแทนการลงทุน (ROI) เป็นอย่างไร และกำหนดว่าก่อให้เกิดการประหยัดที่แท้จริงได้อย่างไร การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี จะบ่งชี้ว่าจะต้องปรับหรือแก้ไขหรือไม่ พันธะสัญญาาระดับบริหาร จำเป็นยิ่งที่ต้องมี การตรวจสอบภายในเป็นกุญแจสำคัญยิ่งเช่นกัน โดยต้องสอดคล้องกับระเบียบปฏิบัติ และช่วยให้พันธะสัญญาทางการบริหารเข้มแข็งขึ้น รายงานการตรวจสอบจะช่วยให้เกิดแผนปฏิบัติแก้ไข (corrective Action) และช่วยให้การปรับปรุงเกิดความต่อเนื่อง

ประโยชน์ที่ได้จากการตรวจสอบภายใน

- ป้องกันปัญหาก่อนปัญหาเกิด
- ทำให้บ่งชี้ปัญหาได้ดีและแก้ไขได้ถูกต้อง
- กำหนดขอบเขตว่าจุดไหนแข็ง หรือจุดไหนด้อยเพื่อปรับปรุง
- ช่วยชี้แนะหนทางการใช้ทรัพยากร ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

- ช่วยกำหนดว่าพนักงานควรได้รับการฝึกอบรมใหม่ หรือไม่ เมื่อไร เพื่อปรับปรุงผลผลิต หรือผลิตภาพ หรือกำลังผลิต

การตรวจสอบภายในช่วยให้การกำหนดมาตรฐาน และระเบียบปฏิบัติของแผนงาน ESD ดียิ่งขึ้น รายงานการตรวจสอบต้องทำเป็นช่วงเวลา การตรวจต้องตรวจที่การใช้วัสดุที่ถูกต้อง การใส่ wrist strap แผนงานตรวจสอบต้องซับซ้อนพอสมควร

ชนิดของการตรวจสอบภายใน

ชนิดของการตรวจสอบภายในมีหลายแบบ แต่ละแบบก็แตกต่างกันไป แต่ก็มีความสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จได้

1. การตรวจสอบการจัดการแผนงาน

จะวัดการจัดการแผนงานว่าดีอย่างไร และระดับความเข้มแข็งของพันธสัญญาการจัดการ เน้นที่ปัจจัยที่เกิดขึ้น ณ ระดับแผนนำไปปฏิบัติที่ได้ผล , ความต้องการเครื่องมือ , แผนงานฝึกอบรมปกติ จะกำกับโดยฝ่ายสำรวจโดยเฉพาะ โดยอาจไม่ต้องลงไปเยี่ยมพื้นที่จริง ผลของการสำรวจจะช่วยวัดถึงสภาพที่ทำงาน และเป็นเครื่องมือในการประเมินตัวเองสำหรับบริษัทขนาดเล็กตลอดถึงบริษัทขนาดใหญ่

2. แบบรายชื่อกระบวนการคุณภาพ

เป็นแบบประยุกต์ใช้กระบวนการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ และดำเนินการโดยบุคลากรฝ่ายปฏิบัติการ โดยมากทำเป็นรายวันมิใช่ช่วงเวลาหนึ่ง ๆ เพื่อดูแลแผนงานอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่น ระเบียบการตรวจด้วยสายตา ด้วยไฟฟ้าเกี่ยวกับ ชิ้นงานและวัสดุ , การทดสอบ wrist strap เพื่อใช้ติดตามคุณภาพ ความถี่ในการตรวจคือรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน

เครื่องมือที่ใช้ เช่น ผังแนวโน้ม (Trends Chart) และการบันทึกรายละเอียดงาน จะช่วยให้เกิดการปรับเปลี่ยนกระบวนการ และทำแผนปฏิบัติการแก้ไข (CAR) บันทึกนี้สำคัญทั้งในแง่ของคุณภาพ และความสอดคล้องกับ ISO-9000

3. การตรวจสอบ ณ พื้นที่งาน

คือการติดตามว่าวัสดุ , เครื่องมือ สอดคล้องตามคุณสมบัติ (Spec) และเหมาะสมตามการใช้งาน (Function) หรือไม่ ปกติทำเป็นรายเดือน สำหรับวิธีการก็คือการใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์ผลเชิงสถิติ การใช้แบบรายการและผู้ตรวจสอบคนเดียว จะช่วยให้มั่นใจว่า ทุกรายการได้รับการปฏิบัติอย่างครอบคลุมและคงเส้นคงวาตลอดเวลา

เครื่องมือการตรวจสอบภายในพื้นฐาน

เครื่องมือพิเศษที่จะนำมาใช้ขึ้น กับว่าอะไรที่คุณต้องการวัด , ความถูกต้องแม่นยำ และความซับซ้อนที่คุณต้องการ แต่อย่างน้อยต้องมี คือ

- Electrostatic field meter
- Wide range resistance meter

- Ground / circuit tester
- electrodes และอุปกรณ์ประกอบที่เหมาะสม
- อื่น ๆ เช่น Charge plate monitor , Footwear wrist strap tester , chart recorder , timing device , discharge simulator , ESD event detectors

แม้ว่าเครื่องมือนี้ต้องวัดได้แม่นยำแต่ก็ไม่ต้องถึงระดับห้องทดลอง โดยผู้ตรวจสอบจะเป็นผู้ดูแล จำไว้ว่าต้องใช้เครื่องมือให้ถูกต้องกับงาน ต้องไม่ใช้หมอนเมื่อจะเลื่อนไม้ , ต้องไม่ใช่เครื่องวัดไฟฟ้ามาวัดค่าไฟฟ้าสถิตในการผลิต

การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในทางเทคนิค

1. Electrostatic field meter เราสามารถวัดค่าประจุไฟฟ้าสถิตในสภาพแวดล้อมตามที่เรากำหนดขอบเขตปัญหาและติดตามค่าได้ เครื่องมือนี้จะวัดค่าสนามไฟฟ้าสถิตที่เกี่ยวข้องกับวัตถุที่มีประจุ มิเตอร์ส่วนใหญ่จะวัดระดับของสนามไฟฟ้าสถิต และใช้เป็นตัวบ่งชี้ค่าประจุ และระดับที่เหมาะสม ส่วนจุดประสงค์อื่น ๆ คือ วัด , ประเมินเปรียบเทียบค่าประจุของวัสดุต่าง ๆ

ถ้าต้องการความถูกต้องสูงขึ้นในเชิงการประเมินระดับห้องปฏิบัติการต้องใช้ตัววัด ตามแผ่นประจุ (Charge plate monitor) ซึ่งติดเข้ากับ Field meter หรือ Volt meter ในห้องทดลอง เพื่อช่วยประเมินประสิทธิภาพของวัสดุที่ทำขึ้น หรือสมดุลเชิงประจุของเครื่องมือ ดังตัวอย่าง

- Resistance meter คือตัววัดความต้านทาน , ความต้านทานเป็นปัจจัยหลัก เพื่อประเมินวัสดุในแง่ ESD เครื่องมือนี้สำคัญยิ่ง มาตราวัดค่าความต้านทานเกือบทั้งหมด กำหนด ณ 100 โวลต์ บางทีก็ 10 โวลต์ คุณต้องเลือกให้เหมาะกับโวลต์ของวัสดุที่จะใช้ มิเตอร์ต้องสามารถวัดค่าได้ในช่วง 105 ถึง 1,011 โอห์ม ถ้าใช้ electrodes และสายไฟที่เหมาะสม เราก็สามารถวัดค่าความต้านทานได้ เช่น วัสดุทำพื้นห้อง , พื้นผิวที่ทำงาน , เครื่องมือ , เฟอร์นิเจอร์ , เสื้อผ้า และภาชนะบรรจุ
- ground และ circuit tester เป็นเครื่องมือวัดความต่อเนื่องของการถ่ายประจุลงกราวด์ และตรวจสอบความหน่วงทางไฟฟ้า และค่าประจุเป็นกลางที่จะลงกราวด์

พื้นที่ , กระบวนการ และวัสดุที่จะตรวจสอบ

ที่ได้ก็ตามที่เครื่องมือ ESD ทำงานอยู่ โปรดระวัง!! นั่นหมายถึงพื้นที่จะต้องถูกตรวจสอบด้วยเสมอตาม ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พื้นที่ที่จะต้องตรวจสอบ ESD

พื้นที่ที่จะต้องตรวจสอบ ESD
แผ่นกรับสินค้า / วัสดุ
ฝ่ายตรวจรับ

สไตร์ , คลังสินค้า
สายการผลิต
ฝ่ายทดสอบ , ตรวจสอบ
ฝ่ายบรรจุ
ฝ่ายบริการ , ซ่อมแซม
ฝ่ายสำนักงานและห้องปฏิบัติการ
ห้อง clean room

พื้นที่ทำงานแต่ละจุดก็ต้องใช้กระบวนการ , วิธีการที่แตกต่างไปดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กระบวนการ วัสดุ ระเบียบปฏิบัติต่อเรื่องการตรวจสอบ

กระบวนการ วัสดุ ระเบียบปฏิบัติต่อเรื่องการ ตรวจสอบ
ฝ่ายบุคคล
เครื่องมือเคลื่อนย้าย
Wrist Strap
พื้น , พื้นยาง
รองเท้า
เสื้อผ้า
ที่ทำงาน
พื้นผิวที่ทำงาน
การบรรจุ และวัสดุเคลื่อนย้าย
การถ่ายเทประจุ
การลงกราวด์
อุปกรณ์การผลิต
กระบวนการ วัสดุ ระเบียบปฏิบัติต่อเรื่องการ ตรวจสอบ
อุปกรณ์ช่วยผลิต
Label และการบ่งชี้ต่าง ๆ
PR และ Spec ฝ่ายจัดซื้อ

ระเบียบปฏิบัติ spec ของแผนงาน ESD
เครื่องมือวัด , ทดสอบ ESD
การฝึกอบรม
spec ฝ่ายวิศวกรรม และ DWG. ต่าง ๆ

แบบบันทึก

แบบบันทึกจะช่วย ณ ตรงพื้นที่ทำงาน โดยต้องเป็นเอกสารที่ดีและหลีกเลี่ยงแนวโน้มการขาดการบันทึกสิ่งสำคัญที่เราต้องการ นั่นคือ รายการหลัก ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนงานและความต้องการ ISO9000

ตารางที่ 3 ตัวอย่างแบบบันทึกแผนงานควบคุม ESD

หน้าที่ / ขอบเขตที่ได้รับการตรวจสอบ :			
วันที่ตรวจสอบ :			
ผู้ตรวจสอบ :			
ข้อที่	คำถาม	Y / N	ข้อคิดเห็น
1.	ณ จุดลงกราวด์ของบุคคล มี Foot grounding device หรือได้ใส่จุด foot wear		
2.	ณ จุดทำงานมีการตรวจเช็ครายบุคคลอย่างต่อเนื่องหรือไม่ เมื่อจะเข้าไปในพื้นที่ทำงาน		
3.	ได้ใส่ Wrist strap ทุกคนหรือไม่ในพื้นที่		
4.	มีการใช้เครื่องมือติดตามกราวด์ชนิดต่อเนื่องหรือไม่		
5.	ณ ที่ไม่ได้ใช้ เครื่องมือวัดกราวด์ชนิดต่อเนื่อง ได้ใช้ Wrist strap และวัดอย่างต่อเนื่องในแต่ละช่วงอย่างต่อเนื่องหรือไม่		

หน้าที่ / ขอบเขตที่ได้รับการตรวจสอบ : บุคคล			
วันที่ตรวจสอบ : 22/11/42			
ผู้ตรวจสอบ : นายเมททีเรียล เอ็กซ์เพอร์ทีส			
ข้อที่	คำถาม	Y / N	ข้อคิดเห็น
6.	มีตัววัด Wrist strap และเครื่องมือวัดกราวด์แบบต่อเนื่อง มีต่อเนื่องในแต่ละคาบเวลาต่าง ๆ หรือไม่		

7.	Wrist strap , Foot grounder ใส่ได้พอดี ไม่คับไม่หลวมหรือไม่		
8.	Wrist strap , Foot grounder ทำงานได้ถูกต้องหรือไม่		
9.	สายไฟของ Wrist strap ได้รับการตรวจเช็คแต่ละคนและที่ทำงานหรือไม่		
10.	Foot grounder แบบใช้แล้วทิ้ง มีการใช้เพียงครั้งเดียวหรือไม่		
11.	ตัวบันทึกการทดสอบ Wrist strap. , Foot grounder ได้เก็บรักษาดูแลอย่างดีหรือไม่		
12.	เมื่อต้องใส่เสื้อผ้าชุด ESD ได้ใส่ถูกต้องหรือไม่		
13.	มีบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในพื้นที่ ESD หรือไม่		
14.	Finger cot และ glove ที่นำไปใช้ในเขต ESD ทำด้วยวัสดุที่ ESD safe หรือ บำบัดให้เป็น ESD หรือไม่		
15.	มีบุคคลที่ทำงานในเขต ESD ได้รับใบรับรองหรือไม่		
16.	มีบุคคลที่ทำงานในเขต ESD ได้รับการฝึกอบรมหรือไม่		
17.	เขต ESD ได้รับการรบกวนโดยผู้มาเยี่ยมบ้างหรือไม่		

การรายงาน , การปฏิบัติ การแก้ไข

หลังจบกระบวนการตรวจสอบ รายงานต้องเตรียมและจัดส่งในช่วงเวลาที่เหมาะสม ถ้าเป็น ISO9000 ต้องมีเอกสารรายละเอียดที่สมบูรณ์แบบ แนวโน้มที่เห็นได้จากรายงาน จะช่วยให้วิเคราะห์ถึงแนวทางการปฏิบัติ , การแก้ไข รวมถึงการฝึกอบรมซ้ำ การปรับแก้เอกสาร , กระบวนการหรือปรับเปลี่ยน สิ่งช่วยอำนวยความสะดวกต่างๆ

สรุป

การตรวจสอบ , การฝึกอบรม เป็นองค์ประกอบสำคัญยิ่งในการดูแลรักษา ให้แผนงานสัมฤทธิ์ผล ช่วยให้มั่นใจว่าแนวปฏิบัติได้นำไปใช้อย่างเหมาะสมถูกต้องและช่วยการจัดการในเครื่องมือต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่องและปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้น

พื้นฐานของ การประทุของไฟฟ้าสถิต

ส่วนที่ 5 ความเปราะบางของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อ ESD และการทดสอบ

บทนำ

ในบทก่อน เราได้แสดงให้เห็นว่ากุญแจสำคัญอันหนึ่งสำหรับ แผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตอย่างได้ผล ก็คือ การระบุลงไปให้ชัดเจนว่ามีสื่อใดบ้าง (ชิ้นส่วนอุปกรณ์ , อุปกรณ์ที่ประกอบแล้วหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป) ที่มีความเปราะบางต่อการประทุของไฟฟ้าสถิต (ESD) , พร้อมระบุให้ได้ว่ามีความเปราะบางขนาดไหน ความเสียหายจาก ESD ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชิ้นหนึ่งจะเกิดหรือไม่เกิดขึ้นก็ขึ้นกับความสามารถของอุปกรณ์ชิ้นนั้นว่าทนกระแสไฟฟ้าของการประทุได้มากน้อยแค่ไหน ซึ่งเราเรียกความสามารถในการทนต่อ ESD ว่า “ความเปราะบางต่อ ESD (ESD sensitivity หรือ ESD susceptibility)”

อุปกรณ์บางประเภทอาจจะเสียหายจาก ESD แค่วิ่งอยู่บนเครื่องจักรอัตโนมัติหรือบางประเภทจะเสียหายจาก ESD ง่ายในขณะที่จับฉวยเคลื่อนย้ายโดยใครคนใดคนหนึ่ง ในส่วนนี้เราจะกล่าวถึงรูปแบบหรือโมเดลต่างๆ และวิธีการทดสอบที่จะจัดลำดับจัดลักษณะความเปราะบางต่อ ESD ของอุปกรณ์ต่างๆ วิธีการทดสอบเหล่านี้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของลักษณะหรือรูปแบบการเกิด ESD 3 รูปแบบ คือ ตัวคน (Human Body Model หรือ HBM) , เครื่องจักร (Machine Model หรือ MM) และอุปกรณ์ที่มีประจุ (Charged Device Model หรือ CDM)

แม้ว่ารูปแบบเหล่านี้จะไม่สามารถนำไปใช้ทดสอบได้ทุกสถานการณ์ แต่รูปแบบเหล่านี้ก็ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถนำไปใช้ได้มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ของสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความเสียหายจาก ESD ฉะนั้นวิธีการทดสอบที่ทำเป็นมาตรฐานไว้ 3 รูปแบบนี้ จะทำให้หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ESD สามารถ

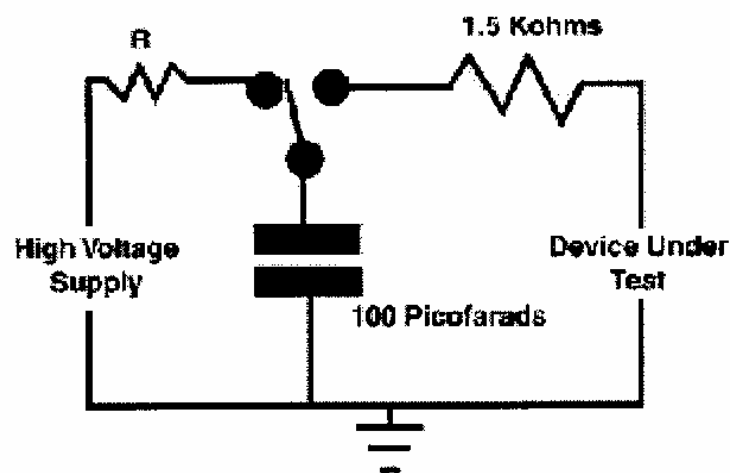
- พัฒนาและหาทางป้องกันให้ chip ต่างๆ ปลอดภัยจาก ESD ได้ (on – chip protection)
- ทำให้สามารถเปรียบเทียบค่าระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ได้
- จัดระบบของการจัดลำดับความเปราะบางต่อ ESD ของอุปกรณ์ ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบควบคุม , ตรวจสอบ ในสายการผลิต ได้อย่างเหมาะสม
- มีเอกสารอ้างอิงถึงวิธีการต่างๆ เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่ทดสอบออกมาจะเชื่อถือได้ และกระทำซ้ำได้เหมือนเดิมตลอด

โมเดลที่เกี่ยวกับตัวคน (Human Body Model หรือ HBM)

สาเหตุหลักที่เกิดขึ้นบ่อยและมีผลทำให้เกิดการเสียหายจากไฟฟ้าสถิตก็คือการถ่ายเทประจุไฟฟ้าสถิต ผ่านตัวต้านทานแบบอนุกรมคือไปตามร่างกายมนุษย์ หรือจากวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ที่มีความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต ซึ่งต่อไปเราจะเรียกว่า ESDS เมื่อมีใครเดินไปตามพื้นโรงงานประจุไฟฟ้าสถิตก็จะสะสมอยู่ในร่างกาย เพียงแต่เขาสัมผัสกับวัตถุที่เป็น ESDS หรือชุดประกอบที่มี ESDS อยู่ การประทุ

ของประจุไฟฟ้าก็จะเกิดขึ้นและก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์เหล่านั้นได้ นี่คือรูปแบบหนึ่งของความเสียหาย รูปแบบนี้เราเรียกว่า “HBM”

HBM เป็นรูปแบบที่ใช้กันมานานและกว้างขวางเพื่อใช้จัดลำดับความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิต การทดสอบแบบ HBM เป็นตัวแทนของการประทุจากปลายนิ้วไปสู่อุปกรณ์ โมเดลที่ใช้ก็คือ ให้ตัวเก็บประจุขนาด 100 pF ประทุผ่านสวิตช์และตัวต้านทานขนาด 1,500 โอห์ม (1.5 kW) ไปสู่อุปกรณ์ที่ต้องการจะทดสอบ โมเดลนี้ใช้กันมานานนับศตวรรษแล้ว เพื่อศึกษาขบวนการ การเกิดการระเบิดของก๊าซในเหมืองแร่ กองทหารของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ถือเป็นมาตรฐานปฏิบัติ โดยระบุไว้ในมาตรฐานที่ชื่อว่า MIL-STD-883 Method 3015 และสมาคม ESD ก็ได้บรรจุไว้ในมาตรฐาน ESD-STM5.1-1998-Device Testing : Human Body Model วงจร HBM แสดงในรูปที่ 1

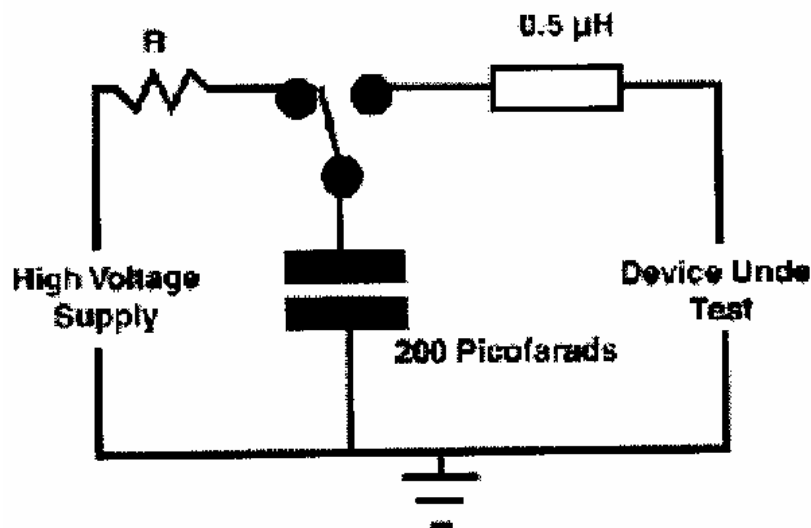


รูปที่ 1 แสดงวงจร HBM

การตรวจหาความเปราะบางต่อ ESD แบบ HBM โดยปกติจะให้เป็นแบบระบบอัตโนมัติ จะเห็นว่า อุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบเป็นส่วนหนึ่งของวงจร เหตุการณ์ ESD ถูกจำลองโดยการใส่กระแสและแรงดันที่ระดับต่างๆ และดูว่าอุปกรณ์ชิ้นนั้นเสียหายหรือไม่ มาตรฐานการทดสอบแบบ HBM ของสมาคม ESD ได้ถูกเปลี่ยนไปหลายจุด ประการแรกจำนวนครั้งของการเลียนแบบการประทุ (zaps) ซึ่งทำให้ระดับความหนักหน่วง (stress) และคนละชั่วได้เปลี่ยนจาก 3 ครั้งมาเป็น 1 ครั้ง และการ zaps แต่ละครั้ง ถูกเปลี่ยนระยะเวลาจาก 1 วินาทีเป็น 300×10^{-3} วินาทีเท่านั้น การเปลี่ยนนี้มีผลทำให้การทดสอบ HBM ใช้เวลาน้อยลง ประการที่สองได้เปลี่ยนเครื่องทดสอบ HBM กล่าวคือรูปคลื่นที่ผ่านโหลดขนาด 500 โอห์ม ได้ถูกเปลี่ยนให้มีช่วงขาขึ้นจาก 20×10^{-9} วินาทีเป็น 25×10^{-9} วินาที อันมีผลทำให้ผู้ผลิตเครื่องทดสอบ HBM สามารถบรรจุชิ้นส่วนที่มีจำนวนมากลงในเครื่องทดสอบได้ ผลก็คือ รูปคลื่นที่ผ่านโหลดขนาด 500 โอห์มก็จะช้าขึ้นตามต้องการ

โมเดลของเครื่องจักร (Machine Model หรือ MM)

การประทุแบบ HBM ก็สามารถเกิดขึ้นได้จากวัตถุที่เป็นตัวนำแต่มีประจุอยู่ เช่นเครื่องมือหรืออุปกรณ์จับชิ้นงานที่ทำด้วยโลหะ MM ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่นขณะที่ทำการทดลองหา HBM ที่รุนแรงที่สุด โมเดล MM จะใส่ตัวเก็บประจุขนาด 200 pF และปล่อยให้มีการประทุเข้าสู่ชิ้นงานที่มีการทดสอบโดยตรง โดยไม่ต้องผ่านตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่ บางที MM จะเป็นโมเดลที่ค่อนข้างจะรุนแรงเกินไป อย่างไรก็ตามในโลกของความเป็นจริงเหตุการณ์เช่นนี้ก็เกิดขึ้นได้อย่างเช่น การประทุของแผงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประจุหรือการประทุจากสายเคเบิลของเครื่องทดสอบอัตโนมัติที่มีประจุอยู่ สำหรับสมาคมไฟฟ้าสถิตแล้วการทดสอบอุปกรณ์แบบ MM ตามมาตรฐาน ANSI/ESD5.2-1994-Device Testing : Machine Model ก็เหมือนกับการทดสอบแบบ HBM เครื่องทดสอบก็เหมือนกัน แต่จะต่างกันตรงหัวทดสอบเพียงเล็กน้อย และเครื่องทดสอบแบบ MM จะไม่ตัวต้านทานขนาด 1,500 โอห์ม วงจร MM แสดงในรูปที่ 2

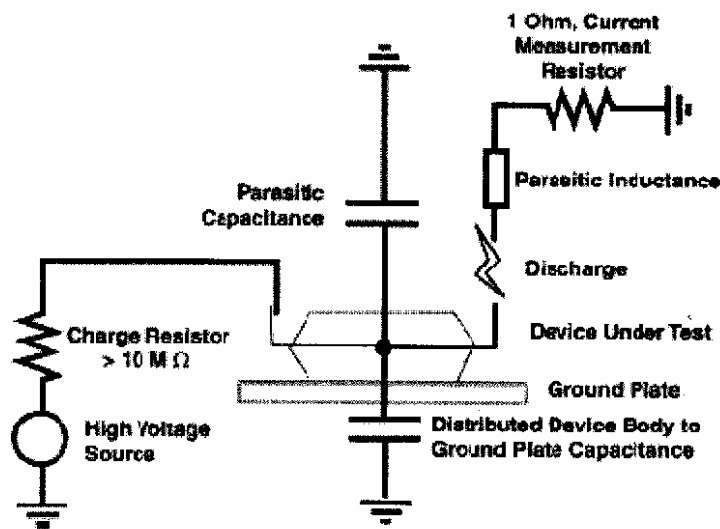


รูปที่ 2 แสดงวงจรตัวแบบเครื่องจักร

โมเดลของอุปกรณ์ที่มีประจุ (Charged Device Model หรือ CDM)

การถ่ายประจุจาก ESDS ถือว่าเป็นเหตุการณ์ ESD เช่นกัน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะมีประจุขึ้นได้จากการวิ่งบนรางเลื่อนอัตโนมัติ หากว่าอุปกรณ์ชิ้นนี้ได้สัมผัสกับพื้นผิวหรือวัสดุอื่นที่เป็นตัวนำไฟฟ้า การประทุอย่างรวดเร็วก็จะเกิดขึ้นจากอุปกรณ์นั้นลงสู่โลหะชิ้นนั้น เราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า “CDM” เหตุการณ์ CDM นั้นสร้างความเสียหายได้รุนแรงกว่า HBM สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางประเภท แม้ว่าช่วงเวลาของการประทุจะสั้นมาก และส่วนใหญ่ก็สั้นกว่า 1×10^{-9} วินาที กระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นได้อาจสูงถึงหลายสิบล้านแอมแปร์ socket

วงจร CDM แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงวงจร CDM

มีเหตุการณ์ศึกษามากมายเพื่อจะสำรวจและเรียนแบบเหตุการณ์ CDM เพื่อจะนำไปสู่การหาวิธีทดสอบที่สมเหตุสมผลมากที่สุด ในปัจจุบันมี 2 วิธีการเท่านั้นที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ CDM มากที่สุด วิธีแรกยังคงเรียกว่า CDM ซึ่งถือว่าเหมาะสมและสอดคล้องกับเหตุการณ์จริงมากที่สุด ประการที่สองเรียกว่า SDM เหตุการณ์นี้จำลองแบบของการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใส่ลงใน socket ขณะที่ใส่ลงไปอุปกรณ์อาจจะได้รับประจุเข้ามาและอาจประจุประจุออกไปสู่ร่างมาตรฐานสำหรับ CDM (ESD DS5.3.1-1996-Device Testing : Charge Device Model) ได้ถูกตีพิมพ์ขึ้นในปี 1996 คาดว่า ร่างมาตรฐานนี้จะเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ในปี 1999 วิธีการทดสอบแบบ SDM นั้นก็คือเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นวางลงบนแผ่นที่มีสนามไฟฟ้า โดยให้ขาของอุปกรณ์ชิ้นนั้นชี้ขึ้นข้างบนแล้วก็ปล่อยให้ประจุประจุออกไปสู่อุปกรณ์ วิธีการนี้ยังไม่ที่สรุปแน่นอนเพราะมีข้อจำกัดอย่างหนึ่งคือการออกแบบเครื่องแต่ละครั้งหามาตราฐานลำบาก สามาคม ESD กำลังให้คณะทำงานเรื่อง SDM เขียนมาตรฐานนี้ให้เสร็จเพื่อพร้อมในการนำเสนอในเดือนตุลาคม 1998 ที่จะมีการประชุมสัมมนาเรื่อง EOS/ESD Symposium

การจัดลำดับความเปราะบางของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

การทดสอบอุปกรณ์แต่ละแบบมีระบบวิธีที่จะจัดลำดับความเปราะบางของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อการทดสอบตามโมเดลต่างๆ ดัง ตารางที่ 1 , ตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ระบบการจัดลำดับนี้มีข้อดีหลายประการ การจัดลำดับควรจะจัดเทียบกันทั้ง 3 โมเดลคือ HBM , MM และ CDM ตัวอย่างเช่นอุปกรณ์เบอร์หนึ่งมีความเปราะบางที่ คลาส 1B ถ้าทดสอบด้วย HBM มีความเปราะบางอยู่ในคลาส M1 ถ้าทดสอบด้วย MM และมีความเปราะบางอยู่ในคลาส C3 ถ้าทดสอบด้วย CDM ข้อมูลเหล่านี้จะทำให้ผู้ผลิตอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้นระวางจะรังจัดเตรียมขบวนการควบคุมไฟฟ้าสถิต และ/หรือส่งไปผลิตในสายการผลิตที่เหมาะสมกับความสามารถในการควบคุม ESD ตามโมเดลต่างๆ
อย่างไรก็ตามมีค่าเตือนอยู่อย่างหนึ่งการจัดลำดับเหล่านี้เป็นเพียงแค่คำแนะนำ ไม่ใช่ค่าที่สมบูรณ์แบบที่จะนำไปใช้ได้โดยตรง

ตารางที่ 1 การจำแนก ตามตัวแบบ HBM

Class	Voltage Range
Class 0	น้อยกว่า 250 volts
Class 1A	250 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 500 volts
Class 1B	500 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 1,000 volts
Class 1C	1,000 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 2,000 volts
Class 2	2,000 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 4,000 volts
Class 3A	4,000 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 8,000 volts
Class 3B	มากกว่าหรือเท่ากับ 8,000 volts

ตารางที่ 2 การจำแนก ตามตัวแบบ MM

Class	Voltage Range
Class M0	น้อยกว่า 25 volts
Class M1	25 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 100 volts
Class M2	100 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 200 volts
Class M3	200 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 400 volts
Class M4	400 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 800 volts
Class M5	มากกว่า 800 volts

ตารางที่ 3 การจำแนก ตามตัวแบบ CDM

Class	Voltage Range
Class C0	น้อยกว่า 125 volts
Class C1	125 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 250 volts
Class C2	250 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 500 volts
Class C3	500 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 1,000 volts
Class C4	1,000 volts ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 2,000 volts
Class C5	มากกว่า 2,000 volts

บทสรุป

วิธีการทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และรูปแบบความเสียหายต่างๆ ที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดคำถามของความเปราะบางของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และชุดประกอบของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อันเป็นผลนำไปสู่แผนงานการป้องกันไฟฟ้าสถิตที่ทำความเสียหายให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้

พื้นฐานของ การประทุของไฟฟ้าสถิต

ส่วนที่ 6 มาตรฐาน ESD

บทนำ

ภายใต้โลกที่กำลังเปลี่ยนแปลง อุตสาหกรรม ESD ดูเหมือนจะก้าวกระโดดเข้าไปในวังน่านฝันงานต่าง ๆ ผุดขึ้นอย่างกับดอกเห็ด สีน้ำเงิน , สีทอง , สีเขียว แทนที่สีดำ สายข้อมือ , สายกราวด์ และถุงบรรจุถูกนำไปใช้ทุกโกดังสินค้าผลปฏิบัติงานด้าน ESD ได้ก้าวล้ำไปข้างหน้าอย่างวิเศษและเยี่ยมยอดมากกว่าอดีต

ปัจจุบัน มีสิ่งที่ท้าทายซึ่งซับซ้อนพอสมควร เพื่อลดความสูญเสียจากการประทุของไฟฟ้าสถิตซึ่งต้องอาศัยความเชื่อมั่นและศรัทธาที่ดีพอสมควร ผู้ใช้มุ่งหาหนทางที่จะประเมิน , เปรียบเทียบถึงยี่ห้อและชนิดของผลิตภัณฑ์ในตลาดที่แข่งขันกัน พวกเขาต้องการความมั่นใจว่า แผนงานควบคุมไฟฟ้าสถิตจะแก้ปัญหาได้ถูกจุดถูกประเด็น เมื่อกำหนดเป็นมาตรฐานได้ ทำให้กำหนดความเปราะบางต่อไฟฟ้าสถิตของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตและใช้ได้อย่างถูกต้อง , ช่วยกำหนดความต้องการสำหรับเครื่องมือ , อุปกรณ์ที่แตกต่างกันไป , ช่วยลดความสับสนยุ่งยากในตลาดทั้งในด้านการผลิต , การประเมิน , เลือกแผนงานและผลิตภัณฑ์ควบคุมไฟฟ้าสถิตให้ถูกต้องขึ้น

ใครใช้มาตรฐาน ESD และทำไมต้องมีมาตรฐาน

ใครใช้มาตรฐาน ESD ? ผู้ใช้มาตรฐาน ESD ได้แก่ ผู้ผลิตสินค้าควบคุม ESD , ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ควบคุม ESD และกลุ่มที่ 3 คือกลุ่มที่ต้องทดสอบผลิตภัณฑ์ควบคุม ESD

ทำไมต้องมีมาตรฐาน ESD ?

- มาตรฐาน ESD ช่วยให้มี ความมั่นใจในความคงเส้นคงวาของผลิตภัณฑ์ที่มีความเปราะบางต่อ ESD , ผลิตภัณฑ์ควบคุม ESD และบริการที่เกี่ยวข้อง
- ช่วยให้มีวิธีการประเมินที่เป็นรูปธรรมและเปรียบเทียบกันระหว่างผลิตภัณฑ์ควบคุม ESD ยี่ห้อต่าง ๆ
- ช่วยลดความขัดแย้งระหว่างผู้ซื้อ และผู้ขายผลิตภัณฑ์ควบคุม ESD
- ช่วยในการตรวจสอบแผนงานควบคุม ESD
- ช่วยลดความสับสนในตลาดการค้า ESD

ในสหรัฐอเมริกา การใช้มาตรฐาน ESD เป็นไปโดยสมัครใจ แม้ว่าเขาอาจใช้สัญญาที่เขียนขึ้นเป็นข้อตกลงการซื้อขาย แต่โดยส่วนใหญ่ของโลก การใช้มาตรฐานเป็นไปในลักษณะข้อกำหนดเชิงบังคับ

มาตรฐานหลักและองค์การ

ในช่วง 20 ปี ก่อนนี้ มาตรฐาน ESD ได้รับความเชื่อถือน้อย และพัฒนาไปได้น้อยมากในองค์กรต่าง ๆ แต่ปัจจุบัน ไม่เพียงแต่มีมาตรฐานที่ดีขึ้นเท่านั้น แต่มีทั้งความร่วมมือกันมากขึ้น ในการพิจารณา มาตรฐานให้สูงขึ้น

มาตรฐาน ESD ปัจจุบัน แบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่

1. มีคำแนะนำและความต้องการแผนงาน ESD ที่จัดเตรียมไว้พร้อม รวมถึงเอกสารต่าง ๆ เช่น

- ANSI / ESD 88.1 - ESD Awareness Symbols.
- ESD ADV. 2. 0 - ESD Handbook
- EIA 625 - Requirement for Handling Electrostatic Discharge Sensitivity Devices.
- MIL - STD - 1686 - ESD control Program
- EN 1000 / 5 – Protection of Electrostatic Sensitive Devices.

2. กลุ่มที่ครอบคลุมถึงความต้องการของผลิตภัณฑ์, ระเบียบปฏิบัติด้านการบรรจุและกราวด์ มาตรฐานกลุ่มนี้ได้แก่

- ANSI / ESD S56.. Grounding
- EIA 541 – Packaging of Electronic Products for shipment

3. เป็นกลุ่มด้านเอกสารถึงวิธีการทดสอบที่ได้มาตรฐาน เพื่อประเมินผลิตภัณฑ์และวัสดุ, ความเป็นมา, อุทสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ได้ยึดถือเป็นแนวทางเพื่อทดสอบ (ใน ASTM – 257 – DC Resistance or conductance of Insulating Materials) อย่างไรก็ตาม มาตรฐานวิธีการทดสอบมุ่งไปที่สภาพแวดล้อมทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่อันเป็นผลมาจากกิจกรรมของสมาคม ESD มาตรฐานเหล่านี้ได้แก่

- ESDS 5.1 - Device Testing , Human Body Model
- ANSI / ESDS 7 .1 : Floor Materials - Resistive Characterization

ใครเป็นผู้พัฒนามาตรฐาน

การพัฒนามาตรฐานเป็นความร่วมมือร่วมกันในทุกองค์กรและบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีหลายหน่วยงาน เช่น

มาตรฐานทางการทหาร

หน่วยทหารของสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาและกำหนดมาตรฐานเฉพาะขึ้นรวมถึงข้อกำหนดในการควบคุม ESD ถือเป็นหน่วยงานหลักเลยก็ว่าได้ แต่เป็นในลักษณะไม่ค่อยแข่งขันมากนัก คือขึ้นกับเชิงพาณิชย์มากกว่า ตัวอย่างเช่น สมาคม ESD ได้รับมอบหมายจากกระทรวงกลาโหม ให้ปรับเปลี่ยน MIL - STD -1686 ให้เป็นมาตรฐานเชิงพาณิชย์ เอกสารสำคัญ ๆ เช่น MIL - STD – 1686 , MIL – HDBK - 263 ซึ่งเป็นบทแนะนำสำหรับแผนงานควบคุม ESD

กลุ่มพันธมิตรอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (EIA) และ JEDEC

กลุ่มนี้ (EIA) และกลุ่ม Joint Electronic Development Engineering Council (JEDEC) ต่างร่วมกันอย่างแข็งขันในการพัฒนามาตรฐาน เช่น

- EIA 541 - Packaging Material Standard for ESD Sensitive Items กำหนดวิธีการทดสอบ , ประเมินวัสดุบรรจุภัณฑ์
- JEDEC 's EIA 625 Requirement for Handling Electrostatic
- Discharge – Sensitive กำหนดวิธีการสำหรับผู้ผลิต Semiconductor , ผู้จำหน่าย

สมาคม ESD

มีบทบาทอย่างยิ่งในช่วงไม่กี่ปีมานี้ ทั้งมาตรฐาน และวิธีการ รวมถึงการนำเสนอผลงานต่อคณะกรรมการ อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างประเทศด้วยสมาคมได้จัดพิมพ์เอกสาร 25 ชุด ประกอบด้วยมาตรฐานหลัก 8 ชุด , วิธีการทดสอบ 6 ชุด มาตรฐานโครงสร้าง 6 ชุดและข้อแนะนำอีก 5 ชุด มาตรฐานเชิงสมัครใจนี้ ครอบคลุมขอบเขตของความต้องการวัสดุ , เครื่องตรวจวัดไฟฟ้าสถิต , ระเบียบวิธีทดสอบ การจำแนกและจำกัดความมาตรฐานของสมาคม ESD ฉบับใหม่

นับเป็นเวลาหลายเดือนในการทำงานและอภิปรายร่วมกัน กรรมการมาตรฐาน ESD ได้นิยาม เอกสารมาตรฐานขึ้นมาใหม่เพื่อให้ชัดเจนและใช้ประโยชน์ได้เต็มที่โดยแยกเป็น 2 พวกคือ

- มาตรฐานที่ใช้จริง มีข้อกำหนดชัดเจน
- ข้อแนะนำ (Advisories) เป็นเชิงข้อมูลเพื่อช่วยเหลือแนะนำเพิ่มเติม

มาตรฐานใหม่ของสมาคม ESD ในการแบ่งแยกประเภทและการนิยาม

มีเอกสารมาตรฐานที่ชัดเจนอยู่ 4 เอกสารมาตรฐานได้แก่

1. มาตรฐานทั่วไป คือข้อกำหนดที่ถูกต้องของชุดของความถี่ที่พึงพอใจในวัสดุ , กระบวนการ , ผลิตภัณฑ์ ตามระเบียบปฏิบัติที่กำหนด
2. วิธีการทดสอบมาตรฐาน คือ ระเบียบปฏิบัติที่กำหนดขึ้นเพื่อให้ชัดเจน วัดได้ , ประเมินได้ทั้งในแง่คุณภาพ , ลักษณะ , คุณสมบัติของวัสดุผลิตภัณฑ์ , ระบบหรือกระบวนการ ซึ่งให้ผลในเชิงผลทดสอบได้
3. การปฏิบัติงานตามมาตรฐาน คือ ดำเนินการปฏิบัติจริงตามหน้าที่ ซึ่งถ้าผลทดสอบดี อาจไม่ต้องใช้ห้องปฏิบัติการ
4. รายงานเชิงเทคนิค คือ การรวบรวมข้อมูลเชิงเทคนิคหรือการผลการทดสอบมาตีพิมพ์เป็นข่าวสาร

มาตรฐานระหว่างประเทศ

สำหรับชุมชนระหว่างประเทศ นำโดย Engine – based International Electrotechnical Commission ได้กำหนดมาตรฐานขึ้นใช้ในยุโรป คือ EN 100015 - Protection of Electrostatic Sensitive Devices และ IEC ก็เป็นผู้รับผิดชอบต่อไป

ญี่ปุ่นก็ได้ตีพิมพ์มาตรฐาน ESD ด้วยเช่นกัน และมีแง่มุมหลายประการที่โดดเด่น บางทีความก้าวหน้าเปลี่ยนแปลงคงต้องมาจากความร่วมมือระหว่างหลาย ๆ กลุ่ม เช่น การปรับปรุง EIA 541 ได้รับความร่วมมือจากสมาคม ESD อย่างดีทั้งพัฒนาวิธีการทดสอบและเอกสารอ้างอิง

องค์การยุโรปและสมาคม ESD ก่อให้เกิดการพัฒนามาตรฐานสูงขึ้นช่วยขยายมุมมองในแง่เอกสารที่นำเสนอ , ปัจจัยนำเข้าสำคัญ และการร่วมกันอย่างใกล้ชิด ของชุมชนอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างประเทศ สำหรับผู้ใช้มาตรฐาน ESD มีความร่วมมือมากขึ้น ซึ่งมีผลกระทบสำคัญคือ

- เราควรมอง มาตรฐาน ว่าจะเป็นวิธีการปรับปรุงปัจจัยการผลิตที่ดีกว้างขวางขึ้น
- เราควรมองว่า ไม่มีความขัดแย้งมากนักใน มาตรฐานที่แตกต่างกัน
- เราควรลอกเลียนแบบกันให้น้อยลง

บทสรุป

ในชุมชนอิเล็กทรอนิกส์ การแพร่ขยายอย่างรวดเร็ว ของมาตรฐาน ESD และการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จะช่วยให้การใช้ประโยชน์สูงขึ้นเพื่อเป็นกรอบอ้างอิงเชิงเทคนิคในการพัฒนา

แผนงานควบคุม ESD และช่วยให้บรรลุผล , ช่วยให้อุปกรณ์ทดสอบได้ผลทั้งประเมิน , คัดเลือกวัสดุ , ผลิตภัณฑ์ได้ตามต้องการ

นอกจากนี้ยังช่วยเป็นแนวทางสำหรับผู้ขาย (vender) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี

มาตรฐานยังคงเป็นหัวข้อสำคัญในเวทีชุมชน ESD ระหว่างประเทศต่อไป

มาตรฐาน ESD

U.S. Military / Department of Defense

MIL-STD เป็นมาตรฐาน เพื่อประยุกต์ใช้ในหน่วยงานทหาร , คู่สัญญาย่อย , Supplier Vender เป็นข้อกำหนดทั่วไปแต่ไม่ใช่เชิงบังคับ

MIL-HBDK เป็นเอกสารเสนอแนะมิใช่เชิงบังคับ ใช้ร่วมกัน MIL – STD – 1686

MIL-PRT87893 เน้นที่การป้องกัน ESD ณ จุดทำงาน

MIL-B-81705 เป็นเอกสารที่กำหนดเรื่องวัสดุบรรจุหีบห่อ

MIL-STD-129 ครอบคลุมระเบียบด้าน การตลาด , และ Label

EIA / JEDEC

EIA541 เป็นเอกสารที่ครอบคลุมวัสดุสำหรับบรรจุภัณฑ์และคำจำกัดความชนิดของวัสดุ สำหรับรายการวัดความไว ESD

EIA625 เป็นมาตรฐานที่กำหนดความต้องการขั้นต่ำสำหรับวิธีการควบคุม ESD รวม

ถึงวัสดุที่ใช้เพื่อปกป้องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับตัวแบบ Human Body

Model ที่มีค่าไฟ 200 โวลต์ หรือสูงกว่า สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผู้ผลิต

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ , ผู้จำหน่าย , ผู้ประกอบชิ้นงาน และผู้ใช้ International / European

EN100015 นำมาใช้ปี 1992-1993 เป็นแนวของยุโรปที่ครอบคลุม การปฏิบัติ ESD สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ESD Association

มาตรฐานหลัก ได้แก่

ESD-S1.1-1998 เป็นวิธีการทดสอบมาตรฐาน ช่วยวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชุดเสื้อผ้าที่ใช้ควบคุม ESD รวมถึงวิธีการวัดแบบ sleeve-to-sleeve และ point-to-point

ANSI EOS/ESD เป็นวิธีการประเมิน , คัดเลือก เครื่องมือ ionization โดยกำหนดมาตรวัดทางเทคนิคในแง่ สมดุลของไอออน และค่าประจุเป็นกลาง

EOS/ESD S4.1-1997 เป็นมาตรฐานกำหนดวิธีวัดค่าความต้านทานของวัสดุที่ใช้ทำพื้นผิวโต๊ะทำงาน สำหรับ workstation

ESD STM4.2-1998 เป็นวิธีการวัดค่าประจุไฟฟ้าที่ถ่ายเท ณ จุด Work surface

ESD STM5.1-1998 เป็นมาตรฐานที่ชี้ถึงการทดสอบ , ประเมิน , จำแนก องค์ประกอบของการวัดความไวประจุ สำหรับตัวแบบ Human Body

ANSI ESD S5.2-1994 ใช้สำหรับ ตัวแบบ Machine Model

ANSI EOS/ESD S6.1-1991 เป็นมาตรฐานที่นำเสนอเรื่อง พารามิเตอร์ , วิธีการ , ชนิดวัสดุ , ที่จะนำไปใช้ในระบบ ESD เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์,ระบบนี้ใช้กับอุปกรณ์กราวด์ส่วนบุคคล Work surface Chair , Cart , Floor หรืออื่น ๆ

ANSI ESD S7.1-1994 เป็นมาตรวัดค่าต้านทานของวัสดุทำพื้นต่าง ๆ

ANSI ESD S8.1-1993 คือสัญลักษณ์การตระหนักถึงชนิดของ ESD 3 แบบ

ESD S9.1-1995 เป็นวิธีวัดค่าไฟฟ้าของรองเท้าที่ใช้ในการควบคุม ESD

ANSI ESD S11.11-1993 เป็นวิธีวัดค่ากระแสไฟฟ้าโดยตรง

ANSI ESD S11.31-1993 เป็นการกำหนดในเรื่อง static shielding bags

ESD STM 12.1 - 1997 เป็นการวัดค่าความต้านทาน ณ จุดที่นั่งทำงาน

มาตรฐานคร่าว ๆ ได้แก่

ESD DSP3.3-1997 เป็นเรื่องการพิสูจน์วัดค่าของ air ionize

EOS/ESD DS5.3-1996 เป็นมาตรฐานวัด ESD Sensitivity ทั้งในแง่ อุปกรณ์ที่ถูกกระทำหรือไปกระทำบนวัตถุอื่น สำหรับ Charged device Model

ESD DS 5.2-1996 เป็นแบบจำลองที่ใช้ ณ จุดที่มีแหล่งความต้านทานต่ำ

ESD DS11.12-1996 เป็นการวัดค่า ความต้านทานเชิงปริมาตรของวัสดุต่าง ๆ

ESD DS54.1-1997 เป็นมาตรฐานที่จัดให้ทดสอบเพื่อวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัสดุพื้น , Footwear และระบบส่วนบุคคล

ESD DS54.2-1997 ช่วยวัดค่าโวลต์ของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุทำพื้น , Footwear

ESD DS20.20-1998 เป็นการกำหนดรูปแบบ , ติดตั้ง , ปฏิบัติ , บำรุงรักษา แผนงาน ESD

เอกสารข้อแนะนำ

ESD ADV1.0-1994 เป็นการให้คำจำกัดความ , การอธิบาย ของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ESD ADV2.0-1994 เป็นคู่มือ ESD ฉบับสมบูรณ์ มีถึง 19 บท ครอบคลุมพื้นฐาน ESD ทั้งหมด

ESD ADV3.2-1995 เป็นเอกสารที่จัดให้ผู้ใช้งานสุดท้ายในการริเริ่มข้อกำหนดสำหรับการคัดเลือก ระบบ air ionization เป็นการทบทวน 4 แบบ ของ air ionizers และ การประยุกต์ใช้ กรอบอ้างอิงวิธีทดสอบ , การออกแบบ ผลการดำเนินงานและความต้องการความปลอดภัย

ESD ADV11.2-1995 ปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนของค่าประจุ บวก , ลบ เป็นกลางเกี่ยวกับวิธีการทดสอบที่แตกต่างกัน

ESD ADV53.1-1995 เป็นข้อกำหนดความต้องการขั้นต่ำสำหรับ Workstation สำหรับการป้องกัน ESD ที่ใช้ในขอบเขตความไว ESD

เกี่ยวกับสมาคม ESD

ก่อตั้งปี 1982 เป็นสมาคมที่มีได้มุ่งหวังกำไร แต่เป็นองค์การวิชาชีพที่อุทิศตนเพื่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และความเข้าใจเกี่ยวข้องกับ ESD สมาคมได้สนับสนุนแผนงานด้านการศึกษา พัฒนามาตรฐาน ESD , จัดประชุมรายปี และเป็นแหล่งกระตุ้น การแลกเปลี่ยนข้อมูลเชิงเทคนิคระหว่างสมาชิกและอื่น ๆ ข้อมูลเพิ่มเติม ติดต่อโดยตรงได้ที่สมาคม ESD (E-mail : eosesd@aol.com , Web site : www.eosed.org)