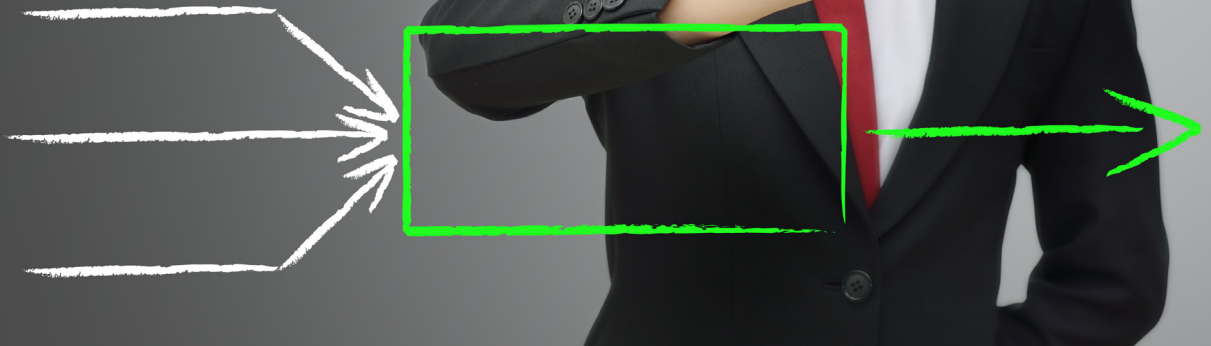




Input

Output



תכנית לבקרה ומניעת נזקי חשמל סטטי בתהליכי ייצור בתעשיית האלקטרוניקה החוזר על ההשקעה (ROI)

משה גרופר, קבוצת יעיל-נוע

ב

עיות איכות במוצרים אלקטרוניים הנובעות מפריקה בלתי מבוקרת של מטעני חשמל סטטי בתהליכי הייצור, מוכרות כבר שנים בתעשיות ההיי טק והאלקטרוניקה, ובכל זאת נגרמים מדי שנה נזקים רבים למוצרים ולמפעלים שאינם מקפידים על כללי התנהגות ברורים ואינם שומרים על תנאי ייצור נאותים. נושא ההגנה מחשמל סטטי צובר בתקופה האחרונה תאוצה לאחר שמספר גדל של חברות הבינו כי מניעת נזקים יכולה להביא לחיסכון ניכר בכסף. היום, כבר ברור כי תוכנית לבקרת מפגעי חשמל סטטי (ESD) היא אחת מאבני היסוד בבקרת איכות הייצור של רכיבים ומכלולים אלקטרוניים.

הפחתת עלויות באמצעות תוכנית לבקרת מפגעי חשמל סטטי

תוכנית לבקרת מפגעי חשמל סטטי ESD - Electro Static Discharge (Control program), או בשמה הרחוק "תוכנית לבקרת ESD", מהווה חלק מהותי מתהליכי הבטחת האיכות בסביבת ייצור אלקטרוניקה כאשר מדובר בטיפול ברכיבים ומעגלים אלקטרוניים. הצורך בתוכנית לבקרת ESD נקבע כתוצאה

מרגישות הרכיבים והמכלולים לפריקה חיצונית בלתי מבוקרת של מטען אלקטרוסטטי.

הסיבה העיקרית לפיתוח תוכנית בקרת ESD הינה רצון החברות לחסוך בכסף. הגברת היקף הייצור והקטנת היקף הפסילות עשויות ליצור "החזר על השקעה" (ROI) עד 100% לשנה. הסיבה השנייה לפיתוח תוכנית בקרת ESD היא הדרישות הנובעות מיישום נהלי הבטחת איכות חדשים בארגון, דרישה ליישום בקרת ESD מצד לקוחות והרצון לעמוד בדרישות תקני ISO 13485, FDA, וכד'.

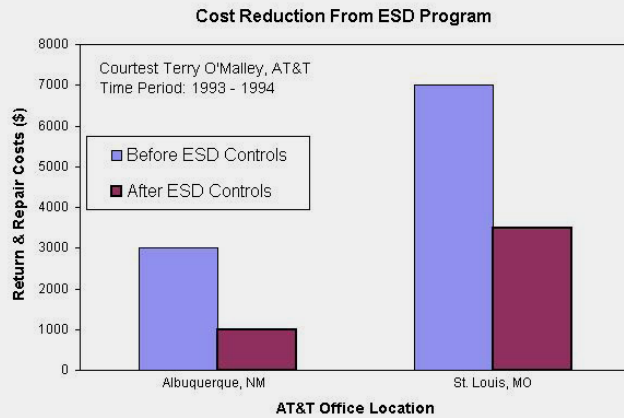
ללא קשר לסיבה, אין כמעט עוררין על העובדה כי פיתוח ויישום תוכנית ESD מוליכה באופן ישיר לתוצאות כלכליות מיטביות.

מודעות ארגונית ואישית לנזקי ESD ויישום בלתי מתפשר של תוכנית לבקרת ESD הינה חיונית להפחתת פסילות המוצרים על רקע ESD. דווקא בגלל שקשה להעריך את סדר הגודל הכלכלי של נזקי ESD במהלך הייצור, הנזק הגדול ביותר ממטען אלקטרוסטטי מתגלה ברמת המוצר הסופי, כאשר זה יוצא מהמפעל במצב של תפקוד לקוי כתוצאה מנזק מלא או חלקי לרכיבים אלקטרוניים רגישים. מפגעי ESD

פוגעים באמינות המוצר באופן ברור וחמור יותר ככל ששלב התבטאות הפגיעה מרוחק יותר משלב הייצור. תקלות המתרחשות אצל המשתמש הסופי או לאחר שהמוצר עבר תהליך של בדיקות סופיות (Latent failure, "Walking Wounded"), פוגעות ביצרן או במשווק באופן יקר ומורכב ביותר, בייחוד בגלל הצורך בבדיקות כוללות לדגם, בטיפול במוצר עצמו בשטח, בהחזרה לאתר הייצור, בפיצוי הלקוח, בהקצאת משאבים חלופיים ובעיקר, פגיעה במוניטין המוצר. תוכנית בקרת ESD יעילה המותאמת לאתר הייצור תשפר את התפוקה, תגביר את אמינות המוצר, תתרום לשביעות הרצון מהמוצר ומהיצרן, וכתוצאה מכך תשפיע לטובה על הגדלת ההכנסות.

ESDS - רגישות רכיבים לפריקה בלתי מבוקרת של מטען אלקטרוסטטי

כיום מעטים הרכיבים היוצאים לשוק לאחר שנבדקו וקיבלו ציון ESDS (Electrostatic Discharge Susceptibility). מגוון אתרי הייצור, כמות עצומה של רכיבים מזויפים והדרישה המתמדת להפחתת עלויות מקשים מאוד על תהליכי



תרשים 1. הפחתת עלויות לאחר יישום תוכנית בקרת ESD, אתרי AT&T.

סטנדרטיזציה של ציון ESDS. סיווג יסודי של רכיבים אלו חייב לכלול הפעלת פרוטוקול בדיקה בהתאם להליכי הבדיקה הבין-לאומיים (HBM, MM, CDM), כך שרגישותם לפריקה אלקטרוסטטית תיקבע בהתאם למיקום בתהליך הייצור. נכון שהיכרות עם רמת רגישות הרכיב והמעגל האלקטרוני ל-ESD תביא לפיתוח תוכנית בקרת ESD היעילה והחסכונית ביותר, אבל חשוב לזכור שיצור אלקטרוניקה אינו מערב רכיבים בלבד, אלא גם מעגלים ומכלולים רבים ומגוונים, וחשוב יותר להכיר בעובדה כי ההשקעה הכלכלית בבקרת ESD קטנה לעין ערוך מן הנזקים הפוטנציאליים. המסקנה המתבקשת היא שכדאי להשקיע בתוכנית לבקרת ESD בכל מקרה.

התוכנית לבקרת ESD חייבת להיות ערוכה ומוטמעת באופן מלא ודקדקני בהתאם לדרישות התקנים הבין-לאומיים, ANSI/ESDA S 20.20 או IEC61340-5-1. נזקים כלכליים כתוצאה מנזק המיוחס ל-ESD מתבטאים באחת או יותר מן התופעות הבאות: אובדן זמן, אובדן קשר, אובדן מידע, "מכת חשמל" עד לגרימת כאב לעובדים, הפרעה למערכות ממוחשבות עד כדי "Re-Boot", נזק לצידוד וכשל בחומרה. על מנת לברר ולהגדיר מהו גובה ההחזר על ההשקעה בתוכנית בקרת ESD, יש לאסוף מידע על עלויות החזרות, תיקון ופסילה של ציוד לפני ואחרי יישום התוכנית.

טרי אומאלי, לשעבר מנהל איכות ואחראי ESD בחברת AT&T, אסף מידע כזה לפני ואחרי יישום תוכנית לבקרת ESD. המידע שנאסף מראה בבירור חיסכון בהיקף של כ-50% בעלויות ההחזרות והתיקון, בשני האתרים שנסקרו (ראה תרשים 1).

תרשים 2 מייצג באופן מופשט את הרווחים מהתוכנית לבקרת ESD של Lucent Technologies ביחס לרמת ההיענות לדרישות התוכנית. גובה ההחזר על השקעה (ROI) האופייני לתוכנית בקרת ESD הוא 100%. אמנם מחד התוכנית צריכה להיבנות כך שתמזער באופן יעיל את ההוצאות על יישומה, אולם מאידך אסור לשכוח כי פגיעה באמינות המוצר ובמוניטין החברה עשויים לעלות לחברה בהפסד של עשרה מליון דולר ואף יותר.

מחויבות כל הגורמים ליישום יעיל

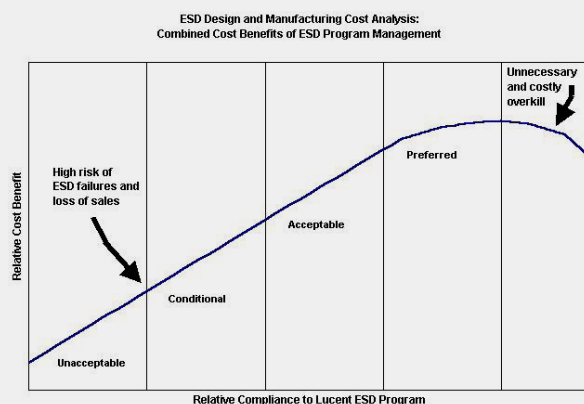
הגנה על רכיב רגיש לחשמל סטטי (ESDS DEVICE) בכל תחנות קו הייצור, למעט אחת, אינו קביל. יעילותה של תוכנית לבקרת ESD מושתת על שני עקרונות פעולה חיוניים: יסודיות בתכנון ודקדקנות ביישום.

נזקי ESD אינם פשוטים לזיהוי או לתיקון, ולכן הנהלת החברה, המנהל המתכנן והעובד המיישם חייבים כולם בהקפדה על משמעת ESD לאורך כל ה-EPA (Electro Static Protected Area) - החל ממחסן קליטת חומרי הגלם, דרך השינוע, הייצור, אחסנת התוצרת הגמורה, וכלה בניפוק ללקוח.

מעל 21% מבדיקות הכשל בתעשיית האלקטרוניקה מראים שמעל 30% מכלל

כשלי הרכיבים האלקטרוניים ניתנים לייחוס לפריקה בלתי מבוקרת של חשמל סטטי. חברות מצליחות כגון AT&T, מוטורולה, HP ו-IBM הצליחו לאתר את נקודת כשל ה-ESD, להעריך את עלות הנזק ולשקלל את גובה ההחזר על ההשקעה בתוכנית בקרת ESD שלהן. חברות אלו החליטו כי ההחזר על השקעותיהן בתוכנית לבקרת מפגעי חשמל סטטי הינו חלק בלתי נפרד מרווחיהן וממקור הצלחתן (ראה תרשים 1).

אפילו לאחר יישום מוצלח של תוכנית בקרת ESD, עדיין עשויות יצרניות אלקטרוניקה לאבד כ-5% מתוצרתן עקב פסילות מוצרים. מניעת בזבז והשקעת-יתר בתוכנית לבקרת ESD חשובים ביותר להצלחת התוכנית. מקור בתעשיית האלקטרוניקה מצהיר כי החזר אופייני להשקעה בתוכנית בקרת ESD



תרשים 2. ניתוח עלויות פיתוח ויישום תוכנית ESD וסיכום רווחים

עומד על 1:95, קרי החזר של \$95 במניעת נזקי ESD על כל \$1 המושקע בתוכנית.

התגברות ברמת רגישות הרכיבים לנזקי ESD

ההבדל ברמת הרגישות של רכיבים שונים נעוץ בשוני בארכיטקטורה של הרכיב ובאופי האריזה (Packaging) שלו. מטבע הדברים, רכיבי SMT יהיו רגישים יותר מרכיבים אחרים. רוחב המוליכים עשוי להגיע ל-0.1 מיקרומטר ואף פחות מכך. כדי לארוז יותר ויותר מוליכים באריזה הרכיב וכדי למצות עד כמה שניתן את יתרונות המזעור, השכבות המבודדות הולכות ונעשות דקות יותר ויותר, ומגיעות לכדי 300 מיקרומטר ואף פחות. הגוף האנושי אינו חש בחשמל סטטי לפני הגיעו לרמת 3000 וולט. פריקה בלתי מבוקרת של חשמל סטטי היא כמו מכת ברק זעירה המייצרת חום מקומי גבוה עד כדי התכת המוליכים הדקים ולהעברת החום דרך השכבות המבודדות. כיום ישנם כבר רכיבים שאינם עומדים בפריקה של כמה עשרות בודדות של וולטים.

במעגלים משולבים, מניין היציאות-כניסות (I/O) Input/Output טיפס מ-600 ל-1000 ואף יותר מכך, וכתוצאה מכך המרווח בין I/Os קטן והולך באופן דרמטי. במקומות בהם יש שימוש ב-wire bonding, מרווח האוויר בין ה-I/Os קטן עד כדי כך שקיימת סכנת התכה גם ל-I/Os שכנים. התחכום ההולך ומתגבר של המוצרים האלקטרוניים גורם להתגברות דומה של הרגישות לפריקה בלתי מבוקרת של מטען אלקטרוסטטי. זוהי מגמה שתלך ותתעצם בעתיד הקרוב.

אזורים מסוכנים באתר הייצור

מעבר הרכיבים באזור שאינו EPA מגביר

Technology Trends					
Year	1995	1998	2001	2004	2007
Feature size (mm)	0.35	0.25	0.18	0.12	0.10
Voltage (V)	3.5	2 - 3.5	1.50 - 1.9	1.0 - 1.5	1.0

טבלה 1. מגמות במידות מוליכים ומתח הפעלה. מקור: Terry Welscher, Bell Labs, Lucent Technologies, 12/2/97

פי כמה את הסכנה לפגיעה. הטבלה דלהלן

מראה פעילות אופיינית לאזור ייצור ביחס לרמת הלחות היחסית (RH) וגובה המטען האלקטרוסטטי הנוצר (בוולטים), כפי שנמדד על גבי עובדים וחפצים. ניתן לזהות עלייה עד פי 5 ברמת ייצור המטען האלקטרוסטטי כשהלחות היחסית יורדת ל-10% RH כמפורט בטבלה 2.

קיימים עוד מספר נושאים חשובים בהם צריכה לגעת תוכנית יעילה של בקרת ESD באזור הייצור, כגון: הדרכת עובדים בנושא ESD, מינוי אחראי ESD, פיקוח על קיום נהלי ה-ESD, ביצוע סיקור ESD, הצטיידות בציוד אנטיסטטי, חומרים לבקרת ESD

טבלה 2.

האירוע			
RH 55%	RH 40%	RH 10%	
7,500	15,000	35,000	הליכה על שטיח "מקיר לקיר"
3,000	5,000	12,000	הליכה על רצפת PVC שאינה אנטיסטטית.
400	800	6,000	תזוזה על כסא שאינו אנטיסטטי וניתן להארכה
400	700	2,000	הוצאת רכיבים מסרגל שאינו אנטיסטטי
2,000	4,000	11,500	הוצאת רכיבים מקופסת פלסטיק שאינה אנטיסטטית
3,500	5,000	14,500	הוצאת רכיבים ממארז "בוטני קלקר" שאינם אנטיסטטיים
7,000	20,000	26,000	הוצאת מעגלים ורכיבים משקית ניילון - בועות שאינם אנטיסטטי
5,500	11,000	21,000	הוצאת כרטיסים ממארז ספוג או "קלקר" שאינם אנטיסטטיים

ועוד. תוכנית בקרת ESD מקיפה ומיושמת כהלכה היא אמצעי מוכח לחיסכון, עם החזר על ההשקעה המגיע עד ל-100% בשנה, או \$95 החזר בחיסכון על כל \$1 דולר המושקע בתוכנית.

"רשימת המקורות לתוכן המידע בכתבה מופיעה במאמר המקורי וניתן לקבלה מקבוצת יעיל נוע בכל עת".

משה גרופר הינו יועץ לבקרת מפגעי חשמל סטטי בתחום מוטינית, מקבוצת יעיל נוע.