

פברואר 2006

## Lead Free Mix Technology

### MIX TECHNOLOGY במעבר ל- LEAD FREE: איך פותרים את זה?

מאת: ארבל ניסן, ניסטק

"הערוב הטכנולוגי (MIX-TECHNOLOGY) הוא האתגר מס' 1 במעבר לתעשייה הירוקה" כך אמר לי לאחרונה סמנכ"ל תפעול בחברה בתחום התקשורת הטלפונית. התקנות האירופאיות החדשות העומדות בפתח, אוסרות על שימוש במספר חומרים מסוכנים. חומרים אלו מופיעים תדיר במוצר האלקטרוני הנוכחי ובתהליך ייצורו. עמידה בתקנות האירופאיות מחייבת שימוש בחומרים תחליפים הבאים לידי ביטוי בעיקר בשלושה תחומים מרכזיים: הרכיבים האלקטרוניים, המעגל המודפס ומשחת ההלחמה. החומר האסור הבעייתי ביותר הוא העופרת אשר נמצא בשלושתם. המצב האידיאלי הוא מעבר חד מהיר ממוצר "שחור" למוצר "ירוק". אך ישום זה אינו בר-מימוש.

### למה MIX TECHNOLOGY?

המציאות בשטח אינה מאפשרת מעבר חד לייצור מוצר Lead Free (נטול-עופרת), אלא מאלצת ערוב טכנולוגי, וזאת מכמה סיבות מרכזיות:

1. הצטיידות איטית ולא סימטרית – ייצור מוצר "ירוק" דורש פעולות יזומות בתחומים חוצי ארגון ובעיקר בשרשרת האספקה. התהליך כולל בין השאר: איתור תחליפים רלוונטיים לרכיבים הקיימים אצל הספקים, מעבר לספקים חדשים במידת הצורך, הגדרת מק"טים במערכת ה-ERP, הצטיידות. תהליך זה מתבצע בציר זמן ארוך ולא סימטרי עבור כלל הרכיבים. כתוצאה מכך הרכבת המוצר האלקטרוני בהווה מחייבת אינטגרציה של רכיבים בטכנולוגיות שונות.

ניסטק דיזיין בע"מ  
רח' נבטים 12 ת.ד. 7068  
א.ת. קרית מטלון  
פתח תקוה 49170  
טל.: 03-92-92-555  
פקס: 03-92-92-550  
Email: main@nistec.com  
www.nistec.com

2. הורדת קווי ייצור עקב חוסר ביקוש – יצרני הרכיבים ערים לביקוש גובר והולך עבור הרכיבים המותאמים לתעשייה הירוקה, ומנגד ירידה מואצת בהזמנות הרכיבים המבוססים על החומרים האסורים. שמירה על שני קווי ייצור של רכיבים דורשת משאבים רבים, ולכן בשלב מסוים כאשר הביקוש לרכיבים המבוססים עופרת יהיה נמוך באופן משמעותי, הפעלת קו הייצור לא תהיה כלכלית, הקו ייסגר, ולא ניתן יהיה לרכוש עוד את הרכיבים. סעיף זה ישפיע גם על תעשיות שכרגע פטורות מהתקנות האירופאיות (צבאי, חלל). היקף הפעילות הנמוך של תעשיות אלו ביחס לכלל השוק, לעיתים, לא יצדיק הפעלת קו ייצור ייעודי, ולכן ימנע מתעשיות אלו רכישת הרכיבים בצורתם הנוכחית, דבר שיאלץ אותם להתמודד עם רכיבים תחליפים, ועירוב טכנולוגי במוצרים.

3. זמן אספקה ארוך – העולם עובר ל- LF (Lead Free) ולכן לעיתים יצרני הרכיבים אינם יכולים לספק את הביקוש הגובר בשוק, תגובה לכך היא זמני אספקה ארוכים. החברות לא יכולות להרשות לעצמן להמתין עד ליציאת הרכיב בגרסתו החדשה ונאלצות להרכיב את המוצר עם הרכיבים הקיימים, וכך נוצר העירוב הטכנולוגי.

### "השחקנים הראשיים" בערוב הטכנולוגי

במאמר זה אנסה להעביר כללי אצבע לגבי הרכבה מעורבת אך בהסתייגות מסוימת. למעשה, כל הרכבה שונה מחברתה ומאופיינת בנתונים נקודתיים המשפיעים על הצלחתה, ולכן נדרשת זהירות רבה, ושיקול כלל הנתונים טרם קבלת החלטה על תהליך ההרכבה. יחד עם זאת, המסקנות המובאות להלן מגובות במאמרים מדעיים ובניסויים אמפיריים שבוצעו במפעל ההרכבה.

שני פרמטרים מרכזיים שבאים לידי ביטוי ברכיבים בגרסתם ה"ירוקה" הם הציפוי השונה והעמידות בחום הגבוה הנדרש בעבודה עם משחת הלחמה מסוג Lead Free. בחינה של הרכבת מוצר המאופיין בערוב טכנולוגי חייבת לתת דגש לשני משתנים אלו. הרכבה בטכנולוגיות מעורבות מחולקת לשני תהליכים.

#### ניסטק דיזיין בע"מ

רח' נבטים 12 ת.ד. 7068

א.ת. קרית מטלון

פתח תקוה 49170

טל.: 03-92-92-555

פקס: 03-92-92-550

Email: main@nistec.com

www.nistec.com

BC - Backward Compatibility (הרכבת רכיבי Lead Free בתהליך בדיל-עופרת)  
FC - Forward Compatibility (הרכבת רכיבים המכילים עופרת בתהליך Lead Free)  
מסקנות לגבי איכות ואמינות השמה ב- MIX TECHNOLOGY מאופיינת בחלוקה ברורה בין שני סוגי רכיבים. רכיבי LEADED (נגדים, קבלים וכדומה), רכיבי BGA. כאשר מדובר על רכיבים מסוג LEADED, סוג הציפוי בהרכבו החדש הינו לרוב בדיל בלבד ואינו דורש שינוי בפרופיל ההלחמה. לעומת זאת, ציפוי רכיבי ה- BGA (כדורים, Ball) בהרכבם החדש עשוי מסגסוגת של בדיל-כסף-נחושת (SAC) ומאלץ טמפ' גבוהות יותר לצורך ההרכבה. (ידני/REFLOW)  
בתהליך ההלחמה נוצרת תערובת מתכות המורכבת ממשחת הלחמה וציפוי הרכיבים, תערובת זו מלחימה את הרכיב למעגל המודפס. אחוז ציפוי רכיב ה- LEADED בתערובת הוא 10-20% ומינורי ולעומת זאת, אחוז ציפוי רכיב ה- BGA (כדורים, Ball) בתערובת הוא 70-80%, לאמור, משמעותי, ובעל השפעה רבה על התנהגות התערובת בתהליך ההלחמה. לכן, ערוב טכנולוגי, הן BC והן FC כאשר מדובר על רכיבי LEADED לא מהווה בעיה, ברם, מסקנה זו בהחלט אינה פשוטה עבור רכיבי BGA.

## אז מה הבעיה?

השילוב של, המשקל הגבוה (70-80%~) של כדורי ה- BGA בתערובת עם משחת ההלחמה, אילוצי פרופיל הטמפ' השונה שרכיבים אלו דורשים, יחד עם העלות הגבוהה, מחייב הבטה מעמיקה ואבחון קודם מדויק אשר יצור תוצאה אמינה.  
הרכבת רכיב ה- BGA מסוג LF, כאשר הטמפ' המקסימלית (Peak temp.) הינה פחות מ- 220°C, לא תיצור קריסה ו/או התכה טובה (Collapsed) לכדורי ה- BGA. כתוצאה מכך, לא

ניסטק דיזיין בע"מ  
רח' נבטים 12 ת.ד. 7068  
א.ת. קרית מטלון  
פתח תקוה 49170  
טל.: 03-92-92-555  
פקס: 03-92-92-550  
Email: main@nistec.com  
www.nistec.com

יתאפשר איחוד מיטבי בין כדוריות הרכיב למשחת ההלחמה, ולכן לא תתבצע הלחמה אמינה.

נקודה נוספת חשובה היא רמת זיהום העופרת במעגלים בעלי ערוב טכנולוגי. זיהום גבוה של עופרת (מעל 0.5%~) יכול גורם לבניית שכבה אינטרמטלית נוספת ומיותרת בין הרכיב למעגל המודפס. העניין הוא שלא ניתן להבחין מיידית בתופעה זו ויתכן כי נקבל תוצאות מצוינות ואיכותיות בהלחמה אך לאחר בדיקה של מספר מחזורי חום וקור ניתן להבחין בבעיות אמינות.

### נדרש למצוא פתרונות יצירתיים

הרכבת BGA בערוב טכנולוגי מסוג FC, (הרכבת BGA בדיל-עופרת בתהליך LF) הינה יותר פשוטה מאשר הרכבה מסוג BC. אמנם רמת זיהום העופרת גבוהה, אך הרכיב אינו דורש טמפ' גבוהה להלחמה, וכן עומד (לרוב) בפרופיל הגבוה שקיים בתהליך מסוג LF. לעומת זאת, הרכבת BGA בערוב טכנולוגי מסוג BC (הרכבת LF BGA בתהליך בדיל-עופרת) אינו מומלץ. פרופיל ההלחמה בתהליך בדיל-עופרת לא מותאם לטמפ' הגבוהות הנדרשות בהלחמה של כדורי ה-BGA מסוג LF המכילים בדיל-כסף-נחושת. ברם, ניתן להתגבר חלקית על בעיה זו, בעזרת התאמת פרופיל טמפ' גבוה

(230°C < Min Peak Temp.) אשר יאפשר קריסה ו/או התכה טובה (Collapsed) של כדורי ה-BGA והלחמה באיכות טובה. חברת מוטורולה ביצעה ניסוי המאופיין בהרכבת רכיב BGA מסוג LF עם משחת בתהליך בדיל-עופרת בעזרת התאמת פרופיל, והגיעה לתוצאות משביעות רצון.

פתרון אפשרי נוסף להרכבת רכיבי BGA מטכנולוגיות שונות הוא "הפרד ומשול". לאמור, ביצוע ההשמה בצורה נפרדת. הרכבת סוגי אחד של רכיבי ה-BGA במכונת ה-REFLOW (הסוג הנפוץ יותר) עם התהליך המיטבי עבורם, ואילו את הסוג השני להרכיב לאחר מכן במכונת ה-REWORK, על-ידי התהליכים המיוחדים שהאחרון דורש.

### ניסטק דיזיין בע"מ

רח' נבטים 12 ת.ד. 7068  
א.ת. קרית מטלון  
פתח תקוה 49170  
טל.: 03-92-92-555  
פקס: 03-92-92-550  
Email: main@nistec.com  
www.nistec.com

לסיכום, ערוב טכנולוגי אינו מטרה אלא אילוץ שנכפה על חברות האלקטרוניקה בתקופת המעבר לתעשייה הירוקה. הרכבת המעגל המודפס הוא התהליך המורכב ביותר בערוב הטכנולוגיות. קבלן ה-EMS נדרש לצעוד בשביל הזהב אשר עובר בין היכולת למציאת פתרונות הרכבה יצירתיים עבור הלקוח ובה בעת השגת איכות ואמינות גבוהה.

חברת T.K.S מקבוצת ניסטק כחלוצה בתחום הרכבות ה-LF בישראל, ביצעה עד כה הרכבות LF של מעגלים רבים בתחומים שונים (תקשורת אופטית, RF/IF, תקשורת סלולרית, רפואי). ניסיון זה מעניק לה מציאת פתרונות מותאמים עבור הלקוח בלי להתפשר על דגל האיכות הגבוהה, הנישא בראש כל הרכבה.