

Langzeit-Aufbewahrung von Bauteilen

Wie verpackt man elektronische Bauteile richtig?

Viele Anwender in der Elektronikfertigung stellen sich immer wieder die Frage: Warum und wie müssen wir hochempfindliche Bauteile und Leiterplatten lagern?

Fast schon selbstverständlich ist es heutzutage Halbleiter, Flachbaugruppen und Leiterplatten in einem ESD-Vakuumfeuchtigkeitsperrbeutel mit Hilfe einer Vakuumverpackungsmaschine zu verschweißen. Die meisten Vakuumverpackungsmaschinen arbeiten dabei nach dem gleichen Prinzip: Zuerst legt man das Produkt in einen ESD-Beutel mit Trockenmittel (meist Silikagel) und HIC-Indikatorkarte und legt es dann in die Vakuumkammer. Nach dem Schließen des Deckels evakuiert die Vakuumpumpe die Luft aus Kammer und Beutel. Die Beutelloffnung wird anschließend durch einen Hitzeimpuls in der Siegelschiene und gleichzeitigem Druck verschweißt. Danach strömt wieder Luft in die Kammer und der Vakuumiervorgang ist beendet.

Durch den Entzug der Luft verlangsamt sich die Aktivität der Oxidation, die auf Sauerstoff angewiesen ist. Das führt zu einer längeren Haltbarkeit der Bauteile und sorgt dadurch für einen sicheren Lötprozess.

Auswahlkriterien für Vakuuverpackungsmaschinen

Für kleine Stückzahlen bieten sich Tisch- und Standgeräte an, für große Stückzahlen gibt es auch automatische Maschinen. Gehäuse und Vakuumkammern sollten aus Edelstahl sein. Dann sind sie deshalb besonders langlebig und einfach zu reinigen. Sehr wichtig: Außerdem sollte die Maschine die zertifizierte ESD-Norm EN-61340-5-1 erfüllen, d. h. sich nicht statisch aufladen,

Stufe	Verarbeitungszeit (Zeit außerhalb der Verpackung) bei einer Umgebungsatmosphäre von $\leq 30^\circ\text{C} / 60\% \text{ r.F.}$ oder wie vorgeschrieben
1	Unbegrenzt bei $\leq 30^\circ\text{C} / 85\% \text{ r.F.}$
2	1 Jahr
2a	4 Wochen
3	168 Stunden
4	72 Stunden
5	48 Stunden
5a	24 Stunden
6	Muss vor Gebrauch getrocknet werden. Nach dem Trocknen, muss gelötet werden, in der Zeit die auf dem Label angegeben ist.

Tabelle 1: Verschiedene Stufen der Verarbeitungszeit

um durch diese Ladung das zu verpackende Produkt möglicherweise zu schädigen. Die Größe der Vakuumkammer und damit der Schweißlänge hängt von den zu verpackenden Komponenten ab, z. B. IC-Trays, Tape Reels, IC-Stangen, LP in verschiedenen Formaten etc. Im Zweifelsfall sollte man lieber eine größere Ausführung wählen. Dann kann man u. U. die großen ESD-Beutel nach der Öffnung nochmals wiederverwenden.

Zum Standardzubehör gehören Kunststoffplatten, die man in die Kammer legen kann. So lässt sich das Kammervolumen im Handumdrehen verkleinern und den Vakuumiervorgang beschleunigen. Transparente Kammerdeckel erlauben ein besseres Verfolgen des Vakuumiervorgangs. Standard ist eine automatische Deckelöffnung.

Die Vakuumpumpe

Je größer die Vakuumkammer, desto leistungsfähiger muss die Vakuumpumpe sein. Eine Pumpe mit einer Leistung zwischen 10 und 40 m³/h ist für die Tisch- bzw. Standmaschinen ausreichend. Mit ihr lassen sich etwa zwei bis drei Packungen je nach Beutelgröße pro Minute vakuumieren. Wichtig

ist, dass sich die Vakuumierzeit und die Vakuumhöhe exakt für jedes Produkt und Beuteltyp einstellen lassen.

Die Siegelschiene

Die Länge der Siegelschiene richtet sich nach der Beutelloffnung. Weit verbreitet sind Siegelbalken mit 350 bis 450 mm Länge. In der Regel reicht ein Schweißdraht aus. Wer mehr Sicherheit wünscht, wählt ein Gerät mit zwei parallel liegenden Schweißdrähten. Eine sinnvolle Zusatzausstattung ist ein Trenndraht, der vor dem Schweißdraht angeordnet ist, um den überstehenden Beutelrand durch besonders hohe Temperaturen abzutrennen.

Die Schweißzeit muss variabel einstellbar sein, u. a. wegen unterschiedlicher Beutelstärken. Da die Schweißstäbe gelegentlich erneuert werden müssen, sollte dieser leicht auswechselbar sein und deshalb sollte die Maschine mittels Schweißzylindern für eine optimal Schweißung sorgen.

Die Siedepunkterkennung

Werden feuchte Produkte, wie ICs, Halbleiterprodukte vakuumiert, sinkt durch den Unterdruck in der Vakuumkammer und auch der Siedepunkt von Flüssigkeiten.

AUTOR
 Dipl. Ing (FH) QT Hoang, Geschäftsführer der Hoang-PVM GmbH,
www.hoang-pvm-engineering.com

Es bildet sich eine Flüssigkeit, die sich im Beutel durch Blasenbildung in der Flüssigkeit bemerkbar macht. Dieser Dampf kann auch in die Vakuumpumpe gelangen und diese in Mitleidenschaft ziehen. Um die Pumpe vor den Rosten zu schützen, sind viele Geräte mit einer automatischen Siedepunkterkennung ausgerüstet. Sobald der Siedepunkt erreicht ist, schaltet die Steuerung den Vakuumiervorgang automatisch ab.

Besitzt das Gerät keine Siedepunkterkennung, sollte es zumindest über eine „Vakuum-Stopp-Taste“ verfügen. So kann man den Vakuumiervorgang sofort beenden, wenn sich Blasen bilden. Des Weiteren, sollte die Maschine über einen Service-Modus für die Vakuumpumpe verfügen, um den Flüssigkeitenanteil in der Pumpe über die Abluft auszublasen zu können.

Die Belüftung

Erfolgt die Rückbelüftung der Vakuummkammer zu schnell, kann beim Verpacken von spitzen oder scharfkantigen Produkten der Beutel beschädigt werden und empfindliche Produkte, wie Starr-Flex-Leiterplatten könnten brechen. Mit der Sonderausstattung „Softair“, „Softbelüftung“ oder „progressive Lüftung“ strömt die Luft erst langsam und dann immer schneller ein, so dass sich die Folie sanft um das Produkt legen kann.

Rückbegasung mit Stickstoff

Nach dem Vakuumieren ist es möglich, den ESD-Beutel mit einem Schutzgas, zu meist Stickstoff mit hoher Reinheitsklasse 5.0 (entspricht 10 ppm), zu füllen. Durch die N²-Begasung wird die Haltbarkeit der Bauteile nicht nur besonders lang sondern auch die von dem Druck mechanisch erzeugten Beanspruchung kompensiert. Allerdings ist das Schutzgas relativ teuer. Ob man sich dafür entscheidet, ist von den zu verpackenden spezifischen Produkten abhängig. Zu dem verhindert Stickstoff auch den Oxidationsvorgang und somit wird der Alterungsprozess der BT im ESD-Feuchtigkeitssperrebeutel verlangsamt. Deshalb wird zur Zeit auf Grund der Langzeitlagerung oder Langzeitkonservierung für die fertigen oder weiterzuverarbeitenden feucht und hochgefährdeten MSL-Bauteile viel diskutiert.

Die IPC-JEDEC 033-Norm

Die IPC-JEDEC 033-Norm für Transport und Verpackung von MSL-Komponenten, Flachbaugruppen, LPs stellt eine zentrale Vorschrift dar: Doch wie kann man die BT langfristig in einem ESD-Vakuumfeuchtigkeitssperrebeutel verschweißen und wie geht man vor?

Zunächst sollte man die IPC-JEDEC-Norm 033/020 als Hilfe und technische Info auffassen, die auch als Vorgabe für den Lieferanten dient. Die Langzeitlagerung und Verfügbarkeit von elektronischen Bauelementen bietet zwei Möglichkeiten:

- ▶ Erste Möglichkeit: Kritische BT in einem Trockenlagerschrank mit Stickstoffbeflutung lagern. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Kombination der Absorbierung mit Hilfe der Trockenmitteln und andererseits in der Wirkungsweise des Stickstoffes bezogen auf die Alterungsprozessausdehnung und das Benetzungsverhalten, wenn später gelötet werden muss.
- ▶ Zweite Möglichkeit: Dry-Packing bzw. Vakuumverpacken im ESD-Beutel.

Feuchtigkeitsempfindliche Bauteile müssen in feuchtigkeitsbeständigen Verpackungen mit einem Trocknungsmittel und einem Feuchtigkeitsindikator aufbewahrt werden. Es handelt sich um antistatische, wasserdampfdichte, flexible Verpackungsmaterialien mit einer hohen Durchstoßfestigkeit, Metallbeschichtet und in Materialstärken von 90 bis 180 µm. Diese erfüllen die Norm MIL-B81705C, Type 1 zur korrosionssicheren Einlagerung von elektronischen Bauteilen über einen langen Zeitraum oder für den Überseetransport.

Die Feuchtigkeit diffundiert durch die Gesamtoberfläche durch die Verpackung. Das geringe, in der Verpackung vorhandene Volumen spielt bei Dry-Packing so gut wie keine Rolle. Dry-Packing ist also der einwandfreie Schutz gegen Feuchtigkeit und hilft gegen den Popcorn-Effekt beim Reflowlöten.

Die IPC-Anforderung

Bei 25 °C müssen weniger als < 10 % r. F. aufrecht erhalten werden (bezogen auf IPC Jedec 033 bis July.06). Seit Juli 2006 gelten < 5 % r. F. Die erforderliche Menge berechnet sich mit ▶

Stufe	Trocknen vor dem Verpacken	Feuchtigkeitsdichte Beutel	Trocknungsmittel	MSID* Aufkleber	Warnaufkleber
1	Freigestellt	Freigestellt	Freigestellt	Nicht Erforderlich	Mit Ausnahmen
2	Freigestellt	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
2a - 5a	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
6	Freigestellt	Freigestellt	Freigestellt	Erforderlich	Erforderlich

Tabelle 2: Trockenpackungsanforderungen

$$U = (0,304 \times M \times WVTR \times A) / D$$

wobei

U: Menge an Trocknungsmittel in den Einheiten,

M: Gewünschte Lebensdauer des Trockenbleches in Monaten,

WVTR: Wasserdampf-Übertragungsgeschwindigkeit in Gramm / 100^{m²} in 24 h,

A: Gesamte Fläche des MBB in Quadrat Zoll und

D: die Wassermenge in Gramm, die eine Einheit Trocknungsmittel bei 10 % r. F. aufnimmt (Beutel mit Feuchtigkeitssperre-Trocknungsmittel Silikagel).

Das folgende Beispiel veranschaulicht diese Vorgaben:

6 x 10 MBB (Moiture Barriere Bags bzw. Feuchtigkeitssperrbeutel, 160 mm x 260 mm)

M = 12 Monate,

WVTR = 0,005 g pro 100^{m²}/24 h,

A = 6 x 10 x (2 Seiten) = 120^{m²}

D = 0,77 g

Somit ergibt sich für

$$U = (0,304 \times M \times WVTR \times A) / D$$

$$= (0,304 \times 12 \times 0,005 \times 120) / 0,77$$

U = 2,84 Einheiten

Tabelle 1 zeigt die verschiedenen Stufen der Verarbeitungszeit.

Um eine optimale Verpackung zu gewährleisten, wird Trocknungsmittel (Dessicant) beige packt. Das Trocknungsmittel wird immer in einer Einheit (Unit) angegeben. Die Anzahl der beizulegenden Einheiten hängen von der gewünschten Haltbarkeit (Shelflife) und der Fläche des Beutels ab. Sind die zu verpackenden Bauteile nicht getrocknet worden, sind zusätzliche Einheiten nötig, die wie in der Formel oben errechnet werden. Die Feuchtigkeitsindikatoren (HIC) sollten 3 Punkte zeigen: 5 %, 10 % und 15 % r. F. Ist beim Auspacken der Bauteile der Punkt 10 % r. F. blau, so ist das Bauteil ausreichend trocken. Soll der Beutel nun wieder verschlossen werden, muss das Trocknungsmittel ausgetauscht werden.

Ist der Punkt 5 % rosa und der Punkt 10 % nicht mehr blau, waren die Bauteile Feuchtigkeit ausgesetzt und müssen entsprechend behandelt werden. Die Beutel müssen mit IPC-JEDEC020-Aufklebern samt den erforderlichen Angaben wie BauteileEinstufung, Verpackungsdaten usw. versehen werden (Tabelle 2).

Die kalkulierte Haltbarkeit einer solchen Packung liegt bei mindestens 12 Monaten nach der Versiegelung, bei einer Lagerung in einer nicht feuchten Umgebung bei < 40 °C / 90 % r. F. Bei allen Angaben von Werten ist darauf zu achten, dass mit metrischen und imperialen Werten gearbeitet wird, was bei Nichtbeachtung leicht zu Fehlern führen kann.

Man könnte aus den praxisnahen Erfahrungen die Haltbarkeit von ESD-Beuteln technisch verlängern, indem man die Menge U (TEM: Trockenmittelmenge) für bestimmte Beutelgrößen verdoppelt. Um die Lagerzeit z. B. auf 2 Jahre (2 U) zu verlängern, wählt man entsprechend die doppelte Menge (U = 2 x TEM). Aber das erfordert unbedingt eine visuelle Inspektion der HIC (Humidity Indicator card) bzw. Feuchtigkeitsanzeiger in gezielt festgelegten Abständen.

Die Untersuchungen einiger Firmen weisen darauf hin, dass wegen der Maße, der Schicht-

dicke, verschiedener Basismaterialien und differenzierten Oberflächenbehandlungen der Leiterplatten es zur Zeit nur einen Weg gibt:

Tempern und dann fachgerecht verpacken. Nur so kann eine einwandfreie und optimale Lagerung erzielt werden.

Schlussbemerkung

Bezogen auf das noch unerforschte Thema Langzeitlagerung von elektronischen Bauteile und Leiterplatten über Jahre hinaus gibt es leider noch nicht all zu viele praxisnahe Erfahrungen in bezug auf die mechanische, chemische, elektrische Beanspruchung, fortschreitender Alterungsprozesse, Micro-Crack-Phänome, Benetzungsverhalten und Lötbarkeit von kritischen MSL-Bauteilen beim Lötprozessen, unabhängig von Lötverfahren oder Temperaturbeständigkeit. Das heißt, es bleibt uns vorläufig zumindest die klassische Methode, die ESD-Vakuumfeuchtigkeitsperrbeutel stichprobenartig zu öffnen, zu kontrollieren und FKT durchzuführen, um die Lagerungsqualität der verpackten Komponente sicherzustellen.

Trotzdem gibt es zur Zeit zumindest eine Lösung, vielleicht nicht die optimale, auch nicht die beste Lösung aber zumindest vorläufig eine Lösung – bis eine innovative funktionsfähige Langzeitlagerungsmethodik entwickelt wird, die die Mechanismen bei Langzeitlagerung von Bauelementen in Kombination mit Verpackung, Verarbeitbarkeit und Zuliefern, Bestandsaufnahme und Empfehlungen zur Weiterentwicklung untersucht und als geeignetes Verfahren gefunden werden kann.

Deshalb ist es ratsam, die Vorgaben und Empfehlungen der Lieferanten bis dahin zu befolgen.


infoDIRECT 422pr1007
www.all-electronics.de
▶ Link zu Hoang PMV