

# Znaczenie mycia w produkcji elektroniki dużej mocy

Coraz więcej urządzeń elektronicznych to konstrukcje kategoryzowane jako systemy dużej mocy. Są one coraz szerzej stosowane ze względu na rosnącą popularność pojazdów elektrycznych, instalacji solarnych, zasilania gwarantowanego. Mimo obsługi dużych mocy niezmiennie oczekuje się od nich niewielkich wymiarów, wysokiej sprawności, przez co płytki drukowane są coraz bardziej upakowane i trudniejsze w produkcji.

**E**lektronika mocy jest poddawana działaniu podwyższonej temperatury i pracuje w środowisku o zmieniających się warunkach klimatycznych, przy ekstremalnie wysokich natężeniach prądów i bardzo dużych wymaganiach dotyczących efektywnej wymiany ciepła. Duże obciążenie cieplne wymusza zachowanie najwyższej czystości podczas produkcji, gdyż nawet najmniejsze zanieczyszczenia pozostawione na powierzchni będą degradować użyte materiały, a więc zmniejszą jakość i niezawodność, tak bardzo pożądaną w tych zastosowaniach.

Zanieczyszczenia na płytkach drukowanych i podłożach modułów mocy to warstwy tlenków, pozostałości i rozpryski topników pozostawione po procesie



**Rys. 1.** Mycie w produkcji modułów mocy może być wymagane na dwóch etapach procesu produkcji

lutowania. Rozpryski topników wpływają negatywnie na przyczepność drutu w procesie bondingu, a zanieczyszczenia na podłożu oraz na chipie mogą wywołać korozję lub osłabić konstrukcję mechanicznie. Muszą one zostać całkowicie usunięte, aby zagwarantować najwyższą niezawodność.

## Podstawy

Proces produkcji zawsze składa się z wielu etapów i może być różny w zależności od branży lub wykorzystywanej technologii. Dlatego też mycie może być wymagane na różnych etapach produkcji. W produkcji modułów mocy pierwszym etapem jest przylutowanie struktury krzemowej komponentu do miedzianego podłoża (ramki). Na kolejnym etapie wymagane jest połączenie pól kontaktowych struktury z wyprowadzeniami za pomocą drutów (tzw. wire bonding). Już wówczas może być konieczne mycie. Następnie ramka ze strukturą jest mocowana na radiatorze i zamykana w obudowie termoplastycznej (rys. 1).

## Procedura kwalifikacji

Zazwyczaj w celu określenia niezawodności modułów mocy przeprowadza się testy kwalifikacyjne zgodnie z międzynarodowymi standardami opartymi na normach IEC i Cenelec. Przykłady takich regulacji przedstawiono w tabeli 1.

## Środki do mycia na bazie wody

Chociaż do mycia elektroniki mocy tradycyjnie używano rozpuszczalników organicznych, w ostatnich latach z uwagi na bezpieczeństwo zyskały na

**Tabela 1.** Testy oceny produktu bazujące na normach IEC oraz Cenelec

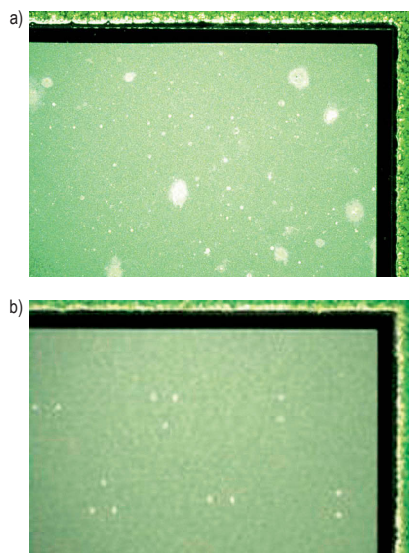
Rodzaj kwalifikacji	Metoda	Warunki testu	Standard kwalifikacji
Ocena środowiskowa			
Szoki termiczne	IEC68-2-14	-40 do +125°C 2 h w każdym ekstremum Czas zmiany temp. 30 s	100 cykli
Szoki mechaniczne	IEC68-2-27	20 g/20 ms Pół sinusoidy	30 szoków 10 w każdej z 3 osi
Wilgotność	IEC60749-5	T <sub>j</sub> = 85°C RH = 85% V <sub>ce</sub> = 80 V V <sub>ge</sub> = 0 V	1000 h
Wibracje	IEC68-2-6	F = 55 do 500 Hz Przyspieszenie 10 g	6 h, 2 h w każdej z 3 wzajemnych osi
Ocena elektryczna			
Cykle mocy	Cenelec	ΔT <sub>j</sub> = 50°C Czas cyklu 2-5 s	1 mln cykli
Przechowywanie w niskich temperaturach	IEC68-2-1	T <sub>a</sub> = -40°C	1000 h
Przechowywanie w wysokich temperaturach	IEC68-2-2	T <sub>a</sub> = 125°C	1000 h
Oporność na wilgoć	IEC68-2-3	T <sub>a</sub> = 60°C, RH = 90%	1000 h
HTRB	--	T <sub>a</sub> = 125°C V <sub>ce</sub> = 0,8V · V <sub>ce</sub> (maks) V <sub>ge</sub> = 0 V	1000 h
HTGB	--	T <sub>a</sub> = 125°C V <sub>ce</sub> = 20 V	1000 h
Przerwane działanie	--	ΔT <sub>c</sub> = 50°C (ΔT <sub>j</sub> = 100°C)	5000 cykli

znaczeniu procesy, gdzie rozpuszczalnikiem jest woda. Wodne środki myjące opracowane specjalnie do aplikacji w energoelektronice zapewniają doskonałą wydajność mycia, kompatybilność materiałową oraz długoterminową niezawodność czyszczonych produktów. Zawierają znacznie mniej lotnych związków organicznych (LZO), a więc są bezpieczniejsze dla personelu. Te stwierdzenia potwierdzone zostały w licznych testach, także w obszarze zapewnienia jakości i niezawodności połączenia wykonanego w technologii bondingu drutowego. Cechuje je także doskonała kompatybilność materiałowa.

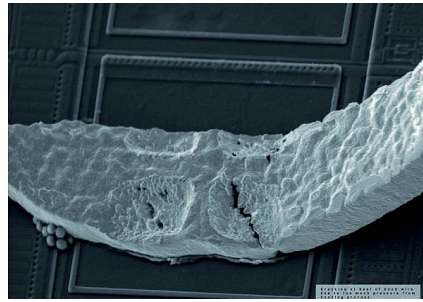
### Bonding drutowy

Istnieją dwa główne problemy, które wpływają na jakość połączenia podczas montażu za pomocą bondingu drutowego. Są to pozostałości topników na podłożu i rozpryski topnika pozostawione na powierzchni chipów (rys. 2). Bez umycia powierzchni chipa, montaż prowadzi do niedostatecznej jakości i często skutkuje niepotrzebnie dużą siłą wymaganą w trakcie procesu łączenia, która prowadzi do pęknięć tzw. pięty połączenia (powierzchni drutu dociskanej do struktury), uszkodzeń chipów lub odrywania drutów (rys. 3–5).

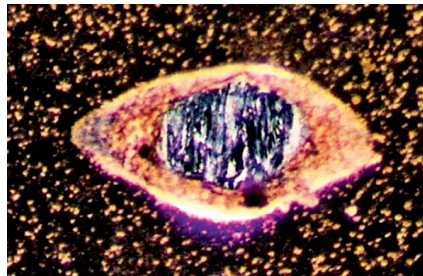
Ważne jest też to, że nieodpowiednie środki myjące mogą prowadzić do silnego utleniania powierzchni podczas mycia tworząc dodatkowe warstwy tlenków na powierzchni. Mogą one powodować problemy podczas łączenia i wpływać negatywnie na wydajność produkcji (rys. 6–7).



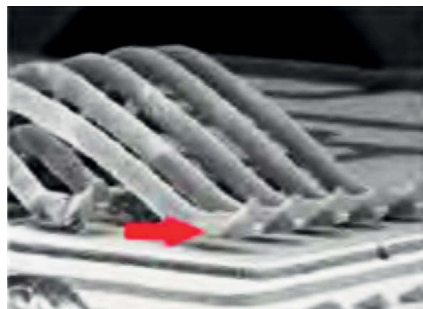
**Rys. 2.** Struktura dioda nie umytej (a) i po myciu (b)



**Rys. 3.** Pęknięcia piętki drutu bondingu

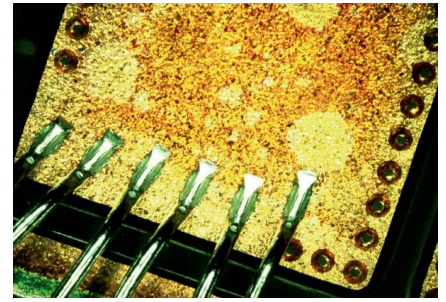


**Rys. 4.** Defekt struktury

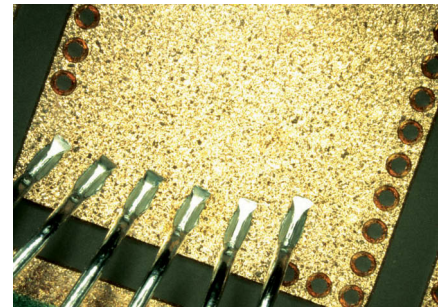


**Rys. 5.** Podnoszenie drutu

Dobrze dobrany proces mycia musi zapewnić doskonałą jakość powierzchni, a więc usuwać wszystkie pozostałości topników po lutowaniu i aktywować utlenione powierzchnie. Testy branżowe przekonują, że wodne środki czyszczące o neutralnym pH umożliwiają osiągnięcie lepszych rezultatów w porównaniu z tradycyjnymi materiałami bazującymi na rozpuszczalnikach organicznych.



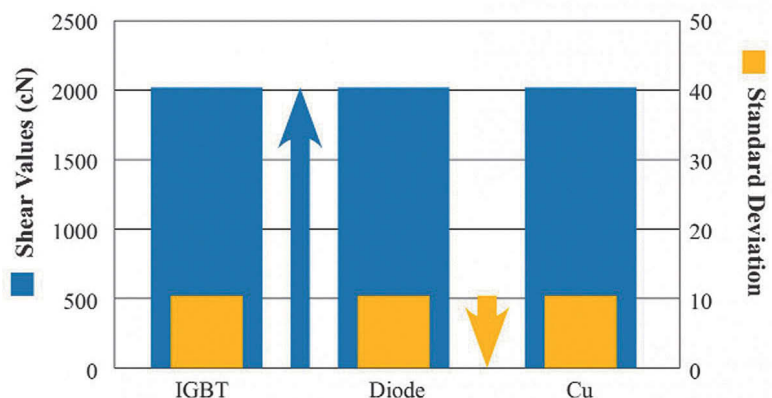
**Rys. 6.** Silnie utlenione powierzchnie miedzi



**Rys. 7.** Połączenie na powierzchni miedzi aktywowanej poprzez mycie

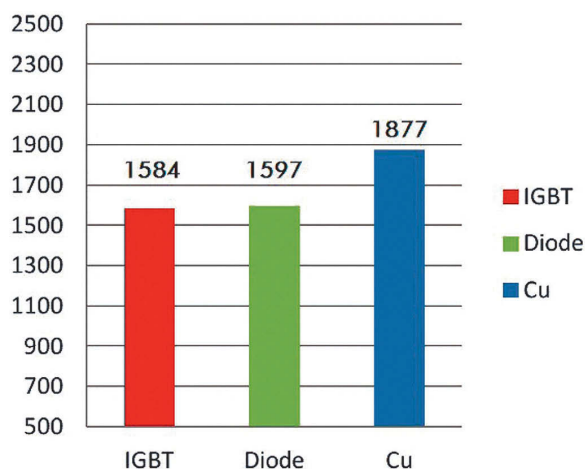
Jakość połączeń powstałych w procesie bondingu drutowego jest zwykle oceniana za pomocą próby ścinania. Stabilny proces z dużymi wartościami siły ścinania i małą wartością odchylenia standardowego, które są wymagane dla zapewnienia wydajności procesu produkcji (rys. 8), to efekt użycia dobrze dobranego środka myjącego. Moduły, które nie przejdą testów ścinania, są stratą dla producenta, bo podłoża są lutowane do radiatora i poprawek montażu się nie wykonuje.

Firma Zestron zbadała wpływ mycia na wartości ścinania drutu bondingu na podłożach, które nie były myte środkiem myjącym i były myte środkiem myjącym mikrofazowym. Wyniki dowiodły, że środki myjące mikrofazowe zwiększają wartości siły ścinania w porównaniu do tych, które były uzyskiwane przy modu-

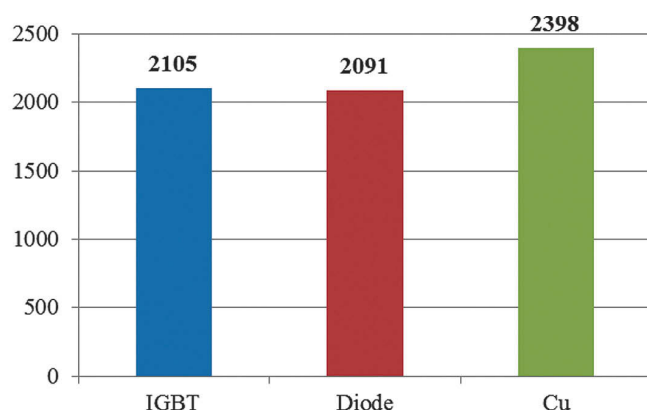


**Rys. 8.** Porównanie wartości siły ścinania dla różnych środków myjących





**Rys. 9.** Wartości siły ścinania dla przykładowych elementów, moduły niemyte



**Rys. 10.** Wartość siły ścinania drutów bondingu w modułach mytych mikrofazowym środkiem myjącym

łach mocy bez uprzedniego umycia (rys. 9–10). Warto też dodać, że zoptymalizowany proces mycia przy użyciu środka na bazie wody, daje możliwość wyeliminowania koniecznej zazwyczaj aktywacji powierzchni przy użyciu plazmy, co prowadzi w efekcie do sporej redukcji kosztów.

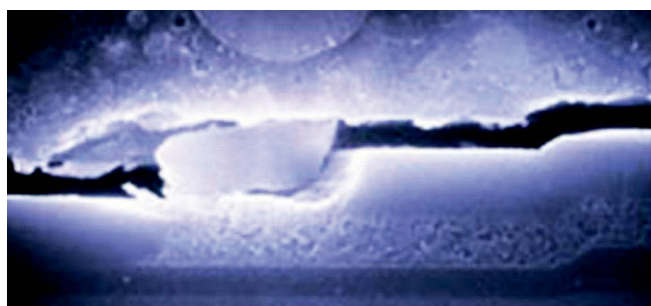
## Testy cykli mocy

Testy cykli mocy są powszechnie stosowaną metodą określania długoterminowej niezawodności urządzeń elektronicznych. Typowe metody badań kwalifikacyjnych tego typu obejmują: szoki termiczne, wstrząsy mechaniczne, testy wilgotności i wibracji, przechowywanie w niskich i wysokich temperaturach, odporność na wilgoć, HTRB, HTGB i przerywane działanie. W obszarze elektroniki dużej mocy moduły są poddawane obciążeniom na podstawie określonych modeli symulujących typowe aplikacje, a ich żywotność mierzona jest zazwyczaj liczbą cykli.

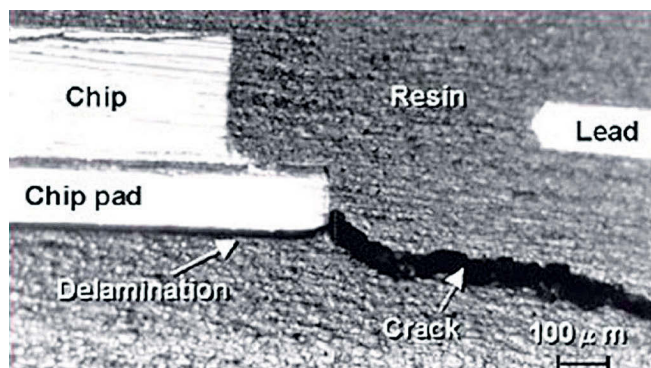
Jeśli moduły nie zostały dobrze umyte, czyli zanieczyszczenia wciąż pozostają na chipach i podłożach, najczęściej nie przejdą testów cykli mocy. Najczęstszą awarią jest w oma-

**Tabela 2.** Problemy związane z kompatybilnością materiałową

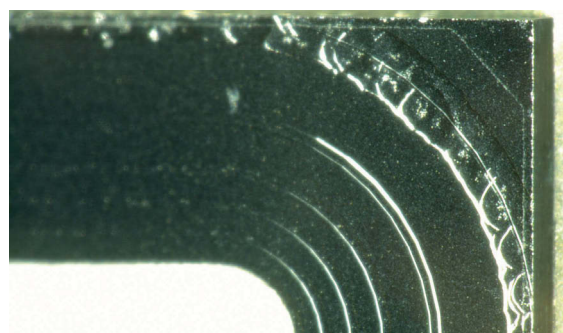
Miejsce	Rodzaj materiału	Możliwe problemy
A	Podłoże niklowe	Przebarwienie
B	Miedź	Utlenienie
C	Miejsce lutowania	Utlenienie
D	Materiał izolujący	Zniszczenie
E	Matryca aluminiowa	Utlenienie



**Rys. 11.** Rozwarstwienie



**Rys. 12.** Rozwarstwienie



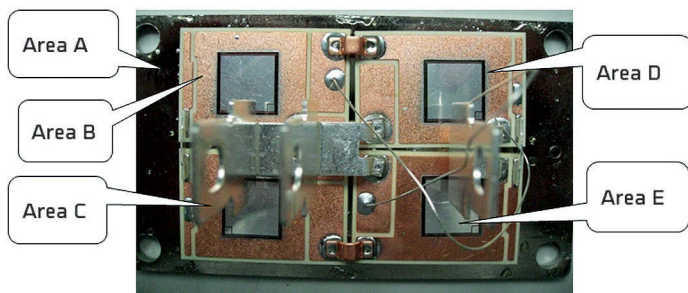
**Rys. 13.** Niekorzystny wpływ środka myjącego na powierzchnię struktury tyrystora



**Rys. 14.** Optymalnie dobrany środek myjący

wianym zakresie podnoszenie się drutów bondingu spowodowane zbyt małą siłą połączenia wynikającą z obecności zanieczyszczeń na powierzchniach. Ponieważ kontakty dużej mocy realizowane są za pomocą kilku drutów połączonych równolegle, gdy jeden drut ulegnie awarii, pozostałe zostają przeciążone, co tworzy proces lawinowy kończący się awarią.

Mycie przed procesem bondingu ma zasadniczy wpływ na wyniki testu cykli mocy. Jeśli pozostałości zostaną usunięte



**Rys. 15.** Problemy związane z kompatybilnością materiałową

w zoptymalizowanym procesie mycia jakość połączenia pozostaje znacząco poprawiona, a niezawodność jest większa.

### Zamykanie w procesie formowania

Mycie wpływa również na jakość procesu zamykania modułu tworzywem termoplastycznym, które nakłada się na podłoże po bondingu w procesie formowania po to, aby chronić chipy przed wpływem środowiska. Zanieczyszczenia odgrywają decydującą rolę w zakresie przyczepności tworzywa, a tym samym mają wpływ na niezawodność. Pozostałości topnika na powierzchni podłoża zmniejszają siły adhezji, co z kolei może prowadzić do rozwarstwienia (rys. 11–12). Pozostałości topników mogą także prowadzić do elektrochemicznej migracji materiałów pod powierzchnią formowaną, skutkując awarią po dłuższym czasie. Mycie zwiększa siły adhezji, zmniejszając defekty związane z rozwarstwianiem.

### Kompatybilność materiałowa

Wydańność mycia jest ważna z punktu widzenia przepustowości linii produkcyjnej i często poruszana w rozmowach. Jednak często pomijalny jest inny bardzo ważny aspekt, jakim jest kompatybilność chemiczna procesu mycia z materiałami użytymi do procesu produkcji modułów. Środki myjące muszą spełniać wymagania dotyczące kompatybilności materiałowej. Dlatego podczas wyboru środka myjącego należy zwrócić uwagę, aby nie niszczył pasywacji chipów oraz nie oddziaływał na powierzchnię podłoża. Niekorzystny wpływ środka myjącego na pasywację struktury tyrystora przedstawiono na rysunku 13–14. Dodatkowe problemy z kompatybilnością materiałową jakie mogą się pojawić przedstawiono szczegółowo na rysunku 15. W praktyce zaleca się przetestowanie nie tylko skuteczności środka myjącego, ale także upewnienie się, że jest on w pełni kompatybilny.

### Podsumowanie

Mycie podzespołów, modułów i zmontowanych płytek drukowanych jest sposobem na zapewnienie ich niezawodności, odporności środowiskowej i powtarzalności procesów produkcyjnych. Zastosowanie dobrze dobranych środków myjących zapewnia najwyższy poziom czystości, a tym samym jest gwarancją zachowania jakości, wydajności i małych kosztów. Tekst był wcześniej opublikowany przez firmę Zestron (zestron.com) na konferencji SMTA International Conference on Soldering and Reliability w Toronto (Kanada), 9–11 maja 2016 r.



## OFERTA PAKIETOWA: MASZYNA + wybrane opcje !



14 - strefowy piec do lutowania rozpliwowego

**HOTFLOW 4/14**

**79.900,- € netto\***



Sitodrukarka  
z optyczną kontrolą  
druku SPI.

**VERSAPRINT 2 ELITE PLUS**

**62.000,- € netto\***

Automat do lutowania  
selektywnego  
w czterech różnych  
konfiguracjach.



**VERSAFLOW 3/35**

**od 111.900, do 142.900,- € netto\***  
w zależności od wybranej opcji.

\* ceny netto, zawierają koszt pakowania, dostawy,  
3 dni instalacji i szkolenia.

Oferta ważna tylko na terenie Polski do 31.12.2020