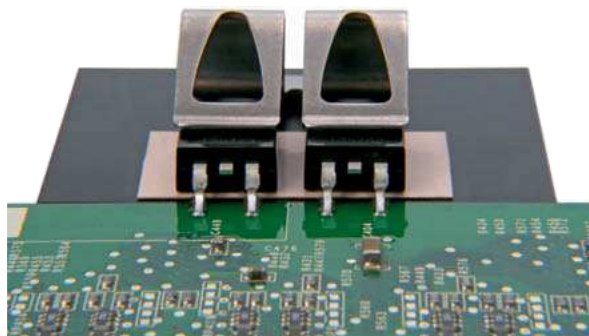


Materiały termoprzewodzące w układach elektronicznych



Ze względu na ciągle postępującą miniaturyzację urządzeń elektronicznych, a przez to rosnącą gęstość mocy w układach półprzewodnikowych, materiały termoprzewodzące stają się kluczowymi elementami zapewniającymi bezawaryjną pracę. Ich znaczenie rynkowe zwiększa się też za sprawą coraz większego znaczenia urządzeń mobilnych, gdzie konieczne jest zapewnienie sprawnego odprowadzania ciepła przy niewielkich wymiarach i masie.

Przy projektowaniu odpowiednio wydajnych i odpornych na działanie czynników środowiskowych systemów chłodzenia, należy wziąć pod uwagę szereg parametrów, spośród których należy wyróżnić: szczególne wymagania bezpieczeństwa min. wymaganą odporność elektryczną (izolację i rezystancję) oraz mechaniczną (palność i odporność na udary mogące spowodować uszkodzenie warstwy izolacyjnej), średnią i maksymalną moc rozpraszaną w elementach. Ważne są również: maksymalna temperatura pracy, maksymalna bezpieczna temperatura chłodzonych elementów, wydajność zewnętrznego układu chłodzenia, gładkość/porowatość powierzchni chłodzącej, zakładany sposób montażu i nakładania materiałów termoprzewodzących. Dodatkowo w urządzeniach wykorzystujących transmisje radiową należy pamiętać o wprowadzonym

tłumieniu sygnału lub modyfikacji parametrów elektrycznych pokrywanych elementów (w praktyce najmniej wpływają na parametry transmisji zalewy silikonowe, np. ACC Silicones QSi553).

Ze względu na koszt i łatwość montażu w wielu przypadkach odpowiednie są materiały w postaci folii. Zazwyczaj nie wymagają zastosowania dodatkowych narzędzi. W przypadku dużych partii produkcyjnych bardziej opłacalne mogą okazać się jednak materiały dozowane maszynowo lub nadrukowywane. Automatyczne nakładanie zapewnia też znacznie większą powtarzalność i kontrolę procesu. Należy zaznaczyć, że powszechnie stosowana pasta silikonowa często nie umożliwia wykonania powtarzalnej warstwy przewodzącej ciepło, a także wykazuje dużą zmienność parametrów w czasie. Można spodziewać się obniżenia żywotności części partii produkcyjnej. Więcej

na ten temat można przeczytać w artykułach udostępnianych na stronie internetowej firmy Hala Contec.

Parametry materiałów termoprzewodzących

Parametry charakteryzujące materiały termoprzewodzące: podstawowymi są przewodnictwo cieplne oraz impedancja termiczna, ale bardzo istotnie mogą być również właściwości elektryczne tj. odporność na przebicie/izolacja elektryczna i przenikalność elektryczna.

Przewodność cieplna (jednostka W/m·K wat na metr razy kelwin) – dla ciała o kształcie prostopadłościanu przewodzącego ciepło w warunkach stanu stabilnego (ustalonego), które stanowi przegrodę dla przepływu ciepła, ilość przekazanej energii jest zależna od materiału, proporcjonalna do powierzchni przekroju poprzecznego przegrody, różnicy

Tabela. Typy materiałów termoprzewodzących

Typ	Przykładowe materiały	Stan skupienia	Zalety	Wady
Pasta	ACC Silicones: SG501, SG502	Pasta	Dobre wypełnienie szczelin, niska impedancja termiczna	Mała powtarzalność procesu, brak izolacji elektrycznej
Phase change	Hala Contec: TPC-W-PC	Stały, pasta, lepka konsystencja	Dobre wypełnienie szczelin, niska impedancja termiczna, stabilność czasowa	Wymagany docisk, brak izolacji, wymaga utwardzenia w wyższej temp.
Folie silikonowe, gap fillery	HALA Contec: TFO-J-SI, TFO-X-SI TGF-DXS-SI, TGF-JUS-SI, TGF-W-SI	Stały elastomer	Łatwy montaż, stabilność czasowa, gwarantowana izolacja elektryczna	Wymagany docisk, przy grubych warstwach duża rezystancja termiczna
Zalewy, żywice, gap fillery – dozowane	ACC Silicones: QSi553, SE3000, SE2010 Hala Copntec: TDG-L-SI-2C Robnor Resins Lab: EL171H, PX439XS, PX901C Copaltec: ST25, ST28	Płynny, gęsta ciecz, pasta	Dobry kontakt termiczny, wypełnienie szczelin, izolator	Skomplikowany proces, wymaga specjalizowanego oprzyrządowania
Kleje	ACC Silicones: AS1802, AS1803, AS1406, AS1420, AS2701	Gęsta ciecz, pasta	Dobry kontakt termiczny, wypełnienie szczelin Nie wymagają docisku	Brak możliwości demontażu
Taśmy PSA	HALA Contec: TAT-K-AC, TAT-M-SI	Stały + klej	Nie wymaga docisku, izolacja elektryczna	Niska przewodność cieplna
Folie grafitowe	HALA Contec: TFO-S-CB	Stały	Bardzo wysoka przewodność cieplna, stabilność czasowa	Wymagany dobry docisk, brak izolacji elektrycznej

temperatur oraz czasu przepływu ciepła i odwrotnie proporcjonalna do grubości przegrody:

$$\lambda = Q / t \cdot d / (S \cdot \Delta T) \quad [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$$

– współczynnik przewodnictwa cieplnego, gdzie Q – ilość ciepła przepływającego przez ciało, t – czas przepływu, S – pole przekroju, przez który przepływa ciepło, ΔT – różnica temperatur w kierunku przewodzenia ciepła i d – grubość przegrody.

Impedancja termiczna – wyrażona w $^{\circ}C \cdot cm^2 / W$ (cal^2 / W) – różnica temperatur pomiędzy elementem wydzielającym ciepło a elementem chłodzącym, wartość impedancji zależy od siły docisku oraz wielkości i jakości łączonych powierzchni.

Wybór właściwego rozwiązania układu chłodzenia wymaga wzięcia pod uwagę wielu parametrów. W przypadku aplikacji o wymaganym przedłużonym czasie działania ważna jest też ich stabilność czasowa tj. min. podatność na wysychanie i odporność na ścieranie czy wibracje. Na przewodnictwo termiczne mają wpływ własności mechaniczne takie jak twardość i grubość warstwy. Przed wyborem materiału trzeba więc określić, na jakie narażenia mechaniczne będzie narażona warstwa termoprzewodząca, a także jak duże odkształcenia musi ona wypełnić, aby nie doprowadzić do powstania luk powietrznych, znacząco pogarszających przewodnictwo termiczne.

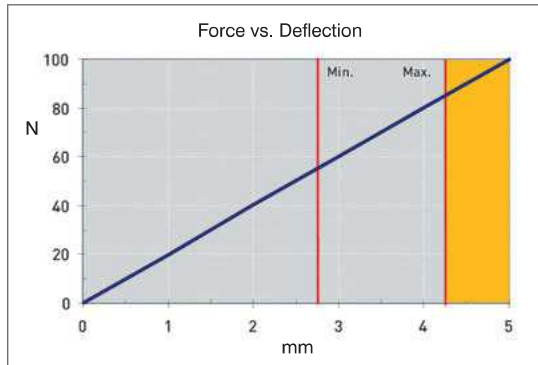
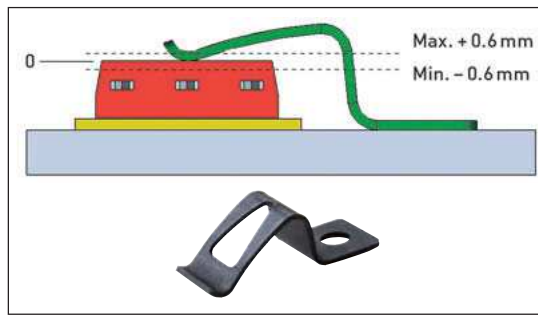
Obliczenia

W przypadku elementu o znanej powierzchni i określonych stratach mocy rezystancję termiczną podkładki termoprzewodzącej można określić, korzystając z zamieszczonych w katalogu producenta wykresów (wartość zależy również od siły docisku). Najprostszym sposobem zapewnienia stałej siły docisku jest zastosowanie sprężystego elementu o zdefiniowanych parametrach w funkcji wielkości odkształcenia np. Hala Clip TO 220-1.

Wymaganą rezystancję termiczną materiału termoprzewodzącego można obliczyć ze wzoru:

$$R_{th} = (T_j - T_{hsink}) / P - R_{thj-c} \quad [W/^{\circ}C],$$

gdzie: T_j – dopuszczalna temperatura złącza półprzewodnikowego, P – moc strat w elemencie, T_{hsink} – temperatura zewnętrznego radiatora/powierzchni chłodzącej, R_{thj-c} – rezystancja termiczna złącza półprzewodnikowego do obudowy.

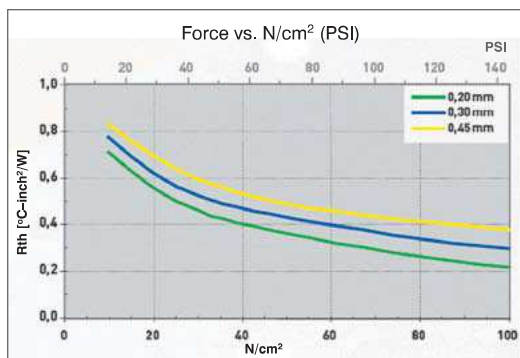


Należy pamiętać o tym, że kluczowym parametrem jest nie temperatura obudowy elementu T_c , ale wewnętrzna temperatura złącza T_j .

Przykładowo dla tranzystora MOSFET w obudowie TO-220 o mocy strat 25 W, przymocowanego do radiatora o $R_{thsink} = 1^{\circ}C / W$ i temperaturze $50^{\circ}C$, możemy obliczyć:

$$R_{th} = (150^{\circ}C - 50^{\circ}C) / 25 W - 1^{\circ}C / W = 3^{\circ}C / W$$

– dla $R_{thj-c} = 1^{\circ}C / W$ i założonej temperaturze złącza $T_j = 150^{\circ}C$ (dla MOSFET $T_{jmax} = 175^{\circ}C$).



Powierzchnia tranzystora w obudowie TO-220 wynosi $150 mm^2$. Wartość rezystancji termicznej podkładki jest zazwyczaj podana dla powierzchni $1 cal^2$ ($645 mm^2$), stąd obliczoną wartość należy pomnożyć przez $0,23$ ($150 mm^2 / 645 mm^2$). Wynika z tego, że materiał o powierzchni $1 cal^2$ powinien mieć rezystancję termiczną równą $R_{th}(cal^2) = 0,23 \cdot 3^{\circ}C / W = 0,69^{\circ}C / W$ (cal^2). Zakładając, że tranzystor mocowany jest sprężyną Hala Clip TO 220-1 o sile docisku

55–85 N (ciśnieniu 35–55 N/cm² lub 50...80 PSI) odpowiednim materiałem może być TFO-O300-SI o rezystancji $R_{th}(cal^2) = 0,6^{\circ}C / W$ (cal^2) dla ciśnienia 30 PSI.

Często zdarza się, że nie można dostatecznie dokładnie obliczyć mocy strat P w elemencie. Jej wartość może zostać wyznaczona przez pomiar w ustalonych warunkach temperatury obudowy elementu (T_c) oraz temperatury radiatora (T_{hsink} – o możliwie niskiej rezystancji termicznej i dużej pojemności cieplnej). Wymagane jest zastosowanie podkładki termicznej o znanym parametrze R_{th} . Ze względu na dokładność nie powinien on być zbyt niski, aby mierzona różnica temperatur była zmierzona z wystarczającą dokładnością.

Moc strat w tym przypadku wynosi $P = (T_c - T_{hsink}) / R_{th}$. Do obliczeń mocy można też wykorzystać rezystancję termiczną radiatora i temperaturę otoczenia, ale ze względu na zmienne warunki chłodzenia radiatora wynik może być obciążony dużym błędem.

Aby nie dopuścić do uszkodzenia złącza w przypadku elementów przełączających, należy uwzględnić nie tylko średnie, ale też szczytowe straty mocy. Wszystkie analizy powinny brać pod uwagę pojemność cieplną a pomiary temperatury należy wykonywać po termicznej stabilizacji systemu (co może trwać nawet kilka godzin).

Przedstawiony przykład opisuje najprostszą przypadłość użycia materiałów termoprzewodzących. Dla bardziej złożonych systemów do analizy termicznej można użyć oprogramowania symulacyjnego wykorzystującego metodę elementów skończonych MES.

Barbara Ligenza



Firma Handlowo Usługowa
BL elektronik

ul. Rydla 57/17, 30-122 Kraków
tel./faks 12 357 63 78, tel. 696 483 020
info@blelektronik.com.pl
www.blelektronik.com.pl