

PORADNIK PROJEKTANTA PCB

Projektowanie obwodów drukowanych wielowarstwowych

Firma Nanotech Elektronik Sp. z o.o. jest profesjonalnym dostawcą obwodów drukowanych dowolnego typu i klasy złożoności.

Dostarczamy obwody drukowane dowolnych typów:

- Jedno-/dwustronne
- Wielowarstwowe (do 28 warstw)
- Wielowarstwowe HDI z laserowym wierceniem mikroprzełotek
- Elastyczne i sztywno-elastyczne
- Na rdzeniu aluminiowym
- Z laminatów do RF i mikrofalowego zakresu (Rogers, Arlon)

Spis treści

1. Kiedy warto używać wielowarstwowych obwodów drukowanych
2. Od czego zależą koszty obwodów drukowanych
3. Polecane stosy warstw
 - 3.1 Czterowarstwowe obwody drukowane
 - 3.2 Sześciowarstwowe obwody drukowane
 - 3.3 Ośmiowarstwowe obwody drukowane
 - 3.4 Dziesięciowarstwowe obwody drukowane
 - 3.5 Dwunastowarstwowe obwody drukowane
 - 3.6 Czternastowarstwowe obwody drukowane
 - 3.7 Szesnastowarstwowe obwody drukowane
4. Metody wypełnienia przelotek
5. Grubość miedzi w przypadku płytek wielowarstwowych
6. Kontakty

Rozdział I. Kiedy warto używać wielowarstwowych obwodów drukowanych.

Zajmując się obwodami drukowanymi przez wiele lat, zwróciliśmy uwagę, że projektanci często uważają, że użycie wielowarstwowych obwodów drukowanych jest spowodowane wyłącznie wysoką gęstością połączeń, a dodatkowe warstwy są wprowadzane, w tym przypadku, gdy trasowania połączeń nie można wykonać na mniejszej ilości warstw.

Jednak oprócz tego oczywistego faktu, że ilość warstw trasowania zależy od ilości i gęstości połączeń, istnieje wiele innych sytuacji, kiedy korzystanie z wielowarstwowych obwodów drukowanych jest nie tylko zalecane, a często jest niezbędne, nawet w przypadku kiedy płytkę drukowaną można zaprojektować z mniejszą ilością warstw lub nawet jako dwustronną.

Przed wszystkim ważnym kryterium wyboru liczby warstw do trasowania są właściwości elektryczne przewodników płytki drukowanej w zakresie wyższych częstotliwości.

Obecnie coraz więcej urządzeń elektronicznych ma do czynienia z wysokimi prędkościami transmisji danych. Dlatego przewodnik na płycie drukowanej to już nie tylko połączenie elektryczne, a raczej linia transmisji z określoną wartością impedancji falowej. Przy czym, w celu zapewnienia integralności (brak zniekształceń i odbić) sygnałów cyfrowych o wysokiej częstotliwości musimy kontrolować dokładną wartość impedancji przewodnika, w taki sposób, aby ona się zgadzała z obliczeniami na etapie projektowania.

Kontrola impedancji z wymaganą dokładnością jest możliwa tylko w przypadku wielowarstwowych obwodów drukowanych, z wewnętrznymi płaszczyznami odniesienia (uziemia/zasilania) zapewniającymi efektywny podział prądów zwrotnych.

Czasami projektanci próbują obliczyć impedancję ścieżek na dwustronnej płycie drukowanej, jest to jednak błędem, ponieważ w praktyce osiągnięcie wymaganej dokładności 5%-10% nie jest możliwe, z powodu rozrzutu parametrów laminatów i braku możliwości regulacji odległości pomiędzy warstwą sygnałową a płaszczyzną odniesienia.

Innym ważnym atutem wielowarstwowych obwodów drukowanych jest odporność na zakłócenia elektromagnetyczne, a także możliwość zmniejszenia poziomu własnego promieniowania elektromagnetycznego. Prawdłowo zaprojektowana struktura warstw pozwala nie tylko zapewnić optymalne charakterystyki falowe linii transmisji na płytce, ale także ekranować najbardziej wrażliwe na zakłócenia ścieżki sygnałowe, zmniejszyć poziom szumu własnego, zminimalizować pasożytnicze straty energii, a tym samym zapewnić optymalny tryb cieplny pracy urządzenia elektronicznego.

Często można zwiększyć stabilność pracy urządzenia elektronicznego oraz zwiększyć jego wydajność, przechodząc od opcji dwustronnej płytki drukowanej do czterowarstwowej, dodając wewnętrzne ciągłe płaszczyzny miedzi do zasilania i uziemienia. Czasami dla pomyślnej certyfikacji urządzenia wystarczy zoptymalizować płytkę drukowaną, bez istotnych zmian w schemacie.

Drugą stroną medalu wielowarstwowych obwodów drukowanych jest wzrost kosztów wraz ze wzrostem liczby warstw, a także wymagań dotyczących zdolności produkcyjnych producentów.

Jednakże, jeśli dobrze rozumie się, jakie czynniki i jak wpływają na wzrost kosztów wielowarstwowej płytki drukowanej, można zaprojektować ją w najbardziej optymalny sposób i osiągnąć skuteczne rozwiązanie za przystępną cenę.

Dalej, w następnym rozdziale pokażemy, jakie czynniki i w jakim stopniu wpływają na koszty produkcji obwodów drukowanych.

Rozdział II. Od czego zależą koszty obwodów drukowanych

W poprzednim wydaniu naszej broszury powiedzieliśmy, że obwody drukowane wielowarstwowe składają się z jednego lub kilku rdzeni (cienki laminat szklano-epoksydowy z dwoma warstwami miedzi), kilku warstw prepregów oraz zewnętrznych warstw miedzi w postaci miedzianej folii. Prepregi są używane do przyklejania wszystkich warstw pomiędzy sobą.

Można stwierdzić, że koszty zależą od ilości rdzeni – im jest ich więcej, tym drożej kosztuje produkcja obwodu drukowanego.

W zależności od tego, w jaki sposób są zaprojektowane połączenia międzywarstwowe, płytka drukowana może zawierać otwory metalizowane, czyli przelotki, również przejściowe jak i ślepe oraz zagrzebane. Przypominaliśmy także podstawową zasadę – otwory metalizowane uda się zrobić wyłącznie pomiędzy warstwami miedzi na rdzeniu lub przygotowanego pakietu ze rdzeni z przyklejonymi za pomocą prepregów warstwami miedzi.

W tym przypadku chodzi o cykle wiercenia i kolejnej metalizacji. A liczba takich cykli jest również jednym z głównych cenowych kryteriów, które wpływają na koszt wielowarstwowej płytki drukowanej.

W ten sposób możemy sformułować zasadę: przy tej samej ilości warstw tańsza będzie płytka z mniejszą ilością rdzeni i, odpowiednio, z mniejszą ilością cykli wiercenia oraz metalizacji.

W przypadku płytek drukowanych o dużej gęstości połączeń często trzeba używać kilka dodatkowych warstw sygnałowych. Szczególnie często taka sytuacja występuje w przypadku stosowania układów BGA z dużą liczbą padów. Aby wyprowadzić sygnały od nóżek BGA, projektanci wprowadzają przelotki przejściowe pomiędzy padami układu BGA, i, z racji dużej gęstości otworów przelotowych metalizowanych, są zmuszeni używać dodatkowo 2 - 3 - 4 warstw do trasowania sygnałów.

Wszystko to prowadzi do wzrostu kosztów produkcji kosztem większej liczby rdzeni lub większej ilości cykli szeregowej metalizacji.

Należy mieć na uwadze, że w takich sytuacjach alternatywą jest przejście na technologię HDI (patrz. nasze poprzednie wydanie).

Technologia HDI pozwala zmniejszać liczbę warstw sygnałowych w płytce drukowanej za pomocą mikroprzelotek i przelotek w padzie (Via-in-pad). W ten sposób korzystanie z początkowo droższej technologii HDI może doprowadzić w rezultacie do niższej ceny płytki drukowanej poprzez wykorzystanie mniejszej ilości warstw, niż w przypadku realizacji tej samej płytki w technologii tradycyjnej.

Dokładną analizę granicy ceny między zwykłą płytką drukowaną z dużą ilością warstw i płytką w technologii HDI przeprowadzić trudno. Polecamy na etapie projektowania zwrócić się z prośbą o poradę do producenta.

W sprawie projektowania struktur płytek HDI polecamy sprawdzić naszą broszurę **Obwody drukowane HDI – podstawy projektowania**.

Rozdział III. Polecane stopy warstw

Aby prawidłowo zaprojektować wielowarstwowy obwód drukowany trzeba dokładnie przemyśleć budowę stosu warstw (layer stack-up). Konieczność planowania stosu warstw wynika z jednej strony z możliwości technologicznych każdej produkcji, a z drugiej z wymagań dotyczących właściwości elektrycznych samego odvodu drukowanego.

Trzeba pamiętać że płytka wielowarstwowa składa się z kombinacji rdzeni, prepregów i warstw folii miedzianej. Do dyspozycji projektujących w naszym magazynie mamy wybór wyżej wymienionych materiałów i zalecamy korzystać z tabeli dla odpowiedniego doboru składników:

Wybór materiałów do planowania stosów warstw

Standardowa grubość miedzi	1	9 μm
	2	18 μm
	3	35 μm
	4	50 μm
	5	70 μm

Standardowa grubość prepregu	1	1080 (0,075 mm)
	2	2116 (0,105 mm)
	3	7628 (0,185 mm)
	4	7628 (0,216 mm)

Standardowa grubość rdzenia	1	0,1 mm
	2	0,13 mm
	3	0,21 mm
	4	0,25 mm
	5	0,36 mm
	6	0,51 mm
	7	0,71 mm
	8	1,0 mm
	9	1,2 mm
	10	1,6 mm
	11	2,0 mm
	12	2,4 (2,5) mm
	13	3,2 mm

Poniżej podaliśmy najbardziej rozpowszechnione warianty stosów warstw obwodów drukowanych. Zaznaczyliśmy najbardziej cenowo optymalnych wariantów znacznikiem „Polecamy”.

Czterowarstwowe obwody drukowane

		Wymagana grubość: 0,5 +/- 0,1 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 1	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP 1			18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
	INT 1 2		1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
	INT 2 3			130	Rdzeń
				35	Miedź
	BOTTOM 4		1x2116	105	Prepreg
			18	Folia miedziana	
SMB			18-25	Galwanizacja	
			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 0,46 mm

		Wymagana grubość: 0,8 +/- 0,1 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 2	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP 1			18-25	Galwanizacja
				18	Miedź
	INT 1 2		1x1080	75	Prepreg
			1x2116	105	Prepreg
	INT 2 3			35	Miedź
				250	Rdzeń
	BOTTOM 4			35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	SMB		1x1080	75	Prepreg
			18	Miedź	
			18-25	Galwanizacja	
			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 0,71 mm

		Wymagana grubość: 1,0 +/- 0,1 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 3	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
	INT 1	2	2x1080	150	Prepreg
				35	Miedź
				510	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			2x1080	150	Prepreg
BOTTOM	4		18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
	SMB			20	Maska lutownicza
Przybliżona grubość po prasowaniu: 0,89 mm					

		Wymagana grubość: 1,6 +/- 0,15 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 4	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
			1x1080	75	Prepreg
	INT 1	2	1x7628	185	Prepreg
				35	Miedź
				1000	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
			1x1080	75	Prepreg
	BOTTOM	4		18	Folia miedziana
			18-25	Galwanizacja	
	SMB			20	Maska lutownicza
Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,54 mm					

		Wymagana grubość: 2,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 5	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
			2x1080	150	Prepreg
	INT 1	2		35	Miedź
				1600	Rdzeń
				35	Miedź
	INT 2	3		150	Prepreg
			2x1080	150	Prepreg
	BOTTOM	4		18	Folia miedziana
				18-25	Galwanizacja
	SMB			20	Maska lutownicza

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,92 mm

		Wymagana grubość: 2,5 +/- 0,2 mm				
	Warstwa			Grubość, um	Materiał	
Nr. 6	SMT			20	Maska lutownicza	
	TOP	1		18-25	Galwanizacja	
				18	Folia miedziana	
			1x1080	75	Prepreg	
			1x2116	105	Prepreg	
	INT 1	2		35	Miedź	
				2000	Rdzeń	
		INT 2	3		35	Miedź
				1x2116	105	Prepreg
				1x1080	75	Prepreg
	BOTTOM	4		18	Folia miedziana	
				18-25	Galwanizacja	
	SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,41 mm

		Wymagana grubość: 3,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 7	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
			1x1080	75	Prepreg
	INT 1	2	1x7628	185	Prepreg
				35	Miedź
				2400	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
			1x1080	75	Prepreg
BOTTOM	4		18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,95 mm

Czterowarstwowe obwody drukowane (polecane)

		Wymagana grubość: 1,6 +/- 0,1 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 8	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
			1x2116	105	Prepreg
	INT 1	2		35	Miedź
				1200	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	BOTTOM	4		18	Folia miedziana
				18-25	Galwanizacja
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,54 mm

Sześciowarstwowe obwody drukowane

Wymagana grubość: 0,7 +/- 0,1 mm

Warstwa	Grubość, um	Materiał
SMT	20	Maska lutownicza
TOP 1	18-25	Galwanizacja
	18	Folia miedziana
INT 1 2	1x2116 105	Prepreg
	18	Miedź
	130	Rdzeń
INT 2 3	18	Miedź
	1x2116 105	Prepreg
INT 3 4	18	Miedź
	130	Rdzeń
INT 4 5	18	Miedź
	1x2116 105	Prepreg
BOTTOM 6	18	Folia miedziana
	18-25	Galwanizacja
SMB	20	Maska lutownicza

Przybliżona grubość po prasowaniu: 0,68 mm

Wymagana grubość: 0,8 +/- 0,1 mm

Warstwa	Grubość, um	Materiał
SMT	20	Maska lutownicza
TOP 1	18-25	Galwanizacja
	18	Folia miedziana
INT 1 2	1x2116 105	Prepreg
	35	Miedź
	130	Rdzeń
INT 2 3	35	Miedź
	1x2116 105	Prepreg
INT 3 4	35	Miedź
	130	Rdzeń
INT 4 5	35	Miedź
	1x2116 105	Prepreg
BOTTOM 6	18	Folia miedziana
	18-25	Galwanizacja
SMB	20	Maska lutownicza

Przybliżona grubość po prasowaniu: 0,75 mm

		Wymagana grubość: 1,0 +/- 0,1 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 3	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
			2x1080	150	Prepreg
	INT 1	2		35	Miedź
				210	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	INT 3	4		35	Miedź
				210	Rdzeń
	INT 4	5		35	Miedź
			2x1080	150	Prepreg
	BOTTOM	6		18	Folia miedziana
				18-25	Galwanizacja
	SMB			20	Maska lutownicza

Przybliżona grubość po prasowaniu: 0,96 mm

		Wymagana grubość: 1,6 +/- 0,1 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 4	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
			1x1080	75	Prepreg
			1x7628	185	Prepreg
	INT 1	2		35	Miedź
				360	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 3	4		35	Miedź
			360	Rdzeń	
	INT 4	5		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
			1x1080	75	Prepreg
	BOTTOM	6		18	Folia miedziana
				18-25	Galwanizacja
	SMB			20	Maska lutownicza

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,56 mm

		Wymagana grubość: 2,0 +/- 0,2 mm				
	Warstwa			Grubość, um	Materiał	
Nr. 5	SMT			20	Maska lutownicza	
	TOP 1			18-25	Galwanizacja	
				18		Folia miedziana
	INT 1 2		1x1080	75		Prepreg
			1x7628	185		Prepreg
				35		Miedź
				510		Rdzeń
	INT 2 3			35		Miedź
			1x7628	185		Prepreg
	INT 3 4		1x1080	75		Prepreg
				35		Miedź
				510		Rdzeń
				35		Miedź
	INT 4 5		1x7628	185		Prepreg
		1x1080	75		Prepreg	
			18		Folia miedziana	
			18-25		Galwanizacja	
BOTTOM 6			20	Maska lutownicza		
SMB						

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,92 mm

		Wymagana grubość: 2,4 +/- 0,2 mm				
	Warstwa			Grubość, um	Materiał	
Nr. 6	SMT			20	Maska lutownicza	
	TOP 1			18-25	Galwanizacja	
				18		Folia miedziana
	INT 1 2		1x1080	75		Prepreg
			1x7628	185		Prepreg
				35		Miedź
				710		Rdzeń
	INT 2 3			35		Miedź
			1x7628	185		Prepreg
	INT 3 4		1x1080	75		Prepreg
				35		Miedź
				710		Rdzeń
				35		Miedź
	INT 4 5		1x7628	185		Prepreg
		1x1080	75		Prepreg	
			18		Folia miedziana	
			18-25		Galwanizacja	
BOTTOM 6			20	Maska lutownicza		
SMB						

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,32 mm

		Wymagana grubość: 3,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 7	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP 1			18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
	INT 1 2		1x1080	75	Prepreg
			1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				1200	Rdzeń
	INT 2 3			35	Miedź
	INT 3 4		1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				1200	Rdzeń
	INT 4 5			35	Miedź
		1x2116	105	Prepreg	
BOTTOM 6		1x1080	75	Prepreg	
			18	Folia miedziana	
SMB			18-25	Galwanizacja	
			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,92 mm

Sześciowarstwowe obwody drukowane (polecane)

		Wymagana grubość: 1,6 +/- 0,15 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 8	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP 1			18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
	INT 1 2		1x7628	185	Prepreg
				35	Miedź
				400	Rdzeń
	INT 2 3			35	Miedź
	INT 3 4		2x2116	210	Prepreg
				35	Miedź
				400	Rdzeń
	INT 4 5			35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
BOTTOM 6			18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,55 mm

		Wymagana grubość: 1,6 +/- 0,15 mm			
	Warstwa		Grubość, um	Materiał	
Nr. 9	SMT		20	Maska lutownicza	
	TOP	1	18-25	Galwanizacja	
			18	Folia miedziana	
	INT 1	2	1x2116	Prepreg	
			35	Miedź	
			500	Rdzeń	
	INT 2	3		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 3	4		35	Miedź
				500	Rdzeń
	INT 4	5		35	Miedź
	BOTTOM	6	1x2116	105	Prepreg
			18-25	Folia miedziana	
			20	Galwanizacja	
	SMB			Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,57 mm

Ośmiowarstwowe obwody drukowane

		Wymagana grubość: 1,0 +/- 0,1 mm			
	Warstwa		Grubość, um	Materiał	
Nr. 1	SMT		20	Maska lutownicza	
	TOP	1	18-25	Galwanizacja	
			18	Folia miedziana	
	INT 1	2	1x2116	105	Prepreg
				18	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 2	3		18	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	INT 3	4		18	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 4	5		18	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
INT 5	6		18	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT 8	9		18	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
BOTTOM	10		18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
	SMB		20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 0,96 mm

		Wymagana grubość: 1,6 +/- 0,15 mm			
	Warstwa		Grubość, um	Material	
Nr. 2	SMT		20	Maska lutownicza	
	TOP 1		18-25	Galwanizacja	
			18	Folia miedziana	
	INT 1 2		2x1080	150	Prepreg
				35	Miedź
				250	Rdzeń
	INT 2 3			35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 3 4			35	Miedź
					210
	INT 4 5			35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 5 6			35	Miedź
					250
INT 6 7		2x1080	35	Miedź	
			150	Prepreg	
BOTTOM 8			18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,56 mm

		Wymagana grubość: 2,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa		Grubość, um	Material	
Nr. 3	SMT		20	Maska lutownicza	
	TOP 1		18-25	Galwanizacja	
			18	Folia miedziana	
	INT 1 2		1x1080	75	Prepreg
			1x2116	105	Prepreg
	INT 1 2			35	Miedź
					360
	INT 2 3			35	Miedź
			2x1080	150	Prepreg
	INT 3 4			35	Miedź
					360
	INT 4 5			35	Miedź
			2x1080	150	Prepreg
	INT 5 6			35	Miedź
				360	Rdzeń
INT 6 7			35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
INT 6 7		1x1080	75	Prepreg	
	BOTTOM 8		18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,92 mm

		Wymagana grubość: 2,4 +/- 0,2 mm			
	Warstwa		Grubość, um	Material	
Nr. 4	SMT		20	Maska lutownicza	
	TOP	1	18-25	Galwanizacja	
			18	Folia miedziana	
	INT 1	2	2x1080	150	Prepreg
				35	Miedź
				510	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 3	4		35	Miedź
					510
	INT 4	5		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 5	6		35	Miedź
					510
INT 6	7	2x1080	35	Miedź	
			150	Prepreg	
BOTTOM	8		18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,37 mm

		Wymagana grubość: 3,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa		Grubość, um	Material	
Nr. 5	SMT		20	Maska lutownicza	
	TOP	1	18-25	Galwanizacja	
			18	Folia miedziana	
	INT 1	2	2x1080	150	Prepreg
				35	Miedź
				710	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 3	4		35	Miedź
					710
	INT 4	5		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 5	6		35	Miedź
					710
INT 6	7	2x1080	35	Miedź	
			150	Prepreg	
BOTTOM	8		18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,98 mm

Dziesięciowarstwowe obwody drukowane

		Wymagana grubość: 1,3 +/- 0,15 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 1	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
	INT 1	2	1x2116	105	Prepreg
				18	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 2	3		18	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	INT 3	4		18	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 4	5		18	Miedź
		1x2116	105	Prepreg	
	INT 5	6		18	Miedź
			130	Rdzeń	
	INT 6	7		18	Miedź
		1x2116	105	Prepreg	
	INT 7	8		18	Miedź
			130	Rdzeń	
	INT 8	9		18	Miedź
		1x2116	105	Prepreg	
	BOTTOM	10		18	Folia miedziana
				18-25	Galwanizacja
	SMB			20	Maska lutownicza

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,24 mm

		Wymagana grubość: 1,6 +/- 0,15 mm		
	Warstwa		Grubość, um	Materiał
Nr. 2	SMT		20	Maska lutownicza
	TOP	1	18-25	Galwanizacja
			18	Folia miedziana
			2x1080	Prepreg
	INT 1	2	150	Miedź
			35	
			130	Rdzeń
	INT 2	3	35	Miedź
			1x2116	Prepreg
	INT 3	4	105	Miedź
			35	
			210	Rdzeń
	INT 4	5	35	Miedź
			1x2116	Prepreg
INT 5	6	105	Miedź	
		35		
		210	Rdzeń	
INT 6	7	35	Miedź	
		1x2116	Prepreg	
INT 7	8	105	Miedź	
		35		
		130	Rdzeń	
INT 8	9	35	Miedź	
		2x1080	Prepreg	
BOTTOM	10	150	Folia miedziana	
		18	Galwanizacja	
		18-25		
SMB		20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,58 mm

		Wymagana grubość: 2,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa		Grubość, um	Materiał	
Nr. 3	SMT		20	Maska lutownicza	
	TOP	1	18-25	Galwanizacja	
			18	Folia miedziana	
			2x1080	150	Prepreg
	INT 1	2	35	Miedź	
				210	Rdzeń
	INT 2	3	35	Miedź	
			1x7628	185	Prepreg
	INT 3	4	35	Miedź	
				210	Rdzeń
	INT 4	5	35	Miedź	
			1x7628	185	Prepreg
	INT 5	6	35	Miedź	
				210	Rdzeń
INT 6	7	35	Miedź		
		1x7628	185	Prepreg	
INT 7	8	35	Miedź		
			210	Rdzeń	
INT 8	9	35	Miedź		
		2x1080	150	Prepreg	
BOTTOM	10	18	Folia miedziana		
		18-25	Galwanizacja		
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,94 mm

		Wymagana grubość: 2,4 +/- 0,2 mm			
		Warstwa		Grubość, um	Materiał
Nr. 4	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
			1x1080	75	Prepreg
	INT 1	2	1x7628	185	Prepreg
				35	Miedź
				250	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 3	4		35	Miedź
				250	Rdzeń
	INT 4	5		35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 5	6		35	Miedź
			250	Rdzeń	
INT 6	7		35	Miedź	
		1x7628	185	Prepreg	
INT 7	8		35	Miedź	
			250	Rdzeń	
INT 8	9		35	Miedź	
		1x7628	185	Prepreg	
		1x1080	75	Prepreg	
BOTTOM	10		18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,32 mm

		Wymagana grubość: 3,0 +/- 0,2 mm				
		Warstwa		Grubość, um	Materiał	
Nr. 5		SMT		20	Maska lutownicza	
		TOP	1	18-25	Galwanizacja	
				18	Folia miedziana	
				1x1080	75	Prepreg
		INT 1	2	1x7628	185	Prepreg
					35	Miedź
					360	Rdzeń
		INT 2	3		35	Miedź
				1x7628	185	Prepreg
		INT 3	4		35	Miedź
					360	Rdzeń
		INT 4	5		35	Miedź
				2x7628	370	Prepreg
		INT 5	6		35	Miedź
				360	Rdzeń	
	INT 6	7		35	Miedź	
			1x7628	185	Prepreg	
	INT 7	8		35	Miedź	
				360	Rdzeń	
	INT 8	9		35	Miedź	
			1x7628	185	Prepreg	
			1x1080	75	Prepreg	
	BOTTOM	10		18	Folia miedziana	
				18-25	Galwanizacja	
	SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,93 mm

Dwunastowarstwowe obwody drukowane

		Wymagana grubość: 1,6 +/- 0,15 mm			
	Warstwa		Grubość, um	Material	
Nr. 1	SMT		20	Maska lutownicza	
	TOP	1	18-25	Galwanizacja	
			18	Folia miedziana	
			1x2116	105	Prepreg
	INT 1	2	35	Miedź	
				130	Rdzeń
	INT 2	3	35	Miedź	
			1x2116	105	Prepreg
	INT 3	4	35	Miedź	
				130	Rdzeń
	INT 4	5	35	Miedź	
			1x2116	105	Prepreg
	INT 5	6	35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT 6	7	35	Miedź		
		1x2116	105	Prepreg	
INT 7	8	35	Miedź		
			130	Rdzeń	
INT 8	9	35	Miedź		
		1x2116	105	Prepreg	
INT 9	10	35	Miedź		
			130	Rdzeń	
INT 10	11	35	Miedź		
		1x2116	105	Prepreg	
BOTTOM	12	18	Folia miedziana		
		18-25	Galwanizacja		
SMB		20	Maska lutownicza		

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,65 mm

		Wymagana grubość: 2,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa		Grubość, um	Materiał	
Nr. 2	SMT		20	Maska lutownicza	
	TOP	1	18-25	Galwanizacja	
			18	Folia miedziana	
			2x1080	150	Prepreg
	INT 1	2	35	Miedź	
				130	Rdzeń
	INT 2	3	35	Miedź	
			1x2116	105	Prepreg
	INT 3	4	35	Miedź	
				210	Rdzeń
	INT 4	5	35	Miedź	
			1x2116	105	Prepreg
INT 5	6	35	Miedź		
			210	Rdzeń	
INT 6	7	35	Miedź		
		1x2116	105	Prepreg	
INT 7	8	35	Miedź		
			210	Rdzeń	
INT 8	9	35	Miedź		
		1x2116	105	Prepreg	
INT 9	10	35	Miedź		
			130	Rdzeń	
INT 10	11	35	Miedź		
		2x1080	150	Prepreg	
BOTTOM	12	18	Folia miedziana		
		18-25	Galwanizacja		
	SMB		20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,94 mm

		Wymagana grubość: 2,4 +/- 0,2 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 3	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP 1			18-25	Galwanizacja
					18
	INT 1 2		1x1080	75	Prepreg
			1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				210	Rdzeń
	INT 2 3			35	Miedź
			1x7628	185	Prepreg
	INT 3 4			35	Miedź
				210	Rdzeń
	INT 4 5			35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	INT 5 6			35	Miedź
			210	Rdzeń	
INT 6 7			35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
INT 7 8			35	Miedź	
			210	Rdzeń	
INT 8 9			35	Miedź	
		1x7628	185	Prepreg	
INT 9 10			35	Miedź	
			210	Rdzeń	
INT 10 11			35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
		1x1080	75	Prepreg	
BOTTOM 12			18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,32 mm

		Wymagana grubość: 3,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 4	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP 1			18-25	Galwanizacja
					18
	INT 1 2		1x1080	75	Prepreg
			1x2116	105	Prepreg
	INT 2 3			35	Miedź
				360	Rdzeń
	INT 3 4			35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	INT 4 5			35	Miedź
				360	Rdzeń
	INT 5 6		1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
	INT 6 7			360	Rdzeń
			35	Miedź	
INT 7 8		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
INT 8 9			360	Rdzeń	
			35	Miedź	
INT 9 10		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
INT 10 11			360	Rdzeń	
			35	Miedź	
BOTTOM 12		1x2116	105	Prepreg	
			75	Prepreg	
SMB			18-25	Galwanizacja	
			18	Miedź	
			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,94 mm

Czternastowarstwowe obwody drukowane

		Wymagana grubość: 2,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 1	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
	INT 1	2	1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	INT 3	4		35	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 4	5		35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	INT 5	6		35	Miedź
				130	Rdzeń
INT 6	7		35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
INT 7	8		35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT 8	9		35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
INT 9	10		35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT10	11		35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
INT11	12		35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT 12	13		35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
BOTTOM	14		18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 1,95 mm

		Wymagana grubość: 2,5 +/- 0,2 mm				
		Warstwa		Grubość, um	Materiał	
Nr. 2		SMT		20	Maska lutownicza	
		TOP	1	18-25	Galwanizacja	
				18	Folia miedziana	
		INT 1	2	2x1080	150	Prepreg
					35	Miedź
					210	Rdzeń
		INT 2	3		35	Miedź
				1x2116	105	Prepreg
		INT 3	4		35	Miedź
					210	Rdzeń
		INT 4	5		35	Miedź
				1x2116	105	Prepreg
		INT 5	6		35	Miedź
					210	Rdzeń
	INT 6	7		35	Miedź	
			1x2116	105	Prepreg	
	INT 7	8		35	Miedź	
				210	Rdzeń	
	INT 8	9		35	Miedź	
			1x2116	105	Prepreg	
	INT 9	10		35	Miedź	
				210	Rdzeń	
	INT10	11		35	Miedź	
			1x2116	105	Prepreg	
	INT11	12		35	Miedź	
				210	Rdzeń	
	INT 12	13		35	Miedź	
			2x1080	150	Prepreg	
	BOTTOM	14		18	Folia miedziana	
				18-25	Galwanizacja	
	SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,48 mm

		Wymagana grubość: 3,0 +/- 0,2 mm				
		Warstwa		Grubość, um	Materiał	
Nr. 3	SMT			20	Maska lutownicza	
	TOP	1		18-25	Galwanizacja	
				18	Folia miedziana	
	INT 1	2		1x1080	75	Prepreg
				1x7628	185	Prepreg
				35	Miedź	
				210	Rdzeń	
	INT 2	3		35	Miedź	
	INT 3	4		1x7628	185	Prepreg
					35	Miedź
				210	Rdzeń	
	INT 4	5		35	Miedź	
	INT 5	6		1x7628	185	Prepreg
					35	Miedź
			210	Rdzeń		
INT 6	7		35	Miedź		
INT 7	8		1x7628	185	Prepreg	
				35	Miedź	
			210	Rdzeń		
INT 8	9		35	Miedź		
INT 9	10		1x7628	185	Prepreg	
				35	Miedź	
			210	Rdzeń		
INT10	11		35	Miedź		
INT11	12		1x7628	185	Prepreg	
				35	Miedź	
			210	Rdzeń		
INT 12	13		35	Miedź		
BOTTOM	14		1x7628	185	Prepreg	
			1x1080	75	Prepreg	
			18	Folia miedziana		
			18-25	Galwanizacja		
SMB				20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 3,0 mm

Szesnastowarstwowe obwody drukowane

		Wymagana grubość: 2,2 +/- 0,2 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 1	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP	1		18-25	Galwanizacja
				18	Folia miedziana
	INT 1	2	1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 2	3		35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	INT 3	4		35	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 4	5		35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
	INT 5	6		35	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 6	7		35	Miedź
			1x2116	105	Prepreg
INT 7	8		35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT 8	9		35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
INT 9	10		35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT10	11		35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
INT11	12		35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT13	13		35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
INT14	14		35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT 15	15		35	Miedź	
		1x2116	105	Prepreg	
BOTTOM	16		18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,18 mm

		Wymagana grubość: 2,5 +/- 0,2 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 2	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP 1			18-25	Galwanizacja
					18
	INT 1 2		1x1080	75	Prepreg
			1x7628	185	Prepreg
				35	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 2 3			35	Miedź
	INT 3 4		1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 4 5			35	Miedź
	INT 5 6		1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				130	Rdzeń
	INT 6 7			35	Miedź
INT 7 8		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT 8 9			35	Miedź	
INT 9 10		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT10 11			35	Miedź	
INT11 12		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT13 13			35	Miedź	
INT14 14		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
			130	Rdzeń	
INT 15 15			35	Miedź	
BOTTOM 16		1x7628	185	Prepreg	
		1x1080	75	Prepreg	
			18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,48 mm

		Wymagana grubość: 3,0 +/- 0,2 mm			
	Warstwa			Grubość, um	Materiał
Nr. 3	SMT			20	Maska lutownicza
	TOP 1			18-25	Galwanizacja
					18
	INT 1 2		1x1080	75	Prepreg
			1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				210	Rdzeń
	INT 2 3			35	Miedź
	INT 3 4		1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				210	Rdzeń
	INT 4 5			35	Miedź
	INT 5 6		1x2116	105	Prepreg
				35	Miedź
				210	Rdzeń
	INT 6 7			35	Miedź
INT 7 8		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
			210	Rdzeń	
INT 8 9			35	Miedź	
INT 9 10		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
			210	Rdzeń	
INT10 11			35	Miedź	
INT11 12		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
			210	Rdzeń	
INT13 13			35	Miedź	
INT14 14		1x2116	105	Prepreg	
			35	Miedź	
			210	Rdzeń	
INT 15 15			35	Miedź	
BOTTOM 16		1x2116	105	Prepreg	
		1x1080	75	Prepreg	
			18	Folia miedziana	
			18-25	Galwanizacja	
SMB			20	Maska lutownicza	

Przybliżona grubość po prasowaniu: 2,95 mm

Rozdział IV. Metody wypełnienia przelotek

Jeżeli na płycie drukowanej otwory metalizowane przeznaczone do montażu elementów przewlekanych zawsze pozostają otwarte z pod maski przeciw lutowniczej, to w razie wykonania przelotek trzeba dodatkowo zdecydować się na sposób ich wykonania – zostawić otwartymi z pod maski, ukryć maską czy dodatkowo wypełnić wewnętrzny kanał odpowiednim materiałem.

Zwykle decyzja jest podejmowana na podstawie takich rzeczy, jak to czy jest niezbędny bezpośredni dostęp do przelotek umożliwiający sprawdzanie elektrycznych sygnałów lub ewentualne późniejszą naprawę, czy istnieje ryzyko zwarcia pomiędzy otwartą miedzią przelotki oraz jakimś innym elementem przewodzącym, czy wymagane jest dodatkowe odprowadzenie ciepła przez przelotki od nadmiernie grzejącego się podzespołu elektronicznego.

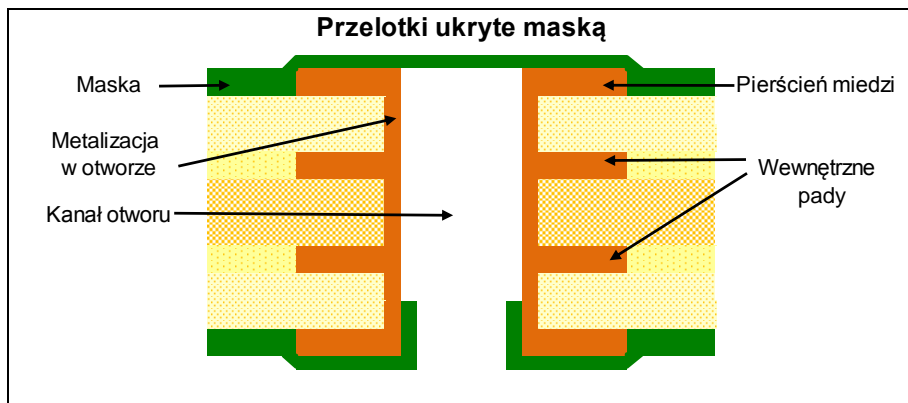
W każdym razie istnieje możliwość stosowania jednego z kilku podejść: pozostawić przelotki otwartymi z pod maski, ukryć przelotki maską przeciw lutowniczą (z ang. via tenting), wypełnić przelotki maską lub nieprzewodzącą żywicą (z ang. mask plugged via), wypełnić przelotki przewodzącą pastą lub miedzią (z ang. plated via). Jak zawsze różne podejścia mają zalety i wady.

Najdroższy wariant to wypełnienie przelotek przewodzącymi materiałami lub miedzią. Jednocześnie ich wadą jest różniący się od laminatu współczynnik rozszerzalności, co powodują ryzyko powstania defektów. Dlatego taka technologia jest używana wyłącznie w razie ścisłych wymagań co do przewodności cieplnej przelotek.

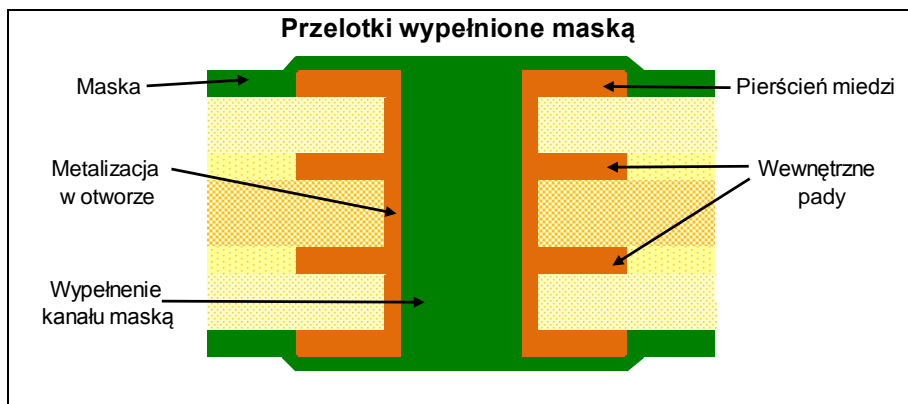
Poniżej podaliśmy krótki opis stosowanych technologii.

Przelotki ukryte maską. To jest najtańsza i najprostsza technologia. Zgodnie z nią otwór przelotki oraz pierścień miedzi są ukryte maską przeciw lutowniczą. Przy tym nie podejmuje się żadnych prób aby wypełnić bezpośrednio kanał otworów. Przelotki o średnicy 0.3 mm i mniej będą gwarantowane ukryte, natomiast o średnicach 0.4 - 0.6 mm najwiarygodniej też uda się ukryć, ale z mniejszym prawdopodobieństwem. Wszystkie otwory powyżej tych średnic będą raczej miały przecieki i będą ukryte tylko częściowo.

Głównym celem pokrycia przelotek maską jest zabezpieczenie przed zwarciami pomiędzy padami przelotek oraz innymi elementami przewodzącymi.

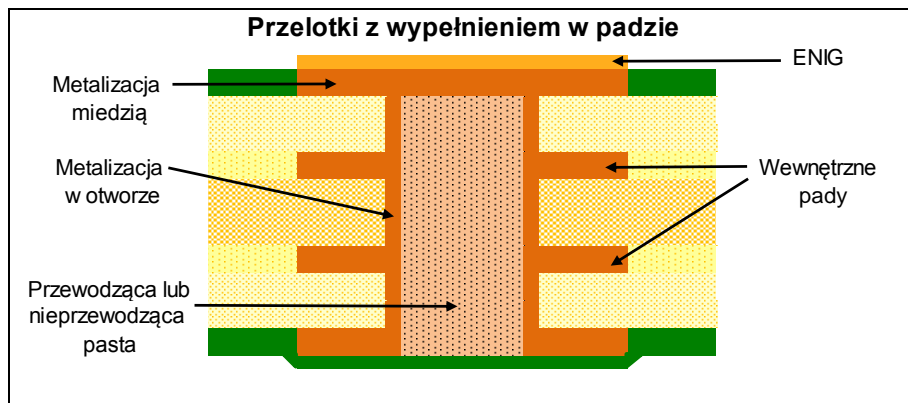


Przelotki wypełnione maską przeciw lutowniczą. W ramach danej technologii przelotki są całkowicie ukryte maską, również kanały otworów są wypełnione maską od środka. Taką technologią stosuje się w przypadku projektów z BGA kiedy istnieje zagrożenie zwarcia podczas lutowania pomiędzy blisko usytuowanymi przelotkami a padami układu BGA.

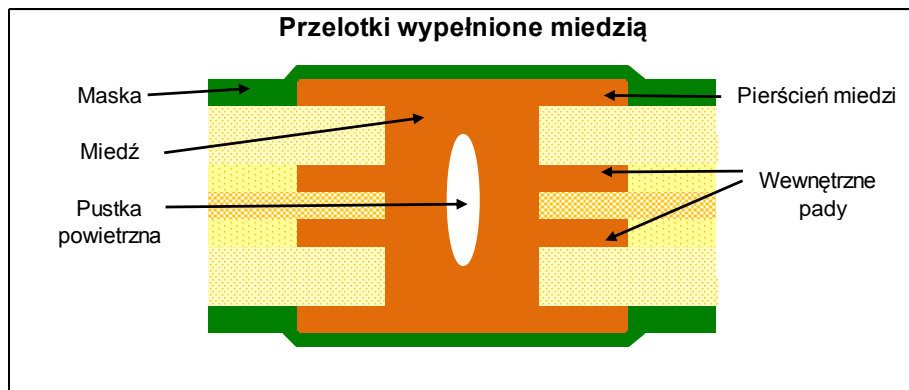


Przelotki z wypełnieniem w padzie (Via in active pad). Taką technologią coraz częściej stosuje się w projektach z BGA z małym rastrem. Przy tym przelotki są umieszczane bezpośrednio w padach lutowniczych układu, co pozwala zaoszczędzić powierzchnię obwodu drukowanego i ułatwić trasowanie sygnałów. Otwory przelotek są wypełnione przewodzącymi lub nieprzewodzącymi materiałami. Po wypełnieniu otworów powierzchnia przelotek pokrywa się metalem, co powoduje dobrą płaszczyznę stykową i ułatwia lutowanie nawet najbardziej skomplikowanych podzespołów.

Dobór materiałów przewodzących bądź nieprzewodzących polega z jednej strony na wymaganiach co do odprowadzenia ciepła, a z drugiej strony, na jak najbardziej bezpiecznych połączeniach międzywarstwowych, ponieważ materiały nieprzewodzące mają lepiej dostosowany do laminatów współczynnik rozszerzalności cieplnej, niż materiały przewodzące. Taka sytuacja wpływa na ryzyko rozwarstwienia w przypadku nadmiernie grzejących się podzespołów elektronicznych. W sumie technologia ta nie jest skomplikowana.



Przelotki wypełnione miedzią. Jak wynika z nazwy w kanałach otworów nanosi się miedź co polepsza przewodność cieplną oraz przewodność elektryczną. Ale dużą wadą tej technologii jest ciężko osiągalna trójwymiarowa równomierność pokrycia kanału przelotki, co powoduje ryzyko powstania pustek z powietrzem, które podczas lutowania będą odgazowywały naruszając jednolitość połączeń. Ponadto technologia jest trudniejsza w realizacji i dlatego jest droższa.



Na etapie złożenia zamówienia bądź zapytania ofertowego polecamy zaznaczyć jaką technologię jest potrzebna, ponieważ różnią się one cenowo.

Rozdział V. Grubość miedzi w przypadku płytek wielowarstwowych

Do wewnętrznych warstw obwodów drukowanych stosują się materiały z podstawową grubością miedzi 18 lub 35 mikronów. Grubość tej miedzi w trakcie wytwarzania obwodu drukowanego nie zmienia się ponieważ podczas metalizacji po etapach prasowania pakietów do niej nie ma dostępu.

Do wewnętrznych warstw można używać materiały z miedzią o grubości 9...35 mikronów. Jednak trzeba brać pod uwagę, że podczas metalizacji miedź nanosi się również w otworach jak i na całą powierzchnie panelu, co powoduje powiększenie grubości zewnętrznych warstw o kolejnych 10...25 mikronów. Skutkiem tego ostateczna grubość miedzi na zewnętrznych warstwach może osiągać 18..70 mikronów.

Wybór grubości folii miedzianej zależy od wymagań co do szerokości przewodników i odstępów pomiędzy elementami przewodzącymi na płytce drukowanej.

Poniżej są podane graniczne parametry przewodników/odstępów dla różnych grubości miedzi:

Grubość miedzi w warstwach wewnętrznych, μm	Przewodnik/odstęp w warstwach wewnętrznych, nie mniej niż, mm
18	0,075
35	0,1

Grubość miedzi w warstwach zewnętrznych, μm	Przewodnik/odstęp w warstwach zewnętrznych, nie mniej niż, mm
18	0,075
35	0,1
70	0,15
105	0,3

Rozdział VI. Kontakty

W razie jakichkolwiek pytań zachęcamy do kontaktu z nami. Dzięki temu zawsze uzyskacie Państwo wyczerpujące informacje zarówno w zakresie projektowania i konstrukcji obwodów, jak również praktyczne informacje określające czas wykonania i dostawy obwodów. Zawsze chętnie i z przyjemnością dzielimy się naszą wiedzą oraz doświadczeniem, a także dbamy o najwyższą jakość wykonywanych przez nas obwodów, co może potwierdzić grono naszych klientów w kraju jak i poza granicami.

Bardzo chętnie przygotujemy również szczegółowy kosztorys wytworzenia obwodów drukowanych. Dzięki temu będziecie Państwo mogli od razu po wykonaniu projektu poznać koszt produkcji zarówno pierwszej partii prototypowej, jak również zapoznać się z kosztami produkcji seryjnej.

Więcej informacji dotyczącej obwodów drukowanych znajdą Państwo na naszej stronie internetowej – www.nanotech-elektronik.pl

W rozdziale pomocy technicznej można pobrać w pdf-e pierwszy numer naszej broszury - "Poradnik projektanta PCB".

Nasze biuro znajduje się w Warszawie przy ulicy Aleje Jerozolimskie 214.

Można skontaktować się z nami telefonicznie pod numerem **(+48) 338 338 338**, lub napisać do nas wiadomość na e-mail adres biuro@nanotech-elektronik.pl

Z poważaniem,

Zespół Nanotech Elektronik Sp. z o.o.