

CENTRUM INNOWACJI MONTAŻU ITR

Wytyczne dotyczące konstrukcji płytek drukowanych przeznaczonych do wysokozaawansowanego montażu powierzchniowego

W Centrum Innowacji Montażu ITR uruchomiono nową linię technologiczną montażu powierzchniowego, w której skład wchodzi urządzenia montażowe nowej generacji takie jak:

- sitodrukarka do nanoszenia pasty lutowniczej typu AccuFlex MPM firmy SpeedLine Technology
- wysokozaawansowany automat do osadzania podzespołów elektronicznych FUJI AIM
- pięciostrefowy piec konwekcyjny do lutowania rozplwowego typu VIP70 firmy BTU.

Zapewnienie wykonania wysokiej jakości montażu oraz krótkoterminowa realizacja zamówienia wymagają odpowiedniego przygotowania procesu montażu. Wiąże się to z odpowiednim przygotowaniem płytki drukowanej jeszcze na etapie projektu. Należy zadbać o to by płytka drukowana zawierała odpowiednie elementy pozwalające na zautomatyzowany proces montażu, takie jak:

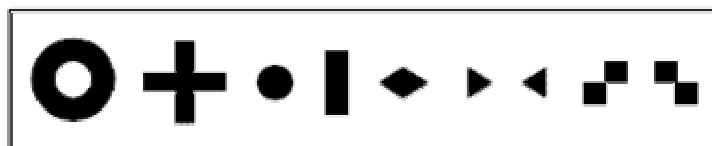
- znaczniki optyczne
- odpowiednie odmaskowanie pól lutowniczych

1 Znaczniki optyczne

Znacznik optyczny jest elementem charakterystycznym znajdującym się na płytce drukowanej, którego wzór tworzony jest na użytek systemu pozycjonowania. Pełni on rolę wspólnego punktu odniesienia, który wykorzystywany jest podczas wszystkich etapów procesu montażu. Znacznik optyczny i mozaika obwodu drukowanego powinny być wykonywane w tym samym procesie fotochemigrafii, dzięki czemu zachowuje się ścisłą korelację pomiędzy położeniem znaczników optycznych i położeniem mozaiki obwodu drukowanego płytki.

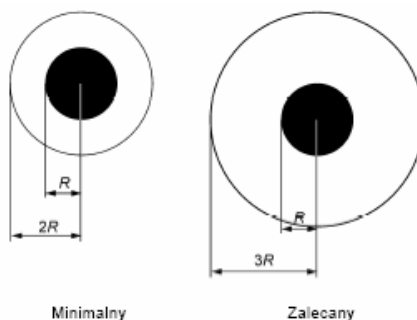
1.1 Wielkość i kształt znaczników optycznych

Zalecane są określone kształty znacznika optycznego (patrz rysunek 1.1).

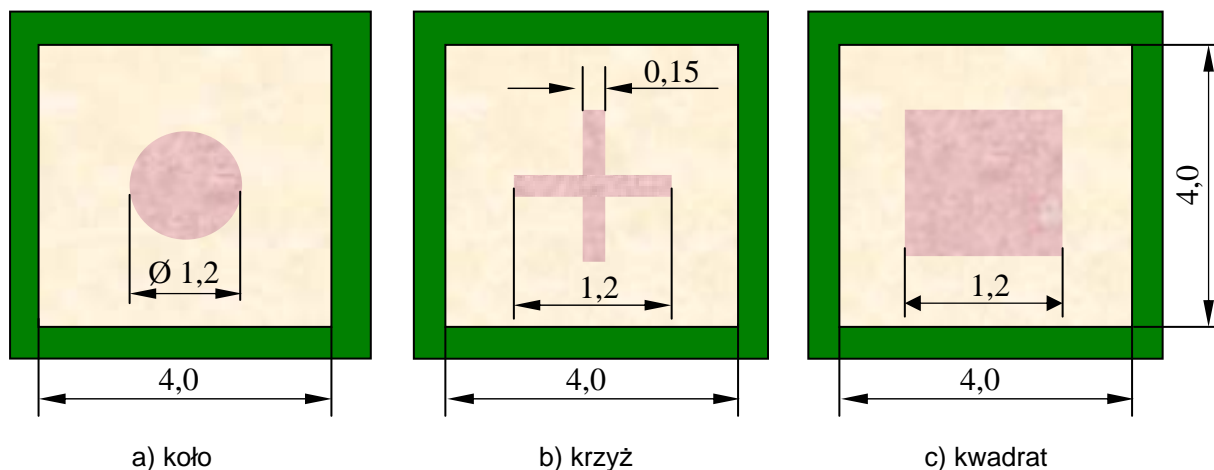


Rysunek 1.1 – Zalecane kształty znaczników optycznych [1]

Optymalnym kształtem znacznika optycznego jest koło wykonane na warstwie miedzi, którego średnica powinna mieścić się w zakresie $1,0 \div 3,0$ mm. Ewentualne różnice w wielkości znaczników optycznych na jednej płytce nie powinny przekraczać $25 \mu\text{m}$. Obszar dookoła znacznika optycznego powinien być obszarem odsłoniętego laminatu, który nie może być pokryty maską przeciwlutową i na którym nie mogą znajdować się ścieżki przewodzące, punkty lutownicze, podzespoły oraz linie opisowe. Wymagania dotyczące obszaru odsłoniętego dookoła znacznika optycznego przedstawiono na rysunku 1.2. Natomiast na rysunku 1.3 przedstawiono typowe kształty znaczników optycznych stosowanych w zautomatyzowanej linii powierzchniowego montażu. Wokół przedstawionych znaczników optycznych zachowano wolny obszar odsłoniętego laminatu o wymiarach $4,0 \times 4,0$ mm

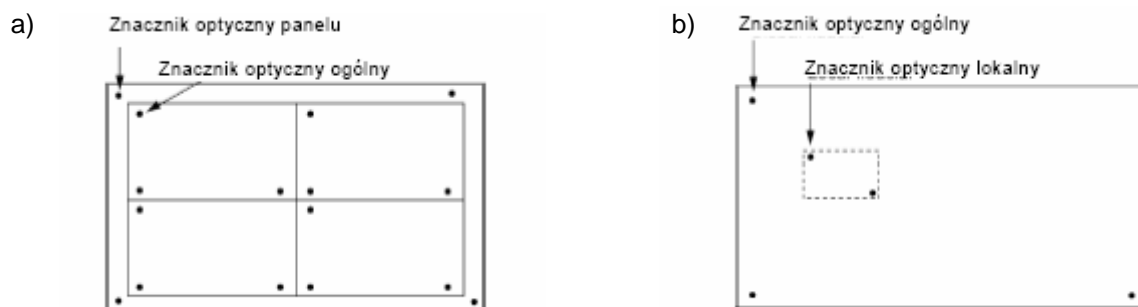


Rysunek 1.2 – Wymagania dotyczące obszaru odsłoniętego dookoła znacznika optycznego



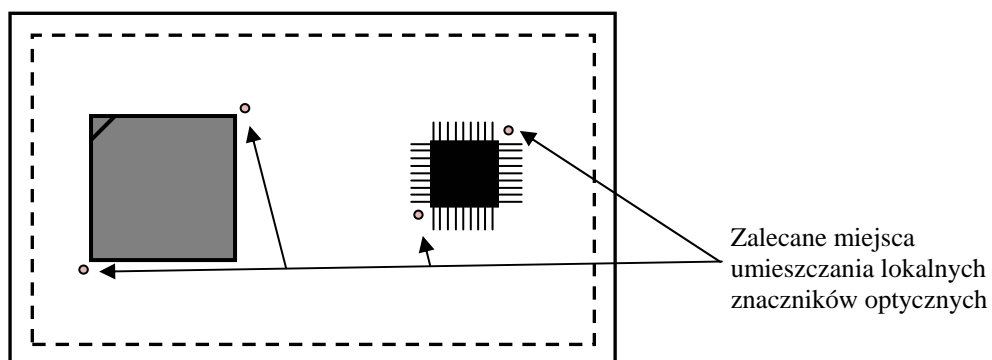
Rysunek 1.3 - Zalecane kształty znaczników optycznych

Rozróżnia się dwa rodzaje znaczników optycznych: ogólne (patrz rysunek 1.4a) oraz lokalne (patrz rysunek 1.4b). W przypadku, gdy wykonuje się wielokrotność płytki drukowanej w postaci panelu, to na panelu są wymagane dodatkowe znaczniki optyczne, które są nazywane znacznikami optycznymi panelu (patrz rysunek 1.4a).



Rysunek 1.4 – Znaczniki optyczne: a) panelu i ogólne b) ogólne i lokalne

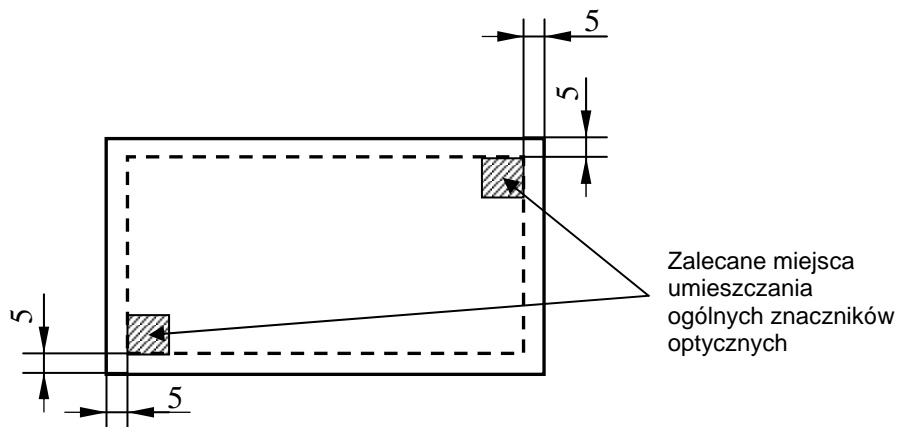
Lokalne znaczniki optyczne są stosowane w przypadku montażu wielowyprowadzeniowych podzespołów w obudowach typu QFP czy też w obudowach z kontaktami sferycznymi typu BGA lub CSP, o małym rastrze wyprowadzeń (patrz rysunek 1.5). Zazwyczaj są to dwa znaczniki optyczne umieszczone po przekątnej obudowy montowanego wielowyprowadzeniowego podzespołu.



Rysunek 1.5 – Lokalne znaczniki optyczne do montażu wielowyprowadzeniowych podzespołów

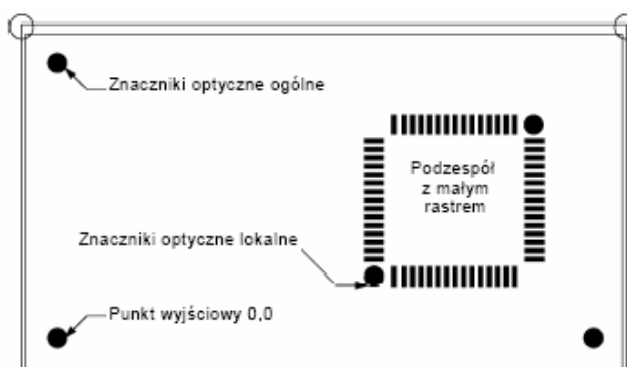
1.2 Liczba i usytuowanie znaczników optycznych ogólnych

Wymagane są minimum dwa ogólne znaczniki optyczne referencyjne, pozwalające skorygować położenie mozaiki płytki drukowanej w osiach x i y oraz przesunięcie kątowe (położenie teta) względem urządzenia technologicznego. Zaleca się umieszczać ogólne znaczniki optyczne w bliskim sąsiedztwie przeciwległych narożników płytki drukowanej (rysunek 1.6).



Rysunek 1.6 – Rozmieszczenie ogólnych znaczników optycznych na płycie drukowanej

W celu zwiększenia precyzji montażu zalecane jest umieszczanie znaczników optycznych ogólnych (panelu) w układzie trzypunktowym, tak aby znajdowały się one w bliskim sąsiedztwie narożników płytki (panelu). Zalecany układ rozmieszczenia znaczników pokazano na rysunku 1.7. Przy pomocy tak zdefiniowanego rozmieszczenia możliwe jest dodatkowe korygowanie zniekształceń nieliniowych płytki (powiększenia, skurczu i skręcenia). Znaczniki powinny być rozmieszczone w trójkącie, jak najdalej od siebie w bliskim sąsiedztwie narożników płytki (panelu).



Rysunek 1.7 – Położenie znaczników optycznych na płycie drukowanej

Dobłą praktyką podczas projektowania jest umieszczenie początku układu współrzędnych w lewym dolnym narożniku płytki, według którego określane jest położenie poszczególnych znaczników optycznych. Wszystkie znaczniki optyczne jak również cały obszar płytki powinny znajdować się w kierunkach dodatnich osi X i Y (w dodatniej ćwiartce układu współrzędnych). Znaczniki optyczne ogólne powinny być umieszczone na górnej i dolnej warstwie mozaiki wszystkich płytek drukowanych zawierających podzespoły do montażu powierzchniowego.

1.3 Powierzchnia znaczników optycznych

Znaczniki optyczne powinny charakteryzować się płaską i refleksyjną powierzchnią (taką jak pola lutownicze na płycie). Płaskość powierzchni znacznika optycznego powinna zawierać się w granicach do 15 μm . Znacznik optyczny może stanowić czysta miedź lub czysta miedź zabezpieczona powłoką organiczną bądź powłoką naniesioną w procesach metalizacji.

W celu prawidłowej pracy urządzeń na linii montażowej niezbędne jest zapewnienie niezmiennego i wysokiego kontrastu między znacznikiem optycznym a materiałem podłoża płytki drukowanej. Utlenienie powierzchni znacznika optycznego może spowodować pogorszenie jego czytelności. Na powierzchnię znaczników optycznych nie należy nanosić pasty lutowniczej. Tło wszystkich znaczników optycznych powinno być jednakowe. Jeżeli pod znacznikami optycznymi, na warstwie znajdującej się pod warstwą powierzchniową, pozostawiono ciągle płaszczyzny miedzi, wszystkie znaczniki optyczne powinny zachować jednakowe tło. Jeżeli natomiast jest konieczność usunięcia miedzi spod jednego ze znaczników, to należy usunąć miedź również spod pozostałych znaczników.

2 Tworzenie paneli

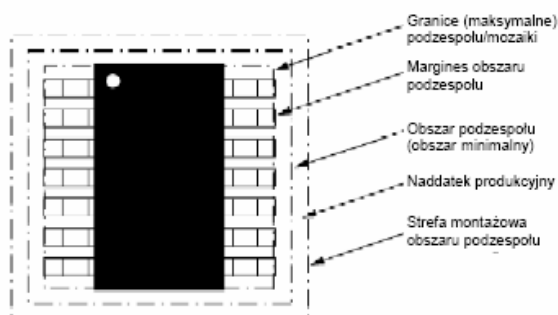
Panele tworzy się z kilku płytek ułożonych w szyku matrycowym lub jednej płytce wymagającej pozostawienia poza jej obrysem dodatkowego obszaru w celu usprawnienia przebiegu procesu montażu. Dużą płytkę lub kilka mniejszych płytek pozostawia się w panelu na czas wykonania wszystkich operacji montażu i dopiero po ich ukończeniu oddziela się płytki od panelu.

Automatyczny system transportu płytek w urządzeniach technologicznych wymaga, aby bezpośrednie sąsiedztwo krawędzi płytki było wolne od podzespołów, dlatego należy z czterech stron płytki zachować marginesy wynoszące 5 mm. Tylko po przeprowadzeniu konsultacji z wykonawcą montażu można ograniczyć wprowadzenie wspomnianych marginesów do dwóch przeciwległych krawędzi płytki. W razie niemożności zapewnienia marginesów w obszarze płytki drukowanej wykonawca montażu może wprowadzić takie marginesy w obszarze poza płytką, np. pozostawiając płytkę w formacie technologicznym (panelu) z odpowiednim frezowaniem lub nacięciem umożliwiającym późniejsze łatwe oddzielenie płytki od formatki. Takie rozwiązanie może być stosowane pod warunkiem zapewnienia wystarczającej sztywności konstrukcji w trakcie transportu płytki. W szczególności warunek ten dotyczy procesu lutowania. Krytyczny w tym względzie, z uwagi na wyższą temperaturę lutowania, jest proces lutowania bezołowiowego.

Ponadto, w przypadku płytek wielkoformatowych, z dużą ilością montowanych podzespołów, należy zapewnić dodatkowo wolne pole (pas o szerokości 5 mm na całej długości płytki) w okolicach centralnej części płytki w celu umożliwienia podparcia płytki podczas transportu płytki w piecu do lutowania rozpliwowego.

3 Określenie obszaru podzespołu

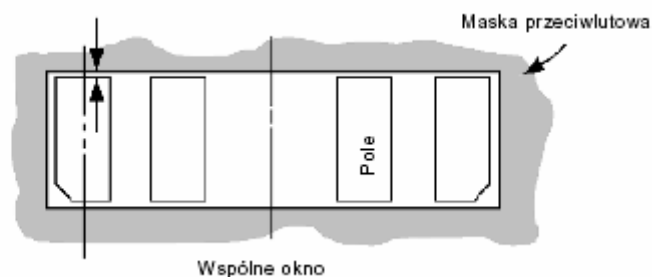
Obszar podzespołu w dowolnej mozaice pól jest najmniejszym obszarem, który zapewnia minimalny odstęp elektryczny i mechaniczny zarówno od granic najbardziej wysuniętych elementów podzespołu i/lub od granic najbardziej wysuniętych elementów jego mozaiki pól. Intencją obszaru podzespołu jest ułatwienie projektantowi określenia minimalnego obszaru zajętego w wyniku połączenia podzespołu z mozaiką pól lutowniczych płytki. Dla potrzeb zautomatyzowanej linii montażu powierzchniowego, w procesie projektowania należy uwzględnić naddatek produkcyjny (patrz rys. 3.1). W takim przypadku obszar podzespołu stanowi punkt wyjścia dla ustalenia obszaru minimalnego potrzebnego dla podzespołu i mozaiki pól lutowniczych. Podczas projektowania płytki drukowanej zalecany jest udział przedstawicieli produkcji, montażu i badań w określaniu dodatkowego miejsca potrzebnego do osadzenia, badania, poprawek i naprawy. Ten naddatek produkcyjny jest zazwyczaj zależny od gęstości upakowania i stopnia złożoności wyrobu i nie jest normalizowany. Zasady są określone przez wymagania aplikacyjne i produkcyjne.



Rysunek 3.1 – Strefa montażowa obszaru podzespołu

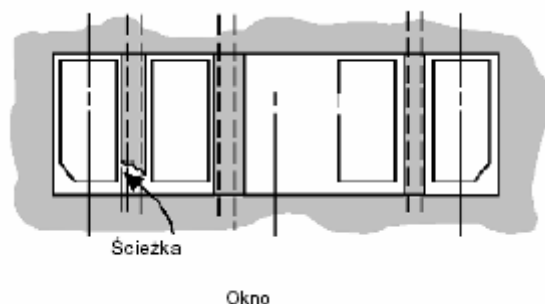
4 Maska przeciwłutowa

Głównym zadaniem maski przeciwłutowej jest izolowanie pól lutowniczych od pozostałych elementów przewodzących na płytce drukowanej, takich jak: otwory połączeniowe (połączenia międzywarstwowe), pola ekranujące i ścieżki. W procesie produkcji płytek drukowanych najczęściej stosowana jest maska przeciwłutowa, nanoszona metodą fotochemigrafii, której grubość wynosi ok. 0,02 mm. Obecność maski przeciwłutowej na polu lutowniczym lub jego bezpośrednim sąsiedztwie (na krawędzi) może powodować wady połączeń lutowanych. Dlatego wymiary obszaru odmaskowania dookoła pól lutowniczych powinny być większe w stosunku do wymiarów pól lutowniczych o 0,2 mm (wykonanie standardowe) lub 0,1 mm (wykonanie specjalne). W efekcie, wokół pola lutowniczego, powstaje margines wolny od maski przeciwłutowej odpowiednio o szerokości 0,1 mm lub 0,05 mm. W miejscach, gdzie między polami lutowniczymi nie są prowadzone ścieżki dopuszcza się stosowanie tzw. "prostej" maski przeciwłutowej. Jest ona wtedy uformowana w postaci wspólnego okna dla wielu pól lutowniczych, tak jak to pokazano na rysunku 4.1.



Rysunek 4.1 – Wspólne okno maski przeciwłutowej

W przypadku mozaiki obwodu drukowanego, gdzie prowadzone są ścieżki między polami lutowniczymi konieczne jest maskowanie tychże ścieżek (patrz rys. 4.2), przy czym niedopuszczalne jest aby maska przeciwłutowa zachodziła na pola lutownicze. Wtedy warunki dotyczące odstępu maski przeciwłutowej od krawędzi pól lutowniczych zmieniać w zakresie od 0,0 do 0,1 mm.



Rysunek 4.2 – Maska przeciwłutowej maskująca ścieżki przewodzące między polami lutowniczymi

Ponadto, w przypadku montażu układów w obudowach BGA (w szczególności o małym rastrze wyprowadzeń, $d \leq 0,8$ mm) wymagane jest, aby maska przeciwłutowa znajdowała się również pomiędzy polami lutowniczymi. Ma ona za zadanie ograniczyć, podczas procesu lutowania, odpływanie lutowia z pól lutowniczych w kierunku ścieżek i otworów połączeń międzywarstwowych.

5 Szablony do selektywnego nanoszenia pasty lutowniczej

Drukowanie przez szablon jest podstawowym sposobem selektywnego nanoszenia pasty lutowniczej na płytkę drukowaną. Grubość szablону jest dobierana w zależności od wymaganej objętości pasty, jaka powinna być naniesiona na pole lutownicze. Z uwagi na to, że zazwyczaj na płytce występują pola lutownicze o różnych kształtach i zróżnicowanej powierzchni, jak również rozmieszczone są one z różnymi odległościami względem siebie, konieczny jest kompromis, który

zapewni naniesienie optymalnej ilości pasty na wszystkie pola lutownicze. Ilość pasty, która jest konieczna do naniesienia na dane pole lutownicze oceniana jest w oparciu o wymagania dotyczące połączeń lutowanych wykonywanych w technologii montażu powierzchniowego podanych odpowiednio w normie IEC 61191-2 oraz IEC 61192-2.

W większości przypadków okna w szablonie są takiej samej wielkości jak pola lutownicze na płytce. Jeżeli jednak ilość pasty przeznaczonej do naniesienia jest mniejsza w porównaniu do ilości pasty, jaka byłaby naniesiona przy zastosowaniu okna o wielkości równej lub bliskiej powierzchni pola lutowniczego, to zaleca się zmniejszenie okna w szablonie i umieszczenie obszaru nadruku w optymalnym położeniu na polu lutowniczym tak, aby zapewnić dobre zwilżanie łączonych powierzchni. W niektórych przypadkach można to osiągnąć zmniejszając szerokość okna lub zmniejszając jego długość. Natomiast, w przypadku nanoszenia past bezołowiowych może wystąpić konieczność zwiększenia okna w szablonie. Najczęściej jest to wykonywane w jednej wybranej osi, a podyktowane jest mniejszą zdolnością zwilżania pól lutowniczych i wyprowadzeń podzespołów przez pasty bezołowiowe.

6 Przygotowanie programu montażowego.

Posiadany automat do układania podzespołów jest w pełni programowalny i wymaga odpowiedniego programu opisującego położenie poszczególnych podzespołów, wraz z ich orientacją, względem punktu odniesienia. Aby było możliwe wykonanie programu montażu danego pakietu należy dysponować plikiem w formacie tekstowym zwanym plikiem pick&place. Taki plik można wygenerować z dowolnego programu typu CAD do projektowania płytek drukowanych.

UWAGA:

Ważne jest, aby punkt zerowy układu współrzędnych, według którego określone są środki poszczególnych podzespołów, pokrywał się z lewym dolnym narożnikiem płytki drukowanej (nie panelu).

Dane zawarte w pliku pick&place powinny być zapisane w odpowiednim formacie o budowie stałokolumnowej albo rozdzielone średnikami bądź też przecinkami. Powinny one zawierać co najmniej takie informacje jak:

- identyfikator komponentu: np. R1, R2, U1, itp.
- oznaczenie obudowy: np. 1206, 0805, SO16, itp.
- współrzędne środka komponentu: X, Y (z zaznaczeniem jednostek miary)
- określenie strony położenia podzespołu na płytce (w przypadku montażu dwustronnego): T, B.
- kąt obrotu komponentu (orientacja)
- wartość komponentu: np. 1R, 5K6, 74HC00 itp.

Postać pliku może różnić się w zależności od programu CAD, przy pomocy którego został wygenerowany.

Poniżej przedstawiono przykładowe formaty zapisu danych w pliku pick&place:

a) w przypadku danych rozdzielonych średnikami:

```
Designator;Footprint;MidX;MidY;Layer;Rotation;Comment  
R1;1206;120;-50;T;0;5K6  
T1;SOT23;115;-30;T;180;BC847
```

...

b) w przypadku danych rozmieszczonych kolumnowo:

<i>Designator</i>	<i>Footprint</i>	<i>MidX</i>	<i>MidY</i>	<i>Layer</i>	<i>Rotation</i>	<i>Comment</i>
R1	1206	120	-50	T	0	5K6
T1	SOT23	115	-30	T	180	BC847
...

Ponieważ nie wszystkie programy CAD generują plik pick&place zawierający wszystkie opisywane powyżej dane możliwe jest wtedy załączenie tzw. powiązanego pliku BOM. Plik ten musi jednak mieć

strukturę rekordową, taką aby poszczególne podzespoły o tym samym typie obudowy i o tej samej wartości były zgrupowane ze sobą (patrz poniższy przykład):

Dobrze:

1206 5K6 R1,R2,R3,R4,R5,R35...

...

Źle:

1206 5K6 R1

1206 5K6 R2

1206 5K6 R3

... ...

Dodatkowo, na końcu pliku należy wpisać współrzędne środków znaczników optycznych ogólnych oraz lokalnych (jeżeli takie występują). Współrzędne te należy odczytać z programu CAD, przy zachowaniu tego samego punktu zerowego, który był określony podczas generowania zbioru opisujących współrzędne środków podzespołów (podczas generowania pliku pick&place).

7 Informacje uzupełniające

Wykonawca montażu prowadzi proces nanoszenia pasty lutowniczej, proces osadzania podzespołów, oraz procesy lutowania zgodnie z wytycznymi i wymaganiami przedstawionymi w następujących normach będących polskim tłumaczeniem odpowiednich norm IEC o tej samej numeracji:

- PN-EN 61191-1: 2004, Zespoły na płytkach drukowanych. Część 1: Specyfikacja wspólna.
Wymagania dotyczące elektrycznych i elektronicznych zespołów lutowanych, wykonanych techniką montażu powierzchniowego i technikami związanymi.
- PN-EN 61191-2: 2005, Zespoły na płytkach drukowanych. Część 2: Specyfikacja grupowa.
Wymagania dotyczące zespołów lutowanych wykonanych techniką montażu powierzchniowego.
- PN-EN 61192-1: 2006, Część 1: Wymagania ogólne.
Wymagania dotyczące jakości wykonania zespołów elektronicznych lutowanych.
- PN-EN 61192-2: 2006, Część 2: Zespoły wykonane techniką montażu powierzchniowego.
Wymagania dotycz_ ce jako_ci wykonania zespołów elektronicznych lutowanych.

Aby umożliwić wykonawcy montażu spełnienie zaleceń i wymagań objętych wymienionymi wyżej normami zaleca się, aby projektant płytki stosował się do norm ogólnych dotyczących zasad projektowania w zależności od przeznaczenia lutowanego zespołu na płytce drukowanej. Są to:

- IEC 61188-5-1: 2002, Płytki drukowane i zespoły na płytkach drukowanych.
Projektowanie i zastosowanie - Część 5-1: Zagadnienia dotyczące łączenia (pole/połączenie lutowane) - Wymagania wspólne.
- IEC 61188-5-1: 2003, Płytki drukowane i zespoły na płytkach drukowanych.
Projektowanie i zastosowanie - Cześć 5-2: Zagadnienia dotyczące łączenia (pole/połączenie lutowane) – Podzespoły bierne