

Jiho česká univerzita v českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta

Bakalářská práce

Metody optického testování osazení desek  
plošných spoj

Miroslav Vlk

české Budějovice 2012

Jiho česká univerzita v českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta

Katedra: Ústav fyziky a biofyziky

Akademický rok: 2011 / 2012

## Zadání bakalářské práce

Jméno a příjmení: Miroslav Vlček

Studijní obor: Měření a výrobní technika

Název tématu: Metody optického testování osazení desek plošných spojů

### Cíle práce:

1. Přehled metod testování desek plošných spojů
2. Rozbor typů optického testování
3. Popis tvorby dat pro optické testování
4. Systémy optického testování
5. Zhodnocení metod optického testování
6. Doporučení vhodné metody optického testování ve výrobě

Rozsah bakalářské práce: 40 – 60 stran

Forma zpracování bakalářské práce: Elektronická, tištěná

Doporučená literatura: 1. Šandera Josef: Návrh plošných spojů pro povrchovou montáž

- SMT a SMD

2. Záhlava Vít: Návrh a konstrukce desek plošných spojů

3. Manuál k optickému testeru goepel

4. [www.goepel.com](http://www.goepel.com)

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Šerý**

Pedagogická fakulta

Katedra aplikované fyziky a techniky

Datum zadání bakalářské práce:

Datum odevzdání bakalářské práce: 27. 4. 2012

prof. RNDr. František Vácha, Ph.D.

děkan

RNDr. Milan P edota, Ph.D.

vedoucí katedry

V úterý 27. dubna 2012

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Přírodovědeckou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne:

.....

Podpis

## **Bibliografické údaje**

Vlk Miroslav 2012: Metody optického testování desky plošných spoj

[Compilation of source voltage and pulse controller. Bc. Thesis, in Czech.] – 44 p., Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

## **Anotace**

Tato práce obsahuje moderní zjednodušení optického testování desek plošných spoj ve výrobě pomocí optického testeru. Popisuje testovací proces pro říkladné elektroniky. Metody optického testování, které se užívají, jejich rozbor a porovnání. Dále popis tvorby dat pro optické testování, opravení závad a upravení snímku, které jsou základem optického testování.

## **Klí ová slova**

Optické testování, mechanické testování, zářivkové testování, desky plošných spoj , tvorba dat, porovnání optických metod, návržení pro malovýrobu.

## **Annotation**

This work includes modern simplification optical testing PCB in production by the help of optical test instrument. Describe testing suit exemplary electronics. Method optical testing that the use, their analysis and comparison. Further description data creation for optical testing, redress troubles and modification picture that the underlie optical testing.

## **Key words**

Optical testing, mechanical testing, ballast testing, PCB, data creation, comparison optical methods, slated to small-scale production.

# Obsah

1	Přehled metod testování desek plošných spojů.....	8
1.1	Optické testování.....	8
1.2	Elektrické kontrolní testování.....	9
1.2.1	Funkční test.....	9
1.2.2	Vnitroobvodový test.....	11
1.4	Zátěžový test .....	12
1.5	Výstupní test.....	12
2	Rozbor typů optického testování .....	13
2.1	Testování okem zaškoleného pracovníka.....	13
2.2	Testování pomocí automatické optické kontroly (AOI).....	14
2.2.1	Základní principy testování pomocí AOI .....	15
2.3	Testování pomocí laserového kontrolního systému .....	17
2.4	Testování pomocí infračerveného termografického zobrazení .....	18
2.5	Testování pomocí rentgenových paprsků .....	19
3	Popis tvorby dat pro optické testování AOI.....	20
4	Systémy optického testování.....	24
5	Zhodnocení metod optického testování .....	27
6	Doporučení vhodné metody optického testování ve výrobě.....	28
7	Seznam použitých zkratk .....	28
8	Závěr .....	29
	Obrázek P 9.4 Pravý opravárenský monitor série DPS s konkrétní závadou.....	33
	Obrázek P 9.5 Levý monitor opravárenského pracoviště jiné série DPS .....	34
	Obrázek P 9.6 Levý monitor opravárenského pracoviště jiné série DPS s konkrétní závadou.....	35
	Obrázek P 9.7 Optické testery firmy goepel[3].....	36
	Obrázek P 9. 8 optický tester od firmy MR tec[1] .....	37
	Použité zdroje.....	41

## Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá optickou kontrolou desek plošných spojů po osazení a bez osazení. Porovnání s kontrolou lidského oka, jak na mechanické závady, tak časové zatížení. Optické testery se až od nedávna začínají prosazovat ve výrobních procesích, kde usnadní a urychlují odhalení zmetkovitosti před funkční kontrolou, která by mohla způsobit ještě větší závadu, nežli třeba pouze absence jedné součástky.

Spousta chyb se vytvoří při špatné montáži, nebo nekvalitním pouzdrem součástky, které praskne ve fázi pájení pájecí vlnou. Každá firma by chtěla zvýšit svou produktivnost, spolehlivost výrobků a hlavně odstranit závady ve výrobním procesu. To vše je možné za pomoci optického testeru.

Dále zhodnotím metody optického testování ve výrobě a navrhnou přijatelné řešení. Vše je pouze optická kontrola, ne funkční.

# 1 Přehled metod testování desek plošných spojů

Pro příklad testování DPS je uveden testovací proces nabíječky baterií pro aku vrtačky.

## 1.1 Optické testování

Optická kontrola se používá po každém osazení desek plošných spojů. Optické testování je první metodou testování výrobního procesu. Pracoviště musí být vhodně vybaveno a osvětleno bez přítomnosti tvorby stínů, které by vedly ke zkreslení. Nároky, složitost a miniaturizace se stále zvyšují, takže stoupají i náklady na testovací zařízení.

Nejjednodušší formou je kontrola prostým lidským okem, následují různé lupy, mikroskopy, nákladná strojní zařízení.

**Zařízení pro optickou kontrolu se dají rozdělit:**

Dílenská lupa

Mikroskop

Kamera

Laser

Infračervená termografie

RTG

Optické testování je na prvním místě proto, aby se viditelná závada nedostala k funkčnímu testu, který může vést k poškození tištěného spoje, nebo v krajních situacích až ke zranění zaškoleného pracovníka. Jedno z kritérií pro správné vyhodnocení závady jsou zkušenosti zaškoleného pracovníka. Vzorem je správně osazená a zapájená deska.



## 1.2 Elektrické kontrolní testování

Elektrické testování osazené desky plošných spojů je důležitou součástí procesu montáže DPS. Elektrický kontrolní test se dělí na dva typy: funkční test

vnitroobvodový test

### 1.2.1 Funkční test

Princip tohoto testu vychází z toho, že deska plošných spojů představuje uzavřený celek, který má pouze vstupy a výstupy. Určitý vstupním signálem odpovídají následující odezvy na výstupu.

Testování elektrickými metodami patří k nejzákladnějším kontrolám elektrotechnické výroby. Průběh kontroly je dán požadovanou elektrickou funkcí a potřebou dosažení elektrických parametrů daného výrobku. Každá elektrotechnická firma, i ta nejmenší, musí zkoušet své výrobky, aby se nestalo to, že k odběrateli dorazí závadný výrobek. Samozřejmě záleží na složitosti a počtu měřených parametrů.

K tomu testu slouží mechanické testery, které otestují základní funkce výrobku jako třeba správně naprogramovaný procesor, signalizaci a další funkce, které se očekávají od daného výrobku.

Tímto způsobem je vhodné zkoušet desky s logickými obvody, kdy je možné otestovat logickou síť vysíláním logických stavů a jejich měření na výstupech. Porovnáním se referenčními stavy se vyhodnocují výsledky testované DPS.

Připojení DPS k testovacímu zařízení (testeru) je velmi jednoduché. Provádí se přes konektor nebo konektory desky, nebo přes jehlové pole.

Kromě měření logických stavů je možné zjistit závady způsobené posunem dynamických parametrů součástek mimo toleranční pole.

Lokalizace závad je nutná pro opravy vadných desek. Provést lokalizaci samotné součástky je velmi obtížné a zdlouhavé.

K nalezení závady se používá p edpis chyb, kde u každého kroku jsou napsány možnosti konkrétní závady pro rychlé odstran ní.

Závady jsou získané pomocí simula ní desky nebo jsou ozna eny na LCD displeji. Podle zjišt né poruchy po íta z tabulky p íadí typ poruchy (nebo zaškolený pracovník). Navád ná sonda umož uje p ístup na vnit ní uzlové body desky. Testovací program navádí zdlouhavá a náro ná procedura na programové vybavení.

Funk ním testem je možné provést prozkoušení, p í kterém deska m že pracovat v režimu, ve kterém bude pracovat v provozu.

### **Nevýhody:**

- asov náro né ur ení závady

- špatné dohledání závadné sou ástky

- zaškolená obsluha testeru

Jak je vid t z uvedených nevýhod, není pouze funk ní testování vhodné pro sériovou a velkosériovou výrobu, ale je vhodné za adit na konec výroby, kdy si m žeme být jisti, že závad bude ve výrobku minimální po et (po kontrole AOI). Funk nímu testu musí p edcházet jiný druh zkoušky, který spolehliv odhalí závady ve výrobním procesu (špatn osazené, nebo špatn zapájené sou ástky pájecí vlnou).

## 1.2.2 Vnitroobvodový test

Dlouhou dobou a dnes naprosto běžnou kontrolu osazených desek s plošnými spoji je vnitroobvodový test.

### Možné nalezené závady:

zkrat

špatná signalizace

prerušovaný plošný spoj

vadná součástka

chybná součástka

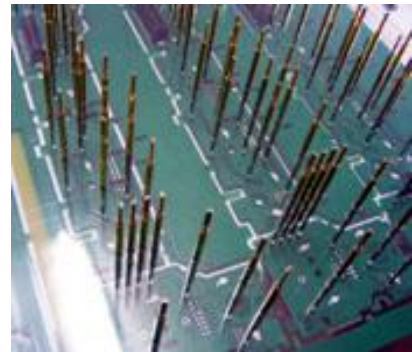
funkční závady

Tento test se provádí pomocí jehlového pole, kde se jehla (sonda) přiloží k uzlovému bodu elektrického schématu, kde může přenášet nebo snímat určitý signál z desky plošných spojů do testovacího systému. Touto metodou je možné velmi rychle identifikovat jednoduchou závadu, ale bohužel není možné přesně simulovat vlastní funkci desky.

### *Jehlové pole*

Jehlové pole slouží k připojení určitého systému k osazené desce plošných spojů. Odpružené kontakty se připojují k určitému uzlu určitého obvodu.

Jehla se skládá z kontaktního hrotu, plungeru (tlačná jehla), pružiny a kulinky, která brání vyskočení plungeru. Jehla je uložena v ližce. Ližka je spojena s určitou technikou vodičů dále do určitého systému. Dají se zakoupit jehly s ovíjeným spojem, nebo i pro pájený spoj. Používá se několik druhů jehel, které se liší pouze tvarem.



## 1.4 Zátěžový test

Pokud daný výrobek projde přes elektrické testování, je zapouzdřen a přesunut na další pracoviště a to je zátěžové testování. Zapouzdření je nutné provést z bezpečnostních důvodů, protože tuto fázi testování nemusí provádět odborník (min. vyhláška 50), ale pouze zaškolený pracovník.

Pro příklad je uvedeno testování výrobku nabíječky baterií pro aku vrtačky. Po vložení baterie do otvoru pouzdra pro baterie by se měla rozsvítit LED dioda signalizace zelená pro nabíjení baterie, až bude baterie plně nabitá (cca 20 min), rozsvítí se i druhá LED dioda pro plně nabitou baterii.

Poté se změří wattmetrem hodnoty, které by měly odpovídat hodnotám nabíjené baterie.

## 1.5 Výstupní test

Tento test je poslední ve výrobním procesu. Než se výrobek odešle k odběrateli, je zapotřebí velká preciznost, pro případné reklamace. Kdo by si chtěl koupit výrobek, který sice nemusí mít funkční závadu, ale je vizuálně vadný.

### **Před zabalením výrobku a následného odeslání k zákazníkovi se kontroluje:**

- antistatická prevence (pracoviště, zásady, balení)
- montáž mechanických skupin
- vizuální kontrola-správné části i po adí montáže
- čistota (zbytky tavidel)
- značení
- ochranné povlaky
- teplota při provozu
- hlučnost
- odběr ze sítě

## 2 Rozbor typů optického testování

### 2.1 Testování okem zaškoleného pracovníka

Nejstarší a doposud nejrozšířenější metodou optického testování desek plošných spojů (dále jako DPS) je kontrola zaškolených pracovníků, kteří používají vlastní zrak pro nalezení závady na DPS. Pro kontrolu malých součástek, například rezistorů rozměru 6 x 2 [mm] a menších, je nutno použít mikroskop, nebo jiná zobrazovací zařízení.

Tento způsob testování je velice nespolehlivý, neúčinný a je velice zdlouhavý. Po nějaké chvíli je lidské oko unavené a snadno se přehlédne závada. Velice rychle se dostavuje únava a za předpokladu, že samotná kontrola trvá 8 hod., sice s přestávkami, tak je to velice znát u porovnání s mechanickým testováním a následného poškození DPS.

Spousta firem nemá finanční prostředky pro zakoupení optického testeru pro odhalení závad na DPS.

Tuto kontrolu provádí zaškolený pracovník, který za pomoci svého zraku a případně mikroskopu, nebo dílenské lupy hledá závady typu chybějící součástka, přerušená cesta tištěného spoje, polarita součástek (diody, kondenzátory, mikroprocesory).

Průměrná kontrola tohoto typu trvá 5-10 min., záleží na typu a velikosti DPS. Tento typ testování je levný, ale velice neefektivní a chybný.

Lidské oko je po chvíli unaveno a nedokáže zaostrit na hodně malé součástky, snadno se přehlédne závada a je to časově náročné.

## 2.2 Testování pomocí automatické optické kontroly (AOI)

Optického testování je možno provádět za pomoci optického testeru (viz obr. 1.1), do kterého se dá vložit několik DPS, spustí se test a pokračá na vyhodnocení, které zaškolený pracovník uvidí jak na monitoru samotného testeru (viz obr. P 8.2), tak na monitorech opravárenského pracoviště (viz obr. P 9.3 a P 9.4).

V této době se vše začíná miniaturizovat, tudíž se musí zdokonalit i optická kontrola velmi malých součástí jako například velikosti 0201 a méně. Desky plošných spojů jsou už tak malé, že je někdy téměř nemožné provést kontaktování testovacím systémem. AOI testovací systém je schopen ihned odhalit závadu na desce plošných spojů (absence součástky, otčená polarita, záměna součástky, poškozený tiskový spoj, chyby pájení z pájecí vlny (viz obr. P 9.13).

Tento tester je složen ze soustavy kamer (1 a více), které snímají určené pozice pro kontrolu závady, pojízdný pracovní stůl, kde se uchytí DPS k testování a samotného PC.

Dále součástí optického testeru je opravárenské pracoviště, které se skládá z vlastního PC a 2 LCD monitorů, kde na jednom je celá DPS a na druhém konkrétní závada (viz obr. P 8.3 a P 8.4). Zvolení tohoto zobrazení je individuální, to znamená, že na každém monitoru může být cokoli, co je zrovna zapotřebí, například i tabulka statistik závad na DPS v grafech kontrolované série DPS.

Toto inteligentní testování má i tu výhodu, že zaznamenává jednotlivé chyby pro statistiku závad pro případné opravení výrobního procesu a to buď u osazení, pájení pájecí vlnou, nebo to může vést až k úpravě návrhu tiskového spoje.

Za předpokladu správného nastavení optického testu je téměř nemožné, že se v dalších krocích výrobního procesu testování objeví viditelná závada (absence součástky, polarita, přerušená cesta tiskového spoje a atd.), která by mohla vést k nenávratnému poškození DPS (přepálený tiskový spoj). Toto testování trvá několik sekund.



Obr. . 1. 1 p evzato a upraveno z[3]

## 2.2.1 Základní principy testování pomocí AOI

### Porovnání dvou ( i více) obraz

P i tvorb nového programu se pracuje s referen ní deskou, která je pln funk ní. Rozdíly jsou vypsány do pracovní složky (protokolu) s ozna ením konkrétní chyby a p esným ur ením polohy (pro p ípad stejných sou ástek, ale jiných pozic). Obraz je vyfotografován a vyhodnocen po íta em jiného obrázku stejné pozice.

Lze tak kontrolovat jak osazenou, tak neosazenou desku plošného spoje[2].

### Procházející, nebo odražené sv tlo

Podklady pro výrobu desek (pracovní masky, matrice) se m ůžou kontrolovat p i definovaném osv tlení a pozorováním prošlého, i odraženého sv tla. Zdroj tohoto osv tlení je laser, osv tlení je plošné, nebo v úzkém zaost eném a lineárn vychylovaném paprsku.

Procházející, nebo odražené sv tlo je vyhodnocováno fotonásobi em, nebo CCD senzorem[2].

## Kontrola vícevrstevných desek plošných spoj

Kontrola vícevrstevných desek plošných spoj se moc neprovádí pomocí AOI, je to finančně velice náročná záležitost. Snímaná deska je porovnávána s daty z originálního návrhového CAD systému. Přesná detekce velmi malých závad vyžaduje speciální zařízení s vysokým rozlišením pro snímání obrazu a zařízení pro jeho zpracování. AOI. Při snímání obrazu AOI systém skládá obraz desky plošného spoje do rastru z pixelů [2].

## Kontrola pájení AOI

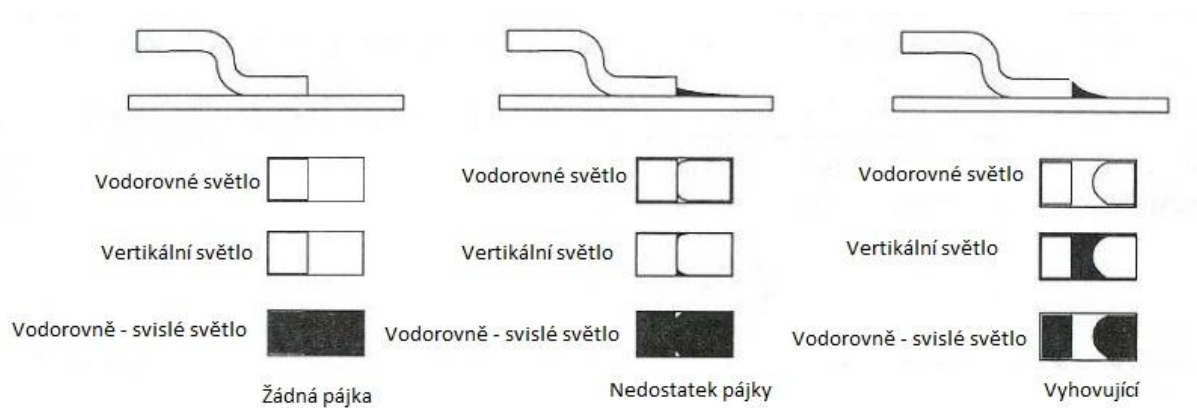
Významným faktorem AOI je kontrola zapájení SMD součástek. Schopnost kvality zapájení je dána systémem osvětlení sledovaného místa.

Způsoby kontroly: 1. jednotlivé barvy (vlnové délky)

2. bílé světlo

1) Jeden z nejstarších AOI systémů využíval jednotlivých vlnových délek k osvětlení vybraného místa, které se dále matematicky zpracovávaly.

2) Dalším druhem je osvětlení bílým světlem, i celým spektrem barem. Pořídá se pracuje s nasnímaným obrazem. Pro příklad je matematický rozdíl mezi horizontálním a vertikálním světlem. Ve výsledném obraze jsou dobře znatelné zapájení konkrétních součástek, viz obr. 1.2. a na obrázku 1.3 je kontrola meniscusu zapájení pájecí pastou.



Obr. 1.2 převzato a upraveno z[6]



	Můstek	Bez tisku	Posun	Skvrny	Rozmazání
Skutečný obraz					
Obraz kontroly AOI					

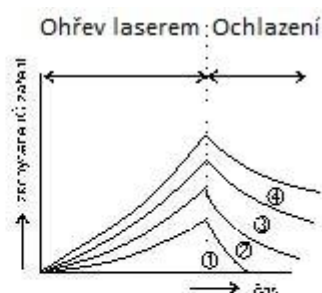
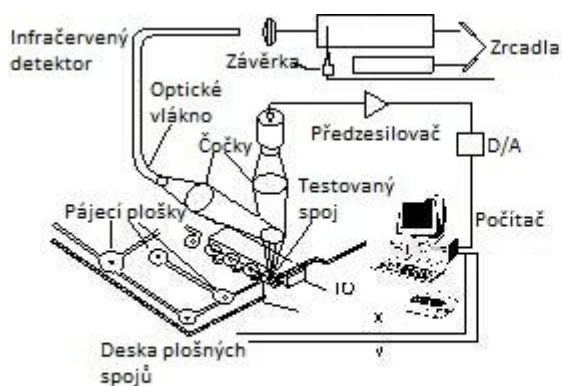
Obr. . 1.3 p evzato a upraveno z[6]

## 2.3 Testování pomocí laserového kontrolního systému

Laserová technika našla své využití také v kontrole osazených desek plošných spoj . Jeho využití nabývá na významu, protože laserová technika je již dostupná i pro b žné firmy.

Jedním p íkladem kontroly pájených spoj je metoda sledování odezvy oh átého pájeného spoje (viz obr. . 2.3).

Fokusované emitované zá ení ( $1,06\ \mu\text{m}$ ,  $10\text{ms}$ ) dopadá na pájený spoj, jež je oh íván. Kamera citlivá na infra ervené zá ení zachycuje množství vyzá eného tepelného zá ení. Podle asové závislosti je možné ur it kvalitu pájeného spoje. Kvalitní pájený spoj rychle p edá absorbovanou tepelnou energii do okolí a jeho teplota se rychle snižuje. Chování spoje s odlišným množstvím pájky nebo jinou strukturou má jinou odezvu[1].



1. Velká tepelná vodivost spoje
2. Správný spoj
3. Matný nebo studený spoj
4. Utržený přívod nebo velké dutiny

Obr. . 2.3

## 2.4 Testování pomocí infračerveného termografického zobrazení

Termografická technika je založena na principu, že všechny předměty s tepelnou energií (s nenulovou absolutní teplotou) vysílají elektromagnetické záření v infračerveném spektru.

Pro systémy zajišťující základní infračervené zobrazení na monitoru jsou používány speciální kamery, které jsou citlivé v infračerveném spektru. Infračervené termografie může být užíváno pro hodnocení osazené desky s pehátými nebo vadnými součástkami. Při takzvaném „aktivním“ termografickém postupu je podezřelá deska napájena proudem a kamera snímající v infračerveném spektru je užita pro vytvoření obrazu představujícího vývoj infračerveného záření z napájené součástky na desku. „Aktivní“ technický postup se odlišuje od „pasivního“ termografického postupu, ve kterém je zkušební předmět částí cesty proudění tepla z tepelného zdroje do chladicí komory. Zde se poruší jednotnost průtoku tepla přes zkušební předmět a toto se projeví na termo-zobrazení.

Infračervená termografie není vhodná pro charakteristiku elektrických závad nebo závad urujících správné pájení, ale je možným typem zkoušky „funguje-nefunguje“, která zahrnuje malou přípravu zkoušené desky plošného spoje. Ve skutečnosti v tštině asu potěbného na provedení infračervené termografické kontroly je obvykle strávena čekáním, až zkušební předmět dosáhne tepelného vyrovnání (od několika sekund pro malé součástky až po několik minut pro tepelně mohutné předměty).

Jednoduchý postup této technologie spoívá v porovnávání zkoušené desky s deskou referenční. V tomto systému jsou zkoušené desky napájeny proudem a termografický obraz je elektronicky zaznamenáván. Tento číslicový obraz je pak elektronicky odítán z obrazu databáze (zaznamenané normálové desky plošných spojů). Rozdíl mezi obrazy je vyhodnocen. Hodnocení ukáže chladné (možná vadné) nebo zaháté (možná vadné) součástky[1].

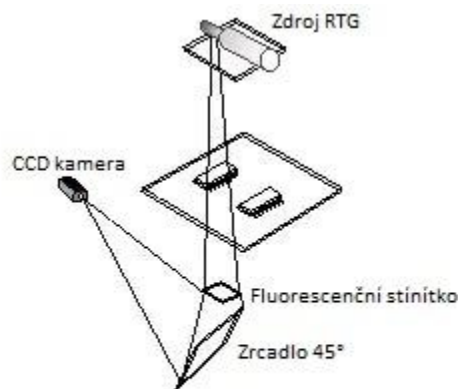
## 2.5 Testování pomocí rentgenových paprsků

Dalším typem testování je kontrola pomocí RTG. Rentgenové paprsky jsou elektromagnetické vlny extrémně vysoké frekvence.

Toto vyzařování je vytvářeno zpomalením elektronů s vysokou rychlostí při střáždění s kovovým předmětem ve vakuové trubici.

Rentgenové paprsky se šíří předmětem, který je zkoušen, a vytváří stínový obraz založený na montážní hustotě a atomovém čísle základních atomů předmětu. Absorpce rentgenových paprsků je podmíněna interakcí s orbitálními elektrony v materiálu. RTG prochází kontrolovaným předmětem, paprsky dopadají na fluorescenční stínítko, kde se dostávají do viditelného spektra. Kamera přes zrcadlo snímá již viditelný obraz (viz obr. 2.4)[1].

Metoda má význam především v kontrole zapouzdřených obvodů, kde již není možné z technologie otevřít zapouzdření (zná hermetická pouzdra, BGA, atd.)[2].

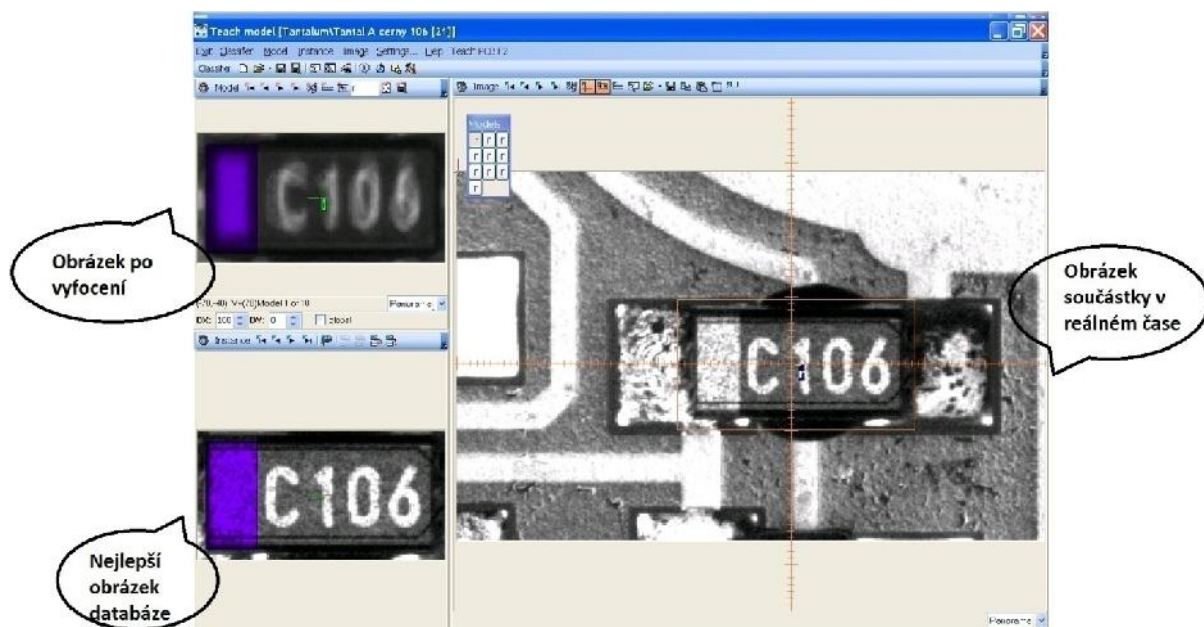


Obr. 2.4

### 3 Popis tvorby dat pro optické testování AOI

Tvorba dat pro optické testování DPS je jednoduchá, ale velice zdlouhavá. Vzorovou (referenční) DPS vložíme do předem připraveného úchyťového přípravku (který obsahuje samotný tester) a máme se zařít.

Funkce optického testování spočívá v porovnávání předem naučených obrázků, které se nafotí kamerou, které optický tester obsahuje. Základní vlastností tohoto testování je upravení ořezané vlastnosti, jako je například světlost, poměr šedí u zapájení (dále jako meniskus), proužek u polarit součástek apod. (viz obr. 3.5). V nástroji „Teach model“ se nafotí jednotlivé součástky a dle potřeby upraví.



Obr. 3.5 Obrázek úpravy součástek na DPS

Po nafocení vzorové DPS se projíždí součástka po součástce a upravuje se tak, aby vyhovovala požadavkům. Tento proces se provádí ještě s dalšími zhruba deseti DPS pro naučení více součástek stejného typu (pouzdro, hodnota) pro odstranění chybné závady,

protože všechny součástky nejsou identické, minimálně se liší (mastnota, provedení zapájení, nebo pájecí pasty).

Vše se ukládá do knihovny na pevný disk. Jednotlivé obrázky se mohou dle libosti přidávat, popř. i smazat.

Tato zdoluhavá procedura je zapotřebí pouze u větvě prvního programu k testování DPS, dále se už jen využívají uložené hodnoty součástek (viz obr. 3.6)



Obr. 3.6. okno návrhu zázorující správnou kontrolu jiné součástky téhož typu

Pokud je zapotřebí udělat program pro novou DPS, v tšinu součástek už budu mít upraveny a pouze to rozšířím o tištěné spoje, které jsou na každém druhu DPS jiné. Pokud mám už hotovou prvotní verzi programu, nasimuluji různé chyby pro kontrolu, jestli je to nastavené správně a pokud je vše v pořádku, může se začít testovat.

Po úpravách jednotlivých součástek přejdem do jiného nástroje s názvem „Teach PCB testprogram“, kde se upravují konkrétní vlastnosti součástky (meniskus, odchylky v položení a nejvyšší priority, viz obr. 3.7 a 3.8).

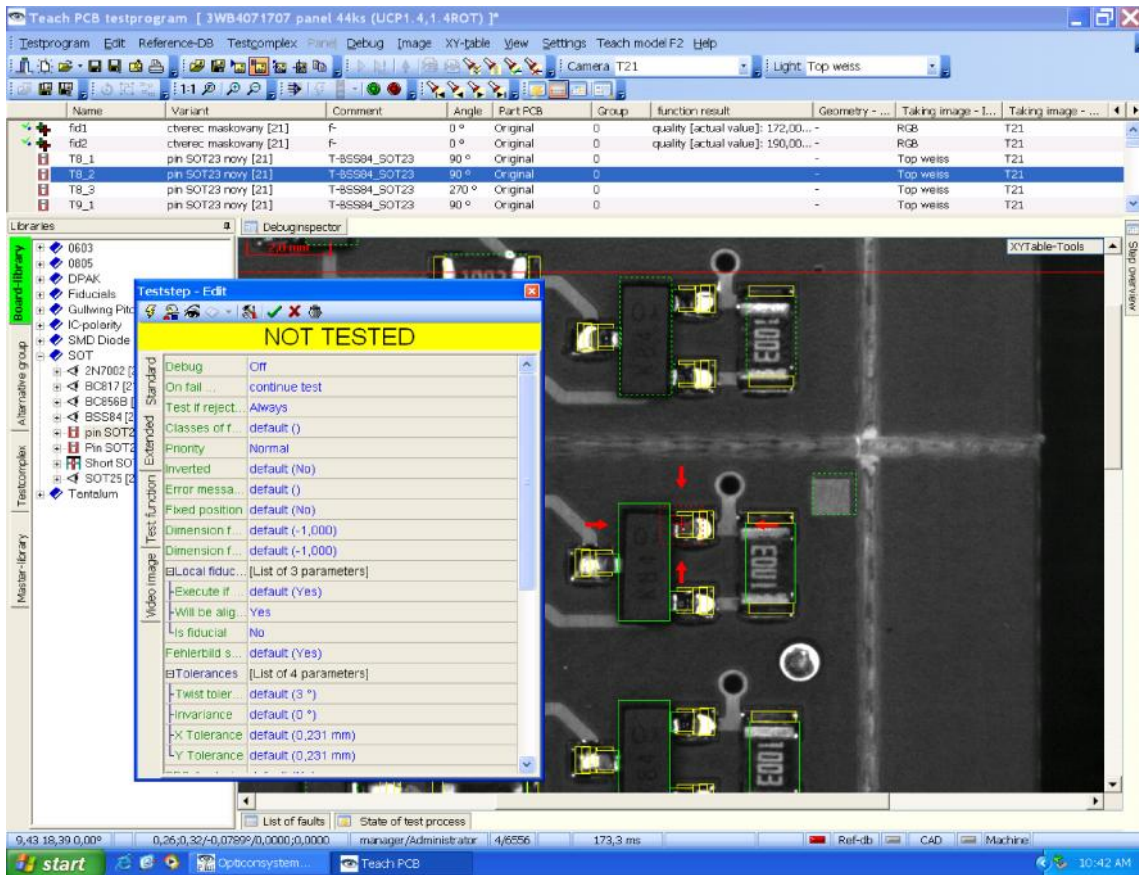
Nastavení meniscusu spoívá v tom, jak se odrazí světlo od sklonu zapájení do snímacích senzorů pracovní plochy, jestli se vůbec odrazí, což je špatně zapájený spoj (tzv. studé šák), nebo jeho absence, tudíž se odrazí kolmo zpět.

Polarita součástek se sleduje vyznačeným proužkem (katoda je označena) na jedné straně, kde se přejdem vymezí pozice požadovaného proužku.

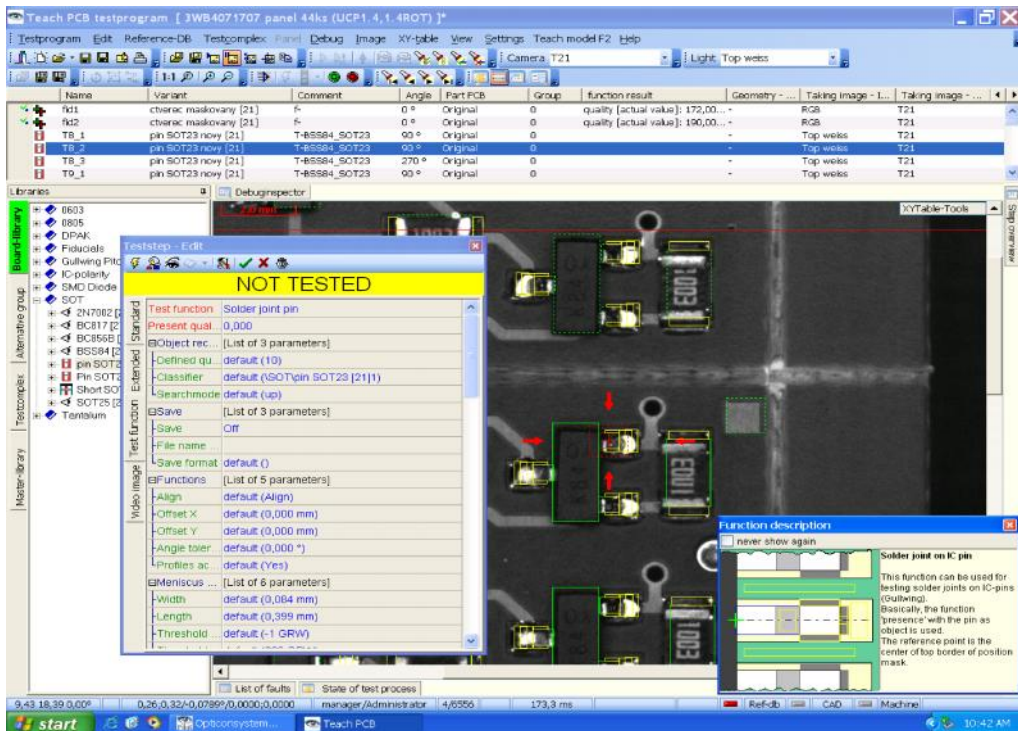
Vždy musí být na nějaké straně, stává se i, že je značený proužek uprostřed, tudíž se nedá spolehnout na jakoukoli stranu, je anoda a katoda, tudíž je to klasifikováno jako závada.

Na obrázku 3.8 vpravo dole, jsou vyobrazeny plochy meniscusu, které se snímají a které se jednotlivě dle potřeby dají upravit (pin procesoru se pájí ze tří stran).





Obr. .3.7



Obr. .3.8

## 4 Systémy optického testování

V elektrotechnické výrobě se používá několik typů kontrol AOI. Nelze s jistotou říci, který je nejlepší, každý systém má své výhody a nevýhody. Takže kritérium pro správný výběr bude to, na co se bude používat, protože každý se specializuje na něco jiného.

Trh s prodejem AOI převládají země jako Japonsko a Tchajwan, které doslova chrlí milionové série desek plošných spojů do celého světa.

### Optické systémy se dají rozdělit do skupin:

jednokamerové – a) jeden zdroj světla

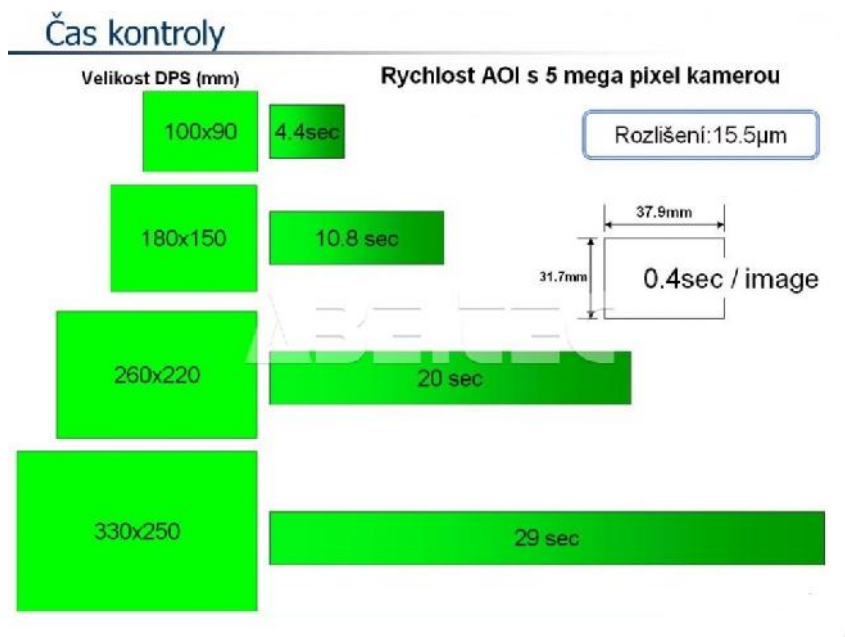
b) více zdrojů světla

c) jednokamerový systém s použitím zrcadla

vícekamerové – a) AOI s dvěma kamerami

b) AOI s pěti kamerami

Jednokamerové AOI jsou pro své levnější provedení rozšířenější jak v malovýrobě, tak velkovýrobě. Kamerou se snímá odražené světlo kolmo shora. Tyto systémy musí odhalit nejenom přítomnost SMD, ale též kvalitu zapájení. Toho lze dosáhnout vhodnou volbou rozlišení kamery a použitím více zdrojů světla na kontrolovanou SMD součástku.



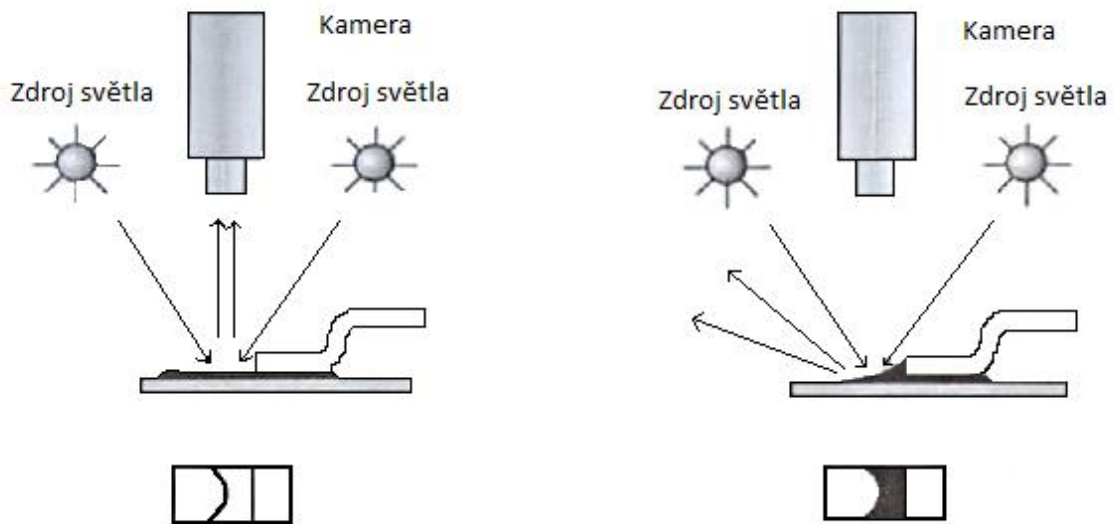
Obr. 3.9 Čas kontroly jedním zdrojem 5MPix kamerou, převzato a upraveno z[5]



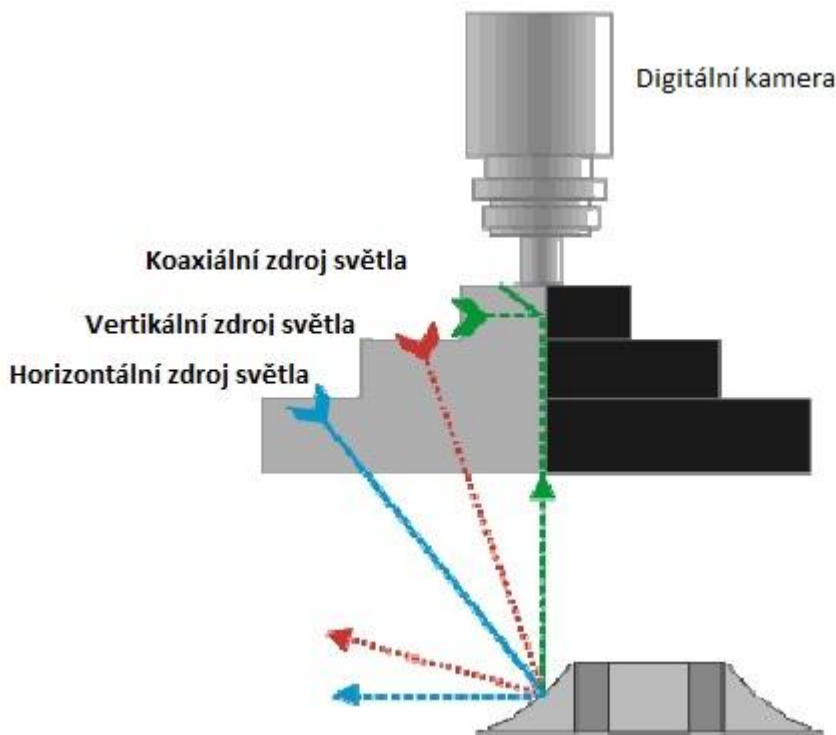
Při použití jednoho zdroje světla je kamera v tštinou černobílá, deska s plošnými spoji se pohybuje po ose X a kamera po ose Y s pevným ostřením. Tento typ je používán spíše u levnějších variant optických systémů. Kontrola přítomnosti součástky je téměř bezchybná, ale zato obsluha je nucena kontrolovat zapájení součástek (viz obr. 4.1)[2].

Více zdrojů světla umožňují podstatně variabilnější konfiguraci nasvícené kontrolované desky s plošnými spoji. Tak jako u použití jednoho zdroje světla se deska s plošnými spoji pohybuje po ose X a kamera po ose Y a má též pevné ostření. Zdroj světla je složen z těchto zdrojů (vertikální, horizontální a koaxiální světlo), které při různém nasvícení a kombinací světel, ale i softwarovým zpracováním je možné dosáhnout velmi rozdílných nasvícení (viz obr. 4.2)[3].

Kamera je barevná a snímáný obraz je též barevný, ale zapájení je snímáno černobíle.

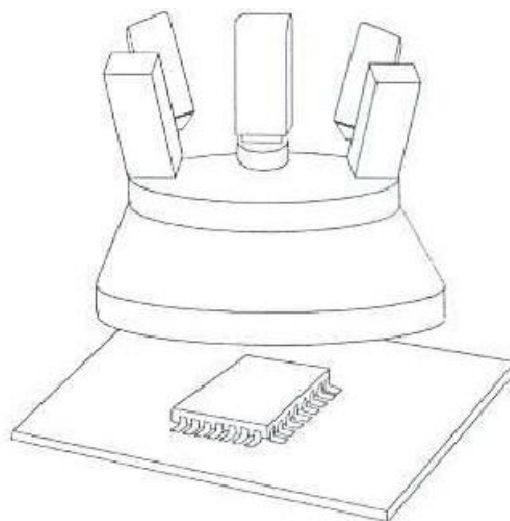


Obr. 4.1 převzato a upraveno z[1]



Obr. . 4.2 p evzato a upraveno z[2].

Oproti p edchozím jednokamerovým systém m je vícekamerový systém určen spíše pro obrovskou výrobu desek plošných spoj . Jsou to doposud nejpe snější systémy, které snímají prostorov . Na druhou stranu tvorba dat pro tuto kontrolu bude o dost náro njší a delší, než jednokamerové systémy. Cena je velmi vysoká. Pro p íklad systém s p ti kamerami funguje tak, že jedna kamera snímá obraz ze shora a zbylé ty i kontrolují zapájení (viz obr. . 4.3).



Obr. . 4.3 p evzato a upraveno z[4].

## 5 Zhodnocení metod optického testování

V této práci je uvedeno pět optických testovacích metod. První z nich je pomocí lidského oka zaškoleného pracovníka a zbylé jsou strojní metody. Nelze říci, která z těchto metod je nejlepší, každá z nich má své výhody a nevýhody, tzn., že každá z těchto metod se hodí pro určité optické testování desek plošných spojů a ne pro všechny. Lidské oko je v této tematice velice nedokonalý nástroj pro kontrolu, rychle se unaví a snadno se přehlédne viditelná závada i zkušenému pracovníkovi.

Pomocí AOI je test velice efektivní a rychlý. Naopak zvolení vhodného testeru do výroby může být velice drahá záležitost, náklady v milionech. Údržba a tvorba dat je sice zdlouhavá, ale velice jednoduchá. Školení specialisty se vejde do jednoho pracovního dne (cca 8 hod). Po vytvoření jednotlivých programů různých desek plošných spojů může provádět testování pouze poučený pracovník, nikoliv specialista.

V porovnání lidského oka a optického testeru, který snímá DPS 1-5 kamerami o rozlišení 5 Mpixelu a více, je to velice rozdílné porovnání. Lidské oko, které se časem unaví a nemá takové vlastnosti jako kamery v testeru, je v porovnání velice nedokonalé s velkým počtem nezaznamenaných závad. Bez optického testeru je třeba zapotřebí mikroskop, pro zkontrolování součástí velmi malých rozměrů.

Laserový kontrolní systém se nejvíce využívá při kontrole zapojitelnosti, není to tak drahá záležitost, takže si tento kontrolní systém může dovolit i menší firma na výrobu desek plošných spojů.

Testování pomocí infračerveného termografického zobrazení není moc rozšířená metoda, při testování je zapotřebí napájet desku plošných spojů pro vytvoření záření (tepla), na kterém spočívá princip této metody. Nevýhodou je, že deska není elektricky otestována, takže při testu může dojít i k poškození jak desky, tak testeru.

Testování pomocí RTG se používá především při kontrole zapouzdřených obvodů, kde již není možné z technologie otevřít zapouzdření.

## 6 Doporučení vhodné metody optického testování ve výrobě

Optické testery se pohybují od řádově necelého milionu až to desítek milionů.

Do malovýroby, kde se vyrobí okolo 1000 DPS měsíčně, se dá pořídit AOI tester s jednou kamerou a pouze se základními funkcemi, které postačí pro kontrolu, ale záleží jaké DPS se vyrábí. Každá z těchto metod se hodí na něco jiného.

Z nashromážděných informací a požadavků výroby vhodné testovací metody pro výrobu malých sérií desek plošných spojů bylo navrženo toto řešení. Za předpokladu, že se vyrábí různé druhy desek plošných spojů, nebo jsou různé úpravy tištěných spojů, je nejvhodnější zvolenou metodou automatická optická kontrola. Tvorba dat je velice jednoduchá a změna návrh nového testovacího programu je otázkou několika málo hodin. Vyšší provozní náklady jsou vyváženy úsporou času optické kontroly a zprovoznění závady při funkčním testu. Tyto náklady spoívají v koupi samotného zařízení, které se pohybuje od řádově stovek tisíc korun se základními funkcemi po několik milionů.

## 7 Seznam použitých zkratk

AOI	Automatic Optical Inspection – automatická optická kontrola
BGA	Ball Grid Array – kulové mřížkové pole
CCD	Charged Coupled Device – snímací zařízení obrazu
DPS	Deska plošných spojů
MPix	Mega pixel
SMD	Surface Mount Device – povrchová součástka

## 8 Závěr

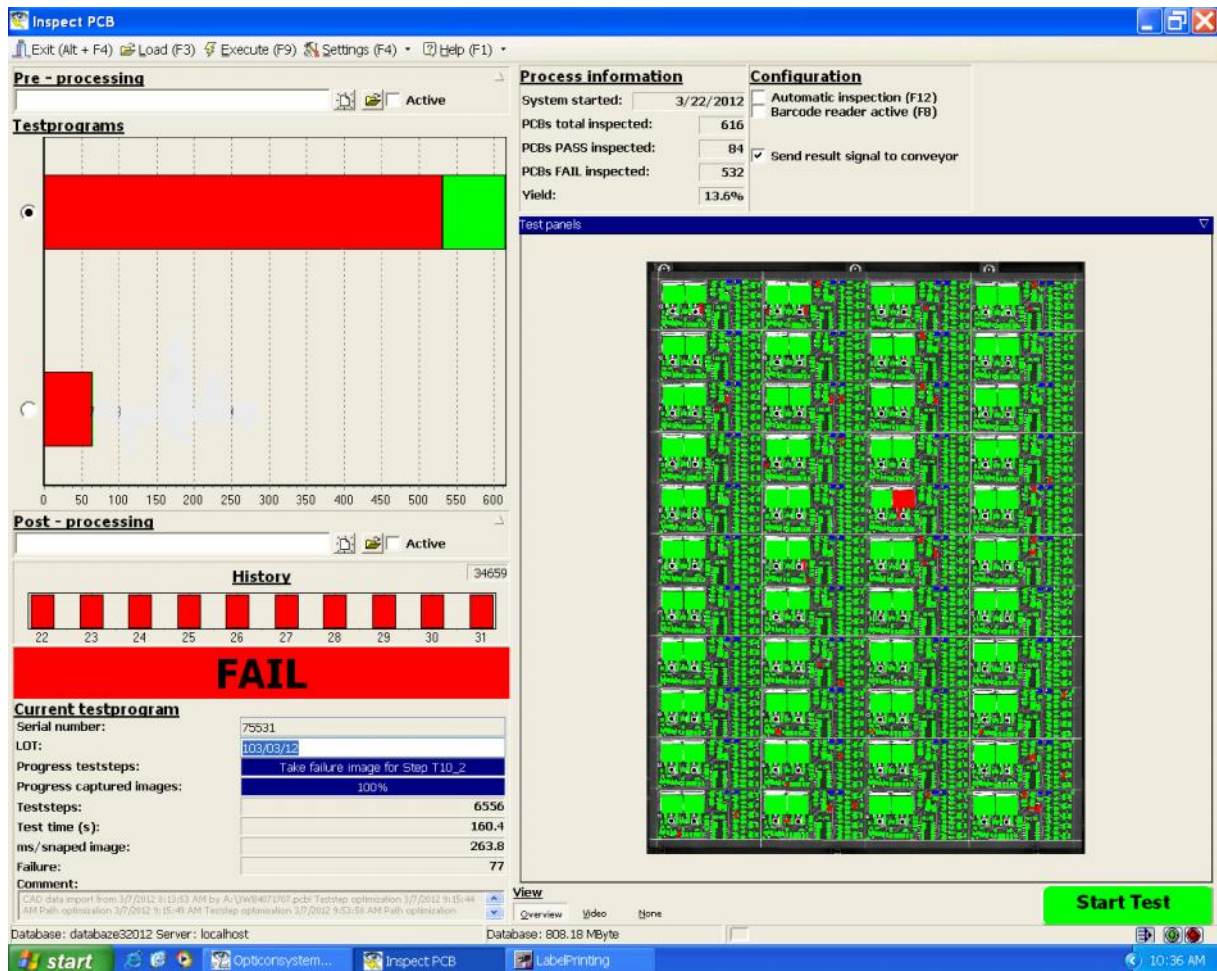
Tato práce popisuje testovací metody výrobního procesu desek plošných spoj se zaměřením na optickou kontrolu. Jsou zde uvedeny optické kontroly zaškoleného pracovníka za pomoci dílenské lupy, nebo mikroskopu a i strojní metody optického testování různými systémy. Dále jsou zde popsány elektrické kontroly za pomoci funkčních testerů připojené pomocí konektorů, nebo jehlového pole. Dále tato práce obsahuje detailní popis automatických optických systémů. Uvedené optické systémy, nebo testery jsou pouhou částí široké škály vyráběných zařízení a tak stručný popis je způsoben obtížnou dostupností bližších informací. Zvolení vhodné testovací metody do výroby je velice diskutabilní a mohl by být předmětem bližšího prověření dostupných informací o stavu a možnostech pro konkrétního výrobce desek plošných spojů.

## 9 Příloha

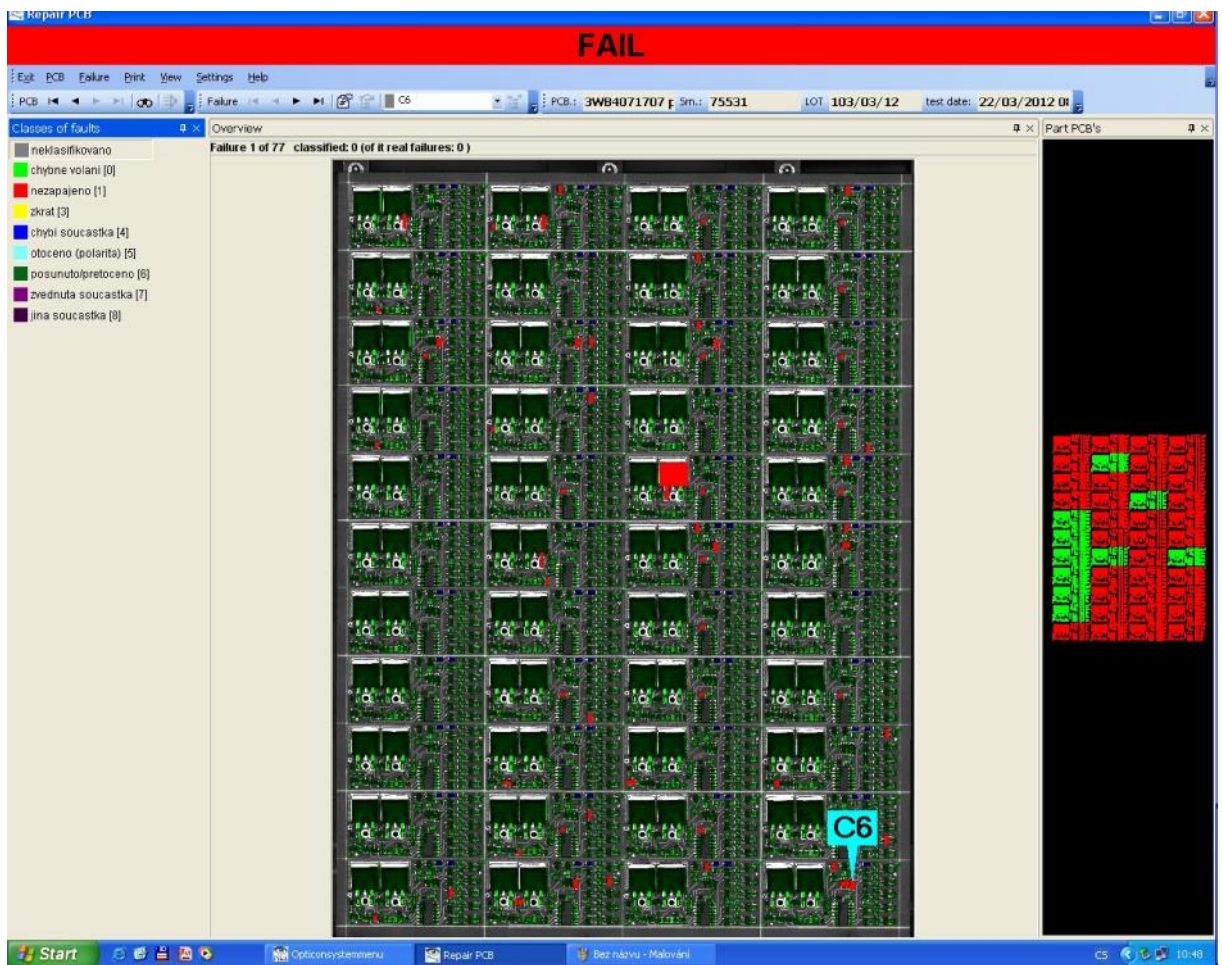
Obrázek P 9. 1 Základní plocha optického testeru



Obrázek P 9. 2 Testovací plocha optického testeru

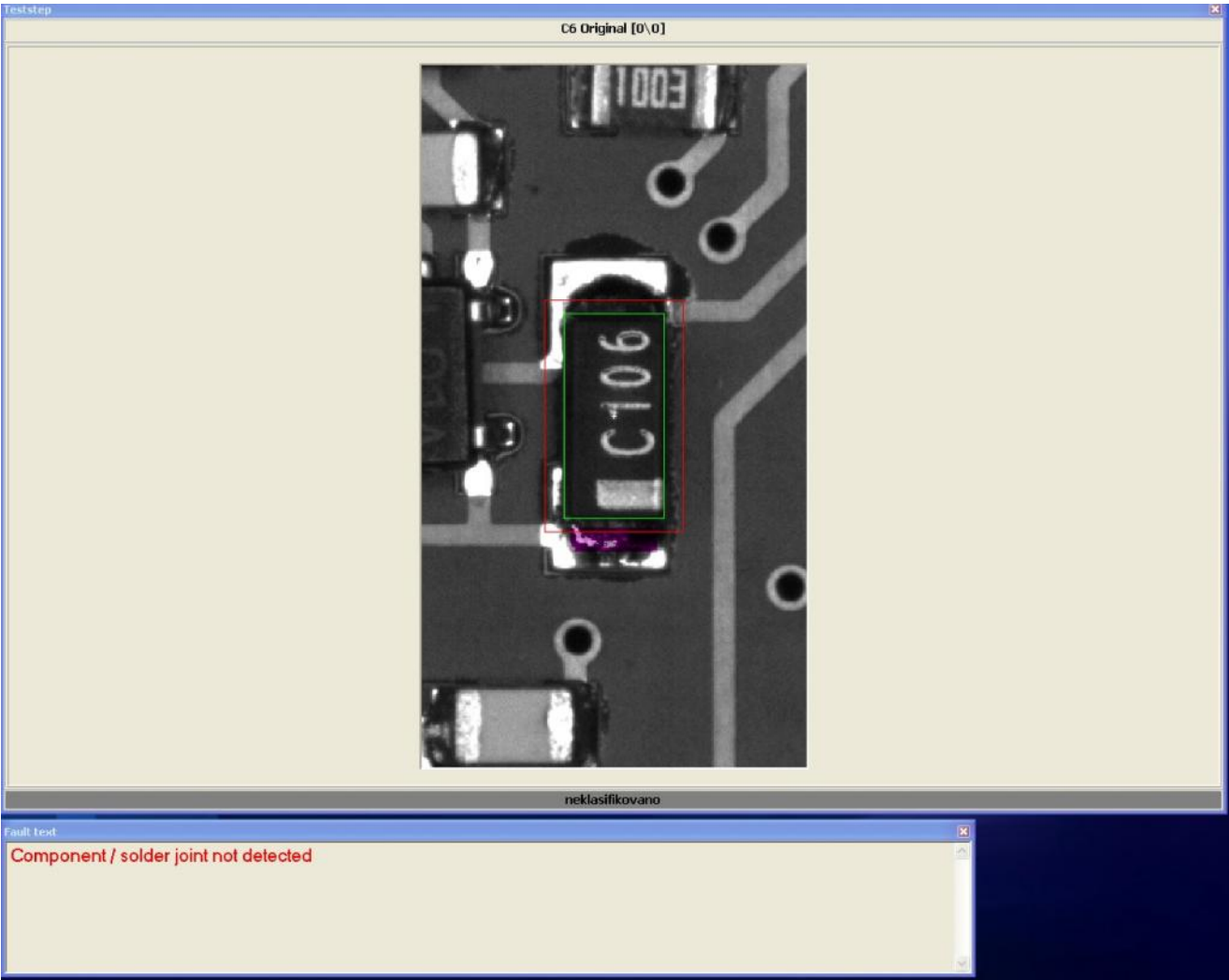


Obrázek P 9.3 Levý opravárenský monitor série DPS

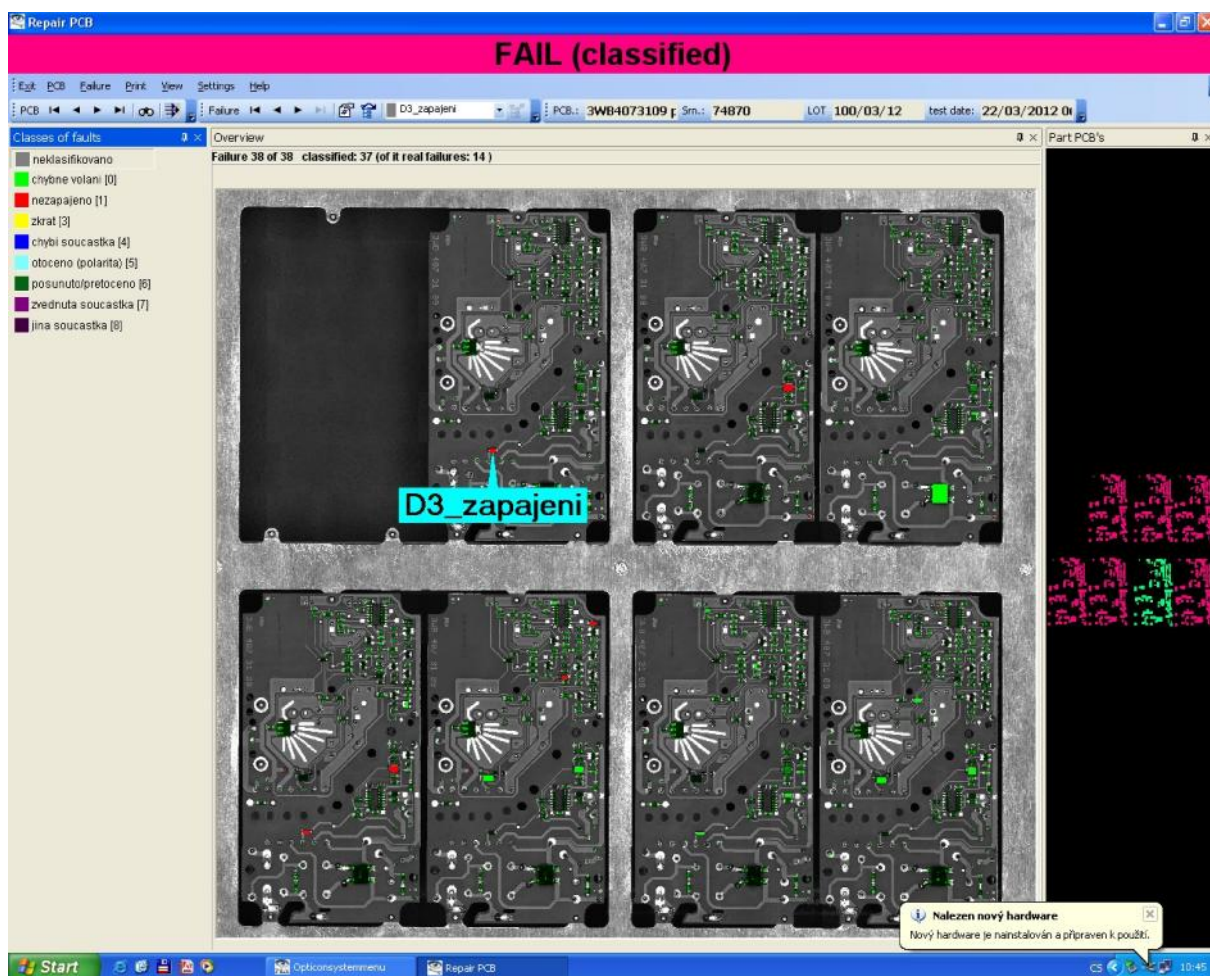




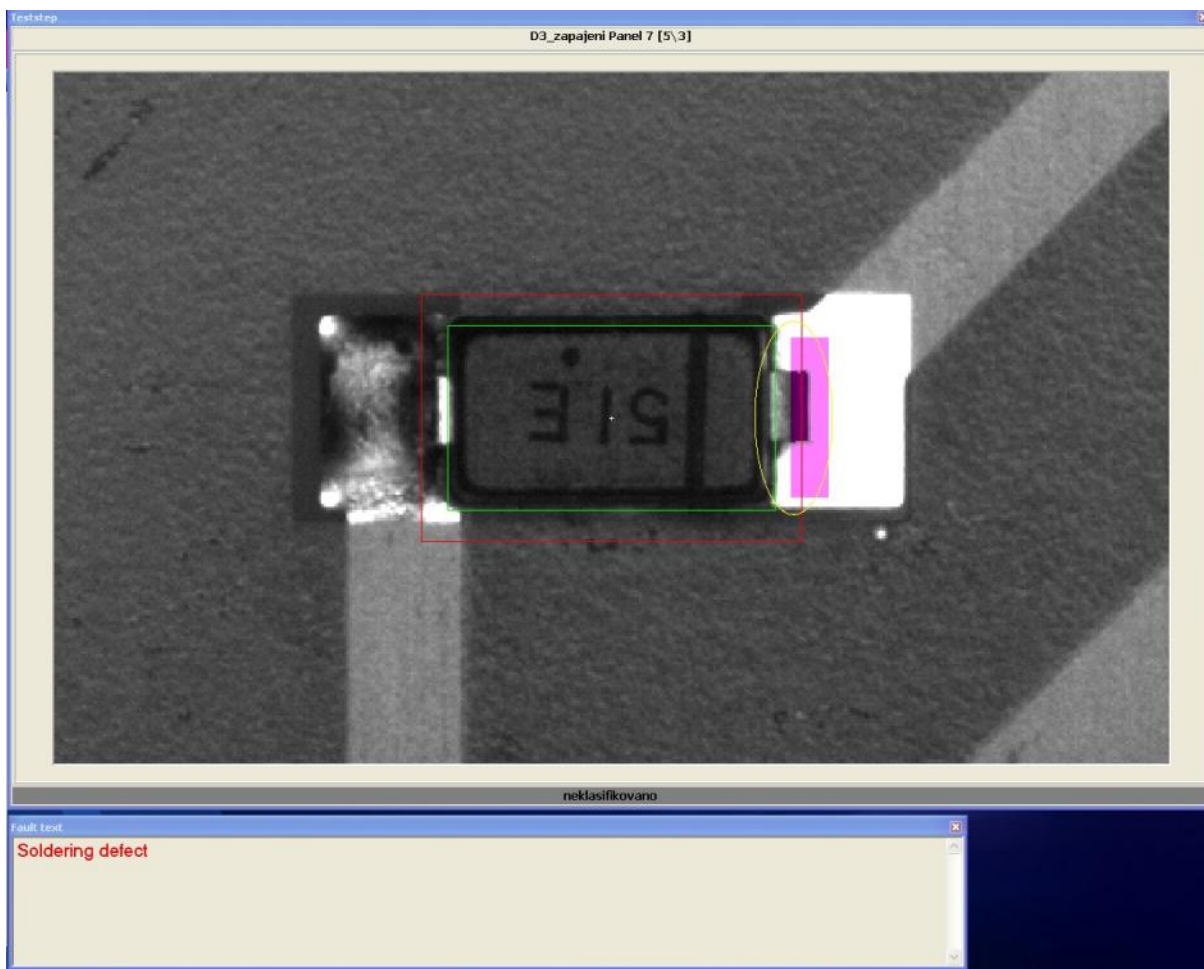
Obrázek P 9.4 Pravý opravářský monitor série DPS s konkrétní závadou



Obrázek P 9.5 Levý monitor opravárenského pracovišť jiné série DPS



Obrázek P 9.6 Levý monitor opravárenského pracovišt jiné série DPS s konkrétní závadou



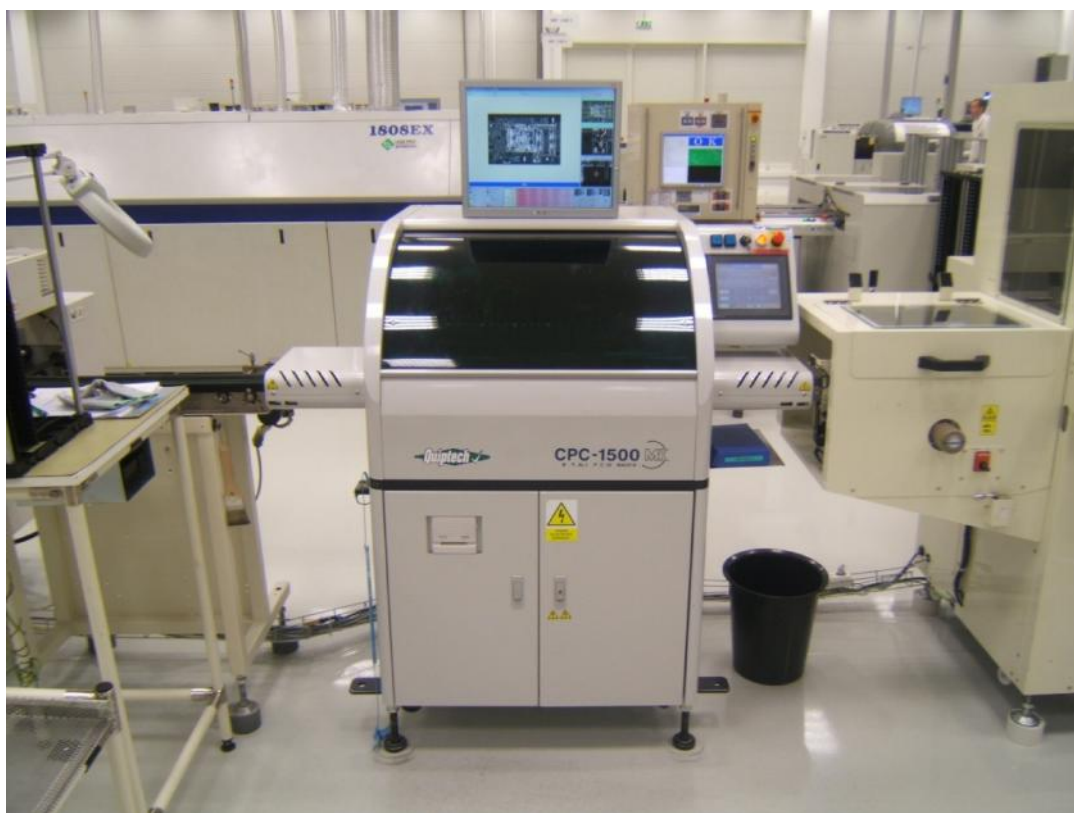
Obrázek P 9.7 Optické testery firmy goepel[3]



Obrázek P 9. 8 optický tester od firmy MR tec[1]



Obrázek P 9.9 optický tester CPC – 1500 zapojen v sérii za pájecí vlnou[1]



Obrázek P 9.10 stolní optický tester MV – 3L[1]





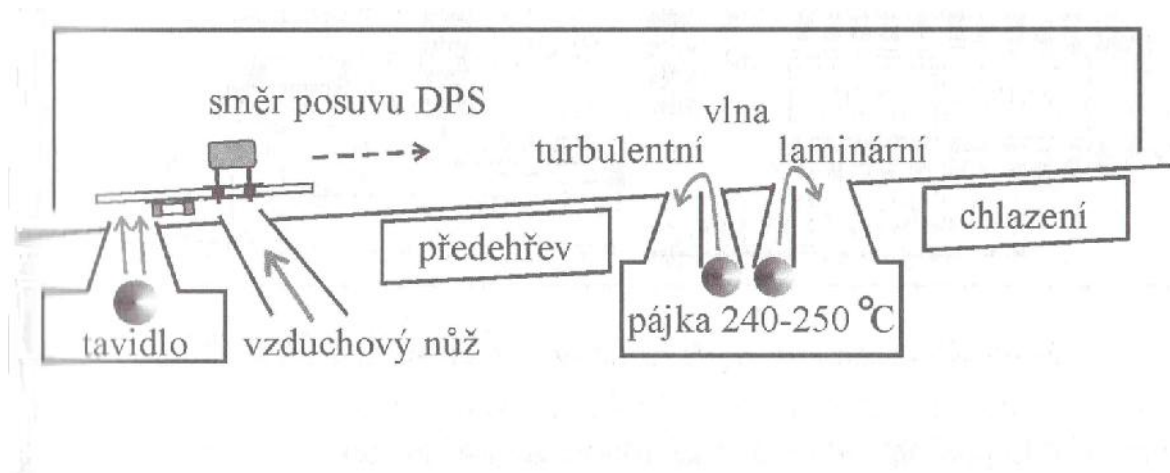
Obrázek P 9.11 optický tester CL – 350[1]



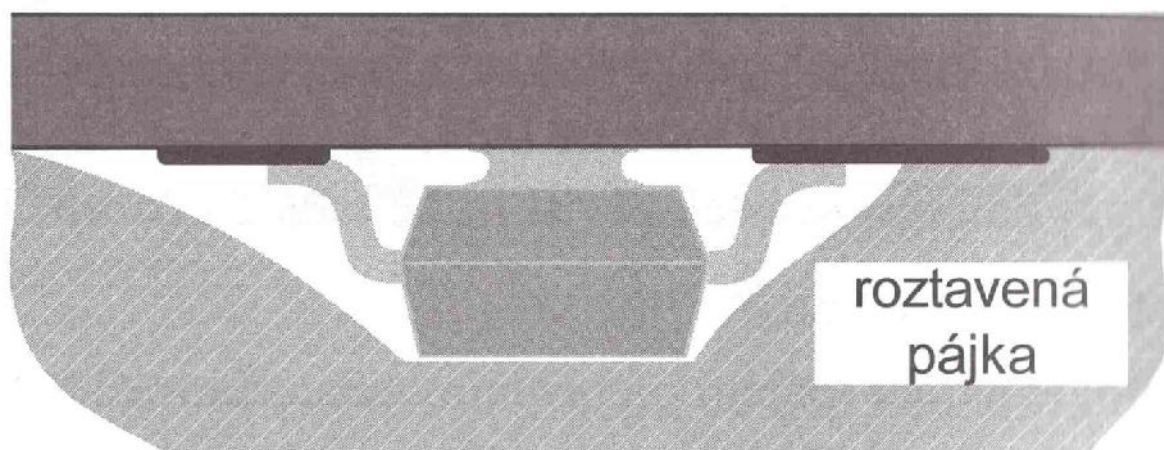
Obrázek P 9.12 optický tester samostatn stojící tester DV8 pro neosazené desky[1]



Obrázek P 9.13 princip pájecí vlny[7]



Obrázek P 9.14 zp sob pájení pájecí vlnou pouzdra SOT 23[6]





## Použité zdroje

- [1] <http://www.smtcentrum.cz>
- [2] manuál k optickému testeru
- [3] [www.goepel.com](http://www.goepel.com)
- [4] Abel, M., Cimburek, V.: Bezolovnaté pájení v legislativě i praxi. 2005. ISBN 80-903597-0-1.
- [5] <http://www.abetec.cz/eshop/product/automaticky-opticky-testovaci-system-aoi-si-v100/>
- [6] Šandera Josef: Návrh plošných spojů pro povrchovou montáž - SMT a SMD
- [7] Záhlava Vít: Návrh a konstrukce desek plošných spojů