

# SEMIKRON vo Vrbovom na ceste dynamického rozvoja

Nemecká spoločnosť SEMIKRON je významný svetový výrobca polovodičových komponentov. Spoločnosť má niekoľko výrobných podnikov zameraných na výrobu rôznych výkonových modulov zahŕňajúcich IGBT a MOSFET tranzistorové moduly, tyristorové a diódové moduly, inteligentné moduly obsahujúce výkonovú časť, aj všetky riadiace a podporné obvody.

Spoločnosť SEMIKRON venuje veľkú pozornosť nielen výrobe jednotlivých komponentov, ale aj vývoju a výrobe kompletných výkonových zariadení, ako napríklad meničom pre veterné elektrárne, elektrické vysokozdvížne vozíky, trakčné zariadenia. Významným zákazníkom SEMIKRON-u je napríklad spoločnosť SIEMENS, Linde, Emerson a na Slovensku EVPU a Vonsch.

Nemecká firma Diotec v roku 1992 nadviazala na dlhú históriu výroby polovodičových diód v Tesle Piešťany. Spolu so slovenskými odborníkmi založili výrobný podnik v Radošine, lokalite vzdialenej 15 km od Piešťan. V roku 1999 firma SEMIKRON v rámci rozširovania výrobného a technologického portfólia odkúpila od Diotecu slovenský výrobný podnik. Spoločnosť zmenila názov na SEMIKRON, s. r. o., a presťahovala sa do Vrbového pri Piešťanoch. V súčasnosti je podnik vo Vrbovom najvýznamnejší výrobný podnik spoločnosti po výrobnom podniku v domovskom Norimbergu.

Slovenská spoločnosť sa od svojho založenia venuje výrobe usmerňovacích diód do 20 A. Vo výrobnom sortimente má všetky bežne používané typy, ktoré sú známe od konkurenčných spoločností, ale tiež špeciálne typy, pri ktorých sa naplno využíva technologická vyspelosť a know-how spoločnosti. Aktuálna produkcia spoločnosti je 60 miliónov kusov mesačne, pričom najmasovejší prvok je 1 A dióda na plošnú montáž (SMD), ktorej sa produkuje 30 miliónov kusov. Od začiatku roku 2005 sa vo Vrbovom vyrábajú okrem diód aj výkonové IGBT moduly. Nové produkty sú najmasovejším výrobkom spoločnosti SEMIKRON a ich výroba na Slovensku svedčí o vyspelosti vrbovského podniku.

Slovenský výrobný podnik je certifikovaný nielen podľa dnes už štandardných noriem ISO 9001, ale aj podľa noriem vyžadovaných automobilovým priemyslom ISO TS 16 949. Na uspokojenie potrieb zákazníkov ako Panasonic, Osram či Philips je tiež nevyhnutná certifikácia podľa environmentálnych noriem ISO 14 001. Spoločnosť kladie veľký dôraz na zachovanie kvality životného prostredia, čo jej umožnilo zapojiť sa do projektu SONY „Green Partner“ a získať tento prestížny certifikát.

## Proces výroby

Výroba čipov prebieha v čistom, bezprašnom prostredí. Zamestnanci musia povinne nosiť počas celej pracovnej doby ochranný odev, gumové rukavice a pokrývku hlavy. Surové kremíkové dosky nakupuje SEMIKRON najmä z Číny a Nemecka. Na prvom pracovisku sa dosky premeriavajú a vykonáva sa vstupná kontrola kvality (meranie a triedenie podľa mechanických a elektrických parametrov). Okrem toho sa uskutočňuje aj výstupná kontrola spracovaných a upravených dosiek určených priamo pre koncových zákazníkov. Z dosiek sa vytvoria zväzky, pričom medzi každú dvojicu dosiek sa vloží špeciálna fólia obsahujúca zlúčeninu fosforu alebo bóru. Zväzky sa ukladajú do pecí, kde pri teplote 1 240 °C difunduje fosfor aj bór do kremíkoveho povrchu dosky. V peci sa používa tyristorová regulácia, ktorá udržiava teplotu v tolerancii  $\pm 0,5$  °C. Teplota v peci sa zaznamenáva každých päťnásť minút a sériovou linkou sa prenáša do počítača, kde sa archívuje. Údaje o teplote majú informatívny a kontrolný charakter.



Difúzna pec DA62 s tyristorovou reguláciou a záznamníkom teploty fy. Thermoprozess

Prakticky sa využívajú na určenie času porúch (napr. výpadky elektrickej energie) a stanovenie dĺžky dodatočnej zameškanej difúzie. V závislosti od typu diódy trvá difúzia od niekoľkých minút až do 60 hodín. Výsledné vlastnosti diódy sú dané hrúbkou dosky, špecifickým odporom (v rozsahu od  $m\Omega/cm$  do desiatok  $\Omega/cm$ ) a hĺbkou difúzie.

Za tým nasledujú tzv. mokré chemické operácie, kde sa dosky od seba oddeľujú a pokrývajú metalickou vrstvou niklu a zlata. Po difúzii a metalizácii sa dosky režu diamantovým kotúčom na jednotlivé čipy v štvorcovom alebo hexagonálnom tvare a veľkosťou zodpovedajú rozmerom puzdra a predpísanej prúdovej hustote. Na túto činnosť majú v podniku k dispozícii tri generácie strojov a z nich najnovšie majú pomerne vysoký stupeň automatizácie, keď sú schopné samy si podávať dosky zo zásobníka, rezať a ukladať ich do výstupného zásobníka. Nevyhnutnou súčasťou vybavenia rezačky je kamerový systém, vďaka ktorému si dokáže nájsť presnú polohu rezu. Dôležitým faktorom pri rezaní je opotrebenie diamantového kotúča. To si dokáže rezačka vyhodnotiť pomocou inštalovaného optického snímača a v prípade detekcie opotrebovanosti kotúča ho prestaviť tak, aby bola dodržaná stanovená hĺbka rezu. Obnažený povrch čipov po rezaní diamantovým kotúčom sa plazmaticky leptá. Z hrán sa odstraňuje približne 10 mikrometrov hrubá vrstva tak, aby na povrchu zostala nepoškodená a mechanicky čistá, hladká vrstva kremíka. Leptanie sa uskutočňuje pri nízkom tlaku prostredníctvom radikálov vytvorených ionizáciou plynu vo vysokofrekvenčnom elektrickom poli.

Riadenie procesu leptania je v režii operátorského panelu PP41 od spoločnosti B&R. Jeho činnosti spočívajú v zapínaní vstupov/výstupov, nastavovaní analógových hodnôt, meraní, ukladaní hodnôt v jednotlivých fázach procesu a spúšťaní vysokofrekvenčného generátora.

Ďalšou fázou spracovania je ošetrovanie povrchu dosky polysiloxanovým kaučukom s výbornými dielektrickými vlastnosťami. Kaučuk sa mechanicky vnaša do vyrezaných drážok a v klimatickej komore sa vytvrdzuje za presných podmienok (riadená teplota).

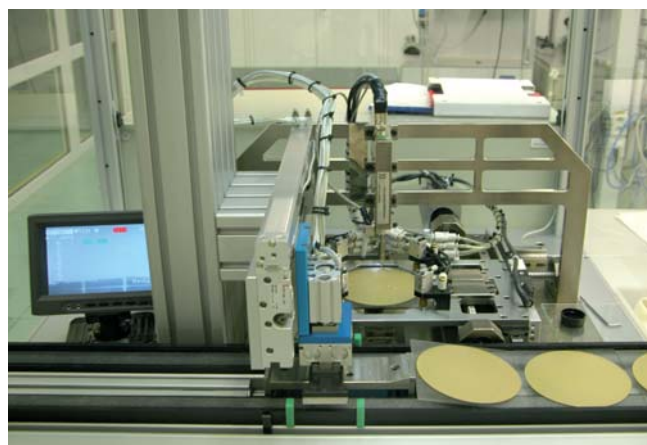


ta a vlhkosť) 48 hodín. Záverečným krokom v tejto fáze je odstránenie fólie a dodatočné vytvrdenie kaučuku pri teplote 200 °C. Takto upravená kremíková doska putuje na rezaciu linku vyrobenú na objednávku spoločnosťou PGS v Trnave. Základom linky je pohyblivý stôl s rezacím nožom. Pohyb stola v x-ovej a y-ovej osi zabezpečujú dva servomotory od spoločnosti Omron. Hĺbka rezu noža je nastaviteľná prostredníctvom polohovania založenom na lineárnom magnetickom pohone od spoločnosti SMAC.

Ďalšou súčasťou linky je kamerový systém. Kamera nasníma drážku, určí miesto kam zapichnúť nôž a rezanie sa potom vykonáva pohybom stola v osiach. O riadenie linky sa stará PLC od spoločnosti Omron. Kamerový systém pochádza takisto od rovnakého výrobcu.



**Rozvodná skriňa s panelom PP41 fy. B&R zrekonštruovanej plazmatickej leptačky**



**Rezací automat pre delenie čipov fy. PGS s riadením a kamerovým systémom od fy. OMRON**

Zariadenia vyrobené spoločnosťou Proxy, ale vyvinuté a navrhnuté na základe dokumentácie odborných pracovníkov slovenského SEMIKRON-u, slúžia na selekciu čipov s úzkou toleranciou Zenerového napätia (max. (2 %). Tieto stroje triedia čipy do ôsmich skupín podľa zameraných elektrických parametrov. Selekcia čipov sa vykonáva iba v kategórii produktov Zenerové a ochranné diódy (TVS – Transient Voltage Suppressors). Čipy putujú na svojej ceste do priebežných spájkovacích pecí, kde sa spájkujú axiálne diódy a SMD diódy v plochých a valcových puzdrách. Čipy sa postupne vkladajú do špeciálnych držiakov, tzv. spájkovacích masiek a prechádzajú cez pec, kde je redukčná atmosféra vytvorená zmesou plynov vodíka a dusíka. V peci pri 400 °C sa prispájkujú prírody. Každá zo štyroch spájkovacích pecí je riadená vlastným PLC od spoločnosti Omron. Teplota v jednotlivých zónach pece je regulovaná regulátormi dodanými od spoločnosti Omron a MRK. Teplota je regulovaná klasickou PID reguláciou. Konštanty regulátorov boli nastavované empiricky, inštalované regulátory však disponujú aj alternatívnou metódou nastavenia prostredníctvom identifikácie sústavy.

Zapuzdrenie diód prebieha v osobitných zariadeniach, kde sa vstrekuje epoxidová hmota do foriem a vytvrdzuje sa pri stanovenej teplote. Teplotná regulácia sa opätovne realizuje pomocou regulátorov od firmy RMK, nadradenou riadiacou jednotkou je pa-



**Zrekonštruovaná priebežná spájkovacia pec BTU**

nel PP21 od spoločnosti B&R. Na tomto princípe momentálne pracujú tri zariadenia, zvyšné čaká rekonštrukcia, pri ktorej sa nahradí doterajšie riadenie založené na stýkačovej logike. Triedenie diód do skupín podľa typu patrí medzi posledné operácie. Riadiace funkcie sú opäť zverené systému od firmy B&R (zabezpečuje komunikáciu s meračím testerom, riadenie stroja, plán preventívneho servisu na základe zadaných dát i s uchovaním dát). Relevantné údaje práce týchto strojov momentálne nie sú k dispozícii nadradenej úrovni, v podniku sa však medzičasom rozbehol projekt zavedenia SCADA systému. Finálnou fázou je záverečné premeriavanie parametrov diód, tlač typového znaku na diódy a ich balenie do tzv. blister pásky alebo do pásu (axiálne diódy). Na balenie SMD diód v plochých puzdrách si slovenský SEMIKRON nechal vyrobiť stroj na kľúč od firmy KOMFI Lanškroun (ČR). Okrem balenia plní aj funkciu popisovania na diódu pomocou inštalovaného lasera. Jeho nespornou výhodou je dvojnásobná produkčná kapacita (6 000 kusov za hodinu) v porovnaní so starším spôsobom balenia a popisovania, kde je navyše nutná nepretržitá prítomnosť obsluhy. Zvažuje sa zakúpenie ešte jedného stroja s produkčnou kapacitou až 9 000 kusov za hodinu.



**Meračí a baliaci automat pre diódy v puzdre SMA od fy. KOMFI, s riadením od fy. B&R**

V rámci inovácie a modernizácie sa v podniku zakúpil SCADA systém Promotic od spoločnosti Microsys na monitorovanie a ukladanie procesných dát. Okrem zvýšenia komfortu práce obsluhy si od tejto investície v podniku sľubujú aj predĺženie životnosti strojov vďaka dokonalejšej údržbe.

### Výkonové moduly

Iba vlani rozšíril slovenský SEMIKRON vo Vrbovom svoj výrobný program o výkonové moduly. Základné zloženie výkonového modulu je tvorené keramikou doštičkou s naspájkovanými a termokompresiou nakontaktovanými čipmi na vymedzených plô-

škach. Vo výkonovom module sa nachádzajú čipy výkonových tranzistorov, tyristorov, triakov a diód. Vo Vrbovom sa skladá výsledný produkt z jednotlivých komponentov. Spájkovanie prebieha vo vákuu, aby sa zabránilo vytvoreniu vzduchových bublín medzi keramikou doštičkou a medenou podložkou, ktoré zaručuje odvod tepla. Výskyt bublín sa momentálne zisťuje röntgenovou kontrolou každého vyrobeného kusu. Operátor vizuálne prechádza každý modul, na displeji si ohraničí potenciálne miesta výskytu bublín a program nechá posúdiť závažnosť narušenia daného miesta.

V súčasnosti sa odovzdáva do ostrej prevádzky nová linka od spoločnosti Schiller, ktorá bude vykonávať niekoľko mechanických úkonov (zakladanie matíc, ohýbanie silových elektród), ale predovšetkým testové a skúšobné operácie. Na linke prechádza postupne každý modul stanoviskami s rozličnými úlohami. Na začiatku sa uskutočňuje meranie rovinnosti a mechanické operácie. Nasleduje meranie elektrickej odolnosti, keď sa modul vystaví napätiu s hodnotou 3 000 V počas troch sekúnd. Za tým nasleduje meranie statických parametrov IGBT tranzistorov (externé meracie systémy od firmy Schuster). Nastavenia sa vykonávajú v softvéri vytvorenom materskou firmou SEMIKRON v Nemecku. Sériu meraní zakončuje meranie teplotného odporu IGBT tranzistorov. Modul musí vyhovieť všetkým stanoveným limitom a toleranciam, inak je označený ako nevyhovujúci. Moduly ďalej prechádzajú na teplotnú platňu, kde sa pri teplote 125 °C zahrejú, aby mohli absolvovať nastávajúce dynamické merania (simulácia skratu). Po premeraní sa moduly ochladia na chladiacej doske na štandardnú (izbovú) teplotu. Potom sa opätovne uskutočňujú statické merania, ktorými sa overí, či sa modul nepoškodil počas procesu dynamického merania. Na záver sa už iba nasadia skrátovacie nity, popíše sa laserom každý kus podľa typu a roztriedia sa moduly na vyhovujúce a chybné.

Z hľadiska riadenia je celá linka rozdelená na bunky. Riadenie mechanických častí v každej bunke zabezpečuje riadiaci systém BR2005 od spoločnosti B&R. Riadiaci softvér bol dodaný výrobcom linky Schiller. Každá jedna bunka spolupracuje s bunkami vo svojom tesnom susedstve. Riadenie meracích systémov má na starosti softvér vyvinutý materskou firmou SEMIKRON.

Možnosť zásadných zásahov do riadiacich softvérov a algoritmov je v podstate vylúčená a pre interné potreby nie je ani potrebná. V prípade problému sú v podniku schopní pripojiť linku prostredníctvom modemu k príslušnému dodávateľovi, ktorý dokáže vykonať diagnostiku aj väčšinu opráv. Vlastnými silami si v podniku budú vypomáhať iba pri tvorbe meracích programov, ktoré sa líšia v závislosti od produkovaných výkonových modulov.



Automatická linka na meranie a triedenie výkonových modulov SEMITRANS

### Nedostatok ľudských zdrojov

SEMIKRON vo Vrbovom je životaschopný a progresívne sa vŕajajúci podnik. V minulom roku spojzdnili výrobu výkonových modulov a v blízkej budúcnosti plánujú ich výrobu rozšíriť na dvojnásobný objem. Výroba usmerňovacích diód zažíva konjunktúru a oddelenie vývoja je doslova zavalené špeciálnymi požiadavkami zákazníkov. S tým súvisí aj citlivá personálna otázka, ktorá kvári vedenie slovenského podniku. Napriek tomu, že sú v pomerne úzkom kontakte s vysokými školami na Slovensku, pociťujú nedostatok kvalifikovaných odborných pracovníkov predovšetkým z radov absolventov v odbore fyzika, elektronika a automatizácia. „V súčasnosti máme problémy so získavaním odborných pracovníkov, predovšetkým inžinierov z odboru fyziky, elektroniky a automatizácie. Ťažko posúdiť, prečo je to tak, možno je to spôsobené malým záujmom o odbor, celkovým nedostatkom kvalifikovaných ľudí, prípadne ich odlivom do zahraničia. A nesmiem zabudnúť ani na konkurenciu, ktorá značne zamiešala karty na slovenskom trhu práce. V každom prípade dúfam, že sa čoskoro dočkáme zmeny a do Vrbového sa nám podarí získať kvalitných vyskolených ľudí. Napokon, máme im čo ponúknuť,“ poznamenal na margo personálnej otázky technický riaditeľ spoločnosti Ing. Štefan Starovecký.

Na záver by sme sa radi poďakovali Štefanovi Staroveckému, Tomášovi Magulovi (expert servis, zodpovedný za rekonštrukciu strojov) a Petrovi Böhmovi (servis výroby modulov) za ich čas a ochotu pri sprevádzaní po jednotlivých oddeleniach výroby, ktoré boli podložené kvalitným odborným výkladom.

**Anton Géer**  
**Branislav Bložon**

20