



Novovytvorené analytické laboratórium pre hľadanie chýb a porúch v polovodičoch EFA Laboratórium, ON Semiconductor Piešťany

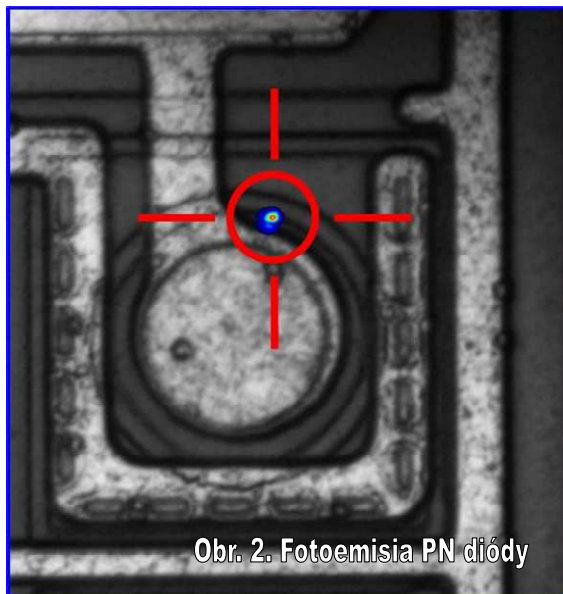
Už v minulom článku boli spomenuté aktivity, týkajúce sa inštalácie fotoemisného mikroskopu a sťahovania laserového, rezača. Toto položilo základ pre vybudovanie analytického laboratória pre hľadanie a analýzu chýb a porúch v polovodičových integrovaných obvodoch a diskretných štruktúrach (z anglického Failure Analysis, FA). Laboratórium bolo pomenované EFA laboratóriom „Electrical Failure Analytical Laboratory“ a nachádza sa v miestnosti T149 vedľa epitaxie a KLA, ktorá bola vytvorená z bývalého skladu dosiek (popísané v minulom čísle ON Semi novín). Ako už samotný názov napovedá, hlavným zameraním laboratória je hľadanie porúch v polovodičových obvodoch a štruktúrach, ktoré sa vyrábajú či už v ONP2, ONPY1 prípadne iných ON Semi lokáciách. Primárne sa hľadá fyzikálna príčina, prečo daná polovodičová súčiastka zlyhala, s cieľom, čo v najkratšom čase odovzdať spätnú väzbu do výrobného procesu za účelom eliminácie opakovania sa chýb, a tým zvýšeniu procesnej výťažnosti.



Obr. 1. Pracovisko fotoemisného mikroskopu

Laboratória s rovnakým zameraním existujú v rámci ON Semi napríklad vo Phoenixe, Rožnove, Serembane, Leshane a OSPI. V minulosti boli ONPY inžinieri, počas riešenia problémov v linke, odkázaní na podporu spomínaných laboratórií. Nefunkčný materiál sa zvyčajne zasielal na analýzu do Phoenix PAL (Product Analysis Laboratory). Nedostatkom v tomto prípade bol čas potrebný na prepravu materiálu a samotnú analýzu, ktorá bola obmedzovaná inými prioritami, keďže Phoenix PAL riešil a stále rieši väčšinu externých zákazníckych reklamácií v rámci ON Semi. Aby sa čas potrebný na analýzu výrazne skrátil, a tým znížil možný „skrep“, v linke bolo takéto laboratórium vybudované priamo na pôde ONPY. V súčasnosti EFA laboratórium pokrýva analýzy hlavne pre ONPY2 a ONPY1, pričom bola nadviazaná spolupráca s PAL vo Phoenixe, PAL Rožnove a je poskytovaná podpora pre RDC (dizajnérske centrum v Rožnove), kde laboratórium a jeho možnosti boli prezentované koncom minulého mesiaca. Vďaka investíciám z minulého roka laboratórium disponuje množstvom analytických techník, ku ktorým patrí fotoemisná, laserové rezanie, elektrické merania pomocou kariet, hrotov, mikro-hrotov či už DC, C-V, C-t, ďalej lokalizácia „hot spotov“ pomocou tekutých kryštálov, a niekoľkých ďalších techník. Len pre zaujímavosť vybudovaný Laserový rezač v EFA laboratóriu je jedinečné zariadenie svojho druhu v celej ON Semi korporácii. Toto zariadenie umožňuje počas laserového rezania paralelne monitorovať elektrické parametre skúmaného obvodu a zároveň aplikovať tekuté kryštály. Laser je taktiež možné použiť na označenie miesta, kde je

detekovaný „hot spot“ (pri ponechaní tekutých kryštálov na povrchu vzorky). Takéto laserové značenie (laser marking) sa s výhodou používa pre neskoršie rezy, lomy, štruktúrami označované „cross-section“. Viac informácií o tomto zariadení je možné nájsť v ON Semi novinách č.4/2006 str. 11 a v [1].



Obr. 2. Fotoemisná PN dióda

Fotoemisný mikroskop (obr. 1) bol zakúpený od firmy HAMAMTSU tento rok, a to v základnej konfigurácii s chladenou CCD kamerou. Toto zariadenie sa používa na detekciu a lokalizáciu fotoemisných centier, čo v praxi znamená, že sa hľadajú miesta, kde sa vyžarujú fotóny zo skúmanej vzorky, vplyvom pretekajúceho elektrického prúdu. Tento jav je možné prirovnať k LED dióde (Light emitting Diode), ale v tomto prípade fotoemisu pozorujeme najčastejšie v blízkosti infračervenej oblasti (NIR, s vlnovou dĺžkou okolo 1100 nm) a počet vyžiarených fotónov je zanedbateľne malý v porovnaní s komerčnou LED. Fotoemisíou je možné nájsť napríklad zvodov v PN prechodoch (viď. obr. 2), prirazy v oxidoch, saturované MOSFET tranzistory, nedokonalé kontakty metal-PolySi a pod. Bohužiaľ, fotoemisná je nepoužiteľná pre prípady týkajúce sa zvodov medzi metalovými linkami, silne dopovaným polySi, ktoré vznikajú napríklad

nedoleptaním, kontamináciou časticami a pod. Časť takýchto zvodov je možné nájsť pomocou tekutých kryštálov, kde limitáciou je minimálny príkon do vzorky, ktorý musí byť vyšší ako 1mW ($T_c \sim 30^\circ\text{C}$). Pre nižšie príkony, prípadne distribuované „hot spoty“ sú tekuté kryštály nepoužiteľné. Vďaka kompaktnému riešeniu PHEMOS-1000 je možné tento mikroskop rozšíriť o laserové skenovanie a OBIRCH techniku [1].

OBIRCH predstavuje techniku, ktorá zachytáva zmenu odporu vyvolanú lokálnym ohriatím laserovým lúčom a vhodnú pre hľadanie zvodov v metalových a iných vrstvách, pre ktoré nie je možné použiť fotoemisiu. Na základe doterajších skúseností vyplýva, že OBIRCH je nevyhnutným analytickým nástrojom, ktorý chýba v EFA laboratóriu. Fotoemisná a OBIRCH sú nedeštruktívne metódy a je ich možné realizovať z aktívnej (vrchnej strany súčiastky) a taktiež zo strany substrátu (označované backside, viď. obr. 3). Viac informácií ohľadom fyzikálneho princípu bude možné nájsť na stránkach EFA Laboratória [1]. Ako už bolo spomenuté, aby bolo možné fotoemisiu pozorovať, musí skúmanou vzorkou tiecť elektrický prúd. Toto je zabezpečené ďalším zariadením v EFA laboratóriu označeným „DC Measurement Rack“. Toto zariadenie obsahuje niekoľko zdrojov jednosmerného napätia, Charakterograf a ďalšie meracie prístroje, ktoré postačujú na napájanie jednoduchých obvodov. Pre zložitejšie obvody, ktoré potrebujú väčší počet napájacích zdrojov sa v súčasnosti inštaluje DTS II tester. Okrem spomenutých zariadení sa v EFA laboratóriu oživuje Leica 1000 mikroskop, ktorý sa získal z ONPY skladu. Dlhodobým plánom je rozšíriť tento mikroskop o UV mód, s ktorým je možné zvýšiť dosahovateľné zväčšenia až na 15 až 25 tisíckrát, čo prináša podstatné zlepšenie v porovnaní s viditeľným spektrom, kde bežné mikroskopy dosahujú optické zväčšenia do 2000x. Bohužiaľ, takéto rozšírenie mikroskopu nie je možné realizovať zo skladových zásob v ONPY,

preto sa táto aktivita nezaobíde bez finančnej podpory. EFA laboratórium úzko spolupracuje s defektivou skupinou, ktorá pokrýva úlohy týkajúce sa spomínaných „cross-section“, FIB (rezania fokusovaným iónovým lúčom), SEM (skenovací elektrónový mikroskop) inšpekcie, EDX (Energy-dispersive X-ray spectroscopy) a ďalšie.



Obr. 3. Backside fotoemiszia, detail

Jednoducho povedané, v EFA laboratóriu sa určuje miesto v integrovanom obvode, kde treba pozerať a hľadať fyzikálny problém. Je to niečo ako hľadať ihlu v kope sena, ale pomocou techník v EFA laboratóriu túto príslovečnú ihlu je možné nájsť v rozumnom čase. Je potrebné podotknúť, že zariadenia ako FIB, SEM, EDX a ďalšie, ktoré súvisia s prípravou a inšpekciou vzoriek sú nevyhnutnou súčasťou každého FA laboratória pre určovanie fyzikálnej príčiny zlyhania daného obvodu alebo štruktúry.

Aj napriek tomu, že sú analýzy pokrývané v súčasnosti iba jedným analytikom, nevyhnutnosť laboratória a jeho prínos sa odzrkadľujú na riešení problémov pre ONPY2, ONPY1, RDC, ktoré sú zachytávané v záverečných správach, ktorých sa do dnešného dňa nazbieralo viac ako 14. Niektoré z nich sú uvedené ako príklady k nahliadnutiu na stránkach EFA laboratória [1]. Pre sprístupnenie informácií o možnostiach tohto nového EFA laboratória bola vytvorená interná internetová stránka, ktorá je k dispozícii na adrese [1] <http://onpy.onsemi.com/efa>.

Na tejto stránke je možné získať informácie o vybavení laboratória, príkladov jednotlivých analytických techník, aktivít v EFA laboratóriu (seminárov, školení prezentácií, internship) a ďalších. Taktiež na stránkach je možné nájsť výsledky internship študentov, medzi ktorých tento rok patril M. Žiga, ktorý počas dvoch mesiacov pracoval na charakterizácii fotoemisie. Do výsledkov jeho stáže je možné nahliadnuť v sekcii „other“ v [1]. Za vytvorenie tejto internetovej stránky patrí vďaka Petrovi Blechovi za výbornú programátorskú prácu, Radoslavovi Derdákovovi za IT podporu a Davidovi Lundeenovi za jazykové korekcie.

Za účelom rozšíriť vedomostnú bázu bolo pre device knižnicu zakúpených niekoľko kníh zaoberajúcich sa tematikou FA, zoznam odbornej literatúry je uvedený v [1] v sekcii „other“, pričom knihy sú k dispozícii pre ONPY inžinierov v knižnici [2]. EFA analýzu je možné vyžiadať pomocou formuláru zverejneného na stránkach EFA laboratória v sekcii „Analysis Request“, tento bude v budúcnosti nahradený novým request systémom vyvinutým v PAL Phoenix a používaným všetkými ON semi PAL, pod názvom PAMS (Product Analysis Management System). Zároveň je plánované rozšíriť podporu EFA laboratória pre externých zákazníkov ako napríklad Semikron Vrbové, AMI Semiconductor a ďalších.

V budúcnosti je potrebné sa zamerať na rozšírenie analytických techník v EFA laboratóriu predovšetkým o OBIRCH prípadne ekvivalentnú (TIVA, XIVA) techniku, ktorá sa nezaobíde bez finančnej podpory.

Na záver tohto príspevku by som chcel všetkým kolegom popriať veselé sviatky a šťastný nový rok 2008.

Literatúra

- [1] Interné ON Semi stránky EFA Laboratória
- [2] Device knižnica (Process Integration)

Valentin Kulikov
Process Integration Group