

ON Semiconductor®



Electrical Failure Analysis Laboratory
ON Semiconductor Piešťany

New built Failure Analysis Laboratory in ONPY EFA Laboratory, ON Semiconductor Piešťany

Previous activities on moving Laser cutter and installing new photoemission microscope, described in previous issues of ON Semi News, gives the foundation for growth of a new in-house Failure Analysis laboratory in ONPY. This laboratory is named Electrical Failure Analysis Lab and is located in the ONPY2 clean room right next to epitaxy and KLA (T149). The room was created from old wafer storage and extended by part of epitaxy area (was described in previous issue of ON Semi News). The laboratory is focused on looking for fails and failures in semiconductor devices and structures which are produced in ONPY1, ONPY2 and in other ON Semi locations (Roznov, etc.). Failure Analysis (FA) is the process of determining how and why a semiconductor device has failed. The FA results are used to give feedback to process engineering so that process issues can be eliminated leading to ultimately improve yields.



Obr. 1. Pracovisko fotoemisného mikroskopu

Similar laboratories exist within ON Semi in Phoenix, Roznov, Seremban, Leshan and OSPI.

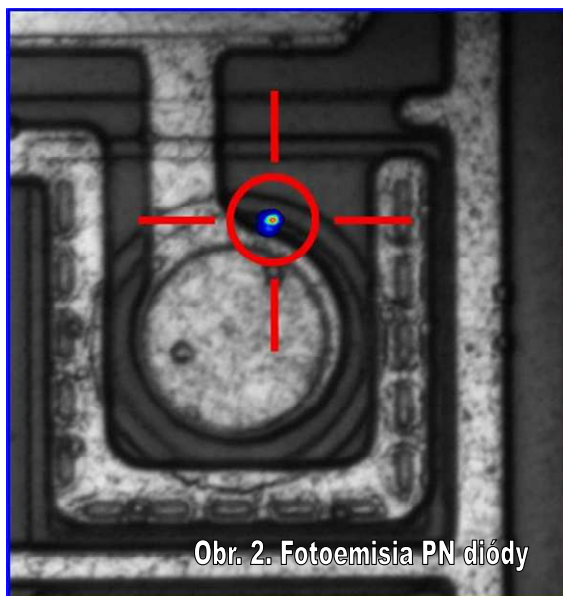
In the past ONPY engineers were sending failed material to Phoenix PAL. Disadvantage was cycle time, because it requires time for transport and analysis. The own analysis was limited by priorities, because Phoenix PAL was and is solving most of customer returns for whole ON Semi. In order to minimize analysis cycle time, the EFA laboratory was built. Today, EFA Lab covers most of analyses for ONPY2 and ONPY1. Additionally, cooperates with other PALs (Phoenix, Roznov) and supports Roznov's Design Center (EFA Laboratory was introduced to RDC two weeks ago).

Thanks to investment from the last year the laboratory offers numerous analytical techniques such are laser cutting, electrical measurements with probe heads, probe cards, microprobes, DC, Impedance, C-V, C-t measurements, localization of hot spots by use of liquid crystals and several others.

The Laser cutter built in ONPY is a unique tool within ON Semi. This equipment offers simultaneous laser cutting with parallel monitoring of DC characteristics and application of liquid crystals. For instance such ability is used for laser marking of hot spots in large structures (e.g. capacitors) for further cross-sectioning. More information on this equipment can be found in page 11 of ON Semi news 4/2006 and in [1].

Photoemission microscope Phemos-1000 (Fig. 1) was purchased from HAMAMTSU this year in basic configuration with cooled CCD camera. This tool is used for localization of leakages in semiconductors; this practically means that the tool is able to localize areas where photons are generated from the sample as result of current flow. This can be used for

detection of forward, reverse biased PN junctions, breakdowns in oxides, PolySi filaments, insufficient Metal-PolySi contacts, hot electrons (MOSFETs in saturation region), and several others.



Obr. 2. Fotoemisija PN diódy

Unfortunately, photoemission cannot be used for detection of leakages between metal lines or doped PolySi lines which are formed by insufficient etch, particle contamination, etc.

However, such leakages can be detected by liquid crystals though there is a limitation on the minimal power consumed by sample under test and is usual in the mW range. If the leakage is less liquid crystals are not usable.

Due to compact construction of Phemos-1000 it is possible to upgrade this tool with laser scanning and OBIRCH (TIVA/XIVA) analytical technique. OBIRCH (Optical Beam Induced Resistor Change) [1] has high sensitivity to detect and localize leakage sites within integrated circuits and is still missing in the EFA Laboratory. Principally in this analytical technique, the laser beam locally heats and scans over the sample with recording of resistance change. The result of such scan is imaged with

OBIRCH centers (similar to photoemission imaging).

Based on current experience OBIRCH / TIVA / XIVA is an indispensable technique for covering FA analysis in ONPY.

Photoemission and OBIRCH are nondestructive analytical methods applicable from front side as well as from back side (Fig. 3) of semiconductor sample. More information can be found on EFA Lab internal web page [1]. The samples under photoemission are biased by DC Measurement Rack, which includes several DC sources and Curve tracer. This option is applicable for integrated circuits (ICs) with lower count of required biases. For more difficult ICs the DTS II tester is currently installed in EFA lab. Besides the mentioned tools, Leica microscope found in ONPY stock is recalled. Further plans on this tool is to get UV mode or Laser scanning to increase resolution (practical achievable magnifications are 15k-25k) and go far behind regular optical resolution (typically 2k). Such an upgrade is requiring finances and we hope it will be possible in the future.

EFA laboratory cooperates with defectivity group, which covers activities on FIB (focus ion beam) cutting, SEM (Scanning Electron Microscope) inspections, EDX (Energy-dispersive X-ray spectroscopy) analysis and several others.



Obr. 3. Backside fotoemisija, detail

Generally speaking in EFA Lab the problem is localized within investigated

sample giving a notice to FIB, SEM, etc where to look for physical root cause.

It needs to be noted that equipment connected with sample preparation and treatment (FIB, SEM, SELA, ALLIED, and others) is necessary part of each Failure Analysis Laboratory. However, Failure analyses are currently covered by a single engineer, importance of the lab and its addition are reflected in solving of numerous issues for ONPY2, ONPY1, etc. These analyses are documented in EFA reports and up to today more than 14 such reports were created. Several of them can be found directly in [1] as examples for individual analytical techniques.

For accessing of information on new ONPY EFA Laboratory, the internal web pages were created, the address is <http://onpy.onsemi.com/efa>. On these pages you can find EFA Lab details, plans, available tools, techniques with examples and explanations. Also there are listed activities (trainings, seminars, workshops, etc.), results of Internship students who worked in EFA Lab. For instance results on characterization of photoemission of MOSFET (see section "Others" for mentioned results) performed by M. Ziga, who attended internship program in this year. In this place I would like to thank Peter Blecha for his great job on programming of the EFA Lab web pages, Radoslav Derdák for IT support and Dave Lundeen for language support.

For education purposes for our engineers several books focused on FA were purchased (list can be found in section "Other" in [1]). The books are available for ONPY engineers in the Device library [2]. EFA support can be request by form located in section „Analysis Request“. This is preliminary solution, with plan to be part of PAL society, by sharing PAMS (Product Analysis Management System) designed by PAL Phoenix and used by other PALs (Roznov, OSPI, etc.)

There is a plan to extend EFA support for external customers such are Semikron Vrbove, AMI Semiconductor and others.

It is important to think into the future and look for opportunities to extend analytical techniques in EFA laboratory, at least by mentioned OBIRCH or TIVA respectively others.

At the end of this article I would like to wish you Merry Christmas and Happy New Year 2008.

Literature

- [1] Internal EFA Laboratory ON Semi web pages
- [2] Device library (Owner: Process Integration)

Valentin Kulikov
Process Integration Group



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

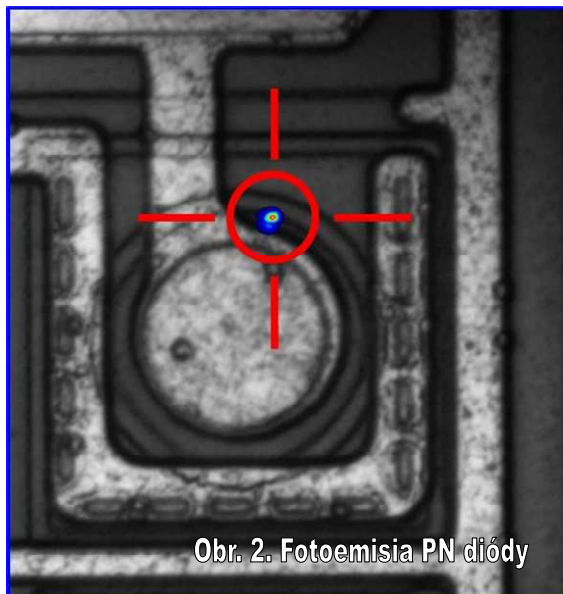
Už v minulom článku boli spomenuté aktivity, týkajúce sa inštalácie fotoemisného mikroskopu a sťahovania laserového, rezača. Toto položilo základ pre vybudovanie analytického laboratória pre hľadanie a analýzu chýb a porúch v polovodičových integrovaných obvodoch a diskretných štruktúrach (z anglického 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 fotoemisnia, 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