



SIX

research centre

sensor, information and communication systems

Faculty of Electrical Engineering
and Communication

Brno University of Technology
Purkynova 118, CZ-61200 Brno, Czechia

<http://www.six.feec.vutbr.cz>

Senzorické systémy

Radimír Vrba

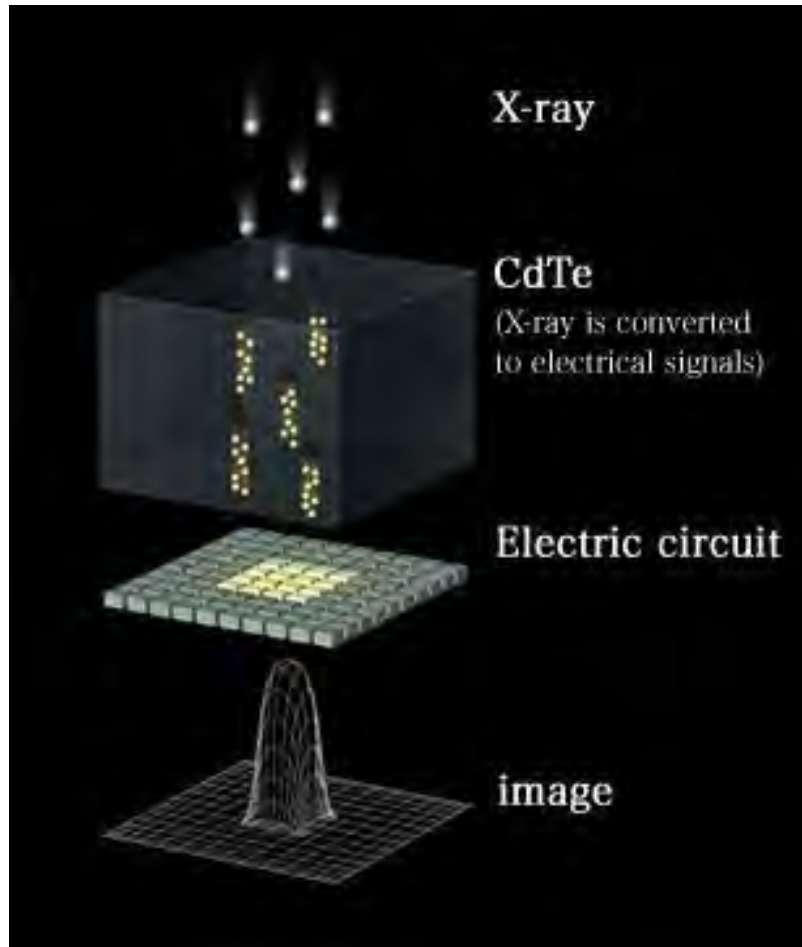
Lubomír Grmela, Holcman, Jaromír Hubálek, Lukáš Fajčík, Dan Komosný

Laboratoř šumové, dielektrické spektroskopie a elektromagnetické emise

Vedoucí laboratoře: doc. Ing. Lubomír Grmela, CSc.

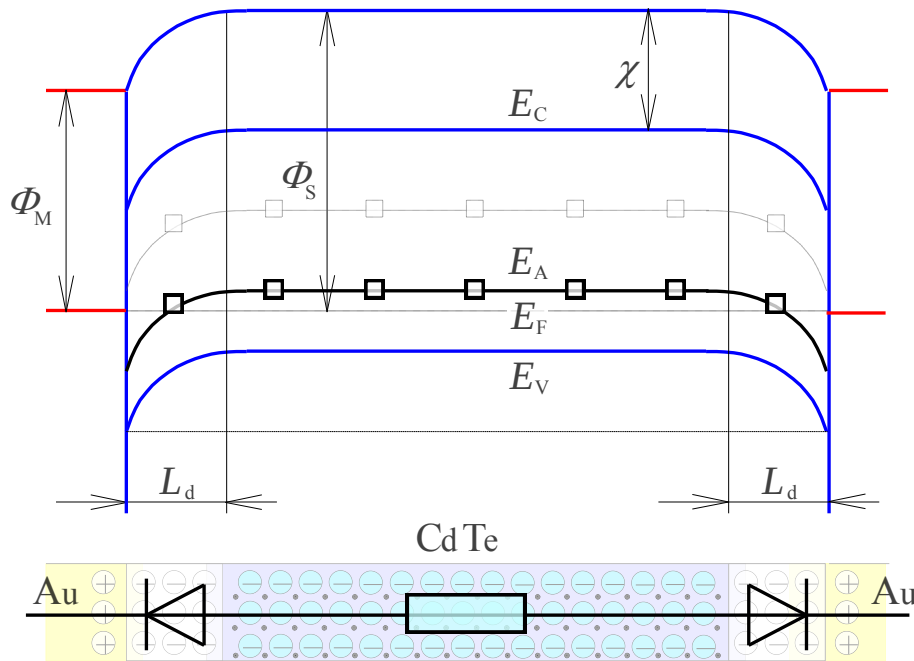
- ❑ Laboratoř vznikla jako součást projektu ELEN - plně zapojena do SIX – Senzorické systémy, jehož prostřednictvím bude dovybavena
- ❑ Experimentální a teoretický výzkum stochastických procesů a transportu nosičů v materiálech a dielektrikách
- ❑ Optimalizace poměru užitečný signál/šum, analýzy typů stochastických procesů s vazbou na technologie přípravy
- ❑ Vývoj a ověření metod nedestruktivního testování a predikce spolehlivostních parametrů
- ❑ Výzkum materiálů pro senzory akustické a elektromagnetické emise

Detektory ionizujícího záření na bázi CdTe



- Sfaleritová krystalová struktura
- Velký absorpční koeficient a detektivita
- Šířka zakázaného pásu $E_g = 1.5 \text{ eV}$
- Detektory rentgenového a gama záření
- Pracuje při pokojové teplotě bez nutnosti chlazení
- Vyřešen problém kontaktování CdTe u typu p CdTe – složitý problém
- Materiály kontaktů pro p CdTe Au, Pt, Ni
- Optimalizace rozměrů pro Au - výstupní práce Au a CdTe jsou blízké

Model a pásová struktura detektoru CdTe



VÝŠKA BARIÉRY

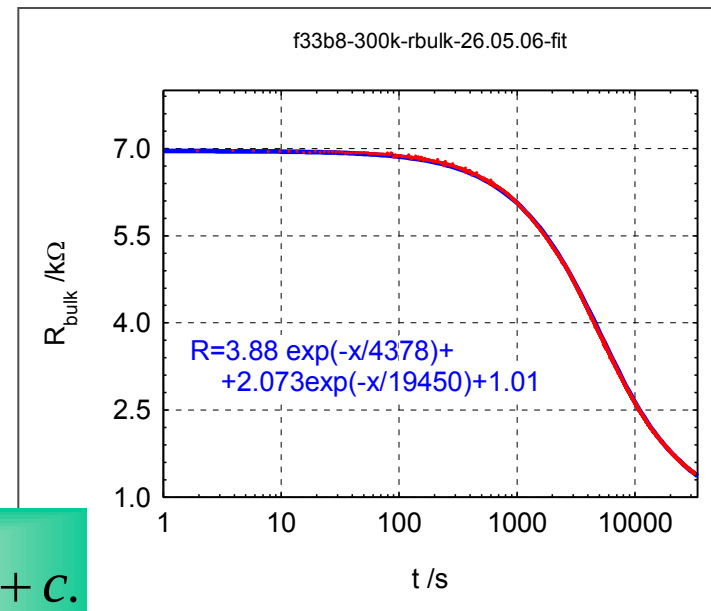
$$V_{bp} = \phi_s - \phi_m = 0.42 \text{ eV}$$

$$R_{bulk} = \sum_{i=1}^n a_i \exp(-t / \tau_i) + c.$$

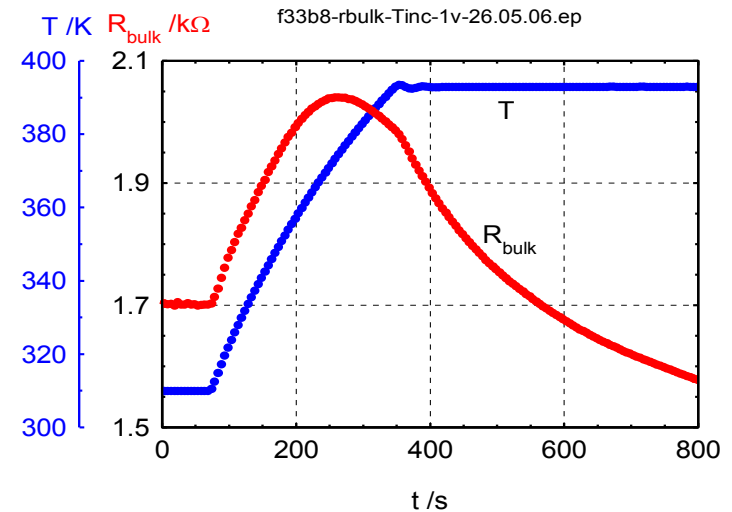
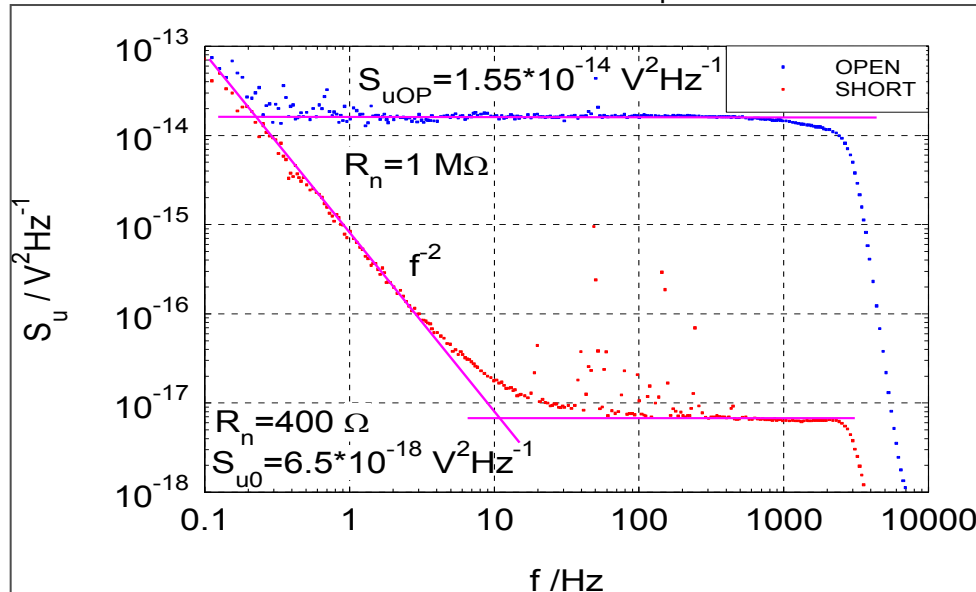
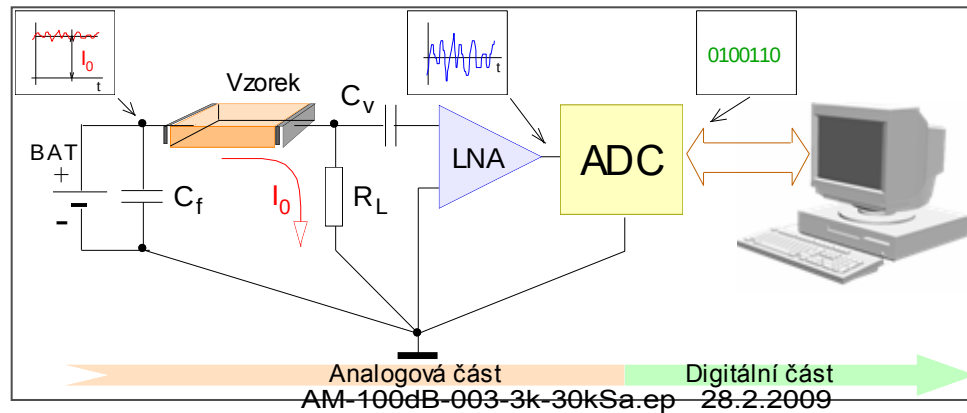
ŠÍŘKA DEPLETIČNÍ OBLASTI:

$$L_d = \sqrt{\frac{2\epsilon_0\epsilon_s}{eN_A} (V_{bp} \pm V - \frac{kT}{e})}$$

$$L_d = 600 \text{ nm při } V = 2 \text{ V.}$$



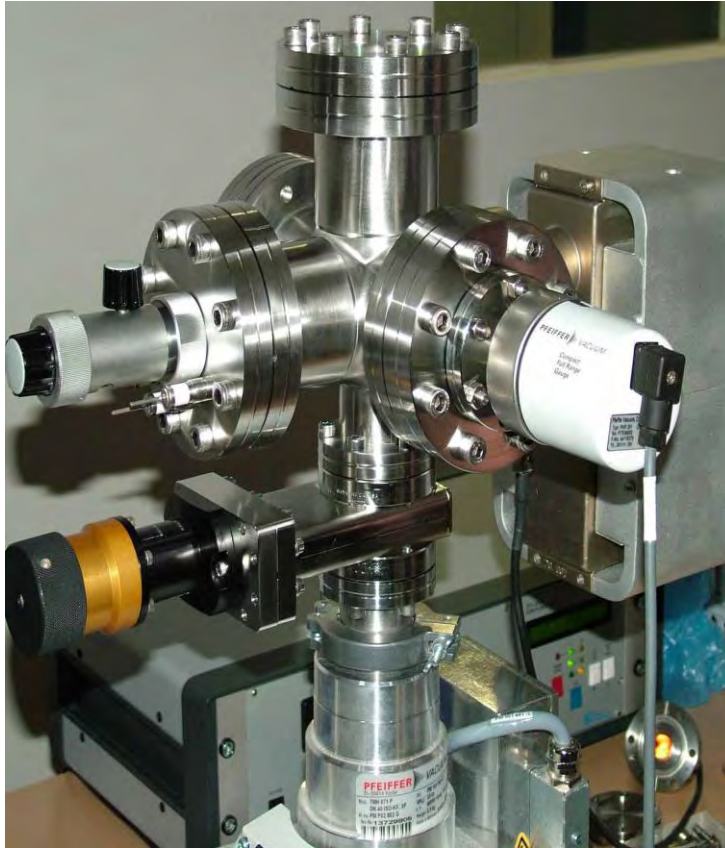
závěry



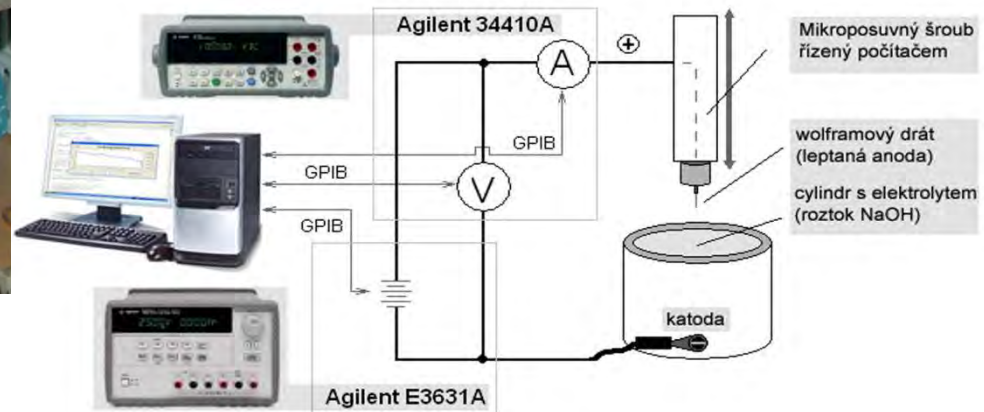
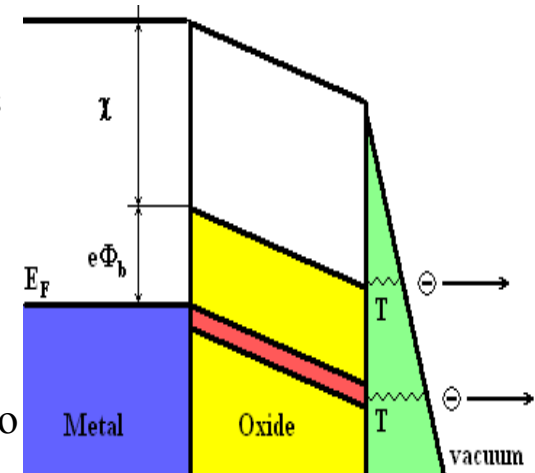
$$\mu_p = 57[\exp(252/T) - 1].$$

- Grmela, L. Andreev, A.; Moravec, P.; Bosman, G.; Šikula, J.
Investigation of excess $1/f$ noise in CdTe single crystals. *Semiconductor Science and Technology*, 2010, roč. 25, č. 5, s. 1-7. ISSN: 0268-1242.
(IF 1,253)

Oxidové nanovrstvy Shottkyho a studenoemisních katod – prototyp aparatury



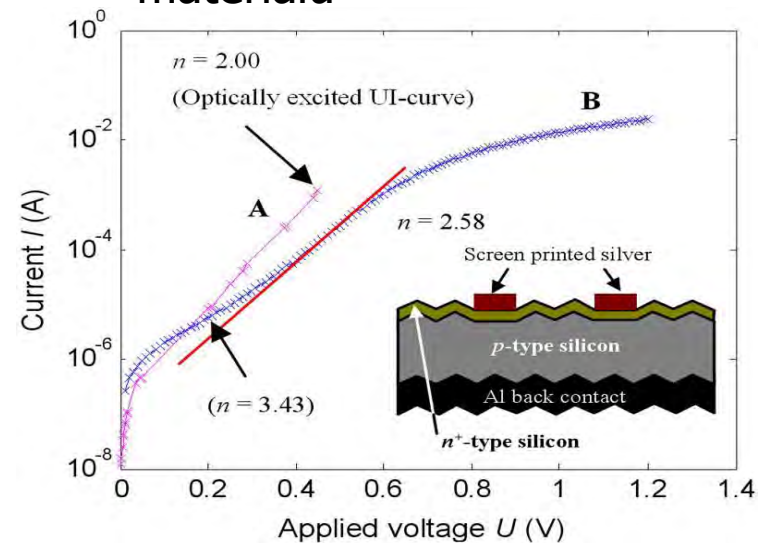
- Vakuová komora s vnitřním prostorem 70 mm a tlakem 10^{-8} mbar. (10^{-6} Pa).
- Izolovaný držák katody a YAGY snímače
- Průzor pro optické sledování vzorku
- Dlouhodobé čerpání pracovního prostoru ionto-getrovací vývěvou



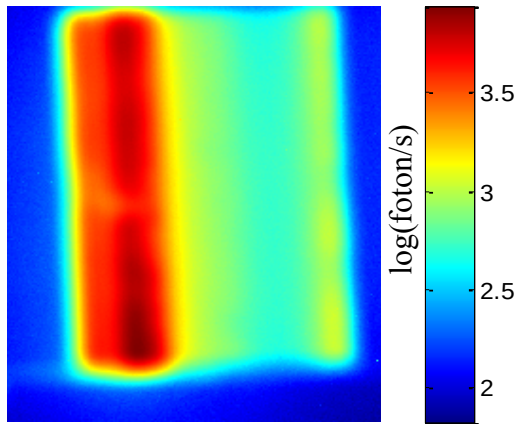
Si solární články – transport, šum, degradace



- Měření v rozsahu T (10 až 300)K při optickém buzení a impulsní buzení
- kapacitní vlastnosti pn přechodů
- Stanovení míry dotování, koncentrační profily
- Injekce nf., vf. i optických signálů do materiálu

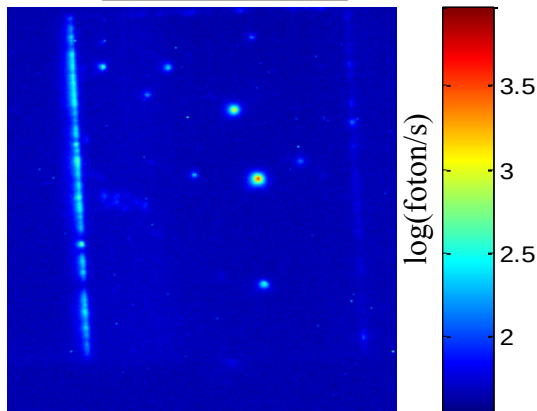


Vyzařovací charakteristiky - metodika

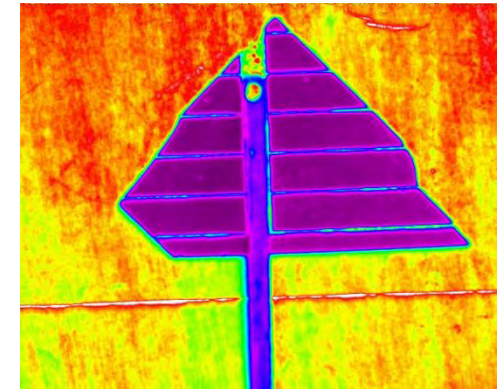
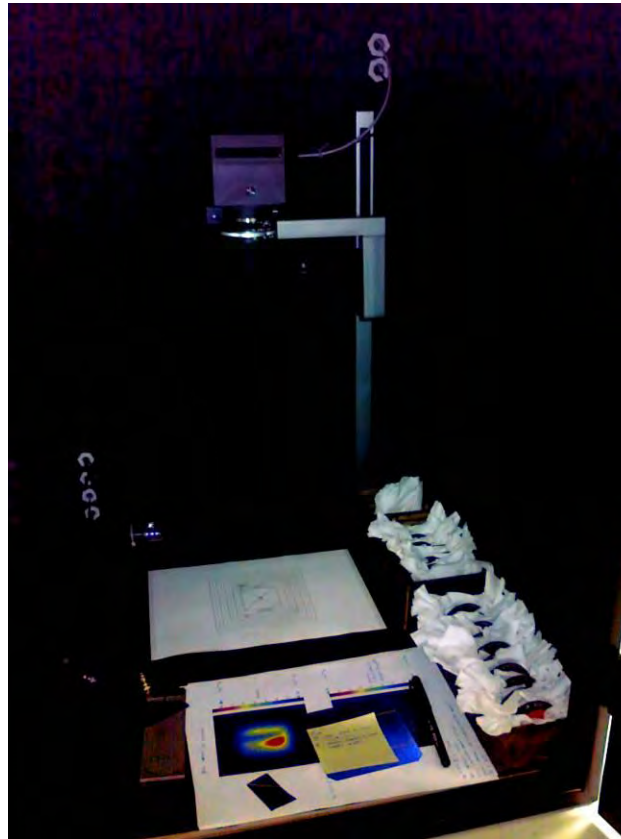


Vzorek 2A, max 3.941

$U_i = 18.53\text{V} @ 20\text{mA}$
 $U_i = 0.700\text{V} @ 100\text{mA}$



Vzorek 2A, max 3.971



- Měření optických aktivit defektních oblastí
- Určení plochy oblastí s nestandardním chováním
- Korelace s šumovými měřeními

Laboratoř nanometrologie

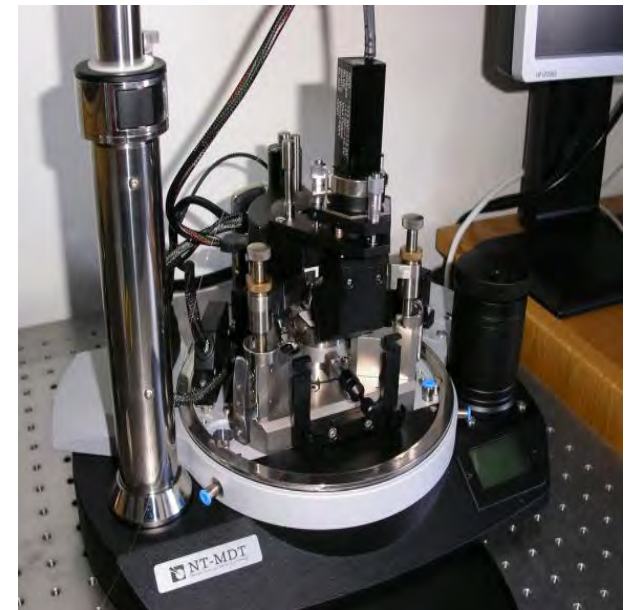
Vedoucí laboratoře: Ing. Vladimír Holcman, Ph.D.

Hlavní oblasti výzkumu:

- nedestruktivním zkoumáním povrchů materiálů ,
- lokální spektroskopie a fluorescence polovodičových povrchů a výroba sond pro mikroskopy,

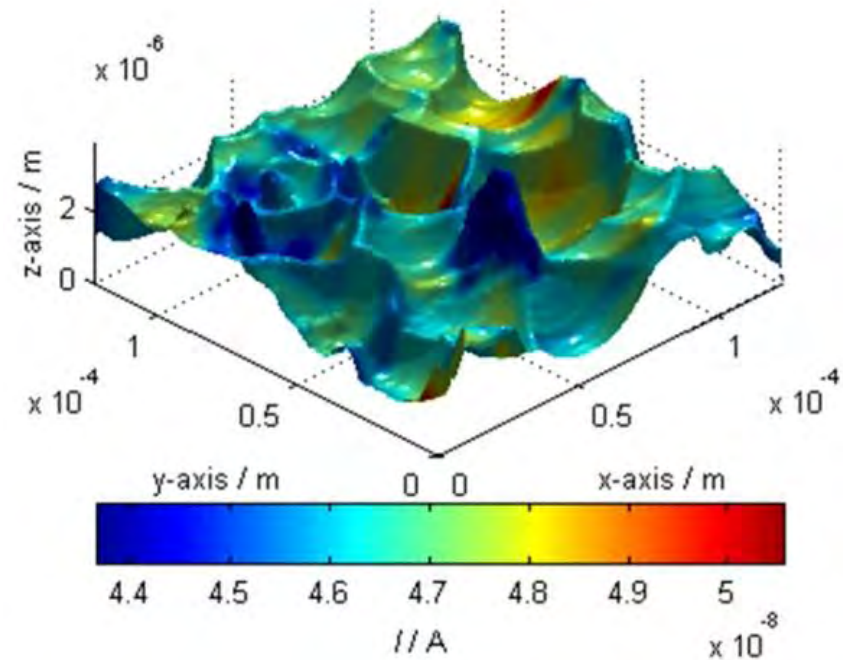
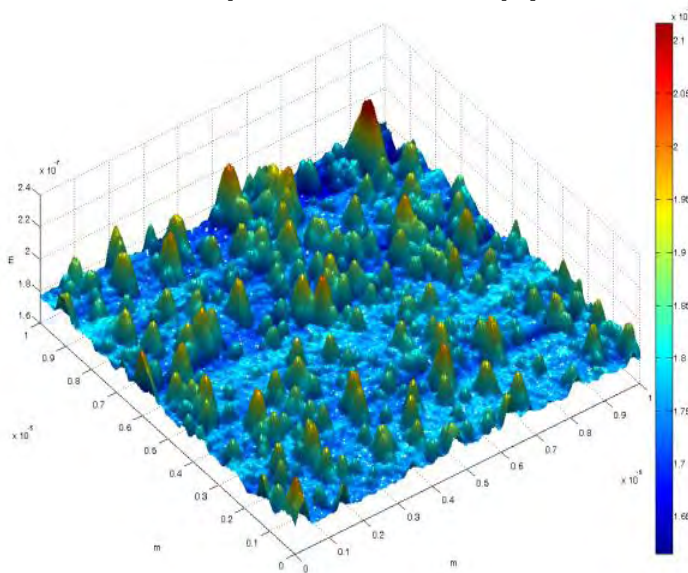
Vybavení

- skenovacím tunelovým mikroskopem STM Tescan 30,
- skenovacím modulárním mikroskopem NT-MDT Solar,
- dusíkový laditelný laser pro oblast 353 – 1050 nm,
- He-Ne laser a laserové diody v oblasti zeleného.



Laboratoř nanometrologie

Laboratoř se zabývá bezkontaktním, nedestruktivním zkoumáním povrchů materiálů s příčným superrozlišením, k čemuž se využívá optické řádkovací tunelové mikroskopie, pracující v odrazném i propustném režimu. Hlavními cíli jsou topografie, lokální spektroskopie a fluorescence polovodičových povrchů a výroba sond pro mikroskopy.



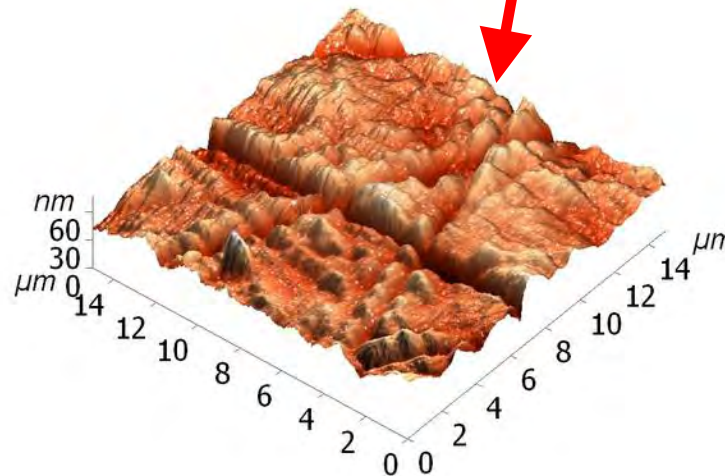
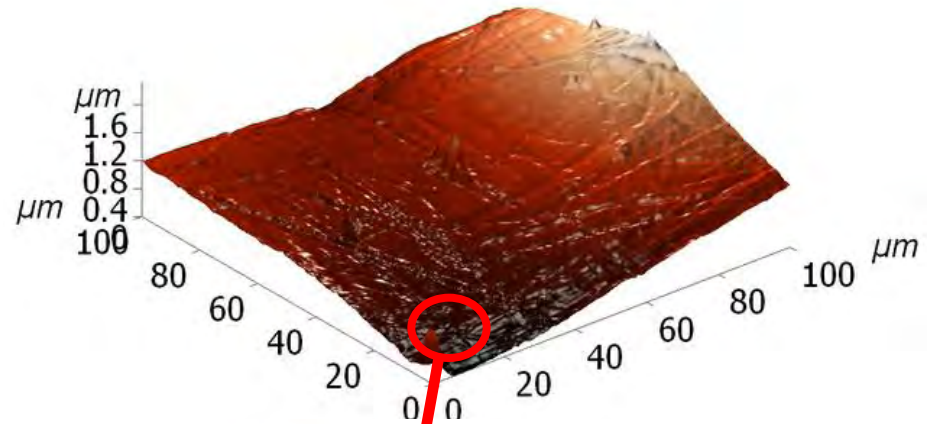
Laboratoř nanometrologie

Mikroskopie skenující sondou 3D obraz povrchu



13 mm

Umožňuje měřit
lokální vlastnosti
v mikroskopickém
měřítku.



Laboratoř nanometrologie

Od svého vzniku v r. 1994 byla laboratoř nositelem 7 grantů a podílela se na dalších 3 grantech (GAČR, MŠMT, NATO, VUT, FEI), výsledky publikovala v 34 publikacích. Na práci laboratoře se podílí 5 členů ústavu a dva doktorandi.

Členové laboratoře:

Prof. RNDr. Pavel Tománek, CSc.

Ing. Petr Sedlák Ph.D.

Ing. Pavel Škarvada

Ing. Jiří Majzner Ph.D.

Vybrané projekty:

GA102/08/1474, Lokální optická a elektrická charakterizace optoelektronických struktur s nanometrickým rozlišením, zahájení: 01.01.2008, ukončení: 31.12.2010

GA102/07/0113, Diagnostika Schottkyho a studenoemisních katod pomocí elektronického šumu, zahájení: 01.01.2007, ukončení: 31.12.2009

Kadmium-teluridové senzory pro detekci rentgenového a gamma záření: optimalizace poměru signál / šum, zahájení: 01.01.2007, ukončení: 31.12.2009

LA 269, Práce ve výkonném výboru Evropské optické společnosti, zahájení: 01.03.2006, ukončení: 31.12.2009

Nanotechnologie- tvorba nového předmětu, zahájení: 01.01.2006, ukončení: 31.12.2006

ME 544, Polovodiče - lokální optické a elektrické vlastnosti, zahájení: 31.08.2002, ukončení: 31.12.2004

Laboratoř mikrosenzorů a nanotechnologií

Vedoucí: doc. Ing. Jaromír Hubálek, Ph.D.

Oblastí výzkumu:

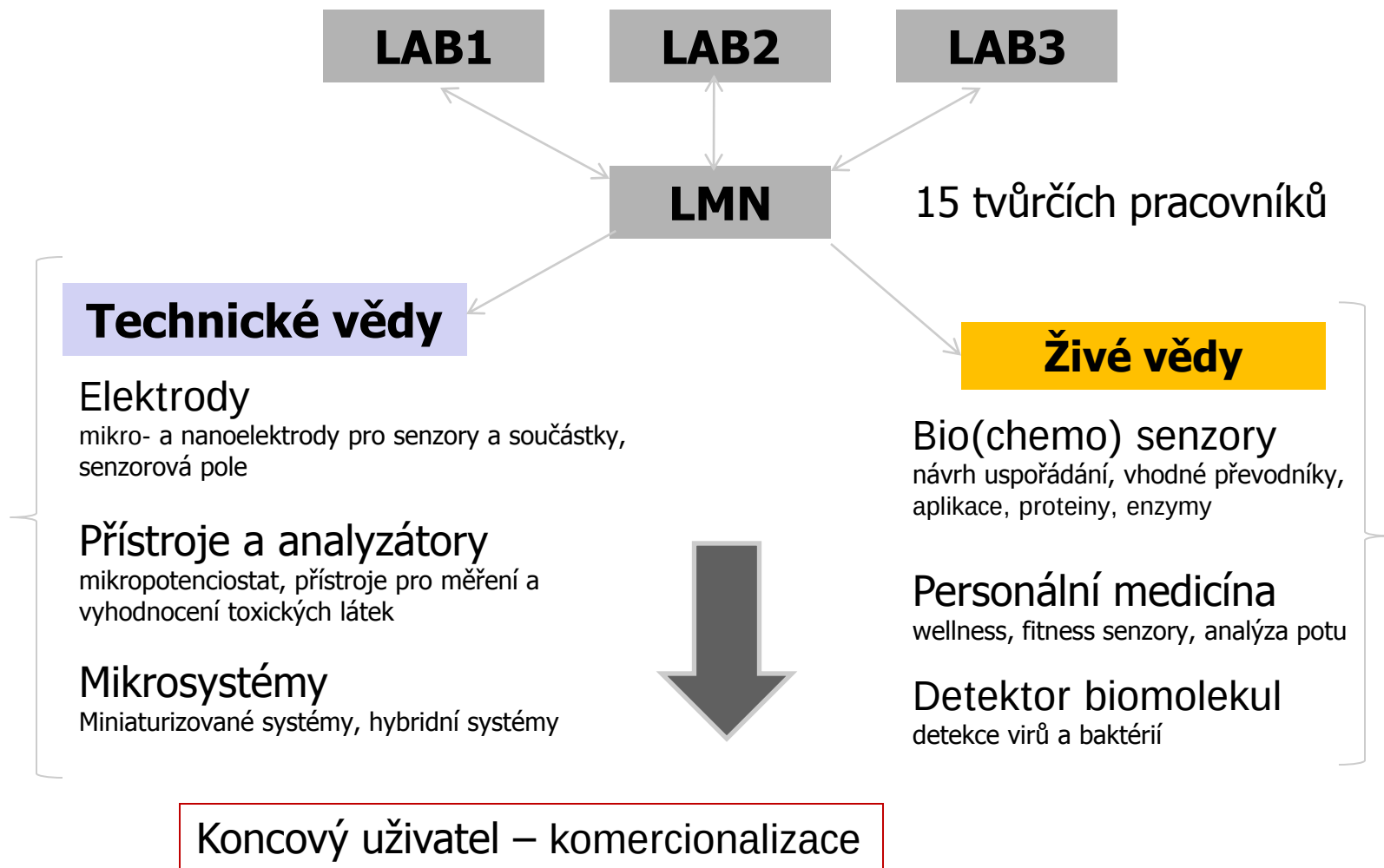
- A) materiálový výzkum** – elektrody a jejich modifikace
- B) biosenzory** – pro detekci znečištění a zdraví škodlivých látek;
- C) signály** – převodníky zpracování signálů;
- D) senzorové systémy** pro zdraví, pro životní prostředí, pro vesmírný výzkum.

Vybrané projekty:

GAČR 102/08/1546, *Miniaturizované inteligentní systémy a nanostrukturované elektrody pro chemické, biologické a farmaceutické aplikace* (NANIMEL), 2008-2012,
GA AV KAN208130801, *Nové konstrukce a využití nanobiosenzorů a nanosenzorů v medicíně* (NANOSEMED), 2008-2012,
ENIAC 120228, *Nanoelectronics for Mobile Ambient Assistend Living (AAL) Systems* (MAS), 2010-2013.

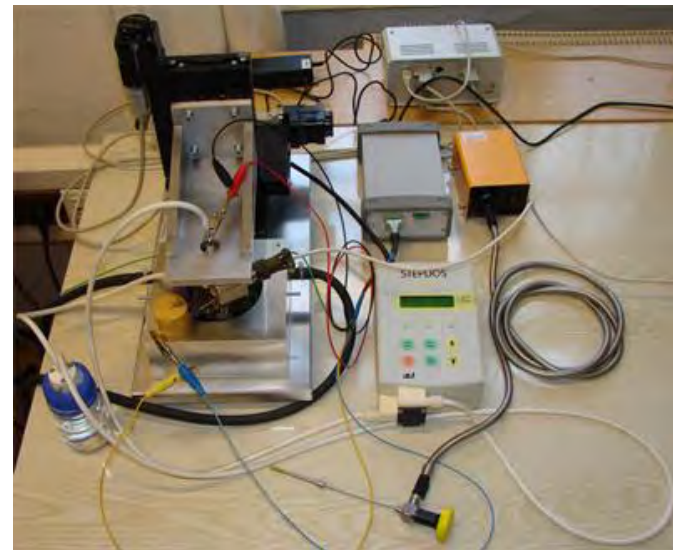
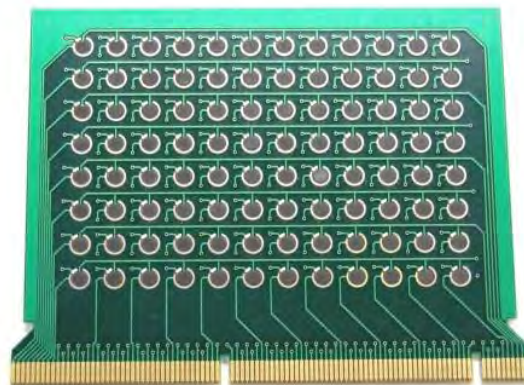
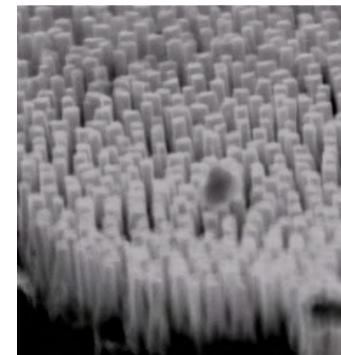
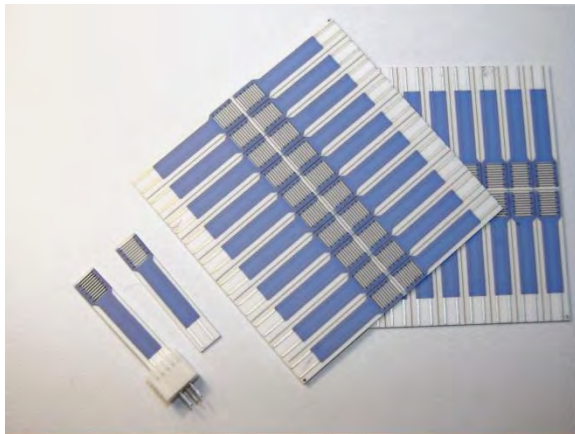


Hlavní směry výzkumu



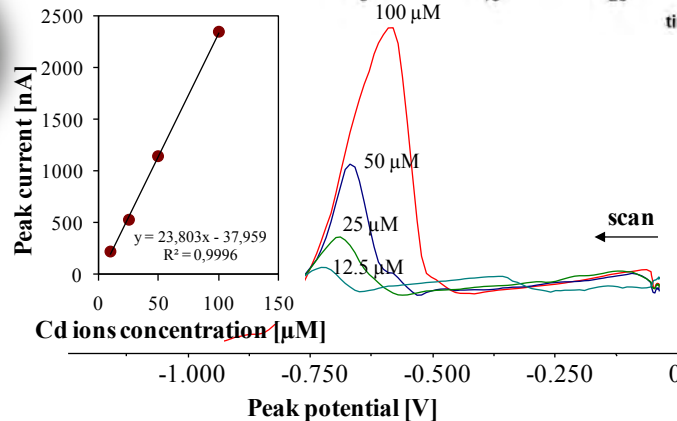
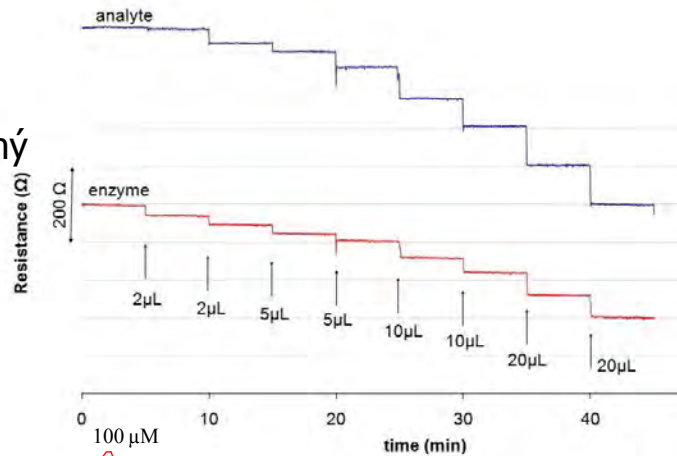
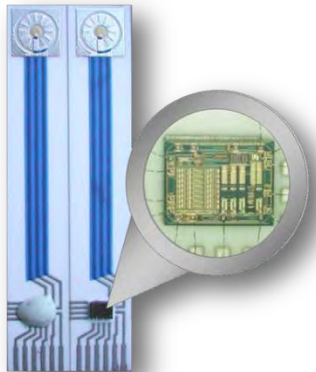
Elektrody

pro senzory a součástky, nanostrukturované
povrchy, jejich modifikace a funkcionalizace,
sensorarray



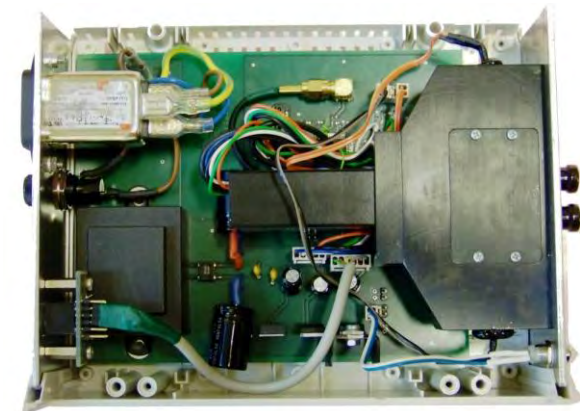
Přístroje a analyzátoři

fluorescenční analyzátor pesticidů, přesný měřič vodivosti elektrolytů



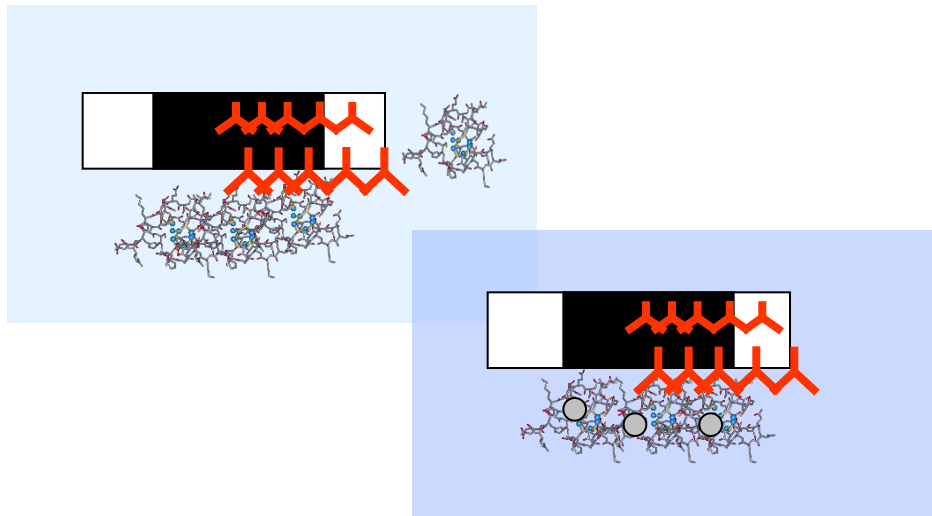
Mikrosystémy

mikromechanizované senzory plynů,
senzor s potenciostatem na čipu



Bio(chemo) senzory

Detekce stopových množství těžkých kovů, elektrochemické určení proteinů



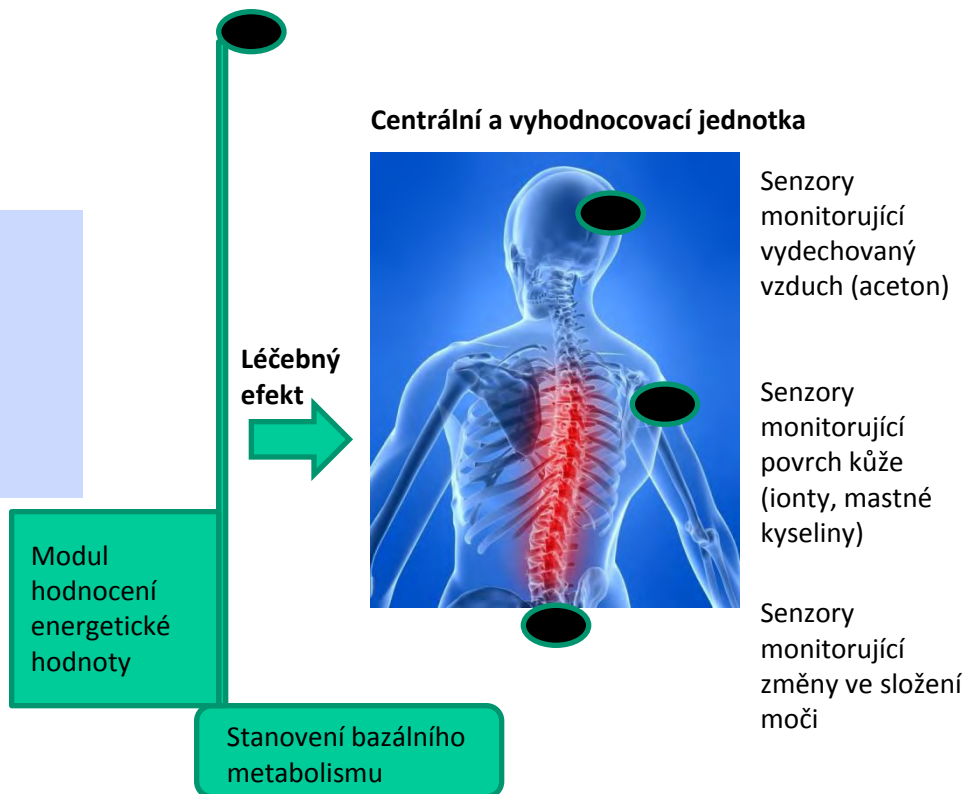
Detektor biomolekul

Elektrochemická detekce virové DNA, detekce molekul enzymovými senzory

Personální medicína

urea senzor, senzory pro detekci markerů civilizačních chorob

Bezdrátový přenos dat ze senzorů



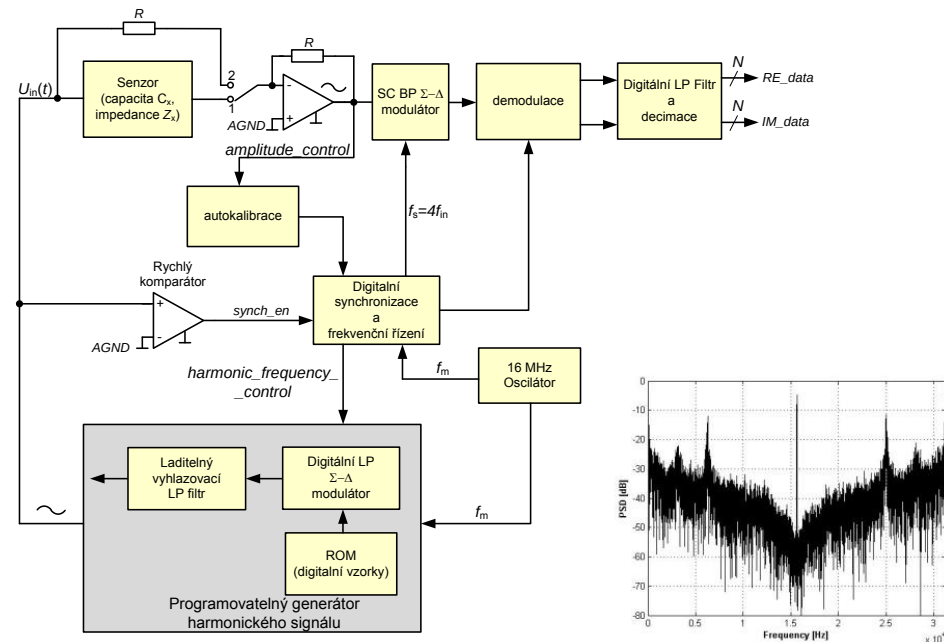
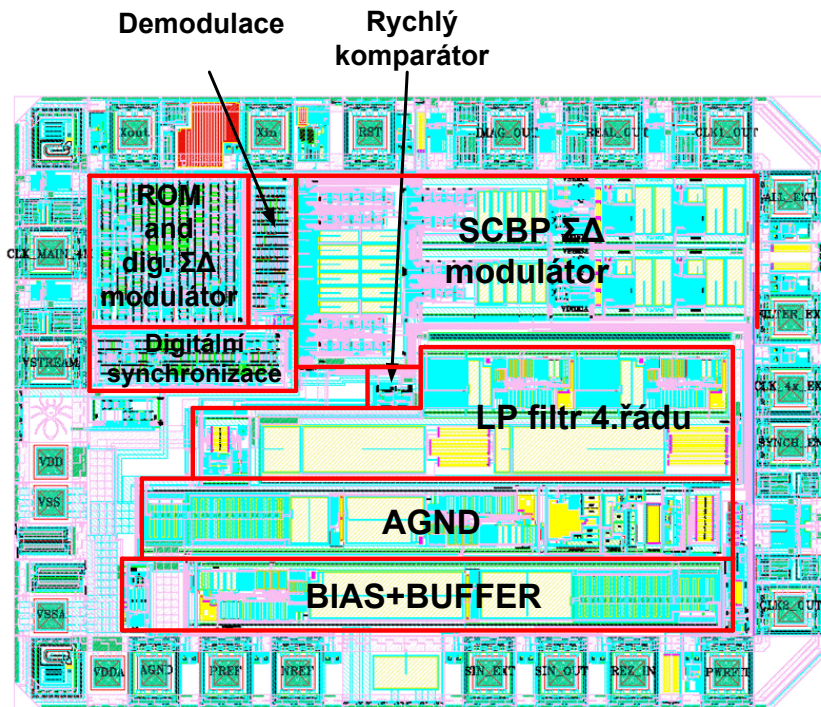
Laboratoř návrhu integrovaných obvodů

Vedoucí laboratoře: doc. Ing. Lukáš Fujcik, Ph.D.

☐ Výzkumné cíle:

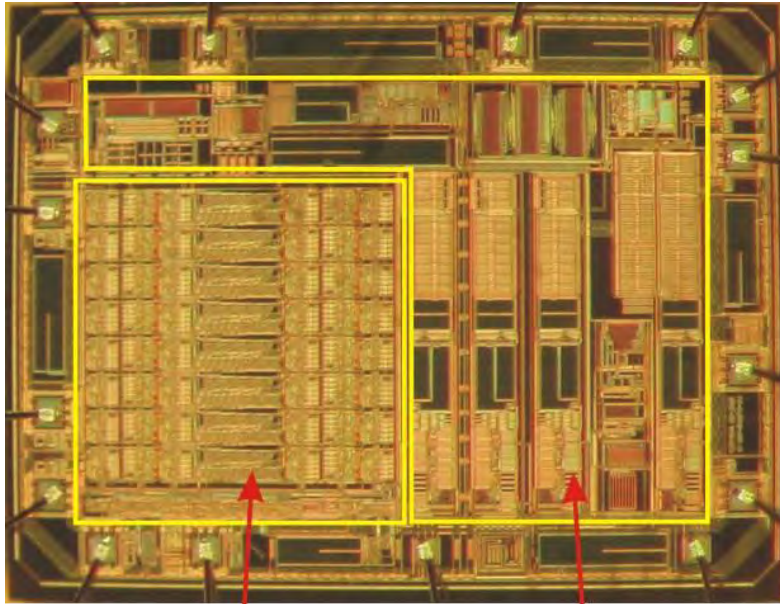
- ☐ Obvodové a návrhové techniky integrace systémů v technologii CMOS
- ☐ Návrh čipů pro dané aplikace v senzorice a elektronice
- ☐ Řešení digitálních systémů a systémů ve smíšeném módu

Laboratoř návrhu integrovaných obvodů



- ❑ **Měření kapacitních a impedančních senzorů**
 - ❑ Technologie AMIS CMOS 0.7 μm
 - ❑ Topologie založena na modulátoru S-D typu pásmová propoušt

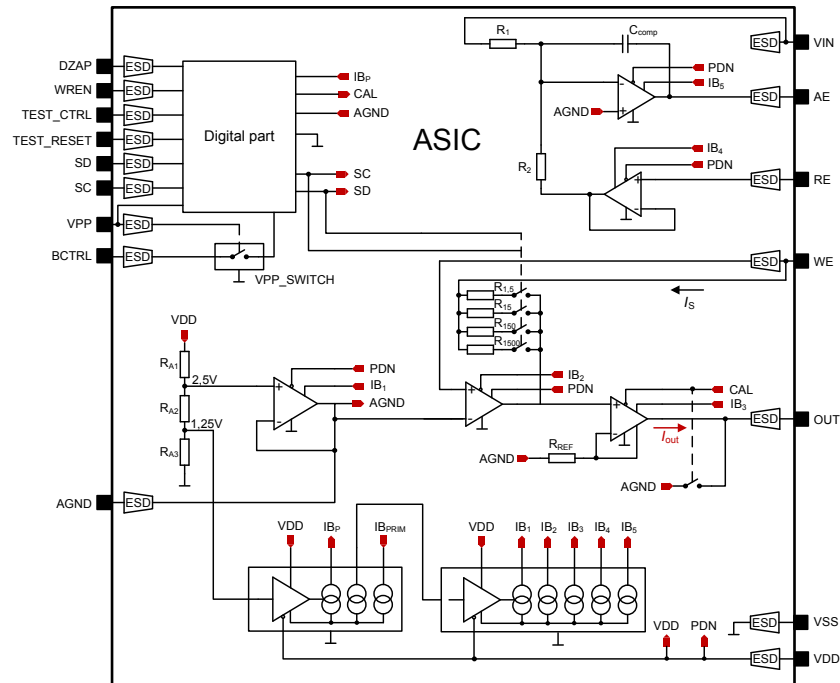
Laboratoř návrhu integrovaných obvodů



Digital part

Analog part

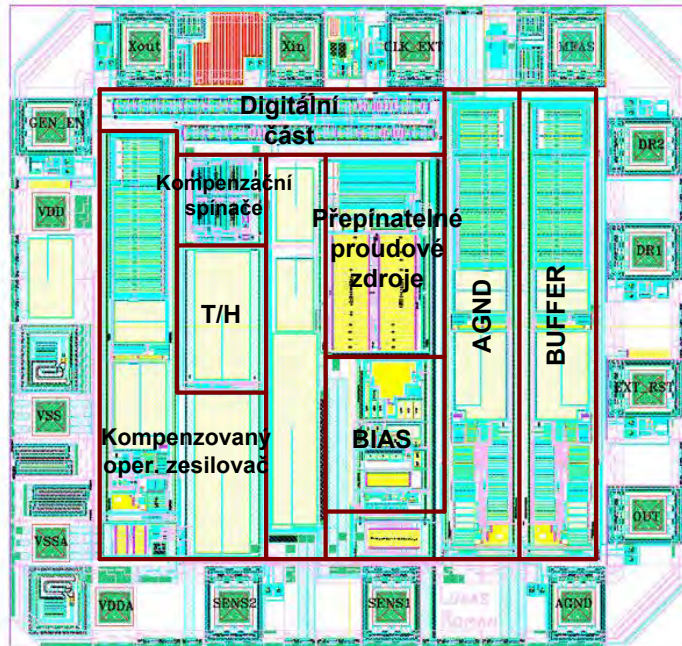
- ❑ Technologie AMIS CMOS 0.7 μm
- ❑ Vnitřní kalibrační EPROM paměť
- ❑ 4 měřicí rozsahy (1 μA , 10 μA , 100 μA , 1mA)



integrovaný μ -potenciostat

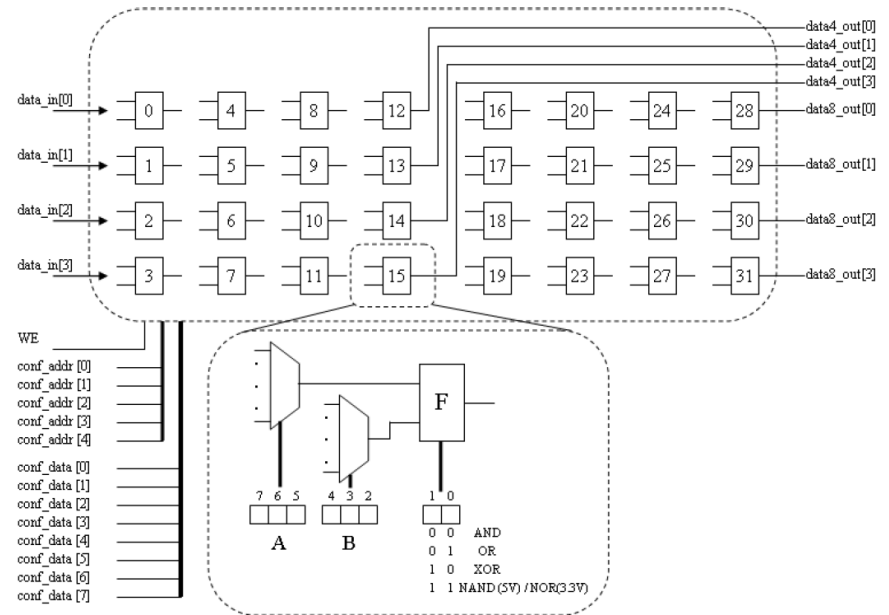
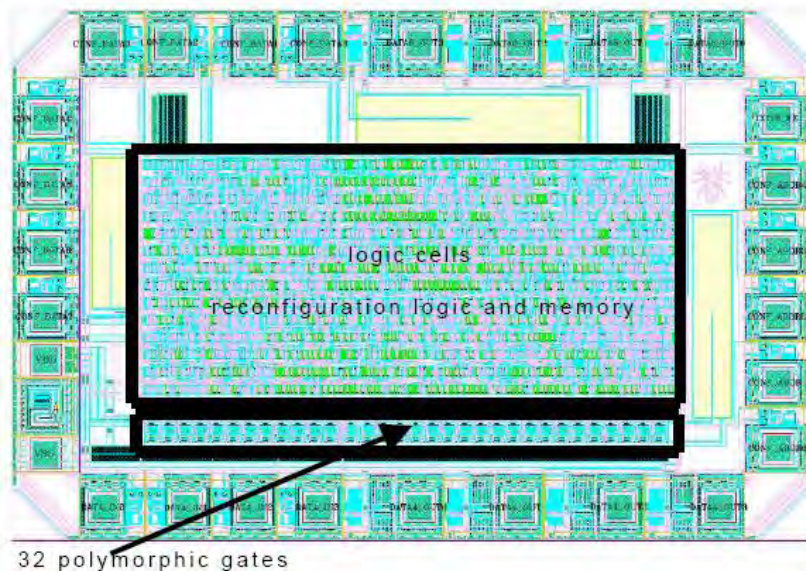


Laboratoř návrhu integrovaných obvodů



- ❑ Metoda bipolárního pulsu – patentovaná metoda
- ❑ Kompenzace napěťové nesymetrie operačních zesilovačů
- ❑ 4 měřicí proudové rozsahy ($1\mu\text{A}$, $10\mu\text{A}$, $100\mu\text{A}$, 1mA)

Laboratoř návrhu integrovaných obvodů



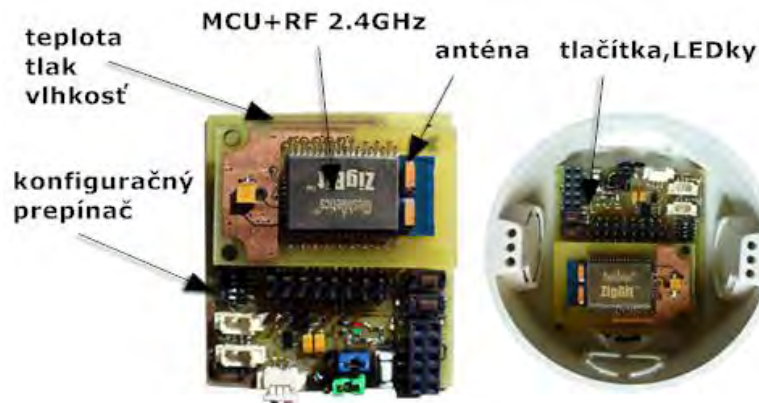
- ❑ Rekonfigurovatelný polymorfní integ. obvod pro adaptivní HW
- ❑ Technologie AMIS CMOS 0.7 μm
- ❑ Polymorfní hradlo – změnou napájení se mění logická funkce
- ❑ hradlo NAND => VDD=5 V, hradlo NOR => VDD = 3.3 V

Další významné dosažené výsledky

- ❑ 14-bitový převodník typu sigma-delta
 - ❑ SPI komunikace
 - ❑ ASIC, velikost cca 4 mm²
- ❑ Laditelný generátor harmonického signálu v rozsahu 1Hz až 100kHz,
 - ❑ přesnost výstupního signálu 12 bit pro 100 kHz, 41 bit pro 1 Hz
 - ❑ ASIC, velikost cca 5.2 mm²
- ❑ Autokalibrační systém pro potlačení vstupní napěťové nesymetrie operačních zesilovačů
- ❑ Práce na laditelném filtru typu dolní propust s topologií gm-C

Laboratoř senzorických systémů

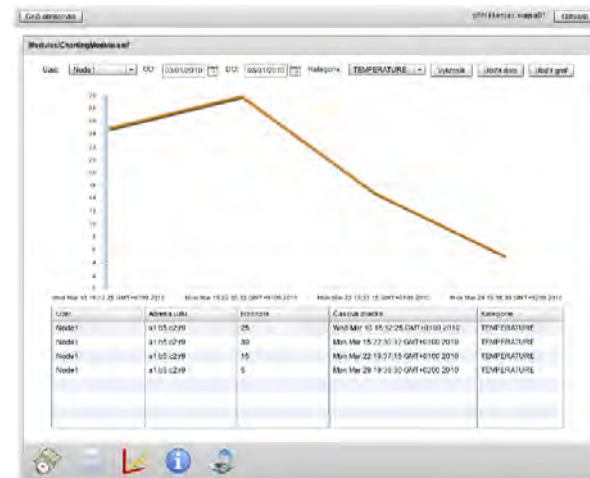
- ❑ Nová hardwarová platforma Mininode
 - Platforma pro realizaci senzorové sítě založené na standardu pro bezdrátovou komunikaci Zigbee
 - Obsahuje senzory tlaku, vlhkosti a teploty (připojení dalších senzorů je možné)



Laboratoř senzoričkých systémů

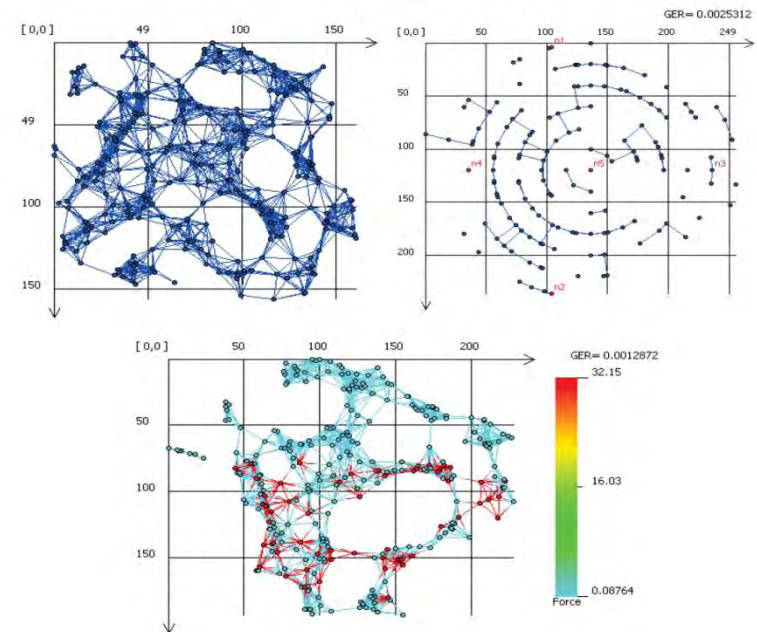
❑ Nová hardwarová platforma Mininode

- Platforma byla navržena tak, aby spotřeba energie byla minimální
- V rámci vývoje byla vytvořena vizualizační aplikace pro zobrazování dat ze senzorových sítí



Laboratoř sensorických systémů

- ❑ Nová metoda pro lokalizaci uzlů v rozsáhlých bezdrátových sensorových sítích
 - Jedná se o bezkotevní lokalizační algoritmus (nejsou použity žádné referenční body)
 - Důvodem návrhu bylo, že současné lokalizační algoritmy mají velkou spotřebu energie
 - Nový lokalizační algoritmus s názvem BRL (Boundary Recognition aided Localization) je založen na decentralizovaném přístupu lokalizace



Laboratoř senzorických systémů

- ❑ Nová metoda pro lokalizaci prvků v rozsáhlých bezdrátových senzorových sítích
 - Parametry nového algoritmu byly pomocí simulací porovnány se známými řešeními z pohledu energetické náročnosti a přesnosti lokalizace
 - Funkce a energetická spotřeba algoritmu bude ověřena v budované experimentální síti

