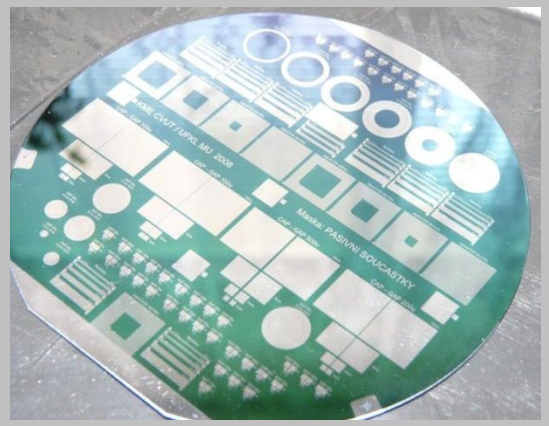
Měřící přístroje pro praktikum z technologie přípravy polovodičových součástek v čistých prostorách

Projekt FRVŠ 1405/2009/A/a

doc. RNDr. Petr Sládek, CSc.
Katedra fyziky
Pedagogická fakulta
Masarykova univerzita



doc. RNDr. Petr Mikulík, Ph.D.
Ústav fyziky kondenzovaných látek
Přírodovědecká fakulta
Masarykova univerzita

Závěrečné oponentní řízení, Brno, 18. 2. 2010

Cíle projektu

- **Laboratoř technologie polovodičů** na Masarykově univerzitě je koncipována jako **vysoce čisté bezprašné prostory** pro mikroelektroniku ve třídě čistoty 1000 (ISO 6).
- Laboratoř je určena primárně pro výuku a experimentální praktika v návaznosti na teoretické přednášky z fyziky a mikroelektroniky, které probíhají nejen na MU (pedagogické a přírodovědecké fakultě), ale i na ostatních spolupracujících českých vysokých školách. Studenti se zde učí pracovat v čistých prostorách a získat praktické dovednosti při přípravě a měření polovodičových součástek (rezistory, kondenzátory, diody) na 100mm křemíkové desce procesy křemíkové technologie (fotolitografie, oxidace, difúze, leptání, měření).
- **Cílem projektu** bylo vybavit laboratoř moderními měřícími přístroji a zavést jejich využití do výuky, a to pro metody, se kterými se zde student při své práci setká: měření tlouštěk a profilů deponovaných a leptaných vrstev pomocí optického spektrometru a mechanického profilometru a elektrických V-A a C-V charakteristik vyrobených součástek hrotovým měřením.

Praktika v čistých prostorách

Jediné praktikum v bezprašných čistých prostorách pro studenty vysokých škol v rámci ČR – provoz finančně velmi náročný. Proto zde probíhá výuka pro studenty MU a spolupracujících vysokých škol – typicky **bloková výuka – v roce 2009 celkem 161 studentů**:

1. **Základy práce v čistých prostorách a principy fotolitografie.**
   — Tříhodinové praktikum
   — Studentů v roce 2009: 13 PdF MU, 14 PřF MU, 10 FSI VUT
2. **Praktikum v čistých prostorách – rezistor a kondenzátor.**
   — Půldenní nebo celodenní praktikum s jedním fotolitografickým krokem.
   — Studentů v roce 2009: 18 PdF MU, 11 PřF MU, 20 FEL ČVUT, 10 Uni Pardubice, 11 MFF UK
3. **Příprava polovodičových součástek v čistých prostorách.**
   — Pětidenní praktikum: tři fotolitografické kroky, oxidace, difúze dopantů, naprašování, leptání → diskrétní polovodičové součástky: planární rezistory, kondenzátory, diody, tranzistory.
   — Studentů v roce 2009: 54 FEKT VUT

Vedoucí praktika: doc. RNDr. Petr Mikulík, Ph.D.

Rozpočet projektu FRVŠ 1405/2009/A/a

Byla pořízena tato zařízení:

- Spektrometr Avantes pro UV/VIS/NIR: 214 kKč
- Mechanický profilometr Veeco Dektak 150: 782 kKč
- AV-metr Keithley 2612A Dual SourceMeter 200v: 211 kKč
- LCR-metr HIOKI 3532-50 LCR HiTester: 170 kKč
- Sestava hrotového měření Probe Station AVT-110: 360 kKč
- **Celkový rozpočet: 1737 tisíc Kč**

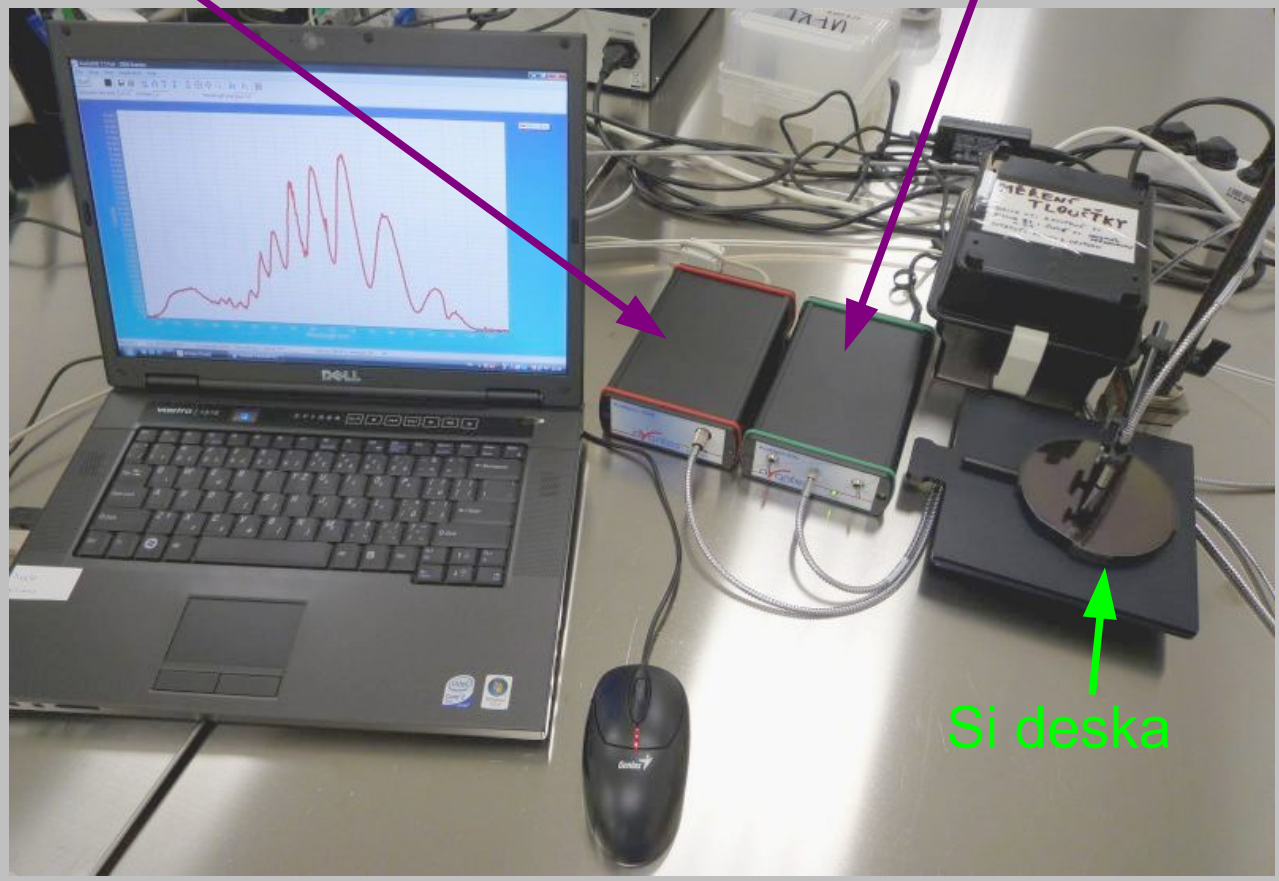
V souladu se zákonem jsme realizovali výběrová řízení pro nákup investic a vybírali vždy ze tří nabídek.

Úloha: Měření tloušťky průhledných vrstev

Pořízené zařízení: UV/VIS/NIR spektrometr Avantes, rozlišení detektoru 3648 pixelů, deuteriový-halogenový zdroj světla.

Použití: Měření tlouštěk vrstev SiO2 (připravených suchou či mokrou oxidací) a vrstev fotorezistu (fotolitografie).

Výsledky:
- tloušťka vrstvy
- index lomu vrstvy
- homogenita tloušťky na povrchu

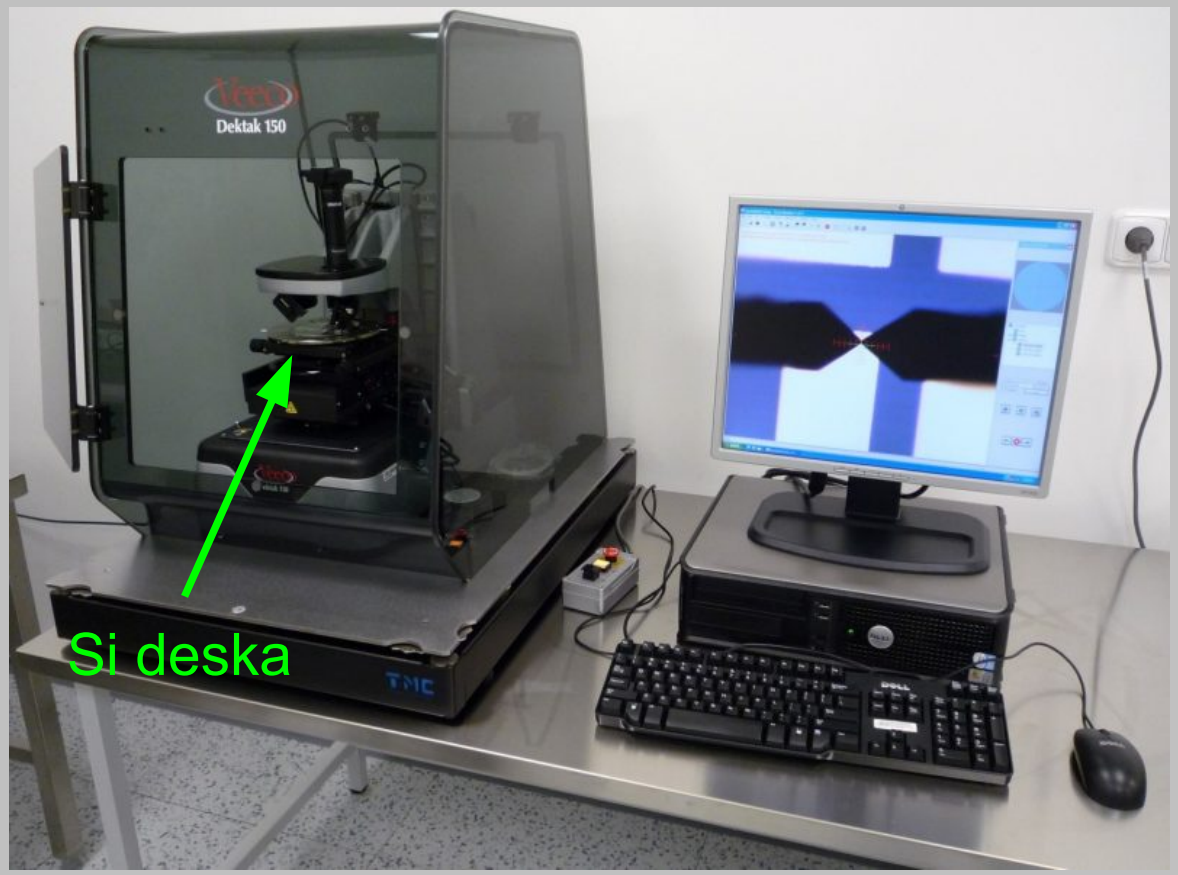


Úloha: Měření tlouštěk neprůhledných vrstev

Pořízené zařízení: Dektak 150 Stylus Profiling System, výrobce Veeco. Zařízení obsahuje profilometr včetně hlavice pro laterální skenování, mikroskop pro pozorování měřené oblasti, antivibrační podložku, řízení počítačem a ovládací software.

Použití: Měření profilů a tlouštěk neprůhledných vrstev (naprášená metalizace).

Výsledky:
– tloušťka vrstvy
– drsnost vrstvy



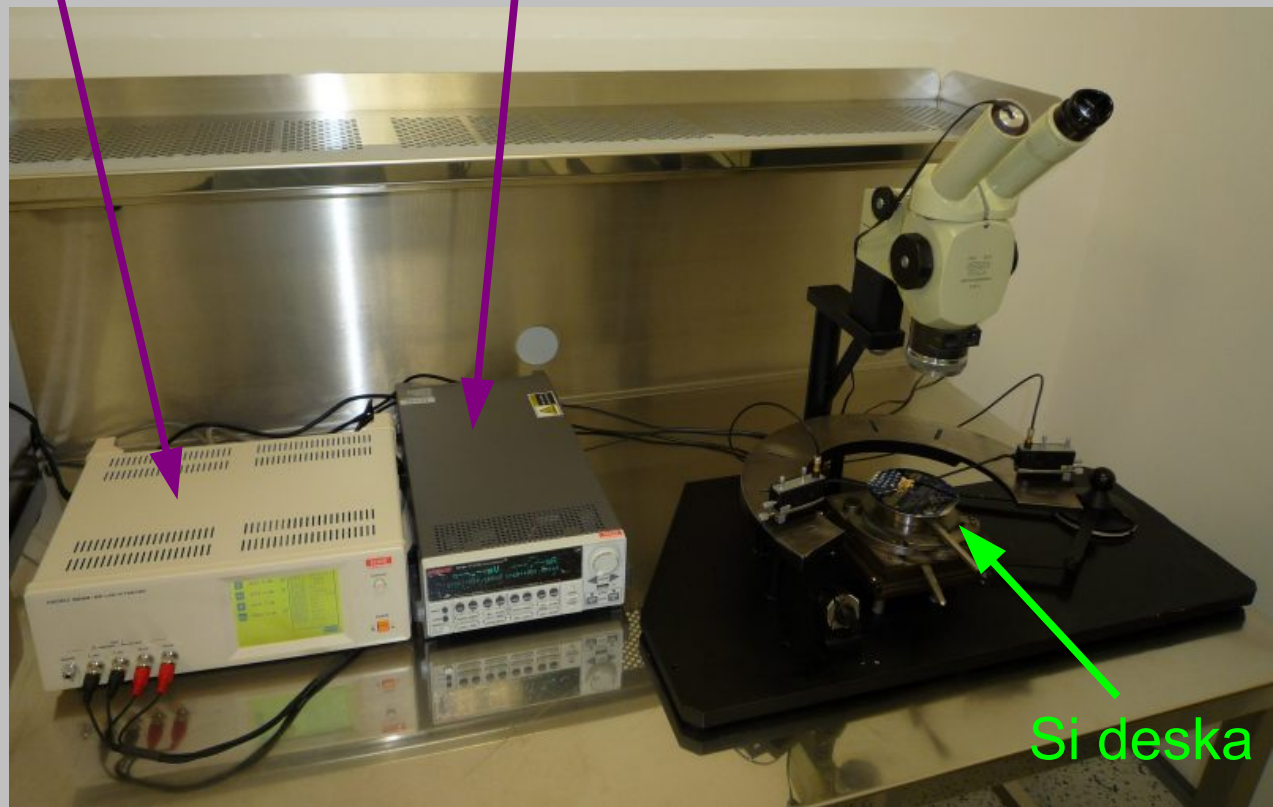
Úloha: Hrotové měření na Si deskách I.

Pořízený LCR-metr a AV-metr pro hrotové měření v čistých prostorách:
HIOKI 3532-50 LCR HiTester a AV-metr Keithley 2612A Dual SourceMeter 200v.

Použití: Měření elektrických parametrů a charakteristik součástek na finální křemíkové desce (nezapouzdřené součástky). Dovybaveno jednoduchým hrotovým měřením.

Výsledky:
– měření odporu a kapacity
– měření VA charakteristik

rezistorů, kondenzátorů, tranzistorů a diod



Úloha: Hrotové měření na Si deskách II.

Pořízené zařízení: Stanice pro měření desek do průměru 100 mm, pozorovací mikroskop, manuální i automatické ovládání posuvu, hlavičky s hroty a propojovací konektory. Umístěno mimo čisté prostory, dovybaveno RLCG-metrem a charakteroskopem.

Použití: Měření elektrických parametrů a charakteristik součástek na finální křemíkové desce (nezapouzdřené součástky). Díky použití mikroskopu a úzkých hrotů je možné měřit součástky (rezistory, kondenzátory, tranzistory, diody, …) velikosti 10 μm a větší.

Výsledky:
– měření RLCG
– měření VA charakteristik

Závěr a tisková zpráva

Dosažené výsledky při řešení projektu:

Tento projekt umožnil realizovat čtyři nová měřící pracoviště, z nichž tři se nacházejí v čistých prostorách a jedno mimo ně. Byly vypracovány návody k ovládání zařízení a byly aktualizovány návody k úlohám, viz Závěrečná zpráva projektu. Praktika absolvovali studenti MU a dalších českých VŠ.

Tisková zpráva:

Cílem projektu bylo vybavit Laboratoř technologie polovodičů na MU moderními přístroji pro měření tlouštěk vrstev a měření elektrických parametrů připravených polovodičových součástek. Dotace byla použita na pořízení optického spektrometru, mechanického profilometru, LCR-metru, AV-metru a stanice pro hrotové měření. Praktika probíhají ve vysoce čistých prostorách pro mikroelektroniku, studenti získají zkušenosti ze skutečné realizace diskrétních součástek (rezistory, kondenzátory, diody, tranzistory) na 100mm křemíkové desce základními procesory křemíkové technologie. Nové vybavení umožní sledovat parametry vrstev oxidů, fotorezistů a hliníkové metalizace po jejich depozici a leptání během technologického procesu a následně charakterizovat součástky hrotovým měřením jejich odporu, kapacity a voltampérových charakteristik. Souvisejícími pokročilými praktiky v laboratoři prošlo v roce 2009 celkem 56 studentů Masarykovy univerzity a 105 studentů z VUT, UK a UPCE.