



RENTGENOVÁ LABORATOŘ ÚSTAVU KONDENZOVANÝCH LÁTEK PŘÍRODOVĚDECKÉ FAKULTY MASARYKOVY UNIVERZITY V BRNĚ

Josef Kuběna, Václav Holý

Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno

1. Stručný pohled do historie

1945 - 1960

Počátek rentgenové laboratoře fyzikálního ústavu se datuje rokem 1945, kdy po němcích zůstala na fakultě rentgenová aparatura Muller s Debye – Scherrerovou komůrkou a komůrkou na zpětný odraz a na Laueovu metodu.

Aparatura byla tehdejšími studenty a pozdějšími asistenty uvedena do chodu a byla využívána ke strukturální analýze různých technických materiálů. Rentgenografii zůstali věrní dva z nich, Jan Čermák, který později odešel do Prahy, a Martin Černohorský, který zde působil až do roku 1958, kdy přešel do nově vznikajícího Ústavu fyzikální metalurgie ČSAV v Brně. Vědecká práce Černohorského z té doby je soustředěna zejména na vypracování postupu přesného měření mřížkových parametrů podílovou metodou.

1960 – 1970

Rtg laboratoř se stala po organizačních změnách na fyzice součástí katedry fyziky pevné fáze (její přejmenování na Ústav fyziky kondenzovaných látek se shoduje se začátkem 3. tisíciletí). V roce 1960 zde nastoupil jako asistent Josef Kuběna, který se snažil v rámci rtg laboratoře pokračovat v problematice své diplomové práce orientované na analýzu profilů rentgenových difrakcí na polykrytalických materiálech. Přístrojově byla laboratoř posílena rentgenovým goniometrem Chirana a rozvíjela se spolupráce s ÚFM ČSAV v oblasti studia difúze kovů. Toto studium nakonec vyústilo v práci týkající se koherence rtg záření a jejího vlivu na rtg difrakci. K odbornému růstu v této době právě významně přispívaly jednak samotné Rozhovory, které organizovala prof. Kochanovská, jednak diskuse s pracovníky ÚFPL ČSAV v Praze, jmenovitě s dr. Čermákem. Po celou dobu, od roku 1945 až do roku 1970, sloužila vždy rtg laboratoř i pro výuku studentů, zejména pro diplomové práce.

1970 – 1980

V tomto období bylo odborné zaměření celé katedry přeorientováno na studium vlastností polovodičů modifikovaných implantací iontů a tím pro rtg laboratoř začala éra studia defektů v monokrystalech a éra úzké spolupráce s polovodičovým průmyslem. První rtg topogramy pomocí dvoukrystalového uspořádání pořídil Z. Janáček v rámci diplomové práce. Spolupráci s průmyslem v roce 1973 značně posílilo vybavení rtg laboratoře Langovou komorou pro topografii s ABAC systémem fy Siemens. Dodnes je záhadou, jak se tato velká investice do naší laboratoře dostala, když ji nikdo neobjednal. Rtg laboratoř byla prakticky v útlumu, neboť J. Kuběna byl z politických důvodů neperspektivním pracovníkem na vysoké škole. Jednoho

dne se dostavil na katedru pracovník ministerstva školství, uvedenou aparaturu nám nabídl, ale po zjištění personální situace, rychle z nabídky vycouval. Slušní kolegové ze sousední fyzikální katedry však nezaspali a záruku, že tato vzácná investice bude využita perspektivními pracovníky, vzali na sebe. Prakticky ji však plně dali k dispozici naší rtg laboratoři.

1980 – 1990

V roce 1975 nastoupil na katedru jako asistent V. Holý a společně jsme se začali intenzivně věnovat otázkám dynamické teorie difrakce na monokrystalech s porušenou krystalovou mřížkou. Pracovali jsme jak po stránce teoretické, tak experimentální na objasnění vzniku kontrastu při zobrazování strukturálních defektů a jiných nehomogenit v Si zejména pomocí dvoukrystalové topografie a dále na měření objemové hustoty a jiných parametrů mikrodefektů difraktometrickými metodami. Pro tyto účely jsme používali dvou a trojkrystalové difraktometry vlastní konstrukce. Naprostá většina původních vědeckých prací z této doby byla přímo iniciována otázkami z výroby monokrystalů a z technologie výroby integrovaných obvodů včetně implantace iontů. Desetileté zaostávání sovětského bloku za Západem v této oblasti však často vedlo k tomu, že jsme pro zakázky polovodičového průmyslu znovu objevovali postupy na Západě už běžně aplikované (např. getrace nežádoucích příměsí pomocí mikrodefektů) a u nás téměř utajované. V té době, přesněji od roku 1986, se do spolupráce s polovodičovým průmyslem (Tesla Rožnov, Tesla Piešťany, VÚ A.S. Popova, ČKD Praha aj.) významně zapojil v rámci rtg laboratoře nový asistent Zdeněk Bochníček.

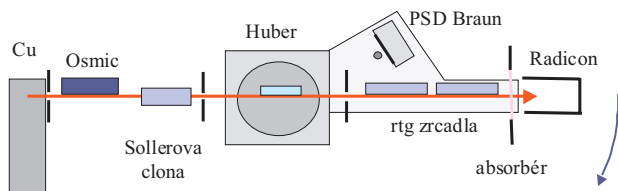
1990 – 2000

Změna politické situace, zákonitě zhroucení našeho polovodičového průmyslu, otevření se světu a navázání nových vědeckých kontaktů, vedlo k zásadní změně orientace a náplně vědecké práce rtg laboratoře. Zaměřili jsme se na studium struktury supermřížek, monokrystalických i amorfních multivrstev a v posledních letech i na studium kvantových drátů a kvantových teček. Vůdčím duchem a organizátorem těchto prací je Václav Holý se svými rozsáhlými mezinárodními kontakty. Jejich náplní je zejména teoretické řešení nových difrakčních problémů, které s sebou přináší tyto nové nanostrukturální materiály, včetně interpretace experimentálních dat naměřených často u synchrotronu na unikátních vzorcích. Ke stávajícím třem pracovníkům rtg laboratoře přibyl v roce 1997 Petr Mikulík, který absolvoval závěr studia v ERSF v Grenoblu a svými pracemi z dynamické teorie difrakce na laterálně strukturovaných povrchích významně přispívá k řešení problematice.

2. Stručná charakteristika současného experimentálního vybavení

Grantový systém podpory vědecké práce nám umožnil postavit v rámci rtg laboratoře tři experimentální zařízení dobré technické úrovně.

2.1. Reflektometr pro studium reflektivity a difúzního rozptylu multivrstev s pozičně citlivým detektorem



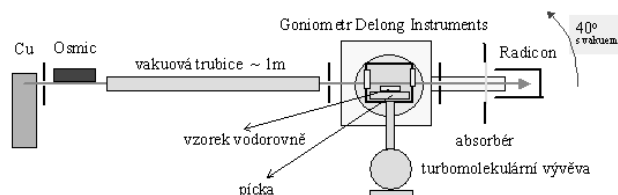
Sestava: zdroj Siemens, lampa Cu 8×0.05 , parabolické zrcadlo Osmic, vertikální Sollerova clona, goniometr Huber, vakuové uchycení vzorků, sekundární monochromátor ze dvou rtg rovinných zrcadel, absorbér, scintilační detektor Radicon, pro měření difúzního rozptylu pozičně citlivý detektor Braun, řízení počítačem, software vypracoval Z. Bochníček a Petr Mikulík.

Parametry primárního svazku:

40 kV, 30 mA, 0.2×8 mm, $K\alpha_1$ a $K\alpha_2$, 0.3 až 25×10^6 cps,

2.2 Reflektometr s vakuovou píčkou pro měření reflektivity in-situ určený ke studiu tepelné stability a tepelně iniciovaných strukturálních procesů v multivrstvách a nanokompozitních materiálech

Sestava: Mikrometa 2E, lampa Cu 5×0.1 mm, parabolické zrcadlo Osmic, vakuová roura délky 1 m, goniometr DeLong Instruments, krok ramene 0.0002° , vzorek leží na tělese vodorovné píčky (do 650°C) ve vakuové komoře (10^{-6} mBa) s Be okénky, absorbér, scintilační detektor



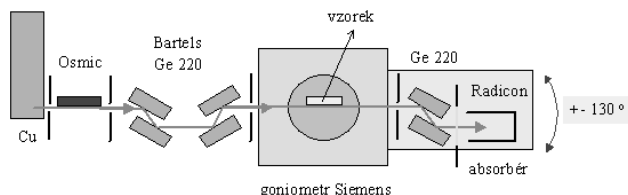
Radicon, počítačem je řízen goniometr i teplotní režim, software Z. Bochníček.

Parametry primárního svazku:

40 kV, 30 mA, 0.2×8 mm, $K\alpha_1$ a $K\alpha_2$, 0.3 až 16×10^6 cps,

2.3 Difraktometr s Bartelovým monochromátorem pro HRXRD měření difúzního rozptylu a deformačních polí v okolí uzlových bodů reciproké mřížky

Sestava: Zdroj Siemens, Cu 8×0.05 , parabolické zrcadlo Osmic, Bartels Ge 220, upravený goniometr Siemens, krok



0.0002° , směrový detektor Ge 220 na rameni goniometru, absorbér, scintilační detektor Radicon a počítač se softwarem Z. Bochníčka.

Parametry primárního svazku:

40 kV, 30 mA, 1.4×8 mm², asi 1/4 linie Cu $K\alpha_1$, 0.3 až 15×10^6 cps

3. Ostatní aktivity laboratoře

V letech 1997 a 1999 jsme se podíleli na organizaci mezinárodní podzimní školy „X-Ray Scattering from Surfaces and Thin Layers“, která se konala na zámku ve Smolenicích, Slovensko. Další běh školy se bude konat v tomto roce.

Laboratoř má intenzivní styky s řadou pracovišť v zahraničí. Dlouholetou spoluprací máme s Ústavem fyziky polovodičů Univerzity J. Keplera v Linzi (Rakousko), tato spolupráce přinesla několik desítek společných publikací v oblasti rozptylu na polovodičových laterálních strukturách. Rozvíjíme spolupráci s Fyzikální sekci Univerzity L. Maximiliana v Mnichově (katedra prof. Peisela), s Ústavem fyziky pevných látek university v Postupimi (prof. U. Pietsch) a s Katedrou experimentální fyziky univerzity v Houstonu (prof. S. C. Moss).

Studium velmi malých polovodičových struktur je v současné době nemyslitelné bez použití synchrotronového záření. Máme velmi dobré kontakty se synchrotronem ESRF v Grenoblu. Náš bývalý doktorand dr. P. Mikulík část svého doktorského studia strávil v Grenoblu a podílel se tam na implementaci nového software pro řízení experimentu. V posledních několika letech se nám daří získat několik týdnů na měření ročně, zejména na beamlines ID10B TROIKA a ID01, které plně vyhovují našim požadavkům. V. Holý je členem panelu pro hodnocení beamline ID01.

Rtg laboratoř se zapojuje do výchovy studentů a doktorandů

4. Závěr

Odborné zaměření rtg laboratoře zůstane pro nejbližší léta v podstatě beze změny, protože studium vlastností nanostruktur patří mezi perspektivní obory, od nichž se očekávají nové aplikace v oblasti magnetických, elektrických i optoelektronických vlastností materiálů. Zařízení laboratoře nemůže v oblasti základního výzkumu zcela rovnocenně soutěžit se specializovanými goniometry v laboratořích se synchrotronovým zdrojem záření, ale může významně přispět k pochopení principů rtg reflexe a difrakce a tím i funkce nezbytných rtg optických prvků, které se u těchto aparatur vyskytují. Všichni pracovníci rtg laboratoře se i nadále budou podílet na výuce studentů a výchově nových vědeckých pracovníků.