Tenké vrstvy GaN dopované přechodnými kovy

ZDENĚK SOFER [1)] JAN LUXA [1)] DANIEL BOUŠA [1)] VLASTIMIL MAZÁNEK [1)] MIROSLAV MARYŠKO [2)] DAVID SEDMIDUBSKY [1)]

[1)] Ústav anorganické chemie, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6, Česká Republika
[2)] Fyzikální ústav AVČR, v.v.i., Cukrovarnická 10, 162 00 Praha 6, Česká Republika

Zdenek.Sofer@vscht.cz

VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE

Inorganic Chemistry

Nitrid gallitý

Patří mezi AIIIN nitridové polovodiče

- Wurtzitová struktura
- Přímý zakázaný pás (6.2 eV- AlN, 3.4 eV- GaN, 0.9 eV- InN)
- Vysoká tepelná vodivost, velká chemická a tepelná stability
- Transportní vlastnosti: vysoké průrazné napětí, velká mobilita elektronů
- Problematické dopování
- Složitý heteroepitaxní růst

Aplikace:

- Optoelektronika – LED a LD diody
- UV-Vis detektory
- Výkonová rychlá elektronika
- Vysokofrekvenční tranzistory

GaN ve spintronice

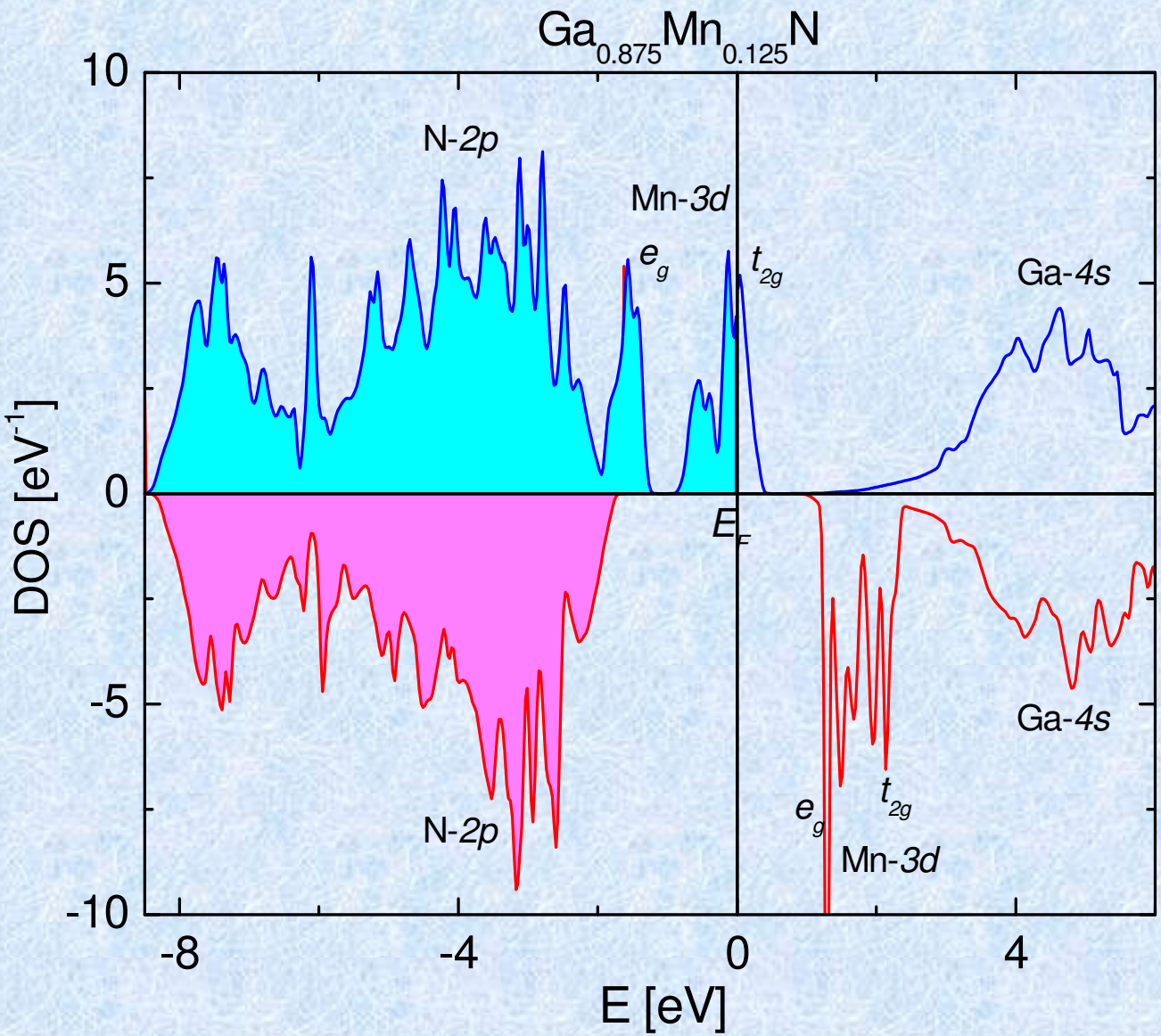
- Dopování přechodnými kovy a lantanoidy
- Zpracování signálu je založené na spinu elektornu
- Feromagnetizmus je zprostředkován volnými nositeli náboje

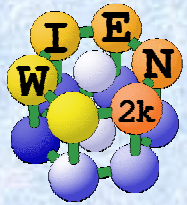
Potenciální aplikace:

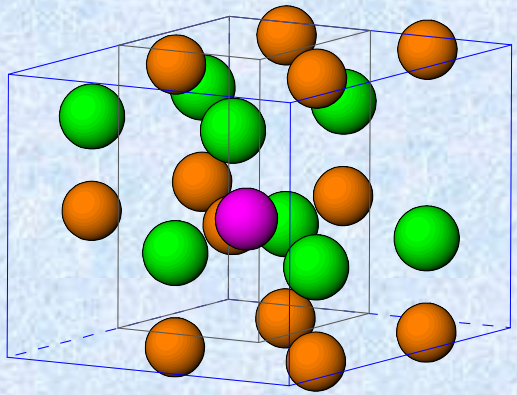
- **spinové tranzistory**
- **magnetické senzory**
- **paměťové prvky**
- **zdroje polarizovaného světla**
- **kvantové počítače**

Praktické aplikace: materiál s teplotou magnetického uspořádání (T_C) nad pokojovou teplotou

Elektronová struktura (Ga,Mn)N







$A^{III}N$ nitridy – příprava a charakterizace

MOVPE růst GaN vrstev a in-situ dopování

- vliv podmínek depozice na vlastnosti GaN:Mn vrstev

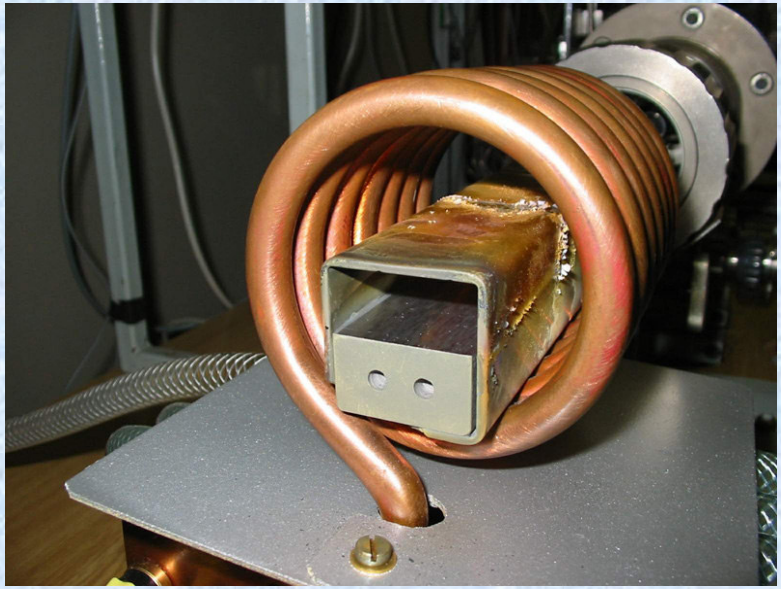
Implantace GaN vrstev

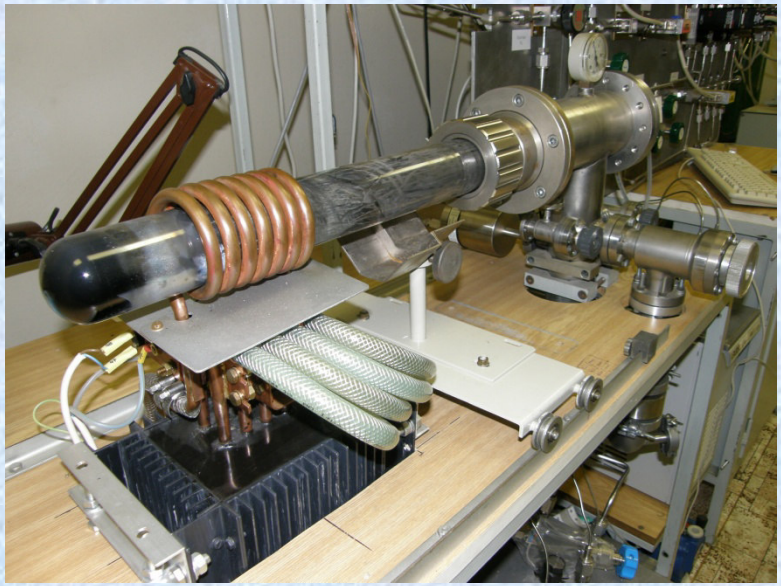
- MOVPE růst GaN vrstev
- implantované prvky: Mn, Cr, La, Sm, Eu, Dy, Gd, Tb, Tm, Lu
- Vliv implantační energie a dávky na vlastnosti vrstev a jejich magnetizmus

Charakterizační metody

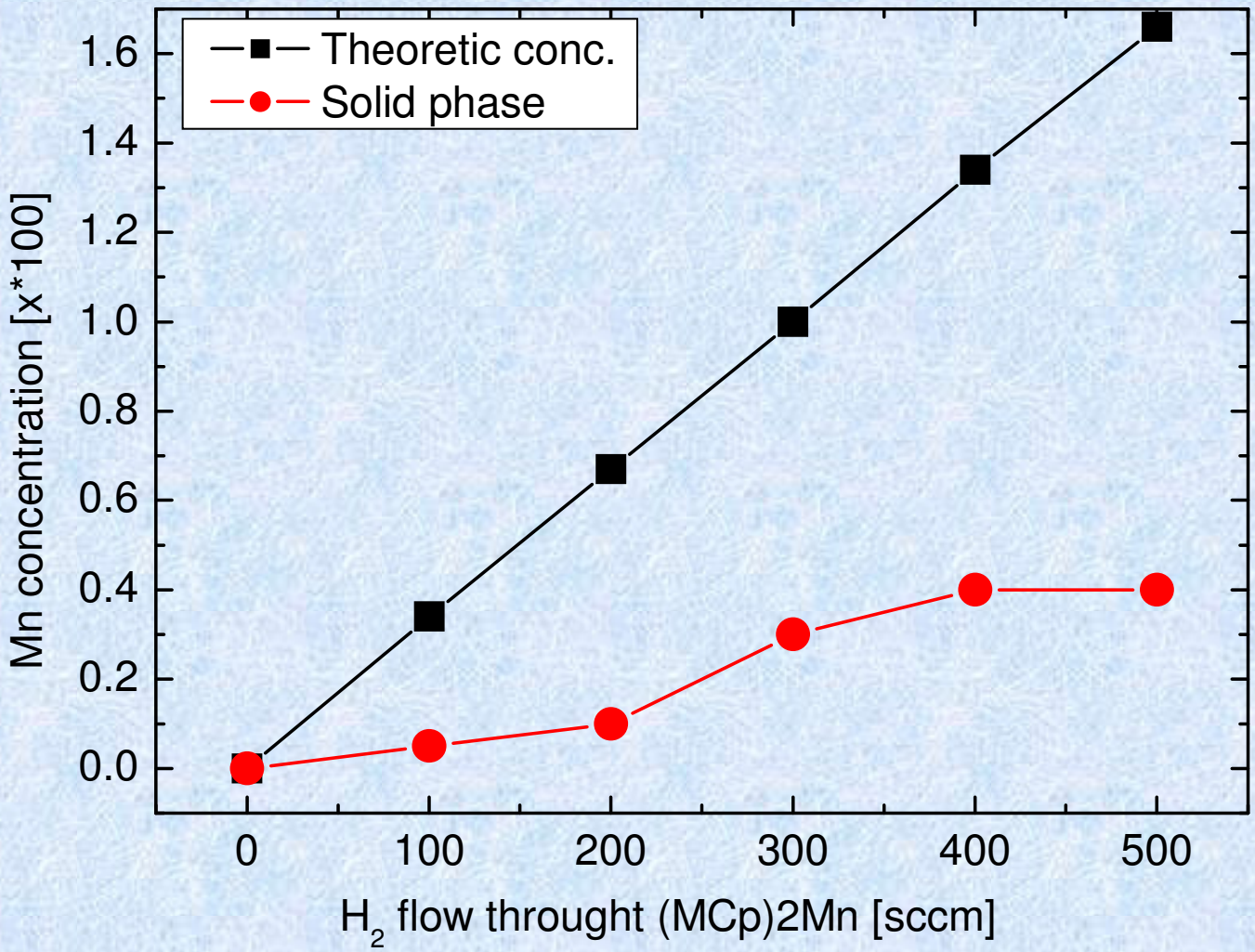
- povrchová morfologie(AFM, DIC, SEM), strukturní vlastnosti (XRD, Raman)
- transportní vlastnosti (rezistivita, Hallovo napětí, Ramanova spektroskopie)
- chemické složení (SIMS, XPS, WDX, PIXE, XRF, RBS)
- Magnetické vlastnosti (SQUID)

MOVPE aparatura pro depozici GaN vrstev

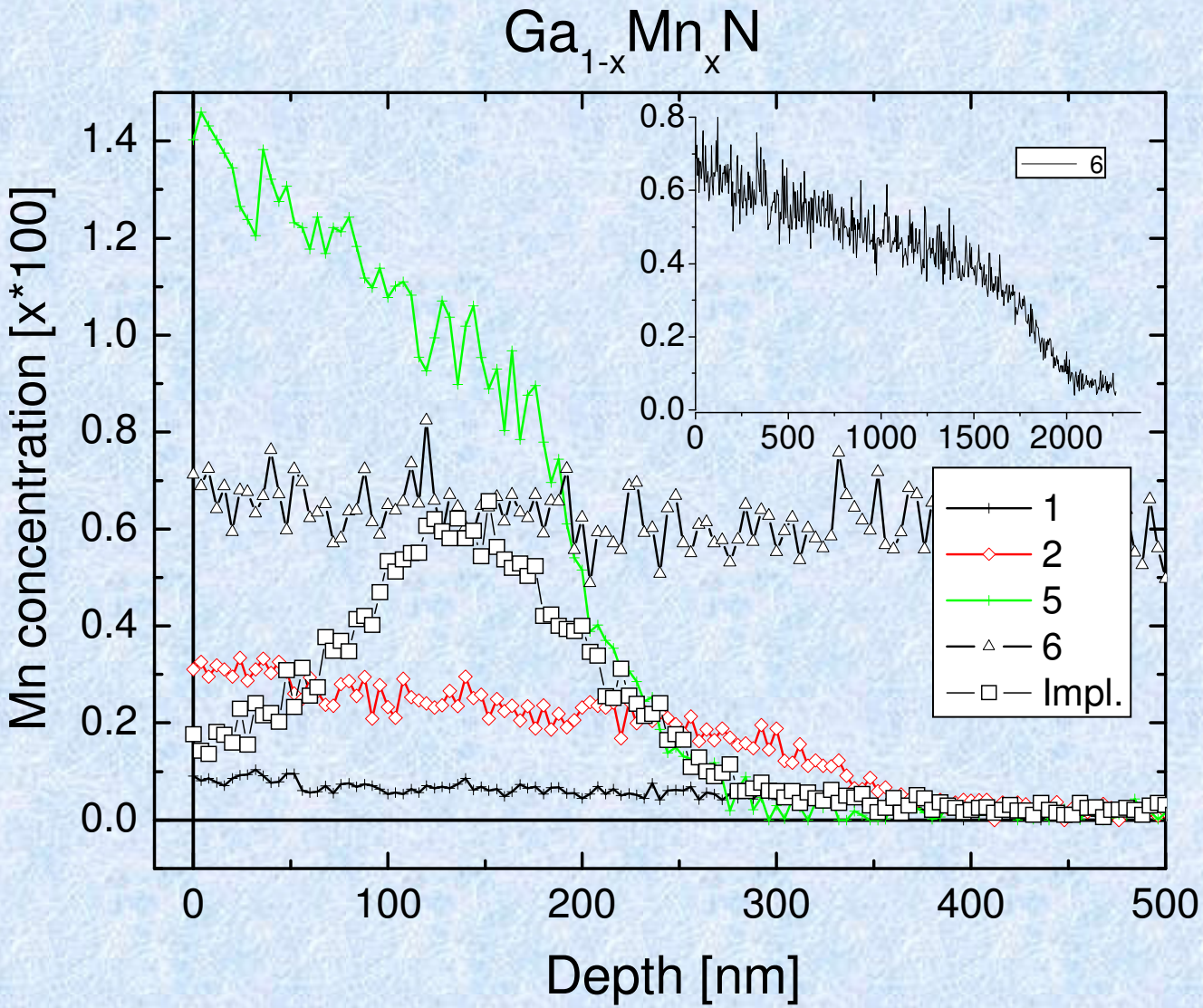




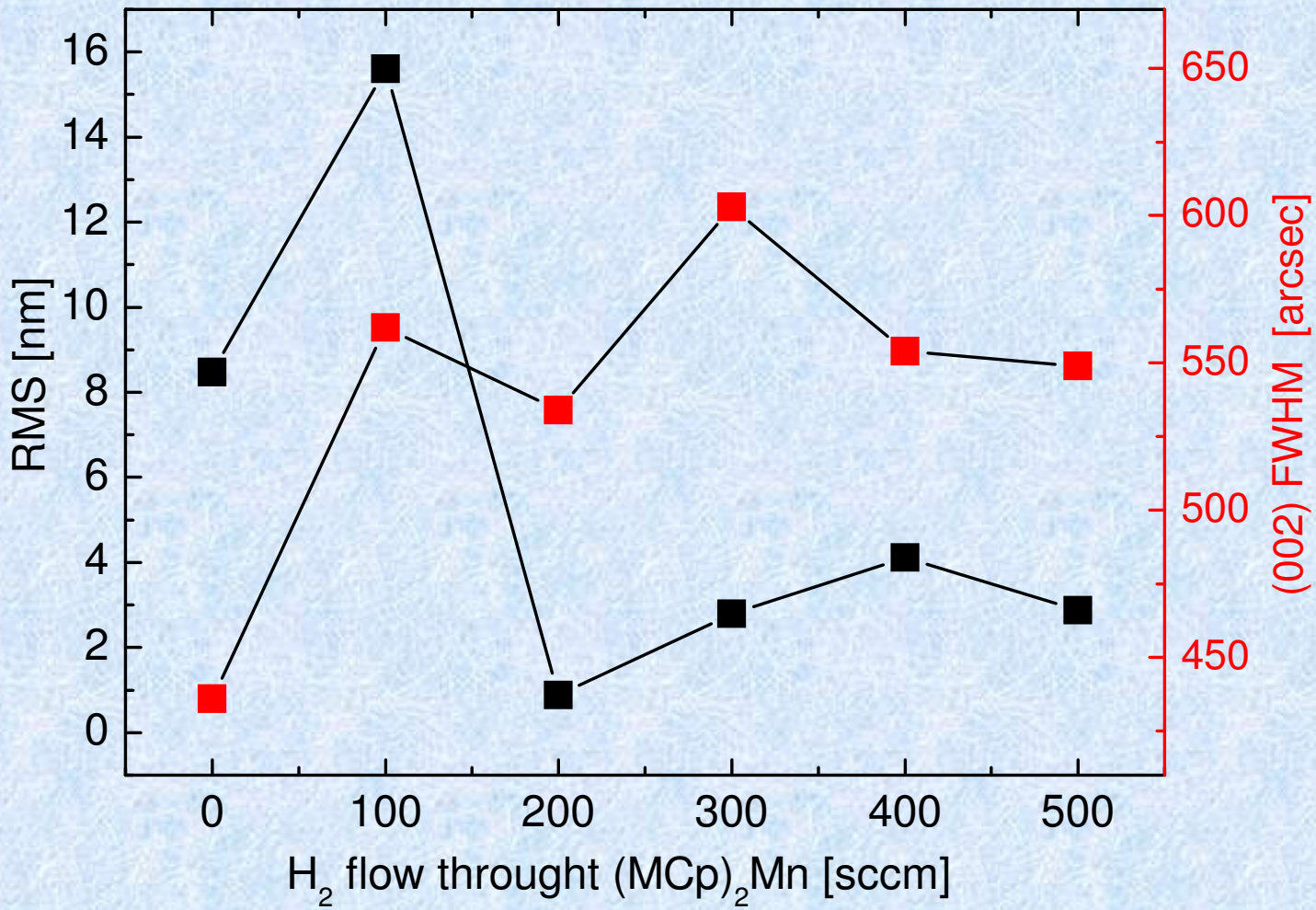
Koncentrace manganu v plynné fázi a $Ga_xMn_{(1-x)}N$ vrstvě



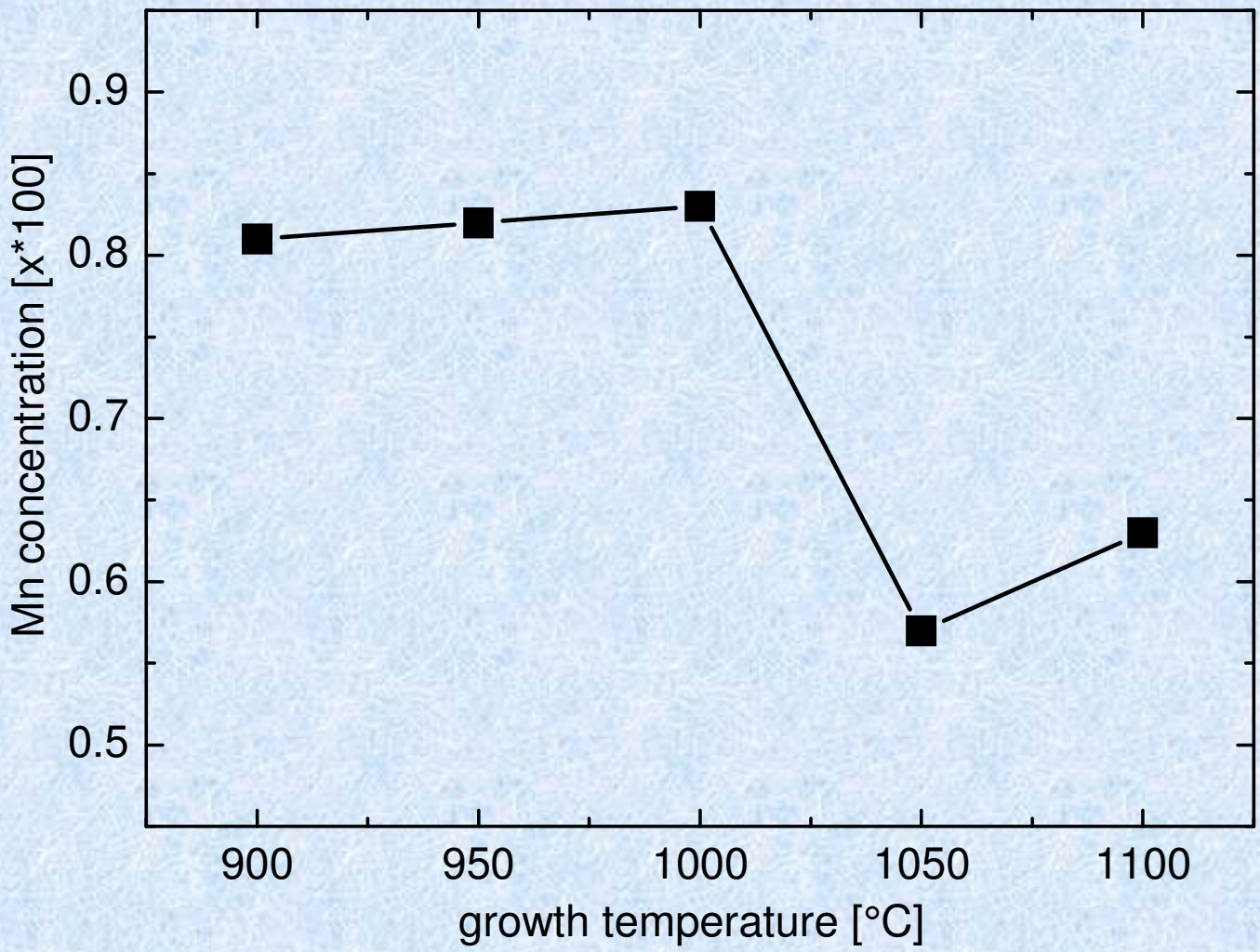
Koncentrační profily Mn v GaN:Mn vrstvách



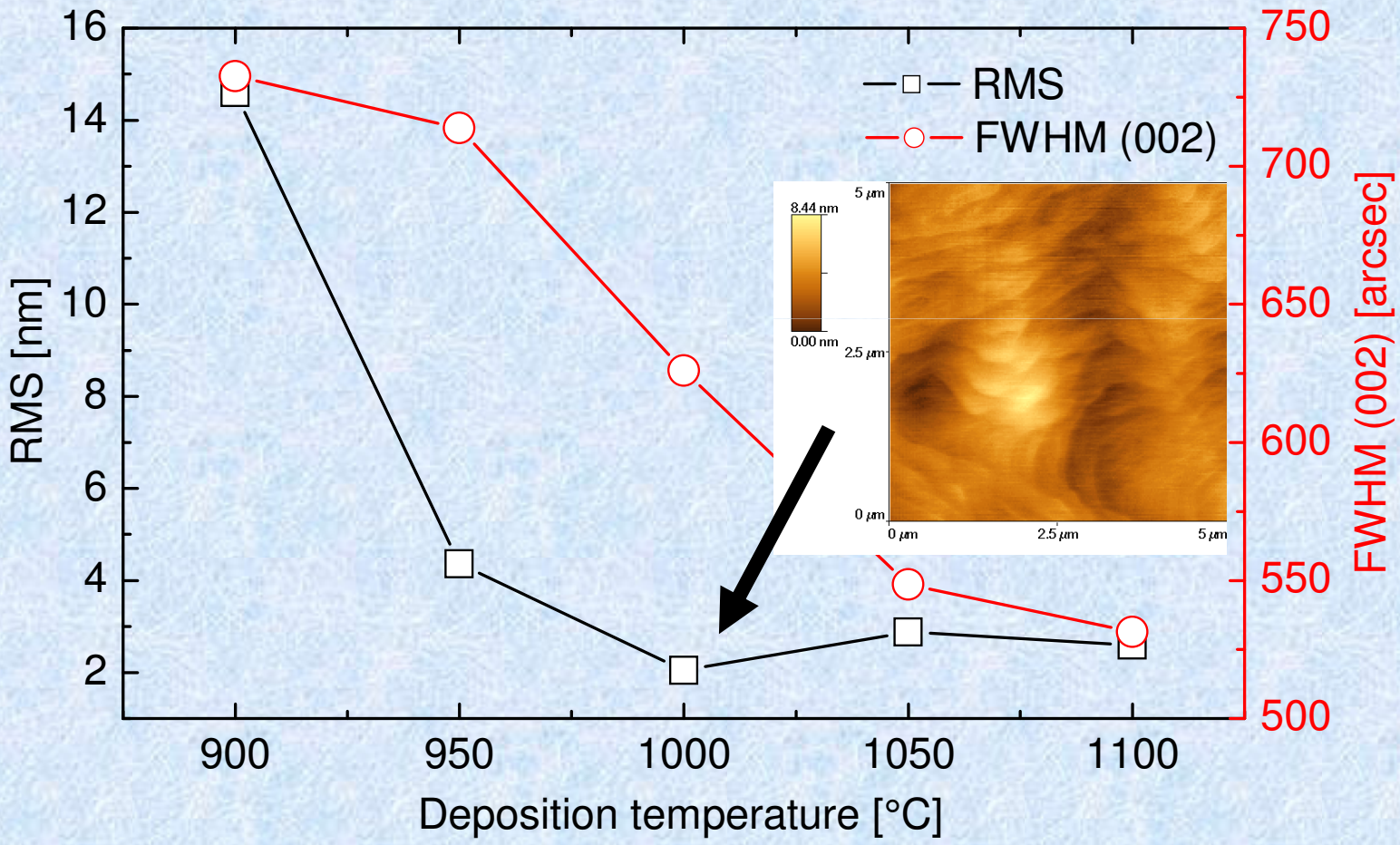
Vliv koncentrace manganu na strukturní vlastnosti a povrchovou morfologii GaN:Mn vrstev



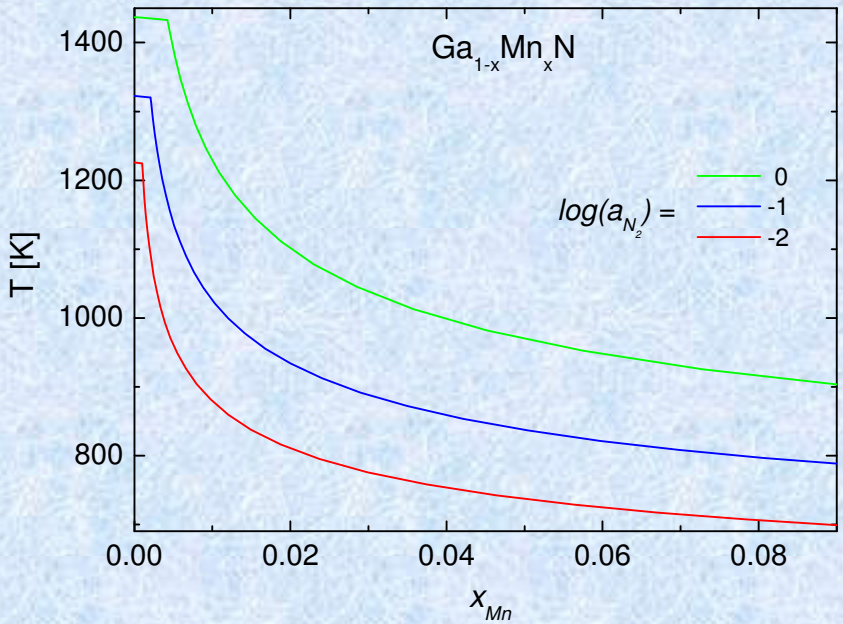
Vliv teploty depozice na koncentraci Mn v GaN:Mn vrstvách



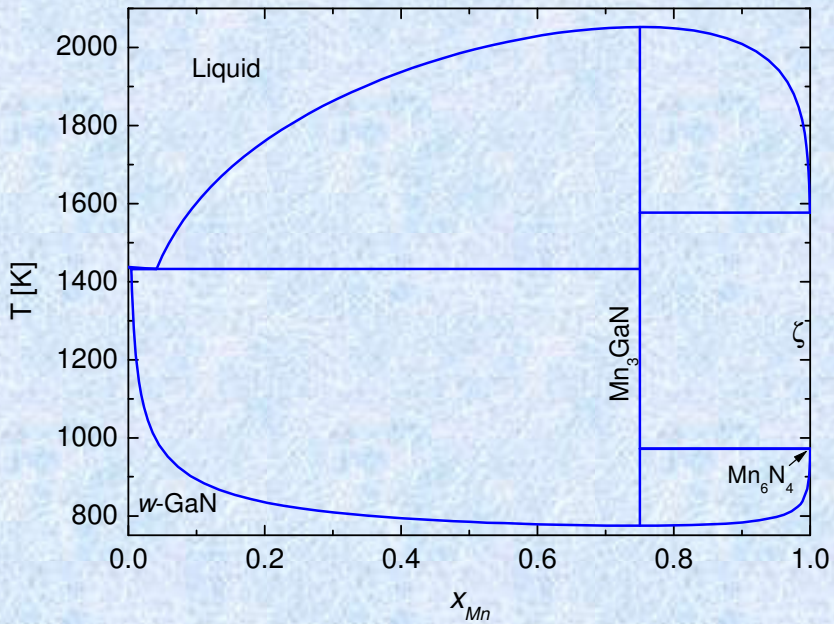
Vliv teploty depozice na strukturní a morfologické vlastnosti vrstev



Fázové složení v pseudobinárním fázovém diagramu GaN-MnN_x

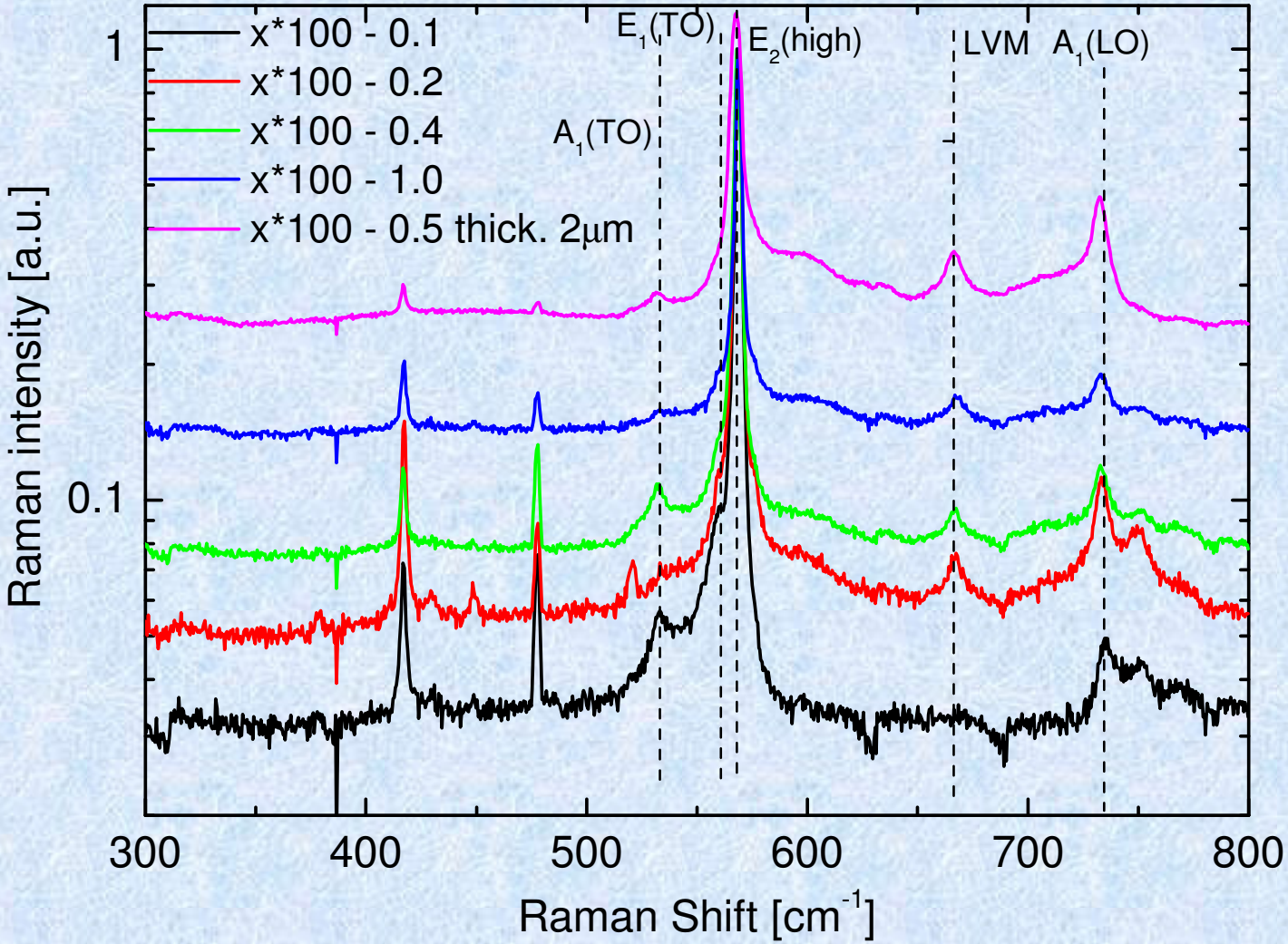


Rozpustnost Mn v $Ga_xMn_{(1-x)}N$ pro různé aktivity dusíku

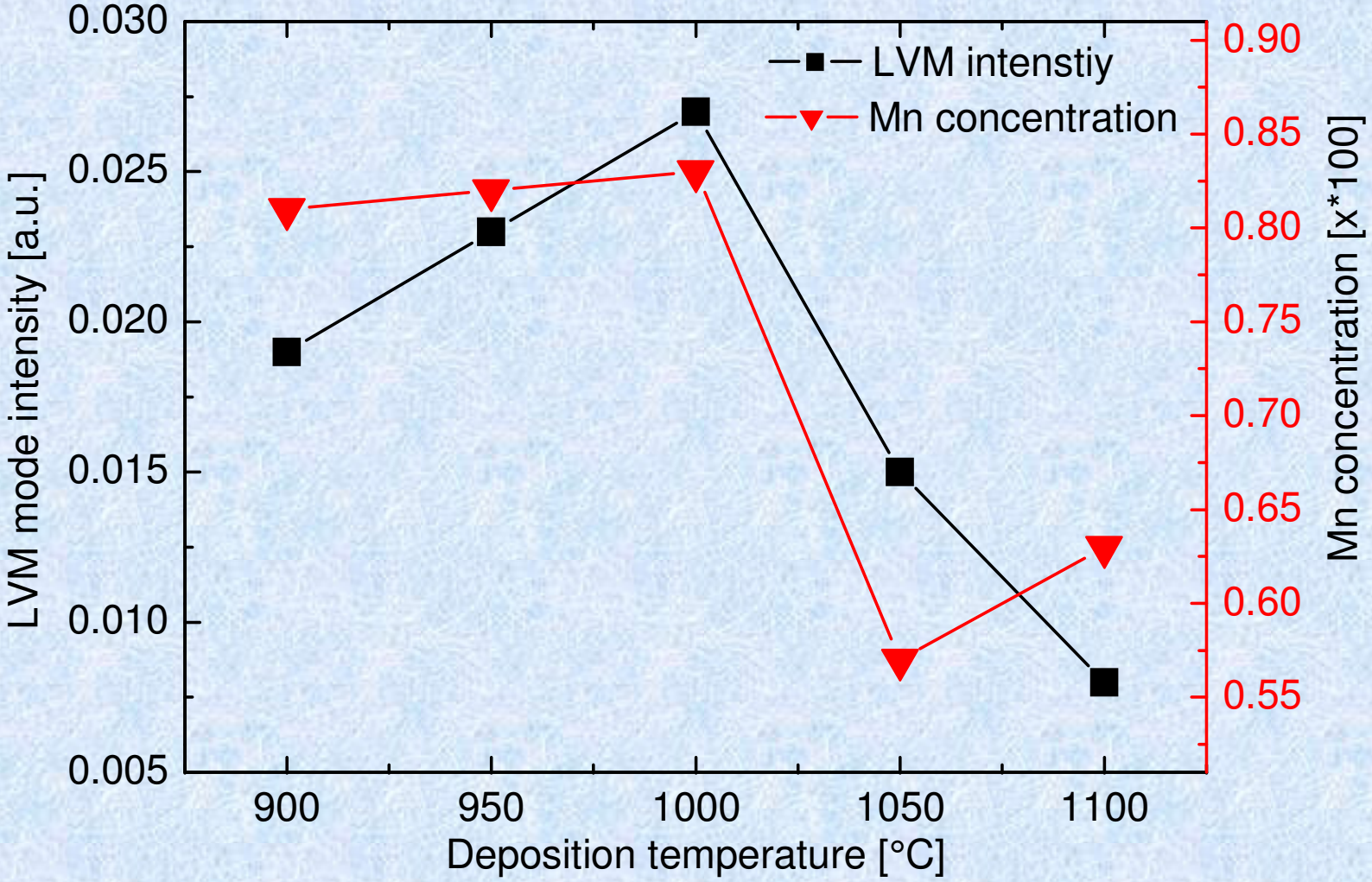


Fázový diagram pseudobinarního systému GaN - MnN_x.

Ramanova spektra $Ga_{(1-x)}Mn_xN$ vrstev



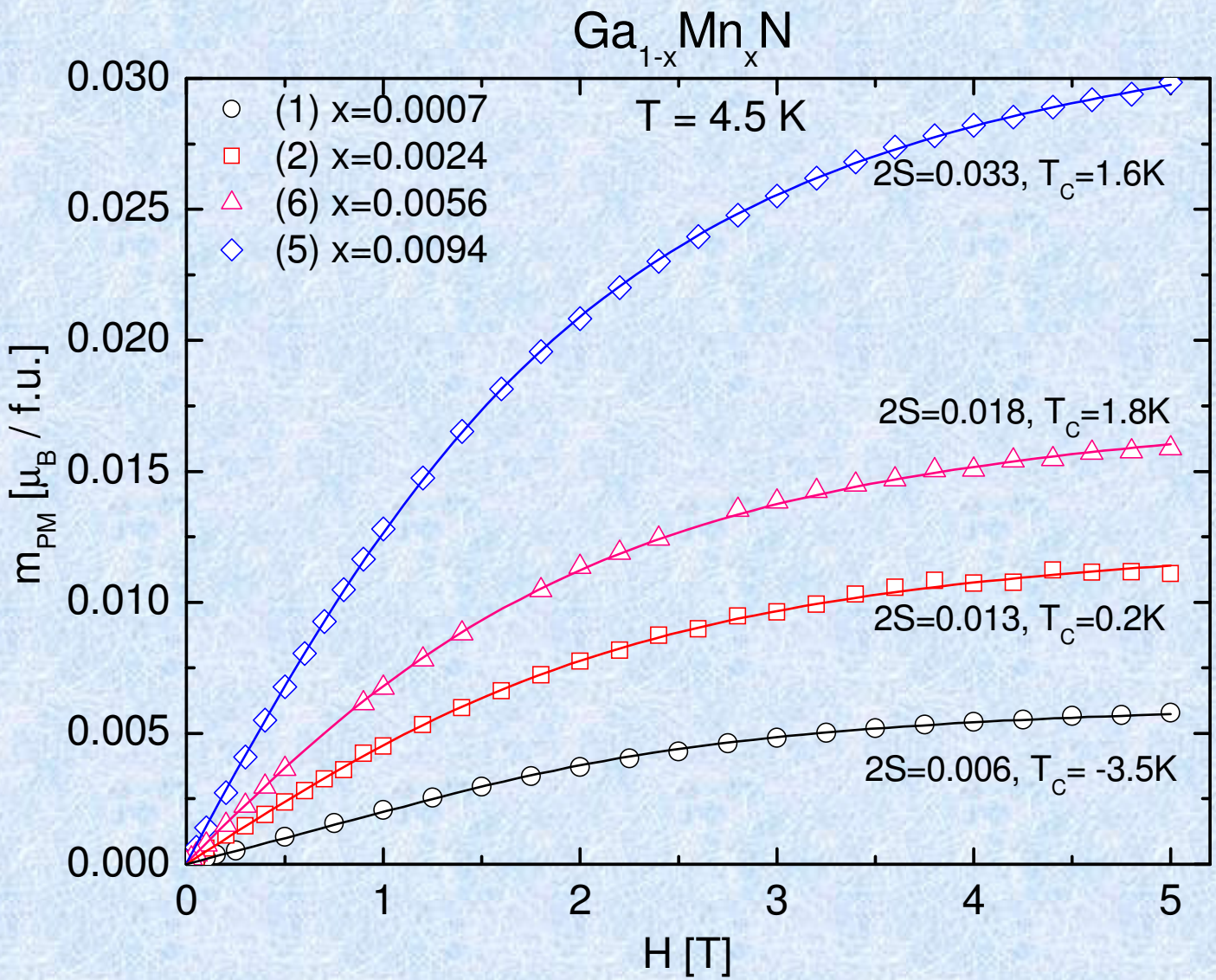
Závislost intenzity LVM (lokálních vibračních modů Mn) na koncentraci manganu a depoziční teplotě



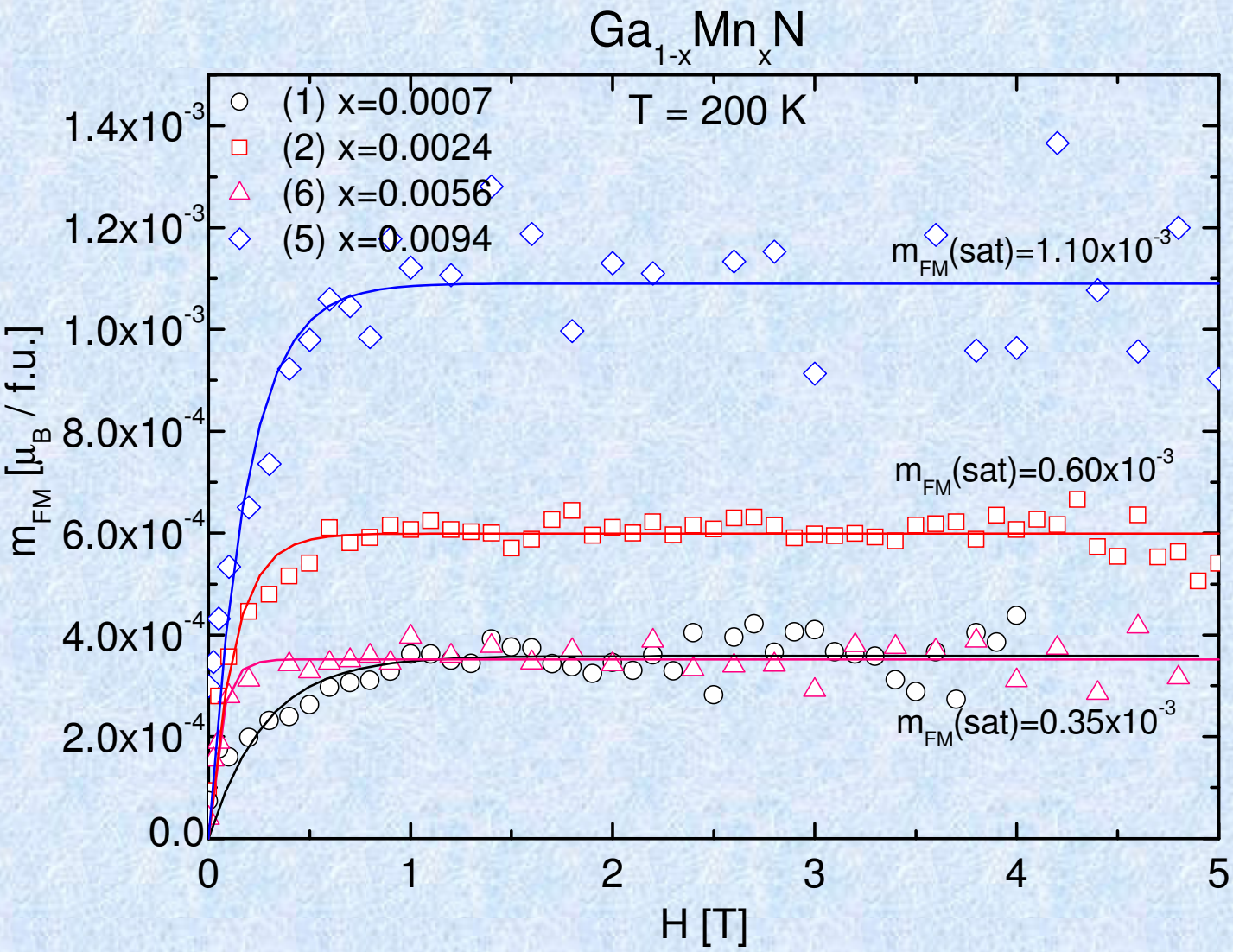
Magnetické vlastnosti

- Koexistence dvou magnetických fází :
- Ferromagnetické a Paramagnetické.
- T_c a saturovaný moment paramagnetické fáze vypočten z Brillouinova fitu magnetizace.
- Ferromagnetická fáze: saturovaný moment nezávislý na teplotě. T_c vyšší než pokojová teplota.

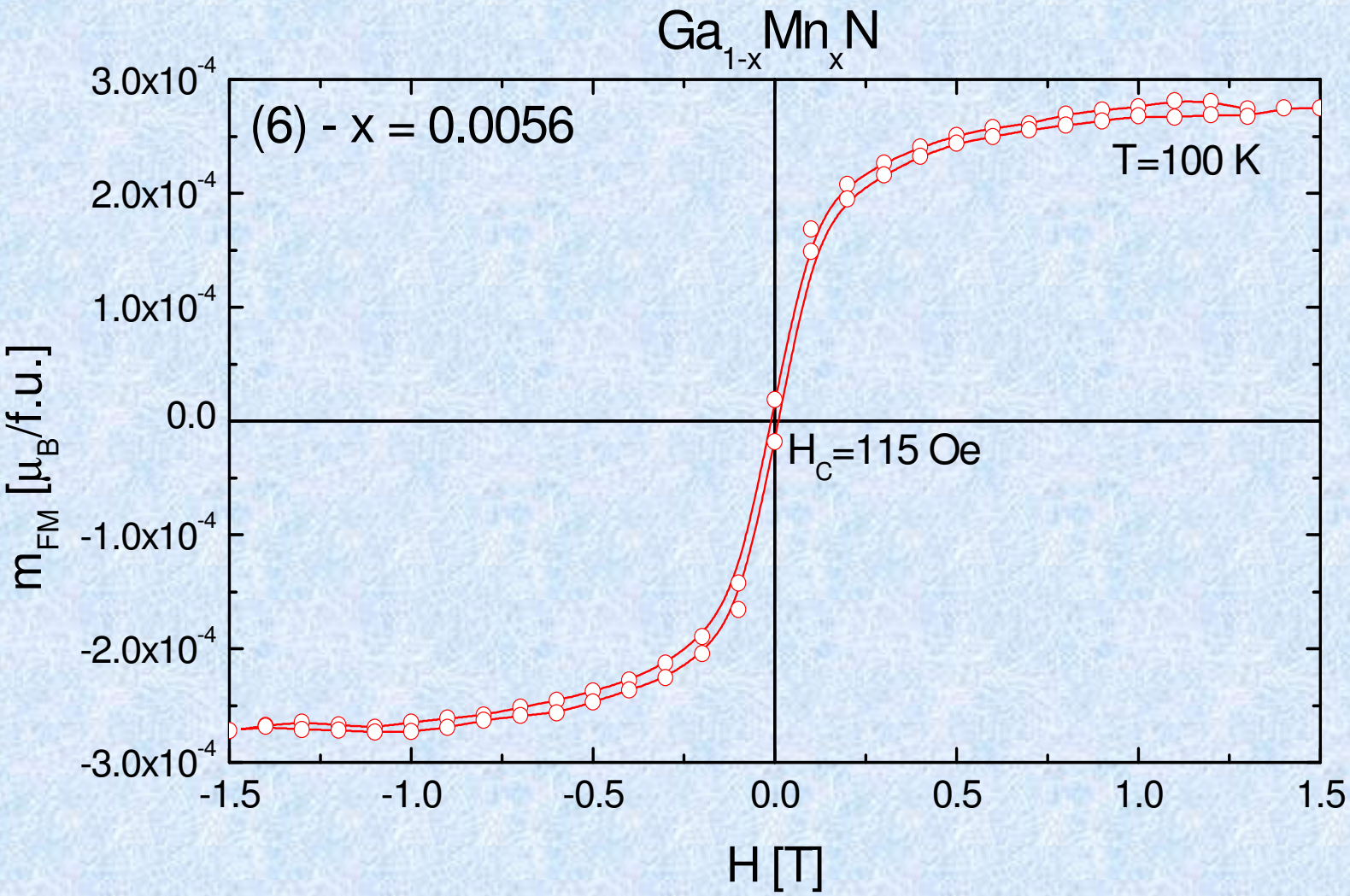
Závislost paramagnetického momentu na magnetickém poli pro GaN:Mn vrstvy s různou koncentrací Mn



Závislost feromagnetického momentu na magnetickém poli pro GaN:Mn vrstvy s různou koncentrací Mn



Magnetizační křivka GaN:Mn vrstvy



Závěr

1) Rozdíl mezi koncentrací Mn v plynné fázi a koncentraci v deponovaných GaN:Mn vrstvách.

2) Dopování GaN vrstev manganem má pozitivní vliv na povrchovou morfologii.

3) Jako optimální depoziční teplota bylo nalezeno 1000 °C - kompromis mezi koncentrací Mn a kvalitou deponovaných vrstev.

4) Koexistence malého feromagnetického momentu spolu s dominantním paramagnetizmem.

5) Dobrý soulad mezi koncentrací Mn zjištěného chemickými metodami (EDS, SIMS) a magnetickými měřeními (SQUID).

6) Ramanova spektra ukazují přítomnost lokálních vibračních modů Mn v GaN struktuře, které indikují přítomnost vakancí. Intenzita těchto pásů koreluje s koncentrací Mn v GaN:Mn vrstvě.

Práce byla podpořena GAČR (projekt č. 13-20507S)