

## Posudek diplomové práce Petra Blumentrita

### Nedestruktivní hloubkové profilování velmi tenkých kovových vrstev elektronově-spektroskopickými metodami

Předložená práce má kromě úvodu následující části: teoretickou a experimentální část, popis metody zpracování měření, poměrně stručně výsledky měření, diskusi a závěr.

V první části autor uvádí motivaci práce a představuje metodu rentgenové fotoelektronové spektroskopie (XPS) a spektroskopie Augerových elektronů (AES), vysvětluje metodu zpracování spekter v obou metodách vzhledem k použitému analyzátoru (určení transmisní funkce a způsob odečítání pozadí). V této kapitole také autor zmiňuje modely typických vrstevnatých systémů a nakonec popisuje (komerční) program SESSA pro simulaci elektronových spekter takovýchto systémů. V experimentální části jsou poměrně stručně popsány obě měřicí aparatury. V další kapitole se autor dosti podrobně zabývá metodou zpracování piků ve změřených spektrech, která má umožnit porovnávání výsledků měření s výsledky simulačního programu. Několik příkladů spekter, změřených na různých vrstevnatých strukturách, je pak tímto způsobem vyhodnoceno. Toto srovnání by mělo být zřejmě těžištěm celé práce. Práce je uzavřena poměrně stručnou diskusí, s navrženým vysvětlením většiny jevů a závislostí, a jasným a odpovídajícím závěrem.

K práci mám několik obecných připomínek:

1. Zvolená iterační metoda se mi zdá dosti kuriózní. Podle mého názoru nemusí obecně hledané hodnoty tlouštěk vrstev nebo koncentrací prvků iterovat a dále výsledek může záviset na zvolených počátečních hodnotách. Protože teoretický rozbor by byl značně složitý, bylo by třeba alespoň otestovat tyto možnosti. V práci není též uvedeno, jestli iterace dělal autor manuálně nebo jestli používal nějaké „makro“.
2. Alespoň některý výsledek této metody by bylo třeba ověřit experimentálně, jinak nemohou být výsledky důvěryhodné, tj. musí být zjištěna správnost vypočítaných hodnot. Minimální možnost kontroly by například mohla vyjít ze srovnání parametrů téhož vzorku vyhodnoceného z měření XPS a AES.
3. Při srovnávání naměřených a vypočítaných intenzit by se měla uvažovat přesnost získaných výsledků: např. by bylo vhodné určit směrodatnou odchylku měření standardním způsobem (například pro poměr  $R = I_A/I_B$ , str. 65). Jinak se mi zdá, že autor zachází se statistickými pojmy velmi volným způsobem (vztah 6.53 na str. 55, str. 66 nahore).
4. Podle mého názoru má zeslabování intenzity elektronů budících Augerovy elektrony velmi významný dopad na intenzity Augerových elektronů. Vzhledem k tomu, že se podle autora s tím v modelu použitém v programu SESSA nepočítá (str. 70 uprostřed, str. 86<sup>o</sup>), ale na str. 39<sup>2</sup> je v programu SESSA zavedena rozdělovací funkce hloubkového rozdělení zdrojů elektronů, je třeba zjistit, jak je to doopravdy. Jinak by v prvním případě docházelo při výpočtu parametrů vrstev z intenzit Augerových elektronů k významným nepřesnostem. To by se mělo samozřejmě při testování programu zohlednit (viz též bod 2).

Práce obsahuje též některé konkrétní drobné nepřesnosti příp. nejasnosti:

k čemu jsou vztahy na str. 18-19 a jak byl vlastně určen vztah (6.49), str. 49;

33<sup>10</sup> a dále - s konkrétní hodnotou je spíše než koncentrace lepší termín hmotnostní nebo atomový zlomek;

38<sup>8,6</sup> - podle mého názoru metoda PIA není shodná s metodou Monte-Carlo;

50 - poslední odstavec je nesrozumitelný: a) „použit pouze ... je-li k dispozici“;

b) korekce na transmisní funkci - ta už snad byla?

- 51 - makro v programu IgorPro4.09A - mělo by být uvedeno jako citace nebo v dodatku;  
52 - tvrzení, že Lorentzova funkce dává lepší výsledek, by mělo být podpořeno nějakým exaktním hodnocením;  
55, k tabulce 6.3 - u dalších prvků byly všechny parametry stejné jako u C? (např. šířka intervalu);  
74 - 76 - k tvrzení, že nejpravděpodobnější uspořádání je CSOTi - a) nejsou uvedeny důvody, které k tomuto tvrzení vedou; b) možná, že by bylo dobré uvést jakési integrované spektrum celého vzorku, pokud by to osvětlilo, jak se přišlo k tomuto tvrzení; c) model vzorku je na obr. 6.43;  
76 - je uvedena 60% chyba měření; opět není jasné, jak k tomu autor přišel.


A také některé jazykové prohřešky:

- 36 - pádové koncovky u jmen Smekal, Powell;  
47<sup>8</sup> - je výraz hlinitá anoda.

Podle mého názoru je práce rozvržena v podstatě správně. Na celkovém rozsahu práce se významně podílí studium a testování programu SESSA, který je ještě ve vývojovém stadiu. Druhou součástí práce jsou pak autorovy vlastní výsledky při měření a vyhodnocování naměřených spekter. Základním přínosem práce je rozbor metody digitalizace a kvantifikace intenzit ve spektrech XPS a AES a její aplikace při vyhodnocování. Autor se pokusil, podle mého názoru ne příliš úspěšně, vyhodnotit svá měření pomocí poměrně sofistikovaného softwaru. K důkazu o správnosti a spolehlivosti tohoto vyhodnocení by bylo však třeba provést větší množství testů, zhodnotit lépe iterační metodu a provést i ověření výsledků na definovaných vzorcích, což by byla poměrně náročná a dlouhodobější práce. Velmi bych též uvítal více klasický přístup k hodnocení přesnosti a správnosti měření. Na druhé straně je nutno ocenit autorův pokus o řešení problému, který byl zatím řešen pouze okrajově. Nakonec bych se rád zmínil i o dobré jazykové úrovni celé práce.

Protože práce splňuje všechny podmínky, kladené na diplomní práci, doporučuji, aby byla uznána jako diplomní práce a aby byla klasifikována známkou „dobře“, s tím, že souhlasím, aby byla tato práce na základě vynikajících výsledků obhajoby klasifikována známkou „velmi dobře“.

V Praze 11. září 2006



Doc. RNDr. Vladimír Starý, CSc.  
Ústav materiálového inženýrství  
Fakulta strojní, ČVUT v Praze