

Oponentský posudek na diplomovou práci pana Stanislava Haviara na téma „Elektronová litografie v řádkovacím elektronovém mikroskopu“.

Předložená diplomová práce se zabývá metodou vytváření struktur elektronovou litografií a to pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. Mikroskopy tohoto typu byly v minulosti používány převážně k zobrazování a analýze struktur na úrovni rozměrů nanometrů. S postupujícím vývojem v oblasti nanotechnologií však vzrostla poptávka po technikách umožňujících tyto struktury aktivně a kontrolovaně vytvářet. Elektronová litografie je jednou z nich, a ačkoliv je pro vytváření struktur ve velkém měřítku (pro sériovou výrobu) dosud neaplikovatelná (díky malé rychlosti), stala se během posledních let velmi populární a rozšířenou metodou pro tzv. „prototypování“ experimentálních struktur. Na těchto strukturách lze s úspěchem studovat závislosti fyzikálního chování materiálů při zmenšování jejich rozměrů (kvantové jevy apod.) a dle toho vytýčit směry, kterými by se měl ubírat vývoj technologií pro sériovou/hromadnou výrobu. Z těchto hledisek považuji práci za velmi aktuální a perspektivní.

První tři kapitoly vytyčují cíle práce a poskytují ucelený a poměrně rozsáhlý přehled metod pro vytváření a pozorování struktur elektronou litografií. Tyto kapitoly nasvědčují, že se autor s problematikou důkladně seznámil a zorientoval se v ní. Experimentální část popsaná v kapitole 4 by se snad mohla někomu zdát příliš stručnou, nicméně z vlastní zkušenosti mohu potvrdit, že za jednou „prezentovatelnou“ strukturou či obrázkem vždy stojí mnoho práce a mnoho, řádově desítky „špatných“ pokusů. Dle informací, které mám, na dané katedře neexistovaly prakticky žádné zkušenosti s touto metodou a ty musely být získány od úplného začátku. Nemohu tedy neocenit, že se podařilo dosáhnout dobrých výsledků prezentovaných v této práci a to v poměrně krátkém časovém období.

K diplomové práci mám následující drobné připomínky a dotazy:

- doporučoval bych používat v současnosti více rozšířený název „rastrovací elektronový mikroskop“ místo „řádkovací“. Ten i více odpovídá anglickému „scanning electron microscope“.
- Str. 36 obr. 3.13 a dále v experimentální části: Byla experimentálně zjišťována vhodnost profilu vytvořených struktur pro lift-off techniku? Existují metody, jak tento profil změřit?
- Str. 51 dole: Čím jsou způsobeny změny profilu pro různé doby? Proč je krátké vyvolávání lepší pro vysoké rozlišení (tenčí struktury)? Má na šířku struktur nějaký vliv křivka relativní tloušťky rezistu po vyvolání (strmost rezistu)?
- Str. 53 obr. 4.8: V čem jsou profily čar změřené AFM pravdivé a v čem mohou naopak „lhat“?
- Potencionálního následovníka této práce by mohlo zajímat, při jakých parametrech byly snímány obrázky SEM (např. napětí a použitý typ detektoru jsou pro snímání samotného rezistu velmi zásadní). To je ne vždy uvedeno, a proto bych například doporučoval obrázky vkládat i s „patičkou“, obsahující některé základní parametry včetně výše zmiňovaných.

Tato práce nepochybně položila základní kameny aplikování metody elektronové litografie na katedře fyziky povrchu a plazmatu a otevřela zde další „okno“ pro zkoumání nanostruktur. Další pozitivní přínos vidím ve spolupráci univerzity s českým výrobcem elektronových mikroskopů-firmou Tescan, v jejímž rámci bylo provedeno několik úprav modulu elektronové litografie na základě reálných požadavků uživatele/zákazníka a mnoho dalších požadavků je připravováno pro implementaci v zařízeních příštích generací. Vytýčené cíle práce byly splněny. Celkově práci hodnotím jako velmi dobrou, přínosnou a splňující požadavky k udělení odpovídajícího titulu.

Navrhuji hodnocení výborně.
V Brně dne 11.5.2010

Ing. Filip Lopour, Ph.D.
e-mail: filip.lopour@tescan.cz

TESCAN Brno
Líbavčí 29, tř. 21
623 00 Brno