

Electron beam characterization of technical surfaces at cryogenic temperatures

Autor: Ing. Michal Haubner
Školící pracoviště: Ústav fyziky Fakulty strojní, České vysoké učení technické v Praze
Školitelé: Doc. Ing. Petr Vlčák, Ph.D.
Dr. Vincent Baglin
Oponent: RNDr. Zdeněk Weiss, CSc.

Předložená disertační práce se týká povrchových procesů na kovových materiálech a funkčních povlacích používaných pro stěny vakuových aparatur, zejména sekundární emise elektronů a elektrony indukované desorpce plynů za kryogenních teplot. Základním motivem bylo popsat tyto procesy v souvislosti s tvorbou elektronového oblaku a zhoršování vakua při provozu velkého hadronového urychlovače (LHC) v Evropském centru pro jaderný výzkum (CERN) v Ženevě. Autor studoval tyto procesy na k tomu účelu zvlášť postavené aparatuře, za podmínek blízkých podmínkám ve skutečném urychlovači. Účelem bylo provést příslušná měření a zpracovat jejich výsledky do formy umožňující posoudit vhodnost zkoumaných materiálů pro použití v urychlovači, aby se minimalizovaly výše zmíněné negativní jevy provázející jeho provoz.

Jak autor správně uvádí v kapitole 1.3, sekundární emise elektronů i elektrony stimulovaná desorpce jsou klasické oblasti experimentální fyziky, po desetiletí velmi intenzivně studované, v souvislosti se širokou škálou důležitých aplikací, jako např. v technologii vakuových elektronek, fotonásobičů, při získávání a udržování ultravysokého vakua, v elektronových spektroskopii (Augerově a fotoelektronové spektroskopii), při zobrazování v rastrovacích elektronových mikroskopech pomocí sekundárních elektronů, apod. U takto intenzivně studovaných procesů není úplně jednoduché najít nějaký méně prozkoumaný aspekt, kde by se dalo dosáhnout fundamentálně nových, průlomových výsledků. Na druhé straně, zejména sekundární emise elektronů je natolik komplexní proces, že různé polo-empirické modely a počítačové simulace, zmíněné v kapitole 2, budou určitě představovat velmi relevantní přístup k této problematice. V každém případě, sekundární emise a desorpce plynů konkrétně v urychlovačích částic není záležitost všeobecně známá a předložená disertace přináší tedy zajímavý kontext, v ne zrovna obvyklé aplikační oblasti.

Práce je velmi rozsáhlá (200 stran), i tematicky široce pojatá, je vidět, že autor věnoval jak literární rešerši, tak popisu provedených experimentů i vlastnímu zpracování změřených dat velkou pozornost. Současný stav řešené problematiky je velmi dobře popsán, stanovený cíl je smysluplný a dobře zapadá do vědeckého programu řešitelského pracoviště. K řešení byly použity adekvátní experimentální metody. Výsledky autor publikoval ve třech článcích v impaktovaných časopisech, u kterých figuruje jako první autor, a v řadě příspěvků na vědeckých konferencích. Při zpracování takto pojatého tématu se autor důkladně seznámil s experimentálními metodami v oblasti vysokého a

ultravysokého vakua, s prací s kryogenním zařízením, s analýzou zbytkových plynů ve vakuové aparatuře kvadrupólovým hmotnostním spektrometrem, s teplotně řízenou desorpcí a s technikou měření elektronových svazků o nízkých energiích. Prokázal schopnost výsledky těchto měření uspokojivě zpracovat, prezentovat a interpretovat, ve formě splňující standardy obvykle kladené na vědecké publikace v experimentální fyzice.

Celkově tato práce působí velmi impresivně, popisovaný výzkum se týká aktuální problematiky a byl veden s použitím relevantních experimentálních metod. Z kontextu také vyplývá, že se autor dobře zapojil do týmové spolupráce na daném pracovišti. Možná by celkovému vyznění disertace prospělo, kdyby se autor explicitně přihlásil k těm experimentům/nápadům/závěrům, které učinil přímo on sám, a uvedl, za které části této studie jsou zodpovědni spíše jeho kolegové, jestli se podílel na návrhu a sestavení zmíněné experimentální aparatury a případně jakým způsobem. V kapitole 3.3 mě zaujala hned první věta: „*The newly developed and commissioned experimental setup and methodology enables ...*“ Znamená to, že zmíněná aparatura a metodika, vyplývající z výsledků této disertace, byla nebo bude předmětem nějakého formálního předání k dalšímu použití ("commissioning")?

Zajímavé by rovněž bylo uvést, jakým způsobem byly vybrány zkoumané materiály, zda tyto materiály už jsou použity pro některé komponenty urychlovače LHC, případně jestli se jejich použití plánuje. Také jak se které materiály osvědčily, pokud jde o nežádoucí desorpci resp. tvorbu elektronového oblaku způsobenou sekundární emisí. Je pravděpodobné, že pro některé z popisovaných materiálů (např. měď nebo nerezavějící ocel) už nějaká data o desorpci resp. sekundární emisí existují. V tom případě by bylo zajímavé, jak změřené charakteristiky korespondují s dosud publikovanými parametry nebo závislostmi.

Všiml jsem si některých drobností, kterých by bylo dobře se vyvarovat, uvedu následující:

- Zkratku SEY použil autor jak pro vlastní jev sekundární elektronové emise, tak i pro emisní výtěžek. Asi by bylo lepší vyhradit tuto zkratku pouze pro ten výtěžek (SEY= secondary electron yield).
- V práci se vyskytuje množství nevysvětlených zkratk, které nejsou v běžném povědomí lidí v daném oboru nepracujících. Např. RHIC, GSI machines, ISR, CEPC, TE-VSB-BVO section, apod. Doporučuji vysvětlit.

Při obhajobě navrhuji, aby se autor vyjádřil k výše zmíněným bodům. Dále navrhuji, aby si vybral nějaký konkrétní výsledek, který považuje za velmi významný, případně za překvapivý, důležitý pro použití na skutečném urychlovači, apod., aby pohovořil o postupu, který k němu vedl, a řekl, proč a z jakého hlediska je tento výsledek pozoruhodný.

Práce je psána srozumitelně, jak po věcné stránce, tak i pokud jde o jazyk (angličtinu). Autor osvědčil svoji schopnost pracovat v týmu na špičkovém fyzikálním pracovišti a odvést přitom práci, která vedla k důležitým původním výsledkům. Vytyčené cíle disertace jsou zajímavé a jejich dosažení bylo přesvědčivě dokumentováno.

Práce splňuje kritéria kladená na doktorskou disertaci a doporučuji ji k obhajobě.