

OPONENTSKÝ POSUDEK DOKTORSKÉ DISERTACE

Autor : Ing. Martin Kopecký – VUT FEKT v Brně, Ústav fyziky
Název : Charge carrier transport in Ta₂O₅ oxide nanolayers with application to the tantalum capacitors
Česky: Transport náboje v oxidových nanovrstvách Ta₂O₅ s aplikací na tantalové kondenzátory
Oponent : Prof. Ing. Lubomír Hudec, DrSc - emeritní profesor VŠCHT v Praze
Obor : Fyzikální elektronika a nanotechnologie.

Hlavní záměr této zajímavé práce přijatelného rozsahu 126 stran se týká transportu náboje v názvu uvadaných nanovrstvách realizovaných anodickou oxidací a zaměřuje se na objasnění vlivu defektů na jejich vodivost a na zjištění transportních mechanismů projevujících se při nízkých teplotách. Tato problematika se na pracovišti dlouhodobě sleduje (viz práce prof. Šikuly). Pro posuzování jsou k dispozici i další nezbytné přílohy, včetně reprintů autorových prací. **Téma je aktuální a významné s hlediska výzkumu i výrobní praxe a patří do oboru disertace.**

Cíle vycházejí ze specifikace na str. 34, je jich pět a lze je stručně charakterizovat takto: První se týká mechanismu transportu náboje v tantalových kapacitorech s dielektrickou vstvou na bázi Ta₂O₅ při nízkých teplotách a stanovení vhodného rozsahu elektrického pole pro transport, druhý transportních jevů v závislosti na katodovém materiálu (oxid manganičitý nebo vodivý polymer), třetí určení parametrů modelu MIS kapacitoru, čtvrtý z hodnot transportních mechanismů v přímém i zpětném modu struktury umožní odvodit teplotní závislost výšky energetických bariér s ohledem na materiál elektrod a poslední pomůže uchazeči z hodnoty proudové složky omezené prostorovým nábojem odhadnout pohyblivost nosičů náboje ve struktuře kapacitoru pro teploty pod 100 K. Všechny položky **jsou podle mého soudu disertabilní**, protože vykazují snahu o originalitu řešení.

Použitá metodika zpracování je založena na postupu, který odpovídá uvedeným cílům a charakteru zkoumání.

Formálně jde o text zpracovaný angličtinou, srozumitelně a zřetelně a ve velmi pěkné grafické úpravě. Vytknout lze jen některé dále uvedené nedostatky. Práce je rozvržena do osmi kapitol, z nichž první až třetí představuje přehled současného stavu problematiky (do str. 33) a je opřena o 58 referencí (str.101 až 104), které jsou často výsledkem výzkumu na pracovišti a v sedmi případech vznikly dokonce i jistou zásluhou uchazeče. V úvodu se pojednává o motivaci výzkumu, dále o stavu, technologii a kvalitě tantalových kondenzátorů a o teorii jejich základní struktury i o možném způsobu transportu náboje. Tato část má dobrou instruktivní a výkladovou hodnotu. Další partie již pokrývají rozsáhlou výzkumnou aktivitu uchazeče, který zpracoval v kap.5 až 8 (str 35 až 100) velkou sadu vzorků na unikátním experimentálním vybavení a vyhodnotil spoustu analýz a experimentálních výsledků. Kap.5 a 6 tvoří stěžejní část práce. Poslední dvě kapitoly (odborná diskuse a závěr (str. 90 až 100) obsahují podrobné hodnocení výsledků a jsou rozsáhle komentovány. Pádněji by rozhodně působil stručný výčet s parametry dosažených výsledků. Disertace je doplněna dalšími předepsanými i doplňujícími odstavci, které předcházejí i následují. Přiloženo je pět, zřejmě stěžejních, reprintů, na nichž se uchazeč podílel. Stavba předloženého spisu je vcelku výstižná a srozumitelná.

Připomínky :

1. V disertaci chybí obor obhajoby.
2. Dvojslovné názvy typu Ta₂O₅ oxidová vrstva, C – V nebo I – V charakteristika, HOMO hladina, MIS model atd, vzniklé překladem z angličtiny v češtině raději logicky opačně (auto Škoda)
3. V seznamu použitých symbolů chybí rozměry veličin.
4. Seznam zkratk v seznamu symbolů je neúplný, obsahuje jen několik položek.
5. Občas se vyskytne neobratné anglické vyjádření nebo chyba ve stavbě věty (SVOMP).
6. Kromě anglického souhrnu (to je v pořádku) bych logicky očekával k anglické práci též český autoreferát.

Věcně : Hlavní výsledky disertace jsou založeny na náročných experimentech, realizovaných na třech souborech vzorků, z nichž dva měly katodu z oxidu manganického a jeden z vodivého polymeru, navíc v závislosti na nízké teplotě. Jde o pečlivé proměření charakteristik I – V, I – t a C – V a provedení potřebných analýz, odhadů a grafických postupů se strukturou v přímém i zpětném směru. Výsledky jsou široce rozebrány, jak již uvedeno dříve a lze s nimi vcelku souhlasit. Je jich celá řada, kvalitních, a jsou doloženy publikacemi a aktivitami různého druhu (23 citací, viz separát Hodnocení tvůrčích aktivit, dále 5 realizací a 7 spoluúčastí na výzkumných projektech). Práce byla v potřebné míře publikována. Uchazeč splnil všechny proklamované cíle a vykonal spoustu užitečné práce.

Výsledky jsou přínosné pro pracoviště, obor i využití v praxi.

K vědeckému přínosu: Disertace neobsahuje žádné úvahy o původnosti, ani hodnocení nebo citace zveřejněných výsledků, či porovnání s výsledky uváděnými v literatuře. Já za původní považuji příspěvky ve sbornících IEEE. Jsou dva a týkají se transportu elektronu v tantalových nanovrstvách při nízké teplotě a šumu v tenkých izolačních velmi tenkých vrstvách v teplotním rozsahu 10 až 400 K

K publikační a realizační činnosti : Jde o významný podíl na 35 aktivitách. Tuto skutečnost považuji za nadstandardní. Škoda, že chybí alespoň 1 citace v renomovaném zahraničním časopisu.

Dotazy :

1. Rozveďte, co vy považujete za další originální vědecké výsledky v návaznosti na kapitoly Diskuse a Závěry.
2. Jaký je váš věcný podíl na obsahu pěti přiložených reprintů.
3. Kdo vytvořil použitá experimentální pracoviště.
4. Jaká je dlouhodobá stabilita parametrů vašich tantalových kondenzátorů

Z Á V Ě R :

Ing. Martin Kopecký předložil práci s původními výsledky, doloženými kvalitními publikacemi. Splnil avizované cíle, má výborné znalosti svého i dalších oborů a potřebnou vědeckou erudici. Prohlašuji, že jeho práce splňuje požadavky zákona č. 111/98 Sb., §47, odst.4 a že odpovídá obecně uznávaným požadavkům k udělení akademického titulu. -- Doporučuji disertaci k obhajobě. --

V Praze dne 11. května 2015.