



POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. David Kalaš

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Study branch

Elektronika

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Nová technologie termokompresního
kontaktování a pouzdření SMD součástek a
modulů na textilní substráty

Školitel:

Supervisor

prof. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.

Oponent:

Opponent

prof. Ing. Zdeňka Kolská, Ph.D.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Předkládaná disertační práce se věnuje problematice kontaktování a pouzdření elektronických součástek na textilní substráty, což je velmi aktuální a důležité téma. Zabývá se novou technologií termokompresního kontaktování a realizací elektrického propojení součástek a modulů s textilními substráty. Praktická část práce je zaměřena na popis nové technologie termokompresního kontaktování s využitím 3D tištěných termoplastických pouzder a potřebných výrobních zařízení. Zásadní výhodou navržené metody přípravy je, že elektrický kontakt a jeho zapouzdření je realizováno v jednom kroku výroby. Dále jsou zde uvedeny experimenty vedoucí ke komplexní charakterizaci realizovaných kontaktů, na jejichž základě byla formulována doporučení vedoucí ke dlouhodobé stabilitě elektrického kontaktu realizovaného touto metodou kontaktování a pouzdření. Velmi oceňuji i znalosti studenta v oblasti šití a vyšívání, keprové vazby, praní, žehlení. Jedná se o velmi rozsáhlý výzkum, na mnoha materiálech bylo provedeno velké množství testů, měření mnoha charakteristik, studium vlivu mnoha parametrů na připravené vzorky a materiály, včetně různých teplotních zkoušek, rozdílných mechanických testů, vlivu pH, počtu cyklů a dokonce různých postupů praní a sušení. Bylo získáno velké množství nových, cenných poznatků a dat.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Významným a důležitým výsledkem celé práce je navržení a otestování nové metody pro kontaktování a pouzdření elektronických součástek na textilní substráty v jednom kroku. Jde tedy o inovativní práci, která řeší aktuální téma. Bylo studováno velké množství různých materiálů, ty byly následně bohatě testovány. Metody pro testování a charakterizace připravených materiálů použité v disertační práci jsou vhodné a používány v podobné problematice.

Cíle disertační práce jsou shrnuty v následujících bodech“

1. Nová technologie termokompresního kontaktování a pouzdření pro realizaci elektrického propojení součástek a modulů v aplikaci s flexibilními substráty.
2. Stanovení metody charakterizace realizovaných propojení, ověření a porovnání navržené technologie s konvenčními způsoby kontaktování

Z předložené práce a prezentovaných výsledků je zřejmé, že cíle dizertační práce byly splněny.

**Stanovisko k výsledkům disertační práce a
k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce**

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Student kriticky zhodnotil získané výsledky, informace i data, navrhl a optimalizoval vhodné metody pro přípravu a testování nových materiálů.

Z výsledků dosažených v této práci jasně vyplývá, že technologie navržené a otestované v rámci této disertační práce umožňují kontaktování a pouzdření elektronických součástek na textilní substráty v jednom kroku a mají výrazné výhody v porovnání se zavedenými, konvenčními technologiemi přípravy těchto materiálů, což je velký přínos v této oblasti.

**Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě
a jazykové úrovni disertační práce**

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Práce je psána velmi hezky, čtivě, přehledně, pečlivě, bez většího množství překlepů, doplněná přehlednými obrázky.

Uvádím jen některá doporučení či poznámky, ty jsou dalším důkazem toho, že práce je čtivě psaná a že jsem ji poměrně podrobně četla.

Trochu nestandardní je psaní hodnot ve tvaru $8,75 \cdot 10^{+0}$, většinou se tato čísla píší jen ve tvaru 8,75 (viz Tab. 1).

Některé věty by mohly obsahovat české termíny, např. str. 17: „*Diference těchto potenciálů je závislá na chemickém složení materiálů.*“ Místo Diference by se dal použít Rozdíl potenciálů...(jak je, koneckonců, i dále v textu).

V textu se několikrát vyskytuje termín „*ovrstvený*“, možná by byl vhodnější termín pokrytý, deponovaný atd.

Většina symbolů veličin je v textu psána (správně) kurzívou, jen občas tomu tak není, např. v Tab. 2 jsou teploty T_g a T_m psány bez kurzívy a spodního indexu (správně: T_g , T_m), taktéž v textu na str. 37, 60; str. 51, text nad vztahem (5.1): „...kontaktní odpor R_C ... , ... jehož hodnota R_R ...“; str. 61, oddíl 5.5.2, ...

Na str. 38 je v popisu Reaktoplasty a elastomery věta: „*Reaktoplasty jsou materiály, které působením tepla nevratně mění své vlastnosti a strukturu a přechází do pevného stavu.*“ Z hlediska polymerů by tato věta měla znít trochu jinak.

V celé práci je minimum překlepů, jen str. 48 je v tomto ohledu „výživnější“, např.:

Str. 48: „... *modulů by znamenala významné zvětšení rozsahu práce, a proto je tato oblast vhodná pro navazující výzkum.*“ (nadbytečná čárka).

Str. 48: „*Hlavní výhodou je fakt, že elektrický kontakt a jeho zapouzdření je realizováno v téže výrobním kroku pomocí termolisu.*“ (má být též).

Str. 48, popis Obr. 30: „...*flexibilní plošný spoj s RGB LED diodami na...*“ (má být diodami).

Str. 49: „*Teplotní odolnost pružné složky stuhy byla diferenční skenovací kalorimetrie (DSC) stanovena na 180 °C.*“ (špatné skloňování, buď ... byla diferenční skenovací kalorimetrií... nebo pomocí diferenční skenovací kalorimetrie ...).

Str. 49: „... *Tab.2.*“ (jedna tečka navíc).

Str. 50, popis Obr. 32: „*Druhy fixace el. součástek na textilním substrátu a) bez přidaného materiálu, b) s vložkou z vodivého filamentu Electrifi a s c) bizmutovou pájkou.*“ (analogicky k a) a b) by mělo být a c) s bizmutovou ...

Str. 52, popis Obr. 36: „...*měření vzorku vyrobenými sondami.*“ (má být asi měření).

Str. 53: „...*na průžnosti a profilu.*“; „...*použití pevných materiálu* ...“

Str. 55: „...*Polykarobánt – PC*...“

Tab. 9, str. 89: „...*Zásadit pot* ...“ , (má být zásaditý).

Str. 113: „...*termokompresního kontaktování.*...“

Trochu občas pokulhává názvosloví polymerů.

Tyto připomínky však nijak neznehodnocují a nesnižují jinak velmi kvalitní, pečlivě zpracovanou práci, grafická úroveň zpracování obrázků, grafů i tabulek je výborná.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

S ohledem na to, že student dosáhl velkého množství významných výsledků v dané oblasti, je trochu překvapivé, že je autorem či spoluautorem pouze 2 publikací s IF. Na jedné z nich je i prvním autorem, jde o velmi kvalitní publikaci s vyšší hodnotou IF (4,967) a spadá do Q1. Jak je patrné z výsledků na Web of Science (WoS), je též autorem či spoluautorem mnoha příspěvků na řadě národních i mezinárodních konferencí, kde tyto Sborníky jsou uváděny na WoS.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Disertační práce obsahuje velké množství nových a velmi cenných výsledků autora. Jde o velmi inovativní práci, která řeší aktuální téma a navrhuje technologie, které umožňuje přípravu elektrického propojení součástek a modulů s textilními substráty pomocí termokompresního kontaktování. Návrh metody a získané výsledky jsou velkým přínosem v této oblasti výzkumu.

Otázky:

- 1) Na str. 54 a 55 student prezentuje výsledky spojené s orientací součástky vůči termolisu a v diskuzi píše, že: „*Ještě výrazněji lze vliv pnutí substrátu demonstrovat u textilních stuh v případě absence spodní 3D tištěné planární vrstvy, protože se projevuje již po výrobním procesu*“. Když se však dívám na grafy Obr. 38 a 39, kde jsou výsledky prezentovány, zdá se mi, že tomu tak není. Naopak, vzhledem k rozdílné velikosti osy Elektrického odporu, první hodnoty jsou téměř srovnatelné (rozhodně řádově) a naopak, vyšší hodnoty odporu vykazuje řádově Obr. 38 (tedy výsledky pro textilní plátno).
- 2) Tabulka 5 (str. 61) uvádí stanovené teploty fázových přechodů testovaných polymerů. Trochu mne překvapuje, že je u každého polymeru pro každou teplotu pouze 1 hodnota, bez odchylek apod. Kolikrát byl tedy každý vzorek pomocí DSC měřen?
- 3) Tab. 7, str. 72 – Obsah plochy vzorku v závislosti na teplotě je zde uváděn v mm² na 3 desetinná místa. Domnívám se, že to je moc a opět mi zde chybí odchylky měření. Jaká byla přesnost měření?
- 4) Autor několik mluví o vodivých nitích, mikrodrátcích „ovrstvených“ stříbrem. Jak byly tyto drátky připraveny?

Doporučuji disertační práci k obhajobě

I recommend the dissertation for the defence

<input checked="" type="checkbox"/>	x	<input type="checkbox"/>
yes		no

Datum

Date

11.8.2022

Podpis oponenta:

Signature of opponent



POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. David Kalaš

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Study branch

Elektronika

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Nová technologie termokompresního svařování a pouzdření SMD součástek a modulů na textilní substráty

Školitel:

Supervisor

Prof. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.

Oponent:

Opponent

Doc. Ing. Jan Urbánek, CSc.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Téma práce doktoranda pan Ing. Kalaše logicky vyplynulo z jedné oblasti vědeckovýzkumné činnosti mateřské katedry. Snaha o integraci senzorových prvků, zobrazovacích a komunikačních zařízení do běžných výrobků (např. oděvů) společně s miniaturizací a integrací tištěných součástek přímo na ohebný substrát nás nutí zabývat se otázkou efektivního připojování standardních součástek a modulů. Standardní metody kontaktování na uvažované textilní podložky většinou selhávají. V práci uvedená nová metoda je univerzální, levná (nevyžaduje nákladná výrobní zařízení) a rychlá (kontaktuje a pouzdří v jednom výrobním kroku). Přínosem jsou i provedené zkoušky a testy umožňující srovnání s klasickými technologiemi propojování.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Autor nejprve uvádí charakteristické parametry kovových kontaktů. Dále uvádí příklady připojování součástek klasickými metodami na textilní podložky a varianty pouzdření modulu. V kap.4 definuje cíle disertační práce. Následuje popis nové technologie (kap. 5). Následuje popis testů, jejich hodnocení a metodika charakterizace zhotovených připojení. Uvádí celkové hodnocení všech testů a diagram verifikace výroby e-textilíí s využitím termokompresní metody kontaktování. V ZÁVĚRU shrnuje dosažené výsledky a uvádí témata dalších prací v řešené oblasti.

Stanovené cíle práce byly tímto zcela splněny.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a

k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Cíle stanovené

V práci popsaná metoda připojování součástek je ve své kompletnosti metodou novou s význačnými prvky novosti podpořenými provedenými zkouškami. Vzhledem k možnosti aplikace metody s pájením bylo by velmi praktické doplnění testů o testy účinků reziduí tavidla. Z přehledu publikací autora je zřejmá jeho účast na podobných tématech již v minulosti. O osobní účasti autora na všech pracech není úvod pochybovat,

Vyjádření k systematice, přehlednosti, formální úpravě

a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Práce je systematicky členěná, s dobrou úpravou. Bohužel obsahuje zejména i velmi mnoho prohřešků gramatických, zvláště v zápisu značek s číselnými hodnotami. Odkazuji na Akademickou příručku českého jazyka ,ACADEMIA Praha 2014, čl. 144-3 a další.

Četbu práce stěžují velmi malé typy písmen v některých tabulkách (viz 3.9, 4) a vzorcích (2.10).

Zuji

Navrhuji v celém textu nahradit termín „pevný“ termínem „tuhý“, což je přesnějším opozitem k „flexibilní“.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Seznam publikací obsahuje 21 položku, z let 2017 až 2022, 2 položky s impakt faktorem. Bez připomínek.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Předložená disertační práce pana Ing. Davida Kalaše přináší do současné problematiky tištěné flexibilní elektroniky nový způsob kontaktování s význačnými rysy jednoduchosti a relativní láce.

Je potěšující, že k základním úvahám o kontaktním odporu byl přizván i nestor pan prof. HOLM.

Není zde prostor pro diskuzi o tvrzeních uvedených v kap. 1.1, tak alespoň otázky.

Proč byla zařazena Tab. 1?

Je Sn typickým materiálem pro kontaktní systémy?

Dokázal byste vytvořit modelový kontaktní systém s parametry dle Tab. 1?

Závěr: Doporučuji disertační práci k obhajobě.

Doporučuji disertační práci k obhajobě

I recommend the dissertation for the defence

X yes	x	ne no
----------	---	----------

Datum: 11 .
srpna 2022

Podpis oponenta:
Signature of opponent

