



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik Institut für Festkörperelektronik

Professur für Festkörperelektronik

Technische Universität Dresden, 01062 Dresden

Institute of Mechatronics and Computer
Engineering
Technical University of Liberec



Prof. Dr.-Ing. habil.
Gerald Gerlach
Institutsdirektor

Bearbeiter: Dr. rer. nat. G. Suchanek
Telefon: 0351 463-35281
Telefax: 0351 463-32320
E-Mail: Gunnar.Suchanek@tu-dresden.de

Dresden, den 07.06.2013

Review of PhD thesis of Ms. Kateřina Nováková

The PhD thesis "Static and dynamic mechanical response of piezoelectric composite shells: Application to acoustics and adaptive optics" provides a study of the capabilities of active control of the static and dynamic mechanical response of planar structures by means of attached piezoelectric actuators. Such self-adapting, active-response mechanical systems integrate sensor and actuator functions into mechanical components or systems to improve their product features. In particular, this finds application in damping vibrations and reducing noise when conventional methods have reached their limits.

The integration of active materials into a variety of host structures known as "smart materials" is a rapidly advancing research area within the fast-growing branches of mechanics and control. It bridges the gap between material and product, thus creating a cross-disciplinary technology. Consequently, the topic of this thesis is of high contemporary research interest.

Chapter 1 the problem to be solved derives starting with motivation, next it describes the contribution of the thesis to modern society and finally it gives an overview of the thesis.

Chapter 2 is devoted to the scientific background of this thesis and the state-of-the-art technology. This chapter is well written, but in part contains in part data not necessary for the further comprehension of this work. For instance, on pages 18-20, the description by acoustic waves starting from eq. (2.19) is sufficient for understanding of chapter 4.2.2. Furthermore, the resonance frequencies in figure 2.6 are not explained. Based on a well-done literature analysis, the active piezoelectric shunt damping method was chosen for noise level reduction through windows in buildings. In this chapter, an introduction to chapter 6 is missing.

Chapter 3 gives an appropriate analytic description of the fundamentals of active elasticity control.

Postadresse (Briefe)
Technische Universität Dresden
01062 Dresden

Postadresse (Pakete u.ä.)
Technische Universität Dresden
Helmholtzstraße 10
01069 Dresden

Besucheradresse
Sekretariat:
Helmholtzstraße 18
Barkhausen-Bau
Zimmer I/80

Internet
<http://ife.et.tu-dresden.de>



**DRESDEN
concept**
Exzellenz aus
Wissenschaft
und Kultur

In chapter 4, microfiber composite actuators (MFC) are introduced and numerically evaluated by finite element modeling (FEM). The author's approach is in good agreement with cited previous reports. Moreover, a recently published analytic asymptotic expansion approach developed for estimation of equivalent electro-elastic properties of MFCs (Ref. 132, cited by the author, but data not included in the table) additionally confirms the good agreement of the values calculated in this work with other computational methods. However, no details of FEM implementation are given and in particular the computer code used is not specified. Furthermore, this chapter contains some redundant descriptions (p.54 /chapter 3, p.63 /p.46, eqs.(4.21, 4.22) /eqs.(3.33, 3.34)). For convenience of the reader, the equations related to simulation and theory should be given in figure 4.5 or in the figure caption. Nevertheless, the evaluation of effective elastic, piezoelectric and capacitive properties of the MFC by FEM is an appropriate approach to fulfill the objectives of this work. In the last part of chapter 4, the negative capacitance circuit is considered and the effective Young's module of the negative capacitance circuit driven MFC actuator is calculated. The negative shunt circuit is realized as a negative impedance converter circuit exhibiting a strong frequency dependence which is not matched to the nearly frequency independent behavior of the MFC. Therefore, the approach of this work provides only a proof of concept. For practical applications, a more advance negative capacitance circuitry is required whose frequency behavior is better matched to the MFC (cp. for instance, B. Mirkovic et al. MIPRO 2012, May 21-25, 2012, Opatija, Croatia, p87).

Chapter 5 is devoted to glass plate noise transmission suppression by means of distributed MFC actuators shunted by a negative capacitance circuit. The research methodology is based on a comparison of predictions made by FEM using the computer code COMSOL with advanced measurements of plate bending by digital holographic interferometry and an estimate of the acoustic transmission loss of curved glass plates comprising attached MFC actuators. In the latter case, a soundproof box is used which consists of a loudspeaker as a source of the incident sound wave. FEM is performed at a professional level and well documented. The agreement of the model with experiment is satisfactory. It proves the main features of noise suppression, but it can be further improved by considering more complex boundary conditions. To sum up, a proof of concept is demonstrated with two limitations. Firstly, the poor matching of the frequency behavior of the MFC and the negative capacitance circuit, and secondly the use of opaque MFCs reducing the effective window area. This gives room for further investigations.

Chapter 6 which describes the application of the active shape control of planar structures to adaptive optics is a little bit separated from the other chapters. However, it demonstrates that the finite element model developed is suitable for a large number of different applications.

Conclusions summarized in chapter 7 are - in my opinion - too detailed.

It has to be noted that the stated, mostly formal shortcomings do not lower the high scientific value of this work. Thus, the submitted Ph.D. thesis "Static and dynamic mechanical response of piezoelectric composite shells: Application to acoustics and adaptive optics" written by Kateřina Nováková is carried out at a high technical and scientific level. The thesis represents an original investigation. It deals in an

interdisciplinary manner with current topics in the fields of acoustics, applied material science, and electronics. The solution of the problem and applied methodology are adequate. The main goals of this work have been achieved.

Mr. Nováková has presented her research results in a number of oral contributions to prestigious international conferences and at international scientific meetings in Czech Republic. Three scientific papers were published or communicated to distinguished scientific journals.

In my opinion, this thesis corresponds to the general requirements to a Ph.D. degree. Therefore, I recommend to confer a Ph.D. degree on Kateřina Nováková after a successful thesis defense.

Suchaneck

Dr.rer.nat. Gunnar Suchaneck

- Senior researcher, Managing assistant of the Solid State Electronics Laboratory

Technische Universität Dresden
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
Institut für Festkörperelektronik

Posudek disertační práce Ing. Kateřiny Novákové

(Školitel: doc. Ing. Pavel Mokrý, Ph.D.)

CONTROL OF STATIC AND DYNAMIC MECHANICAL RESPONSE OF PIEZOELECTRIC COMPOSITE SHELLS: APPLICATIONS TO ACOUSTICS AND ADAPTIVE OPTICS

Práce zabývá možnostmi aktivního řízení statické a dynamické odezvy rovinných nebo mírně zakřivených tenkostěnných skořepin prostřednictvím na nich vhodně rozmístěných piezoaktuátorů. Snahou doktorandky bylo ukázat, že takto složená soustava tzv. chytrým mechatronickým systémem, který lze využít v oblastech akustiky a jemné optiky.

Hodnocení práce:

Aktuálnost zvoleného tématu

Práce se zabývá pokročilými tématy, které jsou přirozeným pokračováním dlouhodobých výzkumných a badatelských zájmů pracoviště doktorandky na Fakultě mechatroniky, informatiky a mezioborových studií. Využitelnost získaných poznatků souvisí zejména s komfortem životního prostředí člověka.

Cíl disertační práce

Cílem práce je na konkrétních případech ukázat, jak lze řídit a ovlivňovat odezvu systému složeného z několika materiálových vrstev, z nichž jedna je tvořena aktivním piezoaktuátorem, a to vyvoláním vhodné deformace systému, kterou lze ovlivnit vlastnosti takto složené soustavy.

Zvolené metody zpracování

Autorka pro úspěšné zvládnutí tématu provedla rozsáhlou rešerši, která čítá celkem 150 literárních a jiných informačních titulů. Tyto poznatky uplatnila v teoretických částech jednotlivých kapitol. Studovanými problémy se zabývala analyticky, numericky i experimentálně, tj. realizovala fyzikální měření s cílem ověřit deformační chování zejména numerických konečně prvkových modelů složených soustav.

Nové poznatky a přínosy k rozvoji vědy a techniky

Za velice cenný počín autorky považuji sestavení FE modelu MFC aktuátoru a analýzu jeho dynamických vlastností prostřednictvím metody konečných prvků. V dalším pak, jeho začlenění do FE modelů složených soustav simulujících akustické a optické jevy. Ve všech představených aplikacích se jedná o velice přínosné metodiky využitelné pro koncepční vývoj předmětných mechatronických systémů.

Poznámky a připomínky

Práce je přehledně strukturovaná, vydaná v anglickém jazyce. Text je dobře srozumitelný i čtenáři s mírně pokročilou znalostí technické angličtiny. Popisy schémat, obrázků a tabulek jsou zřetelné. Z formálního hlediska nemám k práci závažných připomínek.

Jako uživatel několika výpočtových systémů metody konečných prvků mi v práci chybí detailnější popis FE modelů, a to např. ve smyslu konkrétně použitých elementů, jejich vlastností a nastavení. Zejména u multifyzikálních, tj. smíšených, tzv. coupled simulací, kdy se pracuje s různými stupni volnosti v uzlech konečných prvků, je vhodné a žádoucí, aby autor FE modelu jasně ukázal jak naprogramoval daný problém, jaké techniky modelování využíval (preprocessing), jaká byla navigace do FE řešiče (processing) a jaké možnosti využil při analýze FE výsledků (postprocessing).

Náměty na diskusi

1. Byly prováděny citlivostní analýzy odezvy soustav na vybrané parametry? Pokud ano na jaké a s jakými relevantními poznatky a výsledky.
2. Byly analyzovány přesnosti simulací? Např. vliv tvaru a počtu elementů, tj. stupňů volnosti na přesnost a dobu výpočtu.
3. Mohlo by dojít k selhání některého z materiálů soustavy, ve smyslu vzniku nepřiměřené deformace vyvolané zatížením.
4. Pro jaké klimatické podmínky byly analýzy prováděny? Jaký vliv může mít teplota na funkčnost předmětných mechatronických soustav?
5. Setkala se doktorandka během studia vlastností piezomateriálů s pojmy resonance a antiresonance, které jsou spojovány se schopností transformace elektrické energie na mechanickou práci? Je jí známa definice tzv. Coupling faktoru?
6. Lze konkrétněji charakterizovat využitelnost výsledků této práce v průmyslové praxi?
7. Může doktorandka charakterizovat, jaký byl podíl její vlastní práce na tvorbě FE modelů a na přípravě, realizaci a vyhodnocení fyzikálních experimentů?

Závěr

Doktorandka Ing. Kateřina Nováková prokázala schopnost jak samostatné, tak týmové badatelské práci a po úspěšné obhajobě práce před komisí doporučuji, aby jí byl udělen titul

„Ph.D.“

doc. Ing. Antonín Potěšil, CSc.



V Liberci 10.6.2013