

A Platform for Nanomaterial-Enhanced Gas Sensing using Magnetomotive NEMS

Henry A. Brausen

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the
degree of

Master of Science
in
Microsystems and Nanodevices

Department of Department of Electrical and Computer
Engineering

University of Alberta

© Henry A. Brausen, 2016

Abstract

Thesis abstract must be double-spaced, as per FGSR guidelines. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec leo diam, semper a lacinia ac, aliquam a tortor. Nam suscipit nibh vitae tempor molestie. Maecenas malesuada urna id bibendum commodo. Nulla fringilla quis felis at fermentum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut diam felis, pellentesque at euismod sed, vehicula sed erat. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Etiam lobortis eros egestas molestie rhoncus. Sed lacus enim, varius quis dui ac, consequat tempor lacus. Aenean maximus lobortis lacinia. Mauris at sem et augue mollis molestie in nec mi.

Preface

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec leo diam, semper a lacinia ac, aliquam a tortor. Nam suscipit nibh vitae tempor molestie. Maecenas malesuada urna id bibendum commodo. Nulla fringilla quis felis at fermentum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut diam felis, pellentesque at euismod sed, vehicula sed erat. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Etiam lobortis eros egestas molestie rhoncus. Sed lacus enim, varius quis dui ac, consequat tempor lacus. Aenean maximus lobortis lacinia. Mauris at sem et augue mollis molestie in nec mi.

Dedication

To my family and friends.

Acknowledgments

Contents

Abstract	ii
Preface	iii
Dedication	iv
Acknowledgments	v
List of Symbols	x
Glossary of Terms	xi
1 The Phantom Menace	1
2 Attack of the Clones	4
3 Revenge of the Sith	5
4 A New Hope	6
5 The Empire Strikes Back	7
6 Return of the Jedi	8
Bibliography	9
A Derivation of Cantilever Resonant Modes	10

List of Tables

List of Figures

List of Symbols

Glossary of Terms

Chapter 1

The Phantom Menace

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vestibulum et velit euismod, iaculis massa sit amet, semper ipsum. Nulla pellentesque, lacus nec bibendum dictum, massa ex eleifend mi, feugiat placerat elit lectus vitae risus. Etiam mattis orci a sem semper fermentum. Integer rhoncus blandit malesuada. Proin accumsan commodo leo ut volutpat. Praesent vitae mattis dolor, a euismod nibh. Sed luctus nisi nibh, aliquam mattis quam tincidunt vel. Nulla porttitor turpis sit amet neque eleifend posuere a fermentum mauris. Quisque eget dui fringilla, efficitur nibh eget, aliquet tellus. Aliquam quam elit, vehicula vitae orci ut, luctus rhoncus nisl. Nullam eu accumsan erat.

Maecenas eu justo sed leo blandit varius nec sed ligula. Donec tempus, enim et auctor pharetra, ante diam vestibulum lectus, vitae fermentum tellus odio posuere quam. Curabitur cursus aliquam facilisis. Morbi rutrum varius nibh, at tempor nulla convallis at. Donec eu varius mi, eget imperdiet neque. Praesent mattis efficitur orci. Morbi dignissim quis diam ac consectetur. Integer sit amet lectus eget velit aliquam iaculis. In blandit mauris metus, scelerisque bibendum magna egestas viverra. Pellentesque auctor ullamcorper rhoncus.

Cras suscipit dignissim ex, vel fringilla odio pulvinar vitae. Vestibulum fermentum ligula ac neque feugiat hendrerit. Cras molestie dolor nec diam auctor, eget tempus sem hendrerit. Donec non aliquam odio, non molestie

est. Integer sed mi maximus, mollis dolor id, scelerisque dui. Cras ipsum sapien, sodales ac gravida vitae, scelerisque nec dui. Nam dapibus, est quis dapibus pulvinar, mi sapien commodo nisl, id posuere leo libero ac libero. Pellentesque elementum dui quis feugiat volutpat. Sed vel mollis turpis.

Fusce viverra molestie ligula, vel euismod ipsum pretium id. Nullam tortor nibh, porta in tellus non, dignissim tincidunt metus. Ut congue, purus vitae porttitor ultrices, mauris arcu pellentesque augue, at porta dolor nisl a lacus. Nam rutrum massa in metus tincidunt tristique sed sed nibh. Donec facilisis laoreet iaculis. In ac augue id tortor mattis consectetur in non magna. Pellentesque ipsum sapien, vulputate in lorem at, tincidunt imperdiet dui. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed orci orci, aliquam et aliquet non, semper nec nisi. Nulla eu euismod dui.

Sed sollicitudin nibh lorem, in iaculis diam molestie et. Aliquam consectetur metus in orci tincidunt cursus. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Curabitur convallis felis nec est posuere consequat. Donec hendrerit erat eget erat porta, et tincidunt neque aliquet. Nulla condimentum maximus risus a accumsan. Suspendisse faucibus velit nisi, a malesuada sem fermentum a. Duis interdum, purus at mollis porttitor, diam ex scelerisque massa, eget fringilla lacus ex vel erat. Cras quis blandit felis. Aenean gravida nibh risus, mollis semper ante condimentum vitae.

Sed tincidunt eros eros. Fusce a massa congue, malesuada orci in, cursus elit. Proin non suscipit nulla. Pellentesque vel luctus arcu. Suspendisse condimentum sed lacus vitae pulvinar. Praesent a mi et quam semper iaculis. Donec nec eros et turpis viverra ullamcorper in sed nisl. Vivamus sodales lorem et elementum egestas. Ut euismod quam vel faucibus varius.

Nulla tempus, quam ac finibus iaculis, risus velit ornare nisi, hendrerit tempus magna risus dignissim ipsum. Duis ex tellus, mollis et maximus et, tempus et ipsum. Duis at felis quis enim auctor tempor. Fusce lobortis, tortor vel ultrices fermentum, felis odio sodales est, vel euismod ante libero in diam. Curabitur congue suscipit ligula in ornare. Nullam dapibus fe-

lis magna, vitae consequat eros placerat in. Curabitur id orci neque. Ut convallis tellus eros, et posuere diam sollicitudin a. In hac habitasse platea dictumst. Maecenas non finibus dolor. Donec id pulvinar nisl. Aliquam placerat lectus sapien, laoreet aliquam felis consectetur quis. Donec ullamcorper massa dolor, id placerat eros vulputate non. Proin hendrerit felis nec elit vehicula venenatis. Mauris finibus est suscipit est tempor aliquam. Nullam gravida ante in imperdiet egestas.

Nulla pharetra egestas sem, id fringilla sapien porta quis. Morbi consectetur dolor purus, ut fermentum nulla fringilla et. Duis ut euismod urna. Mauris aliquam metus in elit sollicitudin, quis mattis nisl tincidunt. Mauris vel tristique augue. Praesent non vestibulum justo. Curabitur efficitur id libero sed imperdiet.

Donec non turpis eu ex maximus feugiat ut vel urna. Sed id eros magna. Donec bibendum lectus ac lorem placerat feugiat. Duis augue dolor, pharetra non scelerisque at, bibendum in metus. Phasellus vitae sagittis urna. Integer maximus ex eleifend arcu dignissim pretium. Etiam et est ac nulla dignissim fermentum id et ex. In hac habitasse platea dictumst. Phasellus metus risus, malesuada eu arcu in, consectetur dictum neque.

Quisque dapibus vitae metus sit amet rutrum. Curabitur ullamcorper a nisi eu laoreet. Curabitur lobortis molestie dui, id consectetur leo convallis quis. Vivamus hendrerit purus facilisis massa lobortis viverra. Praesent arcu odio, dignissim quis dignissim eu, molestie at magna. Donec vehicula ex nec massa molestie maximus. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Pellentesque accumsan leo non porta volutpat. Fusce tempor metus lorem, ut faucibus ante tristique at. Proin luctus et orci et molestie.

Chapter 2

Attack of the Clones

Chapter 3

Revenge of the Sith

Chapter 4

A New Hope

Chapter 5

The Empire Strikes Back

Chapter 6

Return of the Jedi

Blablabla said Nobody [1].

Bibliography

- [1] N. Jr, “My article,” 2006.

Appendix A

Derivation of Cantilever Resonant Modes

Appendix B

Parameter Extraction using MATLAB