



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων και
Ηλεκτρονικών Μηχανικών

**Βαθμονόμηση και πειραματική μελέτη αισθητήρα FBG για
την μέτρηση μηχανικής καταπόνησης**

Πτυχιακή Εργασία

Φοιτητής: (Κίτσιος Αριστείδης)

AM: (41641)

Φοιτητής: (Γιώργος Παπασωτηρίου)

AM: (42097)

Επιβλέπων Καθηγητής

(Νικόλαος Σταθόπουλος)

(Καθηγητής)

Ημερομηνία:
(02/07/2019)



**University
Of West Attica
Faculty of Engineering
Department of Electrical and
Electronics Engineering**

**Calibration and experimental study of FBG sensor for
mechanical strain measurement**

Degree Thesis

**Student: (Kitsios Aristeidis)
Registration Number: (41641)
Student: (George Papasotiriou)
Registration Number: (42097)**

Supervisor

**(N.A.Stathopoulos)
(Professor)**

Date: (02/07/2019)

Κίτσιος Αριστείδης

Παπασωτηρίου Γιώργος

**Copyright © Κίτσιος Αριστείδης, Ημερομηνία
Γιώργος Παπασωτηρίου**

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τους συγγραφείς και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του ΠΑΔΑ.



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων και
Ηλεκτρονικών Μηχανικών

Βαθμονόμηση και πειραματική μελέτη αισθητήρα FBG για την μέτρηση μηχανικής καταπόνησης

Πτυχιακή Εργασία

Επιβλέπων Καθηγητής

(Ν.Σταθόπουλος)
(Καθηγητής)

.....
Εξεταστής
Ν.Σταθόπουλος (Καθ.)

.....
Εξεταστής
Η.Σίμος (Επ.Καθ.)

.....
Εξεταστής
Σ.Σαββαΐδης (Καθ.)

Ημερομηνία:
(02/07/2019)

Περίληψη

Στα πλαίσια της πτυχιακής αυτής θα μελετήσουμε τον αισθητήρα FBG, ο οποίος αποτελεί αισθητήρα οπτικών ινών. Για το λόγο αυτό, θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά στις αρχές λειτουργίας των οπτικών ινών και πως καταφέρνουμε να τις χρησιμοποιήσουμε σαν ένα μέσο μετάδοσης. Αφού αναφέρουμε την δομή της οπτικής ίνας και τα είδη που συναντάμε ανάλογα με την χρήση της, θα περιγράψουμε την διαδικασία συγκόλλησης μιας οπτικής ίνας όπως την πραγματοποιήσαμε στο εργαστήριο.

Στην συνέχεια θα επικεντρωθούμε στον αισθητήρα FBG, αναφέροντας τον τρόπο λειτουργίας του και πως επηρεάζεται από τις μηχανικές καταπονήσεις και αλλαγές στην θερμοκρασία. Θα περιγράψουμε τις διάφορες διαδικασίες κατασκευής ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που θέλουμε να έχει. Επειδή πρόκειται για αισθητήρα ο οποίος μετράει πολύ μικρές μεταβολές, θα αναφέρουμε τις τεχνικές ανάγνωσής του, με μεγάλη ακρίβεια.

Το πειραματικό μέρος της πτυχιακής εργασίας περιλαμβάνει την μέτρηση του αισθητήρα FBG και την βαθμονόμησή του. Πριν πραγματοποιηθεί όμως οποιαδήποτε μέτρηση, θα πρέπει να αναλύσουμε την πειραματική διάταξη που θα χρησιμοποιήσουμε. Αυτό είναι απαραίτητο, καθώς το πείραμα δεν γίνεται σε ιδανικές συνθήκες και τα όργανα εισάγουν απώλειες στις μετρήσεις μας και συνεπώς αλλοίωση των αποτελεσμάτων. Η ανάλυση της πειραματικής διάταξης περιλαμβάνει την μελέτη των σχετικών προδιαγραφών, μέτρηση του κάθε οργάνου ξεχωριστά και απεικονίζοντας τις γραφικές παραστάσεις. Για τον αισθητήρα FBG, αρχικά έγινε μέτρηση του ανακλώμενου κύματος για τον υπολογισμό της ανακλαστικότητας και του εύρους του. Με βάσει τις μετρήσεις αυτές και με δεδομένες προδιαγραφές καθορίστηκε και η απόσταση σε μήκη κύματος τοποθέτησης FBG για την μέτρηση πολλαπλών σημείων καταπόνησης. Στην συνέχεια έγινε η βαθμονόμηση του αισθητήρα FBG για να δούμε πόσο μικρές μεταβολές επιμήκυνσης (αντίτιχο μέγεθος της καταπόνησης) μπορεί να μετρήσει. Τέλος με την βοήθεια του κατάλληλου προγράμματος υπολογισμού μπορέσαμε να προσομοιώσουμε της λειτουργία του αισθητήρα και να βρούμε τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάστηκε.

Λέξεις – κλειδιά

Οπτική ίνα, φως, δείκτης διάθλασης, περιοδικότητα, μήκος κύματος, ανακλώμενο μήκος κύματος, μεταβολή του μήκους κύματος, μέτρηση μηχανικής καταπόνησης, μέτρηση θερμοκρασίας.

Abstract

In this project we study the FBG sensor, which is a fiber optic sensor. For this reason initially, we make a brief reference to the principles of fiber optic operation and how we use them as a transmission medium. After describing the structure of the optical fiber, we described the process of splicing fiber optics as we did in the laboratory. Then we focused on the FBG sensor, indicating how it works and how it is affected by mechanical stresses and temperature changes. We described the various manufacturing processes according to their specifications and we indicated that is a very sensitive sensor. The experimental part of the thesis includes the measurement of the FBG sensor and its calibration. First we presented the described the experimental setup is needed for the experimental characterization of the available FBG. The analysis of the experimental setup takes into account the study of all involved devices by calculating the optical power budget through all of them. From these calculations and measurements spectral reflectivity of the FBG sensor has been conducted. Based on these measurements and given specifications, the distance (in wavelengths) between FBG sensors for multiple stress points has been determined. Then, the FBG sensor was calibrated to see how small elongation changes could be measured. Finally, with the help of the appropriate calculation program, we were able to simulate the spectral reflectivity of the sensor and find out how it was inscribed.

Keywords

Optical fibers, , Fiber Bragg Gratings , FBG interrogators.

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1	Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας	8
1.2	Μεθοδολογία.....	8
2	Η οπτική ίνα.....	9
2.1	Το φως σαν ηλεκτρομαγνητικό κύμα	9
2.2	Η δομή της οπτικής ίνας.....	10
2.3	Η οπτική ίνα ως μέσο μετάδοσης.....	11
2.4	Συνδετήρες οπτικής ίνας.....	13
2.5	Συγκόλληση οπτικής ίνα.....	14
3	Ο αισθητήρας FBG	17
3.1	Τι είναι ο αισθητήρας FBG	17
3.1.1	Αρχή λειτουργίας του FBGS.....	18
3.1.2	Τρόποι κατασκευής ενός FBGS αναφορά[2].....	19
3.1.3	Τρόποι ανάγνωσης FBGS [2],[7].....	19
3.2	Τύποι Fiber Bragg Grating	22
3.3	Η εφαρμογή του FBGS	25
3.3.1	Προστασία των αισθητηρίων FBG	25
3.3.2	Η επίδραση της προστασίας των FBG [22]	26
3.3.3	Η επίδραση της θερμοκρασία στα FBGS.....	29
4	Πειραματική μελέτη και ανάλυση διάταξης ανάγνωσης FBGS του εργαστήριου.....	31
4.1	Ανάλυση οργάνων της πειραματικής διάταξης	31
4.2	Μελέτη της απόκρισης του FBGS	34
4.2.1	Υπολογισμός του εύρους και του κεντρικού μήκους κύματος του FBGS.....	36
4.2.2	Μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας στο FBG.....	38
4.3	Υπολογισμός της μέγιστης απόστασης μέτρησης με το FBG	44
5	Βαθμονόμηση του FBGS	45
5.1	Η διαδικασία της βαθμονόμησης του FBGS	45
5.2	Λήψη και επεξεργασία των μετρήσεων.....	46
5.3	Υπολογισμός του microstrain[8],[13]	48
6	Προσομοίωση FBG	49
6.1	Περιγραφή της διαδικασίας προσομοίωσης	49
6.2	Ο κώδικας της προσομοίωσης	50
6.3	Επεξεργασία των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.....	51
6.4	Συμπεράσματα.....	52
7	Αναφορές / Links	53
8	Κατάλογος Πινάκων:	55
9	Κατάλογος Γραφικών Παραστάσεων.....	55
10	Κατάλογος Εικόνων:	55
11	Αλφαβητικό Ευρετήριο:	58