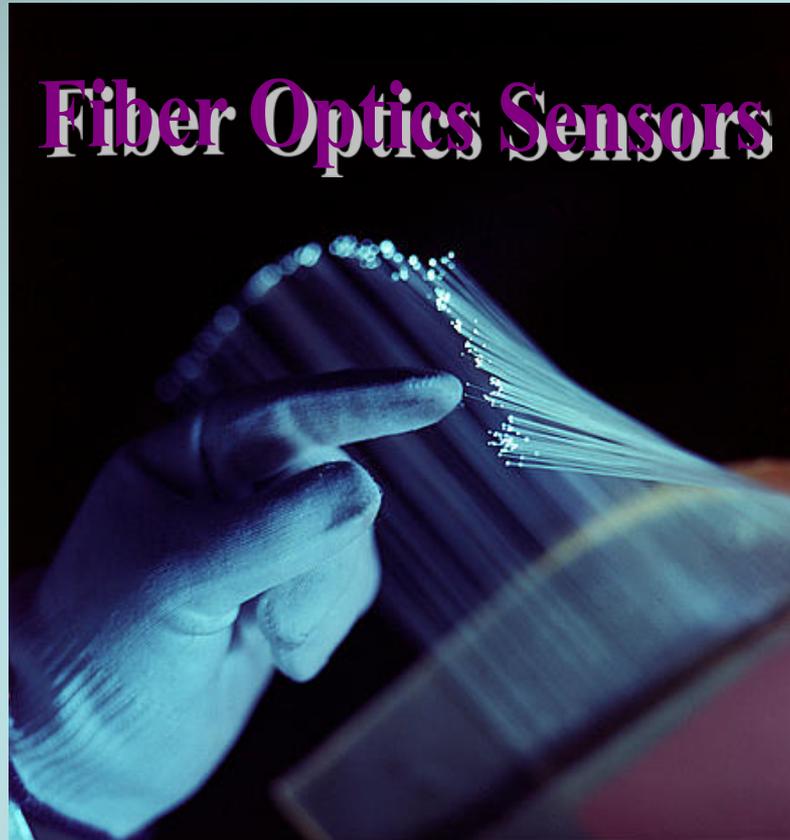


Πτυχιακή Εργασία

Αισθητήρες Οπτικών Ινών



ΟΝΟΜΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΛΙΓΚΑΝΑΡΗ ΔΗΜΗΤΡΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΑΜΠΡΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Ιστορική Αναδρομή

- Η εξέλιξη των οπτικών συστημάτων εμφανίζεται σε πέντε γενιές
- Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, οι αισθητήρες οπτικών ινών έδωσαν λύση σε προβλήματα των είδη υπαρχόντων τεχνολογιών.
- Δεν προχώρησαν γρήγορα στις βιομηχανικές εφαρμογές
- Για μια περίοδο, οι ηλεκτρονικοί αισθητήρες θα συνυπάρξουν με τους αισθητήρες οπτικών ινών
- Παρόλο που η τεχνολογία της επικοινωνίας με οπτικές ίνες καλύπτει μόνο 2,5 δεκαετίες, έχει εξελιχθεί ραγδαία και έχει φτάσει σε στάδιο ωρίμανσης.

Είναι:

- Μια ισχυρή κατηγορία αισθητήρων,
- Φέρνουν στα συστήματα μέτρησης πολλά από τα πλεονεκτήματα που η τεχνολογία οπτικών ινών έχει φέρει στα συστήματα επικοινωνιών.
- Μπορούν να ταξινομηθούν ως πολλαπλού τρόπου και ενός τρόπου λειτουργίας
- Τρία κύρια χαρακτηριστικά διαφοροποιούν τους αισθητήρες οπτικών ινών από άλλους τύπους αισθητήρων:
 - Το πολύ υψηλό εύρος ζώνης,
 - Ασφαλείς στα εκρηκτικά περιβάλλοντα,
 - Εκτελούν τις λειτουργίες οποιουδήποτε συμβατικού αισθητήρα.

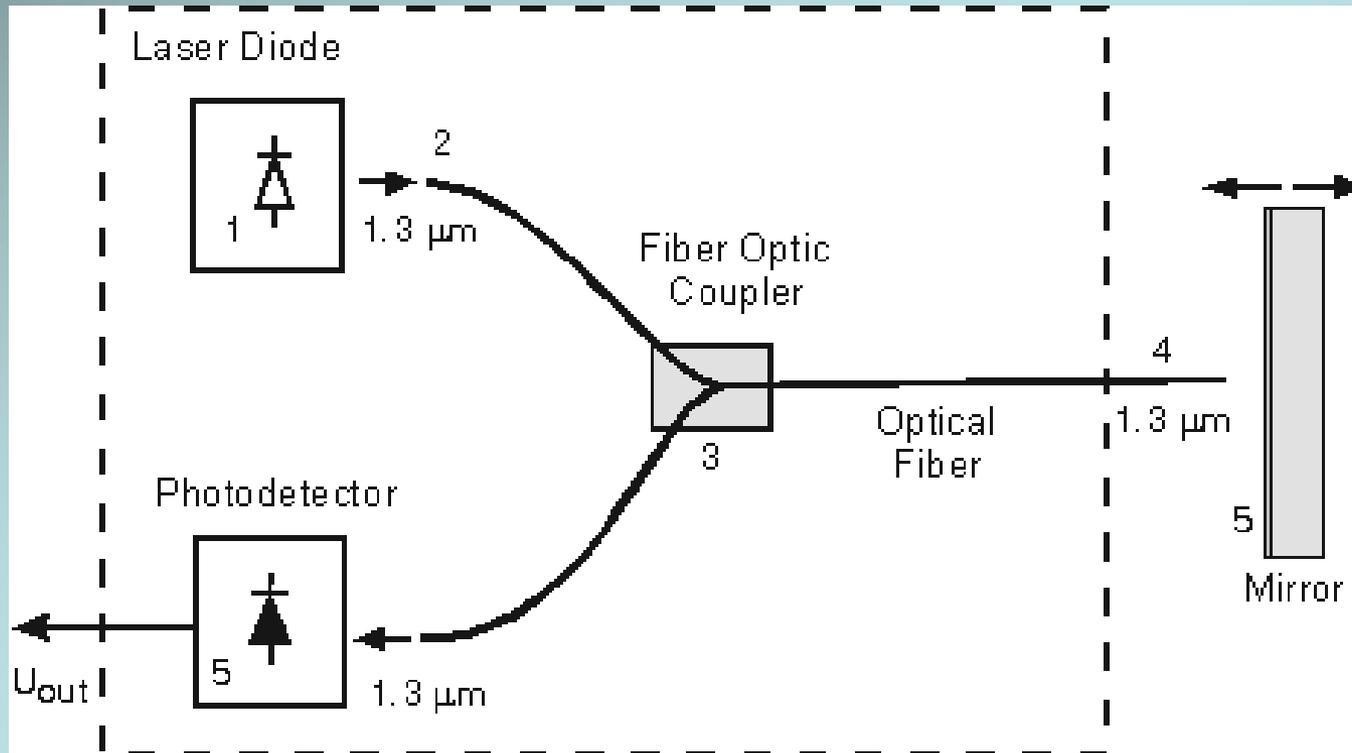
Κατηγορίες αισθητήρων οπτικών ινών

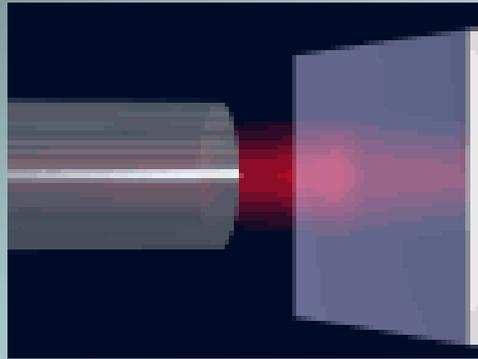
- Ⓢ Οπτικό συμβολόμετρο ινών FABRY-PEROT
- Ⓢ Αισθητήρες Μικροαντηχείων οπτικών ινών
- Ⓢ Τεχνική Microfabrication
- Ⓢ Φράγματα Bragg σε οπτικές ίνες
- Ⓢ Γυροσκόπιο
- Ⓢ Χημικός αισθητήρας
- Ⓢ Άλλοι τύποι αισθητήρων οπτικών ινών

Οπτικό συμβολόμετρο ινών *FABRY-PEROT*

- Η ανάκλαση εμφανίζεται στη μερικώς ανακλαστική επιφάνεια τέλους (end face) της ίνας και ενός εξωτερικού κατόπτρου
- Μπορεί να διαμορφωθεί εύκολα για χρήση πολλών επιστημονικών και βιομηχανικών εφαρμογών
- Δεν είναι ευαίσθητο στην ηλεκτρομαγνητική παρέμβαση
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εχθρικό περιβάλλον.

Αρχή της λειτουργίας του οπτικού συμβολόμετρου ινών Fabry-Perot:

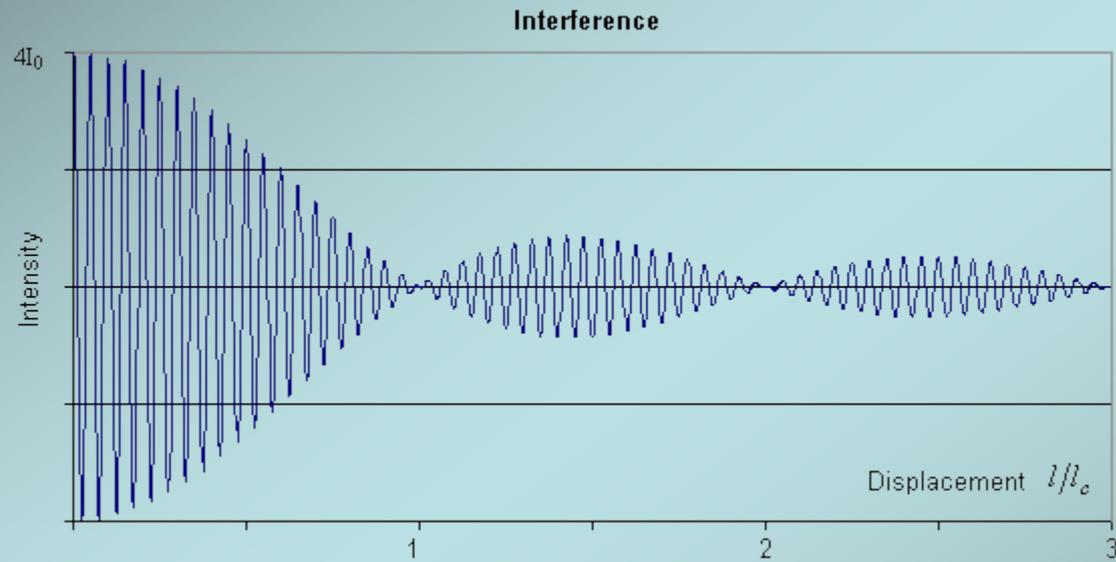




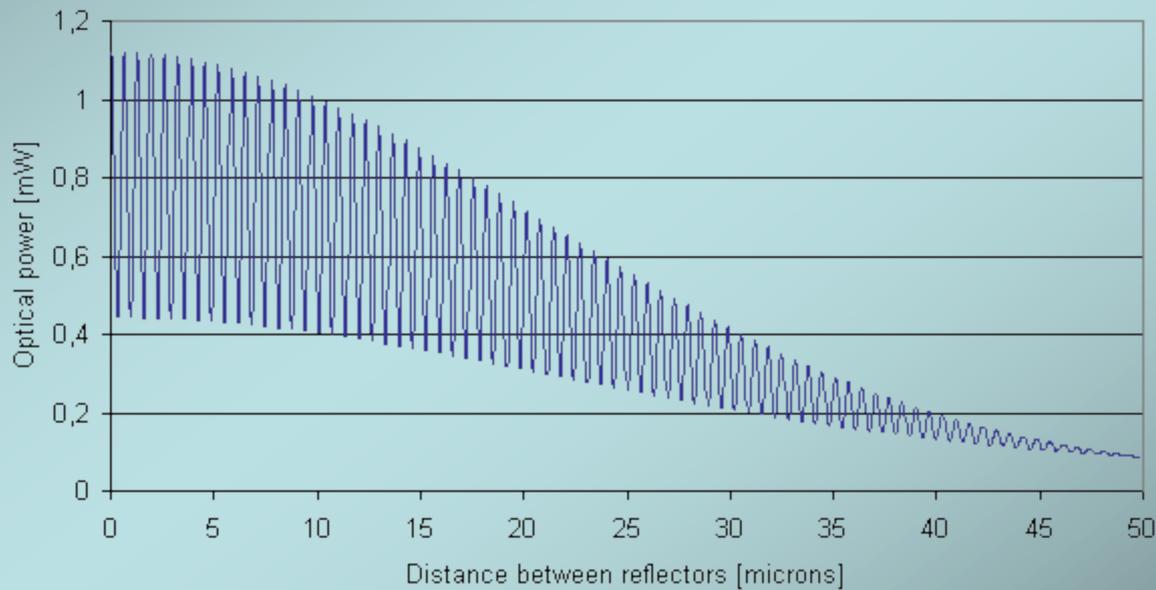
- Η μετατόπιση του κατόπτρου κατά το μισό του μήκους κύματος αλλάζει τη διαφορά δρόμου των συμβαλλόμενων ακτινών κατά 2π
- Η οπτική ακτινοβολία της διόδου laser:
 - Αποτελείται από ένα φάσμα συχνότητας και φασματικό εύρος $\Delta\lambda$
 - Δεν είναι μονοχρωματική και έτσι περιορίζει το μήκος συμφωνίας l_c το οποίο υπολογίζεται ως :

$$l_c = \lambda^2 / \Delta\lambda$$

- ◆ Συμβολή μεταξύ δύο ακτινών με ίση ένταση σε συνάρτηση της διαφοράς δρόμου (l) προς το μήκος l_c συμφωνίας



- ◆ Η ορατότητα των κροσσών συμβολής:



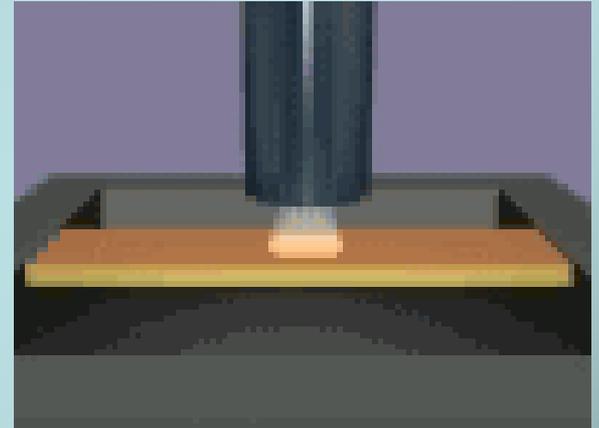
- ◆ εξαρτάται από το μήκος συμφωνίας.
- ◆ αυξάνεται όταν μειώνεται η απόσταση μεταξύ του κατόπτρου και της ίνας.

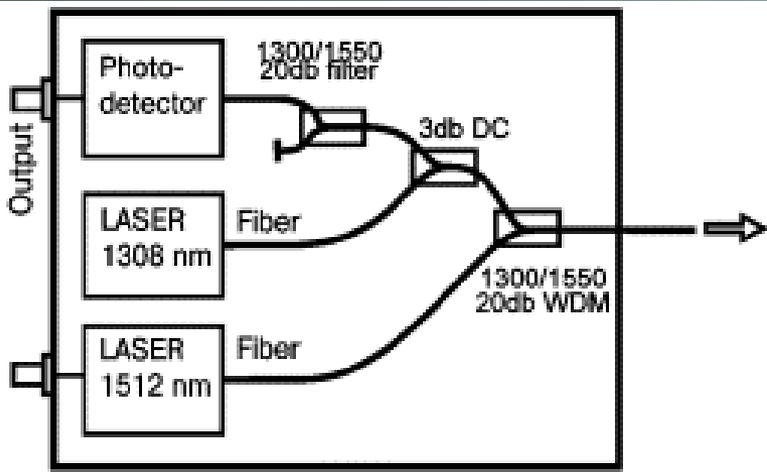
Αισθητήρες Μικροαντηχείων Οπτικών Ινών

- ▶ Το μικρομηχανικό αντηχείο (resonator) → ευαίσθητο στοιχείο
- ▶ Η μετρούμενη παράμετρος αλλάζει τη φυσική συχνότητά του
- ▶ Οι δονήσεις του είναι ανιχνεύσιμες από το φως.
- ▶ Ως υλικό μικροαντηχείου, εκτός από το metal glass, χρησιμοποιείτε διοξείδιο και νιτρίδιο πυριτίου, το οποίο είναι ντοπαρισμένο με Βόριο
- ▶ Είναι ένας σφιγκτήρας πυριτίου που γεφυρώνει τα δύο άκρα.

Οπτικό συμβολόμετρο ινών *Fabry-Perot* που αποτελείται από το μικροαντηχείο και την άκρη της οπτικής ίνας.

- Η παράμετρος ενδιαφέροντος (επιτάχυνση ή πίεση) παραμορφώνει το υπόστρωμα,
- Η μηχανική πίεση εμφανίζεται μέσα στη δέσμη του αντηχείου,
- Έτσι, η συχνότητα του αντηχείου αλλάζει αναλογικά την παράμετρο,
- Κύρια πλεονεκτήματα των μικροαντηχείων οπτικών ινών είναι :
 - το ψηφιακό σήμα παραγωγής και
 - η ηλεκτρική παθητικότητα



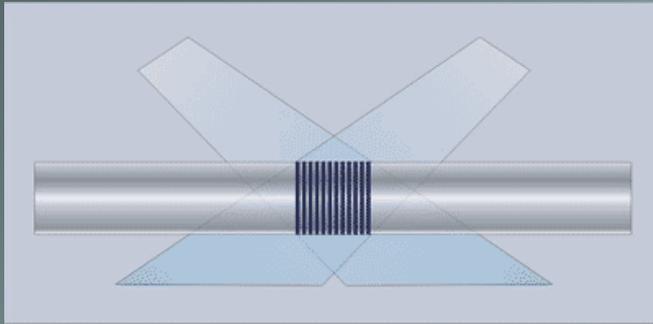


Τεχνική Microfabrication

- Η ταλάντωση μικροαντηχείου διεγείρεται από οπτική ακτινοβολία σε μήκος κύματος 1500 nm, η οποία μεταφέρεται από τη δίοδο στην δομή του αντηχείου μέσω οπτικής ίνας
- Το τέλος της ίνας και η αντανakλαστική επιφάνεια της δομής του αντηχείου διαμορφώνουν την κοιλότητα Fabry- Perot
- Αυτή φωτίζεται από φως της δεύτερης διόδου στο μήκος κύματος 1300 nm.
- Όταν δονείται η μικροακτίνα, η διαμορφωμένη ακτινοβολία διαδίδεται πίσω μέσω οπτικής ίνας στον φωτοανιχνευτή
- Ο πολυπλέκτης μήκους κύματος θα χωρίσει τα δύο αυτά οπτικά σήματα
- Το φίλτρο πριν από το φωτοανιχνευτή αποκόπτει το υπόλοιπο οπτικό σήμα

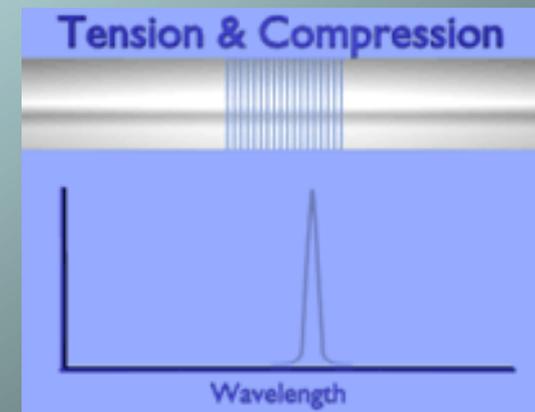
Φράγματα *Bragg* σε οπτικές ίνες

- # Αναπτυγμένα για να πολυπλέκουν σήματα μέσα σε οπτικά δίκτυα,
- # Επιτρέπουν στους αισθητήρες να ανιχνεύουν την πίεση, την υγρασία, την επιτάχυνση, τις αλλαγές στην θερμοκρασία και άλλες φυσικές ιδιότητες.
- # Διαθέτουν δυνατότητα διασύνδεσης μεταξύ τους δημιουργώντας οπτικά δίκτυα, καλύπτοντας μεγάλες επιφάνειες.
- # Προτεραιότητα:
 - # Παρακολούθηση των Επιπτώσεων της Σεισμικής Δραστηριότητας και
 - # Αυτοματοποιημένο Έλεγχο της Δομικής Ακεραιότητας Μεγάλων Τεχνικών Έργων



Διαδικασία παραγωγής *FBG*

- Μια μονότροπη οπτική ίνα εκτίθεται σε συγκλίνουσες δέσμες υπέρυθρης ακτινοβολίας.
- Αυτές διασταυρώνονται, συμβάλλονται και μεταβάλλουν μέρος της δομής οπτικής ίνας, με περιοδική αλλαγή του δείκτη διάθλασης
- Η τροποποιημένη ζώνη της ίνας λειτουργεί σαν οπτικό φίλτρο, ανακλώντας μια ελάχιστη ποσότητα σήματος συγκεκριμένης συχνότητας (επιτρέποντας παράλληλα στο υπόλοιπο φως να συνεχίσει την πορεία του μέσα στην ίνα).
- Αυτή η τροποποιημένη περιοχή είναι ευαίσθητη στην πίεση και στις μεταβολές θερμοκρασίας



Γυροσκόπιο οπτικών ινών

- Συσκευή που αποτελείται από πολλούς βρόχους οπτικής ίνας
- Ανιχνεύει τις περιστροφικές αλλαγές κατά μήκος διάφορων αξόνων με την αντίληψη των διαφορών φάσης μεταξύ της αντίθετης διάδοσης των κυματομορφών.
- Λειτουργεί από κοινού με τους ψηφιακούς χάρτες και τους σφαιρικά τοποθετημένους δορυφόρους, ως τμήμα συστημάτων πλοήγησης στα αυτοκίνητα.

Χημικός αισθητήρας:

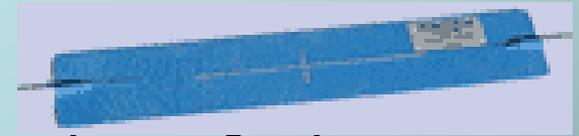
- ❑ Αποτελείται από ένα φυσικό στρώμα με μια ζευγαρωμένη διάταξη μετατροπής που συνδέεται με ένα χημικό επίστρωμα
- ❑ Λειτουργεί με τη μεταφορά του φωτός που παρέχει τις πληροφορίες για τα περιβαλλοντικά κατάλοιπα που περιβάλλουν τον αισθητήρα (τα οποία συνήθως είναι αέρας ή νερό)
- ❑ Μπορεί να ταξινομηθεί ως ενδογενής ή εξωγενής.
- ❑ Τα συστατικά του αποτελούνται από:
 - ❑ μια πηγή φωτός (δίοδος LED)
 - ❑ μια οπτική ίνα και
 - ❑ έναν ανιχνευτή

Άλλοι τύποι αισθητήρων οπτικών ινών



Μικροσκοπικοί FBG αισθητήρες τάσης εφελκυσμού και θερμοκρασίας

• FBG αισθητήρες σε GRP ελαστικό αυτοκόλλητο



• FRP με ενσωματωμένες συστοιχίες αισθητήρων

Μικροσκοπικός FBG μετατροπέας για μεγάλης ακρίβειας πίεση και μέτρηση φορτίου

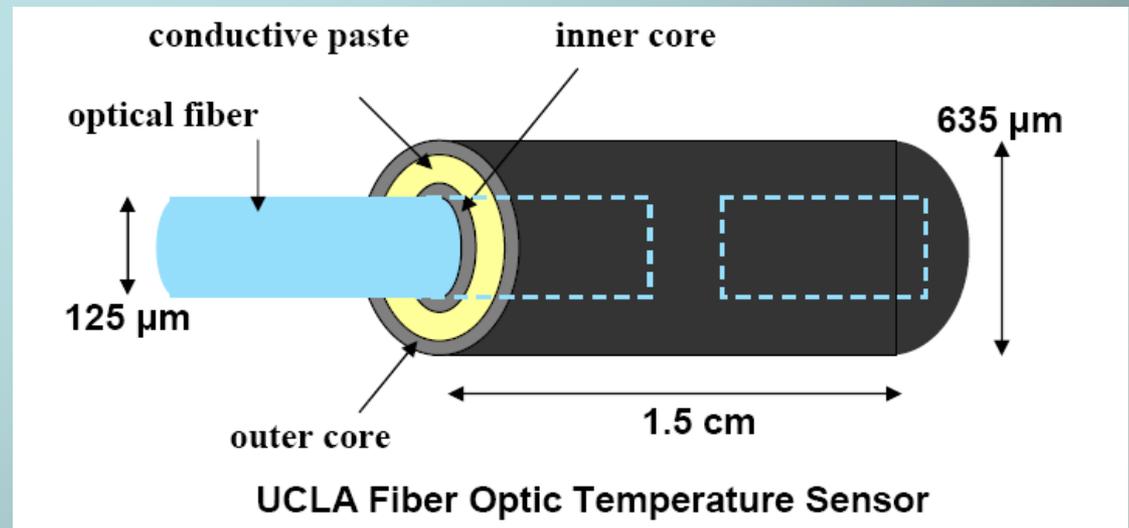


• FBG αισθητήρες μεγάλου μήκους για μέτρηση τάσης



Κατασκευή των αισθητήρων

- Ένα τμήμα της οπτικής ίνας παρεμβάλλεται στην άκρη ενός γυμνού πυρήνα. Αυτή η ίνα θα συνδεθεί με το σύστημα ενοργάνωσης.
- Ένα δεύτερο κομμάτι της ίνας παρεμβάλλεται στο άλλο άκρο του γυμνού πυρήνα.
- Ο αισθητήρας παρεμβάλλεται σε έναν δεύτερο γυμνό πυρήνα που αποσυνδέει μηχανικά τον αισθητήρα από τη σύνθετη μήτρα.



Εφαρμογές

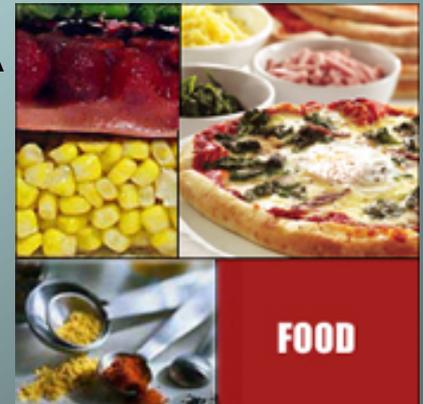
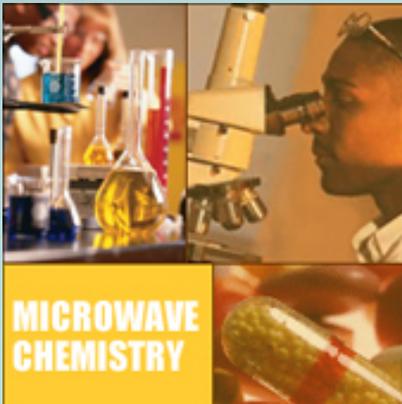
ΙΑΤΡΙΚΗ



- Υψηλή ακρίβεια στις ηλεκτροχειρουργικές επεμβάσεις.
- Κατάλληλοι για τις ζωικές εφαρμογές φυσιολογίας,
- Δεν είναι ολοκληρωμένα προϊόντα που εγκρίνονται εύκολα για την κλινική χρήση.

ΧΗΜΕΙΑ & ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

ΤΡΟΦΙΜΑ



ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

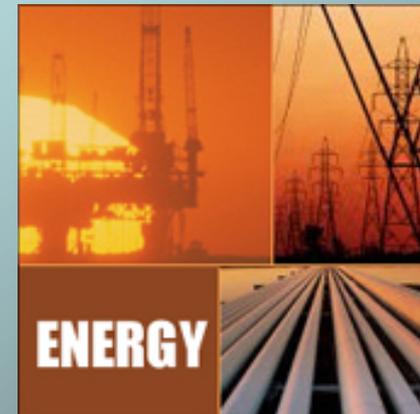
Έλεγχος κατάστασης αστικών δομών, σε:

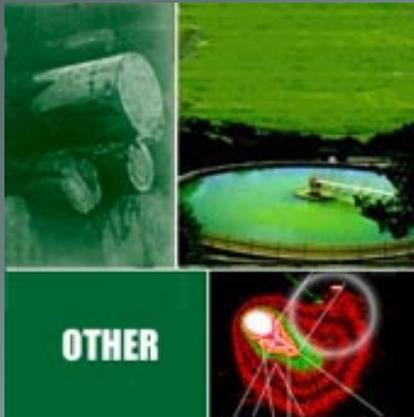
- Γέφυρες, Φράγματα, Κτήρια, Πεζοδρόμια, Σήραγγες,
- περιβάλλοντα μεταλλείας, Δραστηριότητες R&D.



ΑΕΡΟΔΙΑΣΤΗΜΙΚΗ ΑΜΥΝΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ





ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- Μέτρηση θερμοκρασίας στη αυτοκινητιστική βιομηχανία.
- Μέτρηση του οξυγόνου που διαλύεται στο νερό.
- Μέτρηση πίεσης κάτω από υψηλή θερμοκρασία, υψηλή τάση, χημικά πτητικά και εκρηκτικά περιβάλλοντα.
- Ανίχνευση και έλεγχος εξωτερικών και εσωτερικών ρωγμών σε συγκεκριμένες δομές.
- Ανίχνευση χαλασμένων ραγών και ελαττωματικών ροδών.
- Έλεγχος πίεσης συμπιεστών.

Σύστημα SHM

- Σύστημα Αυτοματοποιημένου Ελέγχου Δομικής Ακεραιότητας (Structural Health Monitoring)
- Αφορά τη διαδικασία παρακολούθησης της κατάστασης μιας δομής όπως μεγάλα τεχνικά έργα, αεροσκάφη, δίκτυα αγωγών κλπ,
- Με σκοπό την ανίχνευση πιθανών αστοχιών, όπως:
 - διάβρωσης, ολίσθησης, κλπ.
 - ζημιές σε υποδομές λόγω σεισμών, τυφώνων κλπ.
- Μέσω δειγματοληπτικών μετρήσεων από ένα δίκτυο αισθητήρων.



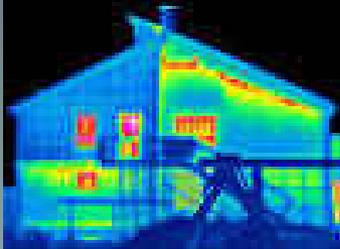
Θερμογραφία

- ❖ Η απεικόνιση που βασίζεται σε ανίχνευση θερμοκρασιακών διαφορών που παρουσιάζονται ανάμεσα σε διάφορες περιοχές του σώματος,
- ❖ Γίνεται δυνατή μέσω ενός ανιχνευτή στο υπέρυθρο φάσμα.

Τεχνική υπέρυθρης διαγνωστικής θερμογραφικής σάρωσης:

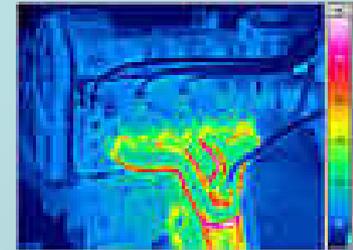
- Δυνατότητα συνολικής θερμοκρασιακής εικόνας εγκαταστάσεων σε πλήρη λειτουργία,
- Απεικονίζει με χρωματική κλίμακα τις διαβαθμίσεις θερμοκρασίας,
- Με στόχο την ανίχνευση και εξέλιξη πιθανών βλαβών και κατασκευαστικών ατελειών των εγκαταστάσεων.

Θερμογραφικές Εφαρμογές



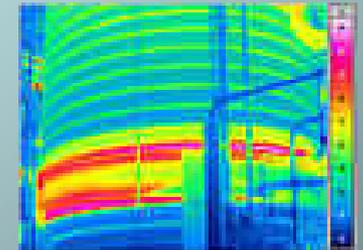
Θερμογράφιση κτιρίου

Αυτοκινητοβιομηχανία



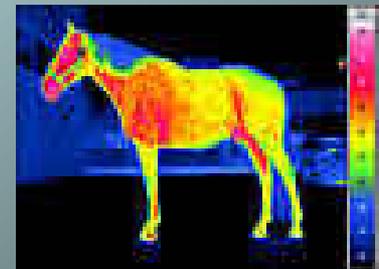
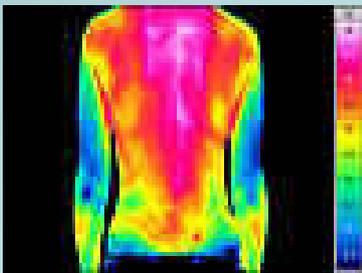
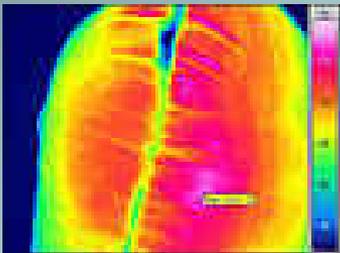
Θερμογραφία υψηλών ταχυτήτων

Εποπτεία εργοστασίων



Εφαρμογές σε ανθρώπους

Κτηνιατρικές εφαρμογές



Η NASA εξετάζει αισθητήρες οπτικών ινών για συστήματα ελέγχου αεροσκαφών

- ✦ Με δοκιμές πτήσης σε ερευνητικό αεροσκάφος της NASA
- ✦ Οι ερευνητές θεωρούν ότι η τεχνολογία οπτικών ινών θα βελτιώσει:
 - ✦ τον έλεγχο πτήσης
 - ✦ την απόδοση μηχανών και
 - ✦ την ασφάλεια
- ✦ Τα F-15 είναι τα πρώτα αεροπλάνα της NASA που πετάξαν με αισθητήρες οπτικών ινών. Δύο αισθητήρες έχουν εξεταστεί σε αυτά:
 - ✦ ένας για να ελέγξει την ταχύτητα μηχανών και
 - ✦ άλλος για να μετρήσει τη θερμοκρασία εξάτμισης στροβίλων μηχανών

Επίλογος



Αρκετά είναι τα πλεονεκτήματα των αισθητήρων οπτικών ινών, όπως:

- ☑ ελαφρύ και μικρό μέγεθος,
- ☑ υψηλή ευαισθησία,
- ☑ μεγάλο εύρος ζώνης,
- ☑ ευκολία στην εφαρμογή πολλαπλών αισθητήρων,
- ☑ ασυλία στην ηλεκτρομαγνητική παρέμβαση,
- ☑ μείωση του χρόνου οργάνωσης και διακοπής παραγωγής.

Η επιτυχία στην εμπορευματοποίηση των αισθητήρων οπτικών ινών είναι εμφανείς.



Ερωτήσεις: