



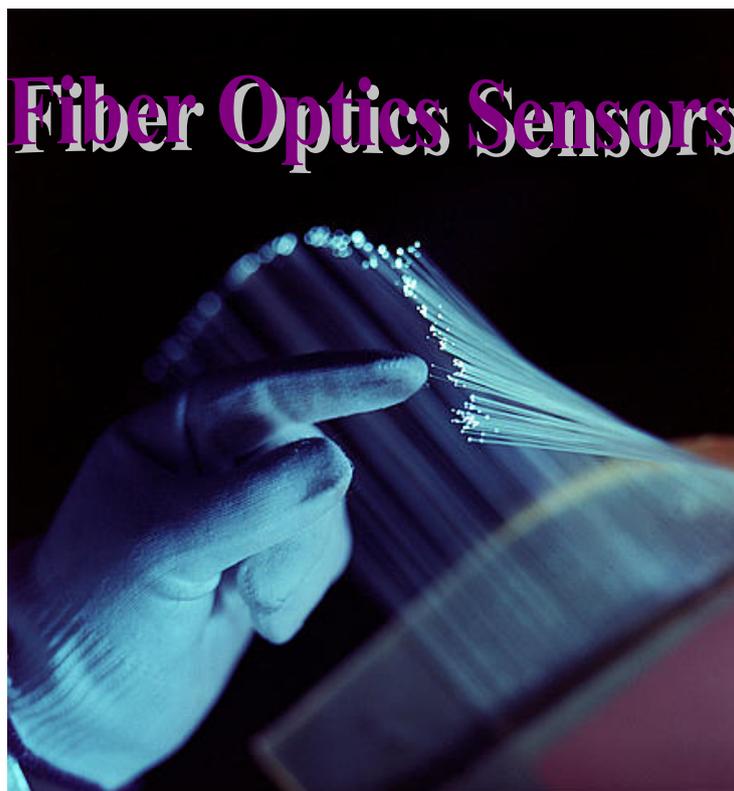
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ

ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ  
ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

*ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ*



ΟΝΟΜΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΛΙΓΚΑΝΑΡΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΑΜΠΡΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΡΤΑ 2006

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

1.1	Τι είναι οι οπτικές ίνες.....	5
1.2	Τι είναι οι αισθητήρες.....	9
1.3	Τι είναι οι αισθητήρες οπτικών ινών .....	10
1.4	Συστήματα αισθητήρων Οπτικών ινών .....	10
1.5	Τεχνολογία αισθητήρων οπτικών ινών.....	11
1.6	Ιστορική Αναδρομή.....	13

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Κατηγορίες αισθητήρων οπτικών ινών

2.1	Είδη αισθητήρων οπτικών ινών .....	16
2.2	Χρήση των ενσωματωμένων θερμικών αισθητήρων οπτικών ινών για τον έλεγχο της κατάστασης των σύνθετων δομών.....	19
2.3	Η NASA εξετάζει τους αισθητήρες οπτικών ινών για τα συστήματα ελέγχου αεροσκαφών.....	23
2.4	Η αντανάκλαση από μια επιφάνεια χρησιμοποιώντας το τέλος της ίνας (s) ως σημείο μετάδοσης και λήψης.....	25
2.5	Χημικός αισθητήρας.....	28

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εφαρμογές**

3.1	Ιατρική .....	33
3.2	Ενέργεια .....	37
3.3	Αεροδιαστημική Άμυνα .....	42
3.4	Χημεία και Μικροκύματα .....	44
3.5	Έργα Πολιτικού Μηχανικού .....	45
3.6	Τρόφιμα .....	46
3.7	Άλλες εφαρμογές.....	48
3.7.1	Ένας οπτικός αισθητήρας ιών για τις ρωγμές στις συγκεκριμένες δομές.....	50
3.7.2	Οι αισθητήρες οπτικών ιών δίνουν στις επιχειρήσεις πετρελαίου έναν νέο τρόπο να κοιτάζουν κάτω από μια σκοτεινή τρύπα.....	51
3.7.3	Οι αισθητήρες οπτικών ιών ανιχνεύουν τις χαλασμένες ράγες και τις ελαττωματικές ρόδες.....	53
3.7.4	Αισθητήρες οπτικών ιών για τη μέτρηση του οξυγόνου που διαλύεται στο νερό.....	54

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Σχετικά θέματα**

4.1	Οπτικό συμβολόμετρο ιών FABRY-PEROT .....	56
4.2	Αισθητήρες μικροαντηχείου οπτικών ιών.....	61
4.2.1	Τεχνική Microfabrication.....	66
4.3	Φράγματα Bragg σε οπτικές ίνες.....	68
4.4	Σύστημα SHM.....	72
4.5	OTDR: οπτικό ανακλασίμετρο.....	77

4.6	Συμβολόμετρο.....	78
4.7	Θερμομετρία.....	79
4.8	Θερμογραφία.....	79
4.9	Γυροσκόπιο οπτικών ινών.....	87

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Επίλογος.....</b>	<b>90</b>
----------------------------------	-----------

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ακρωνύμια.....</b>	<b>91</b>
----------------------------------	-----------

<b>ΠΗΓΕΣ.....</b>	<b>95</b>
-------------------	-----------

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

## 1.1 Τι είναι οι οπτικές ίνες

Οπτική ίνα είναι η τεχνολογία παθητικής οδήγησης της οπτικής ακτινοβολίας (ακτίνες και ρυθμοί διάδοσης) μέσα σε ένα κυλινδρικό διηλεκτρικό κυματαγωγό ο οποίος αποτελείται από τηγμένη πυριτίαλο (Fused silica,  $\text{SiO}_2$ ) ή από πλαστικό.

Η δομή της οπτικής ίνας έχει ως εξής:

1. Πυρήνας οπτικής ίνας (core): είναι το τμήμα εκείνο της ίνας στο οποίο διαδίδονται τα οπτικά σήματα και το οποίο πάντοτε χαρακτηρίζεται ως περιοχή υψηλού δείκτη διάθλασης. Ο πυρήνας βρίσκεται στο κέντρο της ίνας και περιορίζεται από το περίβλημα.
2. Μανδύας οπτικής ίνας (cladding): είναι το υλικό χαμηλού δείκτη διάθλασης που περιβάλλει τον πυρήνα σε όλο το μήκος της ίνας.
3. Περίβλημα οπτικής ίνας (jacket): είναι ένα προστατευτικό στρώμα κατασκευασμένο από πλαστικό για την προστασία της ίνας.
4. Ενίσχυση με νήματα Kevlar.
5. Εξωτερικό φύλλο κατασκευασμένο από υλικό LSHF-FR. Εάν το εξωτερικό χρώμα του περιβλήματος είναι πορτοκαλί πρόκειται για πολύτροπη ίνα, ενώ εάν είναι κίτρινο πρόκειται για μονότροπη ίνα.

### **Υπάρχουν δύο είδη οπτικών ινών:**

Η μονότροπη ίνα (single-mode) στην οποία διαδίδετε μόνο ένας τρόπος διάδοσης. Η διάμετρος του πυρήνα μιας μονότροπης ίνας κυμαίνεται στη περιοχή 8 με 12  $\mu\text{m}$ , ενώ η διάμετρος του μανδύα είναι περίπου 125  $\mu\text{m}$ .

Η πολύτροπη ίνα (multimode) στην οποία μπορούν να διαδοθούν ταυτόχρονα πολλοί διαφορετικοί τρόποι διάδοσης. Η διάμετρος του πυρήνα μιας πολύτροπης ίνας είναι περίπου 50  $\mu\text{m}$ , ενώ η διάμετρος του μανδύα της 125  $\mu\text{m}$ .

Επίσης οι οπτικές ίνες, ανάλογα με την κατανομή του δείκτη διάθλασης, χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

1. ίνα βηματικού δείκτη διάθλασης. Είναι ένα είδος οπτικής ίνας που αποτελείται από δύο κυκλικά συμμετρικά ομοαξονικά στοιχεία ομοιογενούς αλλά διαφορετικού δείκτη διάθλασης, όπου το περίβλημα έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης σε σύγκριση με τον πυρήνα.
2. ίνα συνεχούς (διαβαθμισμένου) δείκτη διάθλασης. Είναι ένα είδος οπτικής ίνας στην οποία υπάρχει μεταβολή στο δείκτη διάθλασης εγκάρσια στον πυρήνα.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα – χαρακτηριστικό των οπτικών ινών είναι ότι μπορούν να χειριστούν υψηλής ταχύτητας σήματα σε πάρα πολύ μεγάλες αποστάσεις.

Επίσης:

- Προστασία από την ηλεκτρομαγνητική (ΗΜ) ακτινοβολία και το φως.
- Λιγότερο βάρος.
- Μεγαλύτερο εύρος ζώνης.
- Καλύτερη ποιότητα σήματος.
- Μικρότερο κόστος.
- Εύκολα αναβαθμίσιμες.
- Εύκολες στην εγκατάσταση.

## **Οπτική τεχνολογία αισθητήρων ινών**

Προσφέρει μια σειρά πλεονεκτημάτων όσον αφορά τους προγενέστερους ηλεκτρικούς αισθητήρες, που αλλάζουν τον τρόπο από τα υπάρχοντα προϊόντα, καθώς επίσης θα δώσει ευκαιρία σε αρκετά συστήματα.

Το φως, το βάρος και το μικρό μέγεθος των αισθητήρων οπτικών ινών ενισχύονται από την ισχυρή ασυλία τους στην ηλεκτρομαγνητική παρέμβαση που εξαλείφει την ανάγκη για το βαρύ και δαπανηρό προστατευτικό κάλυμμα. Το αποτέλεσμα έχει ενδιαφέρον για την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας στις αεροδιαστημικές δομές όπου η σοβαρότητα της κατάστασης είναι εμφανής. Η τεχνολογία αρχίζει επίσης να διαπερνά τον αστικό τομέα εφαρμογής δομών με εγκαταστάσεις στις γέφυρες και τους αυτοκινητόδρομους. Άλλες σημαντικές περιοχές αγοράς περιλαμβάνουν το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο για τη διαδικασία και τον έλεγχο φυσικού αερίου, την περιβαλλοντική αντίληψη και τις ναυτικές εφαρμογές.

Οι αισθητήρες οπτικών ινών είναι μια ισχυρή κατηγορία αισθητήρων, που φέρνουν στα συστήματα μέτρησης πολλά από τα πλεονεκτήματα που η τεχνολογία οπτικών ινών έχει φέρει στα συστήματα επικοινωνιών.

- Τρία κύρια χαρακτηριστικά διαφοροποιούν τους αισθητήρες οπτικών ινών από άλλους τύπους αισθητήρων:

Το πολύ υψηλό εύρος ζώνης των οπτικών ινών επιτρέπει σε αυτούς να μεταβιβάσουν ένα μεγάλο ποσό καταμετρημένων πληροφοριών μέσω μιας ίνας. Επειδή η οπτική ίνα είναι διηλεκτρική, δεν υπόκειται στην παρέμβαση από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που είναι παρόντα στο περιβάλλον και οι αισθητήρες οπτικών ινών μπορούν να λειτουργήσουν υπό τους δυσμενείς όρους της θερμοκρασίας και της πίεσης. Επίσης, οι τοξικές ή διαβρωτικές ατμόσφαιρες που μπορούν να διαβρώσουν άμεσα τα μέταλλα, έχουν λιγότερη επίδραση στις οπτικές ίνες.

Επιπλέον, οι αισθητήρες οπτικών ινών είναι ασφαλείς στα εκρηκτικά περιβάλλοντα (κανένας σπινθήρας), ελαφριοί, συμπαγείς, γεροί, και ενδεχομένως ανέξοδοι. Είναι επομένως χρήσιμοι ως συσκευές για ένα ευρύ φάσμα των φυσικών και χημικών φαινομένων που περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, την πίεση, τον ακουστικό τομέα, τη θέση, την περιστροφή, το υγρό επίπεδο, τη βιοχημική σύνθεση, και τη χημική συγκέντρωση.

Πράγματι, οι αισθητήρες οπτικών ινών μπορούν να εκτελέσουν τις λειτουργίες ουσιαστικά οποιοδήποτε συμβατικού αισθητήρα —συχνά γρηγορότερα και με τη μεγαλύτερη ευαισθησία —και μπορούν επίσης να εκτελέσουν τους στόχους μέτρησης που θα ήταν ανέφικτοι με τους συμβατικούς αισθητήρες. Παραδείγματος χάριν, μπορούν να ενσωματωθούν στις κρίσιμες δομές, όπως στα αεροπλάνα και στις γέφυρες, που υποβάλλουν συνεχώς έκθεση σχετικά με τη δομική ακεραιότητα, και ενδεχομένως αποτρέπουν μια αποτυχία ή ακόμα και καταστροφή.

Η βιομηχανία τηλεπικοινωνιών ήταν πρώτιστα αρμόδια για την ανάπτυξη της τεχνολογίας αισθητήρων οπτικών ινών στη δεκαετία του '80. Εντούτοις, παρά τις ειδικές ικανότητές τους, οι αισθητήρες οπτικών ινών δεν προχώρησαν γρήγορα στις βιομηχανικές εφαρμογές. Οι προκλήσεις της απόδοσης, του κόστους, της διαμόρφωσης, και της τυποποίησης όλες περιορίζουν τη βιομηχανική διείσδυση.

Πράγματι, για μια αόριστη περίοδο, οι ηλεκτρονικοί αισθητήρες —που υποστηρίζονται καλά με τις ηλεκτρονικές μεθόδους και καθιερωμένες θέσεις στα συστήματα ελέγχου —θα συνυπάρξουν με τους αισθητήρες οπτικών ινών. Αλλά η μέθοδος με ηλεκτρονικούς χειρισμούς σήματος μπορούν να εξυπηρετήσουν τους αισθητήρες οπτικών ινών επειδή τα οπτικά σήματα μετατρέπονται εύκολα στην ηλεκτρονική μορφή. Και μακροπρόθεσμα, όλες οι μέθοδοι οπτικών σημάτων θα διατεθούν, συμπληρώνοντας και επεκτείνοντας τις ικανότητες των αισθητήρων οπτικών ινών.

Τα πολυάριθμα πλεονεκτήματα των αισθητήρων οπτικών ινών θα εξασφαλίσουν το γεγονός ότι συνεχίζουν να προσελκύουν την ερευνητική χρηματοδότηση για την περαιτέρω ανάπτυξή τους. Η ωρίμανση της τεχνολογίας οπτικής ίνας, κατά τη διάρκεια του χρόνου, θα επεκτείνει τις εφαρμογές των αισθητήρων οπτικών ινών καθώς το κόστος των συστατικών όπως οι συνεχές πηγές laser και οι μονότροποι συζευκτήρες μειώνονται και η απόδοση βελτιώνεται. Και με την κίνηση προς την αυτοματοποίηση με την κατασκευή των εγκαταστάσεων σε όλο τον κόσμο, τα πολλά έμφυτα πλεονεκτήματα των αισθητήρων οπτικών ινών προμηνύουν έναν σημαντικό ρόλο για το μέλλον.

## **1.2 Τι είναι αισθητήρες**

Οι αισθητήρες είναι συσκευές που μετατρέπουν μια φυσική παράμετρο όπως η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, ή η ταχύτητα αέρα σε ένα σήμα που μπορεί να μετρηθεί ηλεκτρικά. Οι ηλεκτρικοί αισθητήρες παραγωγής είναι συμβατότεροι με τις μετρούμενες ηλεκτρονικές συσκευές.

Μόλις μετατραπεί η φυσική παράμετρος σε ένα ηλεκτρικό σήμα εισάγεται εύκολα σε έναν υπολογιστή ή έναν μικροεπεξεργαστή για το χειρισμό, την ανάλυση και την επίδειξη. Η πιο κοινή παράμετρος που μετρείται είναι η θερμοκρασία.

Κάθε έτος κατασκευάζονται εκατομμύρια εκατοντάδες αισθητήρες. Υπάρχουν στις εσωτερικές συσκευές, στον ιατρικό εξοπλισμό, στα βιομηχανικά συστήματα ελέγχου, στα συστήματα κλιματισμού, στα αεροσκάφη, στους δορυφόρους και στα παιχνίδια. Οι αισθητήρες γίνονται εξυπνότεροι, ακριβέστεροι και φτηνότεροι. Πάντα θα διαδραματίζουν έναν αυξανόμενο ρόλο ακριβώς διανοητό για κάθε τομέα.

### **1.3 Τι είναι αισθητήρες οπτικών ινών**

Το πανεπιστήμιο του Rockwell αναπτύσσει τους αισθητήρες οπτικών ινών για τις εμπορικές εφαρμογές. Ανταποκρίνεται στα αιτήματα πελατών για τις συγκεκριμένες βιομηχανικές και αεροδιαστημικές εφαρμογές. Οι Rsc εξελίξεις περιλαμβάνουν τα πρωτότυπα για τους οπτικούς κωδικοποιητές ινών υψηλής-ακρίβειας, για τους αισθητήρες κατάστασης ελέγχου, φραγμάτων Bragg σε οπτικές ίνες (FBG), για τους δομικούς, την ανίχνευση διαρροών, τη θέση για τα αεροδιαστημικά συστήματα, και τους οπτικούς αισθητήρες ινών για να ελέγξουν τα ηλεκτρικά υποσυστήματα.

Οι αισθητήρες οπτικών ινών έχουν τα πλεονεκτήματα, πέρα από τους συμβατικούς αισθητήρες, για τις εφαρμογές στα διαβρωτικά, υψηλές θερμοκρασίες, ή ευαίσθητα περιβάλλοντα. Επιπλέον, οι αισθητήρες οπτικών ινών είναι κατάλληλοι για τις υψηλής τάσεως εγκαταστάσεις, τις σύνθετες δομές ευαίσθητες στην αστραπή, και για τα περιβάλλοντα όπου οι καλυμμένοι/προστατευμένοι αισθητήρες γίνονται επιθυμητοί.

### **1.4 Συστήματα αισθητήρων οπτικών ινών**

Οι τεχνικές επιστήμες έχουν περιληφθεί σε διάφορα προγράμματα ενοργάνωσης τα οποία απαιτούν τη χρήση της επεξεργασίας οπτικών αισθητήρων ινών και οπτικού σήματος από το τέλος της δεκαετίας του '90.

Μερικοί από αυτούς είναι λεπτομερείς κατωτέρω:

- Σχέδιο και επεξεργασία της πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος (WDM) πολλαπλασιάζοντας συστήματα αισθητήρων αποδιαμόρφωσης στα κατάλληλα μήκοι κύματος 1310nm και 1550nm
- Οπτική εφαρμογή φιλτραρίσματος που χρησιμοποιεί γραμμικά, χαραγμένα, και ρυθμισμένα φίλτρα.

- Εφαρμογή της οπτικής αναφοράς ρυγχών, μέτρηση ταχύτητας, διανεμημένη αντίληψη, και συστήματα κατάστασης ελέγχου των στρατιωτικών πλατφόρμων.
- Διαγνωστικά και ανάλυση πίεσης δακτυλίου με τους οπτικούς αισθητήρες μέσα στα συστήματα διαμετρήματος πυροβόλων όπλων.
- Επεξεργασία οπτικού σήματος και οπτικοηλεκτρονικό σχέδιο υλικού, διαμόρφωση πρωτοτύπου.
- Έλεγχος κατάστασης δομών χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες φραγμάτων Bragg σε οπτικές ίνες.
- Χρονική σφράγιση γεγονότος πίεσης
- Σχέδιο και εφαρμογή του πραγματικού χρόνου, συστήματα αποζημιώσεων θερμοκρασίας για τους οπτικούς αισθητήρες πίεσης.
- Ηλεκτροπτική βελτίωση σημάτων και επεξεργασία σχεδίου πινάκων.

## **1.5 Τεχνολογία αισθητήρων οπτικών ινών**

Για έναν σημαντικό αριθμό βιομηχανικών εφαρμογών, η τεχνολογία αισθητήρων οπτικών ινών προσφέρει μια σημαντική δυνατότητα για τη μετρολογική βελτίωση μέσω:

- ▶ Υψηλής ευαισθησίας
- ▶ Ασυλίας στην ηλεκτρομαγνητική παρέμβαση
- ▶ Ασφάλειας στα διαβρωτικά και εκρηκτικά περιβάλλοντα
- ▶ Ηλεκτρικής παθητικότητας

Αυτή η τεχνολογία είναι κατάλληλη για τις διανεμημένες μετρήσεις και είναι, εξ ορισμού, συμβατή με τα δίκτυα επικοινωνίας οπτικών ινών.

## Ερευνητικοί τομείς

- Τεχνολογία και ενοργάνωση των αισθητήρων οπτικών ινών
- Συστήματα πολυαισθητήρων οπτικών ινών
- Μετρήσεις των μη ηλεκτρικών παραμέτρων όπως:
  - Υδροστατική πίεση
  - Επιμήκυνση
  - Μηχανικοί περιορισμοί
  - Θερμοκρασία.

## Πρακτικά ερευνητικά αποτελέσματα

Το σημαντικότερο πρακτικό αποτέλεσμα αυτής της έρευνας είναι η ανάπτυξη της τεχνολογίας και της αρχιτεκτονικής των αισθητήρων οπτικών ινών πίεσης για τις εφαρμογές στα έργα πολιτικού μηχανικού όπως: υδροηλεκτρικά φράγματα, γέφυρες, κτήρια, σήραγγες και τα περιβάλλοντα μεταλλείας. Επίσης έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα επεξεργασίας σήματος οπτικών ινών και αλγόριθμοι για τη βαθμολόγηση και την αναδημιουργία μετρήσιμων καταστάσεων.

Πρόσφατα, με την ενσωμάτωση αυτών των πτυχών, επιτυχώς έχει καταδειχτεί ότι ένα πλήρες, αξιόπιστο και σχετικά ανέξοδο σύστημα αισθητήρων οπτικών ινών χρησιμοποιείται για την πίεση μέχρι 30 MPa με ακρίβεια 1% (συμπεριλαμβανομένης της κλίσης σταθερότητας, επανάληψης και θερμοκρασίας 30 βαθμούς περίπου), έχει σχεδόν άνισες διαταραχές σε οποιοδήποτε είδος των κύριων ινών και με έναν άριστο προϋπολογισμό ισχύος που επιτρέπει να αναπτυχθεί η πιο μακρινή λειτουργία του μέχρι και ορισμένα χιλιόμετρα. Κανένα συγκρίσιμο στοιχείο δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα, πολλές άλλες συσκευές οπτικών ινών και συστήματα θα μπορούσαν τώρα να μελετηθούν και να αναπτυχθούν για τις επιλεγμένες εφαρμογές στα έργα πολιτικού μηχανικού.

## Εγκαταστάσεις:

- Ένα πρότυπο του συστήματος μέτρησης πίεσης σε δύσκολο περιβάλλον έχει εγκατασταθεί σε ένα ορυχείο στη Γερμανία, αρχές Απριλίου του 1997. (Αυτό το ορυχείο χρησιμοποιείται για την περιοχή διάθεσης πυρηνικών αποβλήτων).

- Η δεύτερη εγκατάσταση πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 1998 σε ένα καναδικό σκάφος M.V Irving Arctic για να μετρήσει την πίεση των υδρογονανθράκων από τη γέφυρα εντολής κατά τη διάρκεια της φόρτωσης καυσίμων και της απαλλαγής του σκάφους.

## 1.6 Ιστορική Αναδρομή

### Υπάρχουν πέντε γενιές οπτικών συστημάτων:

Η πρώτη γενιά οπτικών συστημάτων που λειτουργούσε κοντά στα 0,8  $\mu\text{m}$  έγινε εμπορικά διάσημη το 1980. Τα συστήματα αυτά λειτούργησαν σε ρυθμό bit 45 Mb/s και επέτρεψαν απόσταση μεταξύ επαναληπτών γύρω στα 10 Km.

Η δεύτερη γενιά συστημάτων επικοινωνίας με οπτικές ίνες εμφανίστηκε πριν το 1980, αλλά ο ρυθμός μετάδοσης των συστημάτων αυτών περιορίστηκε κάτω από 100 Mb/s λόγω διασποράς σε πολύτροπες οπτικές ίνες. Η απόσταση μεταξύ επαναληπτών και οπτικών συστημάτων δεύτερης γενιάς περιορίστηκε από τις απώλειες της οπτικής ίνας σε λειτουργία στα 1,3  $\mu\text{m}$ .

Η τρίτη γενιά συστημάτων στα 1.55  $\mu\text{m}$ , που λειτουργούσε στα 2,5 Gb/s, εμφανίστηκε στο εμπόριο το 1990. Τέτοια συστήματα είναι ικανά να λειτουργούν σε ρυθμούς bit μέχρι και 10 Gb/s. Η καλύτερη απόδοση επιτυγχάνετε χρησιμοποιώντας οπτικές ίνες με ολίσθηση στη διασπορά μαζί με Laser διαμήκους τρόπου μετάδοσης. Ένα μειονέκτημα αυτής της γενιάς είναι ότι το σήμα αναγεννάτε περιοδικά με τη χρήση ηλεκτρονικών επαναληπτών που απέχουν μεταξύ τους αποστάσεις τυπικά περίπου 60 ως 80 Km.

Η τέταρτη γενιά οπτικών συστημάτων χρησιμοποιεί την οπτική ενίσχυση για αύξηση της απόστασης μεταξύ επαναληπτών και πολυπλεξία με διαίρεση του μήκους κύματος (WDM) για αύξηση του ρυθμού μετάδοσης bit. Σε τέτοια συστήματα, οι απώλειες οπτικών ινών αντισταθμίζονται περιοδικά με τη χρήση ενισχυτών οπτικών ινών με εμπλουτισμό με Έρβιο, οι οποίοι τοποθετούνται σε αποστάσεις 60-100 Km.

Η πέμπτη γενιά συστημάτων επικοινωνίας με οπτικές ίνες ασχολείται με την εύρεση μιας λύσης στο πρόβλημα της διασποράς οπτικών ινών. Οι οπτικοί ενισχυτές λύνουν το πρόβλημα των απωλειών, αλλά ταυτόχρονα κάνουν το πρόβλημα της διασποράς χειρότερο, αφού τα φαινόμενα διασποράς συσσωρεύονται λόγω πολλαπλών σταδίων ενίσχυσης.

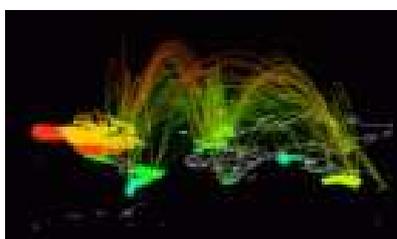
Ωστόσο, στις αρχές της δεκαετίας του 1980, και οι αισθητήρες οπτικών ινών έγιναν αντικείμενο σαν μια λύση στα διάφορα προβλήματα που υπήρχαν.

Εδώ αυτός που απέμεινε ήταν ένας μικρός, ελαφρού βάρους, αντίστασης EMI αισθητήρας. Το πρόβλημα ήταν οι ότι περισσότεροι άνθρωποι που ανέπτυσαν τέτοιους αισθητήρες δεν είχαν καμία ιδέα για το τι μπορούσαν να κάνουν οι ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες. Ενώ η βιομηχανία αισθητήρων οπτικών ινών αγωνιζόταν να πραγματοποιήσει έναν αισθητήρα πίεσης που θα μπορούσε να πετύχει μια ακρίβεια 1% για περιοχές θερμοκρασίας από 0 C ως 40 C για λιγότερο από 1000 δολάρια, ο καθένας μπορούσε να αγοράσει έναν αισθητήρα πίεσης με κρατική τεχνική για 200 δολάρια που εγγυόταν ακρίβεια 0,01% από -20 C ως 70 C. (Παρόλα αυτά υπάρχει ακόμη ενδιαφέρον για τους αισθητήρες οπτικών ινών σε ειδικές εφαρμογές.)

Η ταχεία εξέλιξη των οπτικών ινών επέφερε τεράστια βελτίωση και στον τομέα της ιατρικής. Υπάρχουν όμως και κάποιες επιπλοκές κατά την χρήση συστημάτων laser-οπτικών ινών. Τα μηχανικά προβλήματα, όπως σπάσιμο των οπτικών ινών κατά την επαναλαμβανόμενη κάμψη τους, οι παχιές οπτικές ίνες είναι δύσκαμπτες, άρα και δύσχρηστες, τα παρόντα συστήματα απαιτούν αέρια ή υγρά για την ψύξη των οπτικών ινών, η αλληλεπίδραση laser-ιστού παράγει αέρια που πρέπει να εκκενωθούν. Τα οπτικά προβλήματα, όπως η δυσκολία εστίασης δέσμης υψηλής ενέργειας σε λεπτή οπτική ίνα, υψηλές ποσότητες ενέργειας προκαλούν φθορές στην επιφάνεια εξόδου της ίνας, κ.α.

Παρόλο που η τεχνολογία της επικοινωνίας με οπτικές ίνες καλύπτει μόνο 2,5 δεκαετίες, έχει εξελιχθεί ραγδαία και έχει φτάσει σε ένα συγκεκριμένο στάδιο ωρίμανσης.

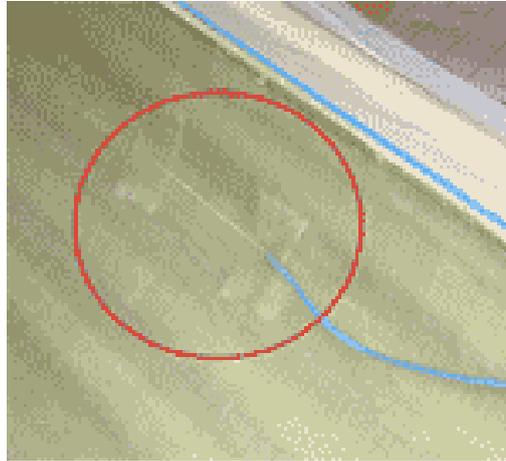
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Κατηγορίες αισθητήρων οπτικών ινών



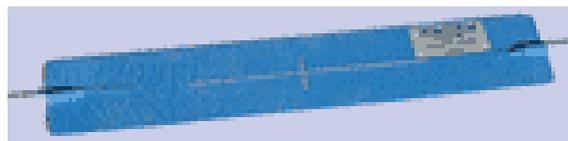
Τα τελευταία χρόνια οι εξελίξεις στον κόσμο των τηλεπικοινωνιών δίνουν τη δυνατότητα παροχής πρωτοποριακών προϊόντων και υπηρεσιών μέσω σύγχρονων δικτύων αλλάζοντας ριζικά τον τρόπο επικοινωνίας και εργασίας και προσφέροντας νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες.

Έτσι, από την ανάλυση των αναγκών του πελάτη, τη μελέτη και το σχεδιασμό σύγχρονων εταιρικών ή μητροπολιτικών δικτύων, ασύρματων ή οπτικών, και το σχεδιασμό των προσφερόμενων υπηρεσιών, μέχρι τη διαχείριση και την υλοποίηση των έργων, καλύπτετε ένα ευρύ φάσμα προϊόντων για την υλοποίηση ολοκληρωμένων και ασφαλών ασύρματων και οπτικών δικτύων.

## 2.1 Αισθητήρες οπτικών ινών



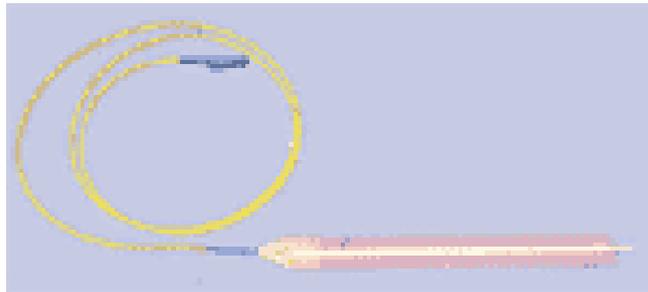
- Μικροσκοπικοί FBG αισθητήρες τάσης εφελκυσμού και θερμοκρασίας
- Μικροί όσο 100 μικρά σε διάμετρο
- Κατάλληλοι για επιφανειακή επικόλληση στις περισσότερες κατασκευές
- Δύναται να ενσωματωθούν σε συνθετικά και άλλου είδους υλικά
- Διαθέσιμοι και σε συστοιχίες πολλαπλών αισθητήρων



- FBG αισθητήρες (τάσης εφελκυσμού ή θερμοκρασίας) σε GRP ελαστικό αυτοκόλλητο
- Εύκολη επιφανειακή επικόλληση από ανειδίκευτο προσωπικό
- Διαθέσιμοι σε ένα κομμάτι ή σε SmartPatch συστοιχίες
- Για επιφανειακή συγκόλληση με μεταλλικές συμπαγείς ή συνθετικές κατασκευές,
- Για μακροχρόνια SHM ή επαναχρησιμοποιούμενη προσωρινή επικόλληση.



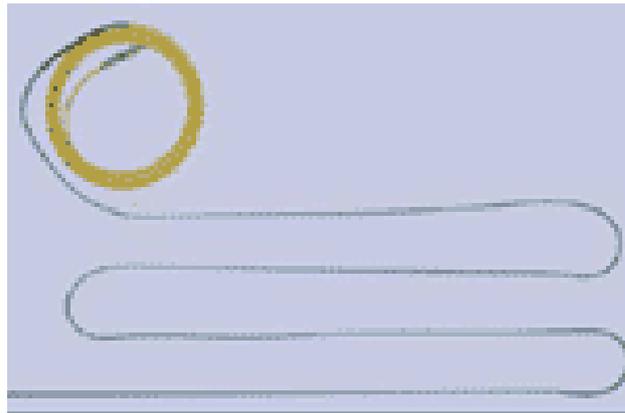
- FRP με ενσωματωμένες συστοιχίες αισθητήρων
- Μετράει κλίση, μετατόπιση, διάταση και συμπίεση
- Επιφανειακή επικόλληση ή ενσωμάτωση σε ανομοιογενή υλικά
- Σχεδιάστηκε αρχικά για την παρακολούθηση 3D αλλοιώσεων σιδηροδρομικών σηράγγων.



- Συστοιχίες αισθητήρων θερμοκρασίας/τάσης εφελκυσμού μέσα σε αδιάβροχο γυάλινο κάλυμμα
- Αισθητήρας εύκολος στη χρήση σχεδιασμένος για ενσωμάτωση σε συνθετικές δομές ή για τοποθέτηση με χαμηλή επιφανειακή διείσδυση



- Μικροσκοπικός FBG μετατροπέας για μεγάλης ακρίβειας πίεση και μέτρηση φορτίου
- Δημιουργήθηκε για χρήση σε δύσκολες συνθήκες



- Αισθητήρας ειδικός για μέτρηση θερμοκρασίας
- Διαθέσιμος ως πολλαπλή συστοιχία αισθητήρων
- Πακέτα για επιφανειακή επικόλληση ή ενσωμάτωση σε συνθετικά υλικά ή δομές

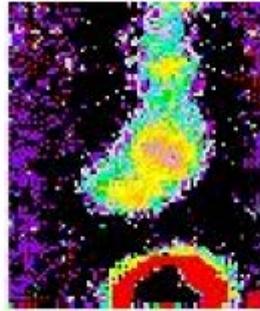


- FBG αισθητήρες μεγάλου μήκους για μέτρηση τάσης και συμπίεσης
- Χρησιμοποιείται για μέτρηση εσωτερικών φορτίων σε συνθετικά και ανομοιογενής κατασκευής υλικά

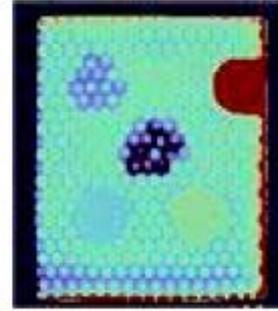
## 2.2 Χρήση των ενσωματωμένων θερμικών αισθητήρων οπτικών ινών για τον έλεγχο της κατάστασης των σύνθετων δομών.



Εικ.(a)



Εικ.(b)



Εικ.(c)

Θερμογραφικά δείγματα εικόνων: επίδραση βλάβης(a), ατσαλένια διάβρωση(b), πολλαπλές εκρήξεις(c).

### •Τεχνικές ανίχνευσης βλαβών:

Υπάρχουν πολλές τεχνικές ανίχνευσης βλαβών , συμπεριλαμβανομένων:

- > υπερακουστική
- > ολογραφία
- > παλμογραφία
- > θερμογραφία

### •Προτεινόμενη τεχνική ανίχνευσης βλαβών:

Η τεχνική αυτή είναι παρόμοια με τη θερμογραφία, όπου το δείγμα θερμαίνεται και μετριοούνται οι αλλαγές στη διάδοση ροής θερμότητας λόγω της βλάβης .Οι μετρήσεις θερμοκρασίας γίνονται λαμβάνοντας υπόψη και την ίδια την θερμοκρασία των αισθητήρων οπτικών ινών.

•Βασικά συστατικά:

Βασικά συστατικά από γραφίτη, εποξικά σύνθετα δείγματα πτυχών, καθώς επίσης συσκευές λαμπτήρων λάμψης με κατάλληλη θερμοκρασία αισθητήρων οπτικών ινών (όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα).



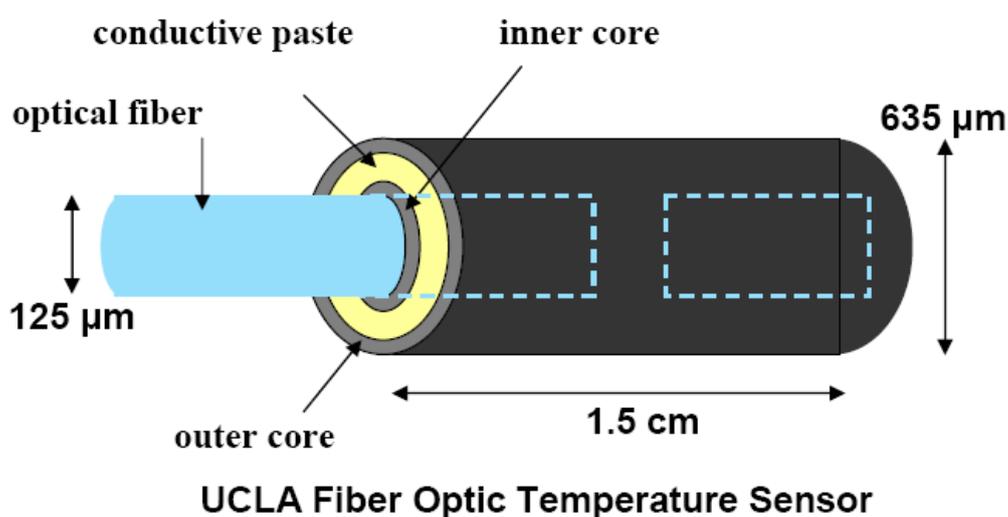
**Flash Lamp Apparatus**

• αισθητήρες θερμοκρασίας οπτικών ινών:

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας οπτικών ινών χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν τις αλλαγές στη διάδοση της εφαρμοσμένης ροής θερμότητας λόγω της βλάβης μέσα σε ένα σύνθετο υλικό. Πλεονέκτημα των αισθητήρων οπτικών ινών είναι ότι είναι ενσωματωμένοι, και το πιο σημαντικό, μπορούν να πολλαπλασιάζονται. Αυτό σημαίνει ότι πολλοί αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν κατά μήκος ενός τμήματος της ίνας.

•Κατασκευή των αισθητήρων:

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

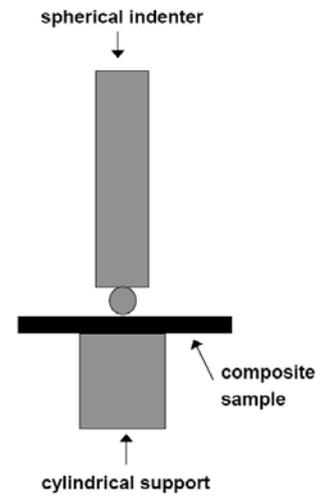


Αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών:

(οπτική ίνα, αγωγίμη κόλλα, εσωτερικός πυρήνας, εξωτερικός πυρήνας)

•Διαδικασία:

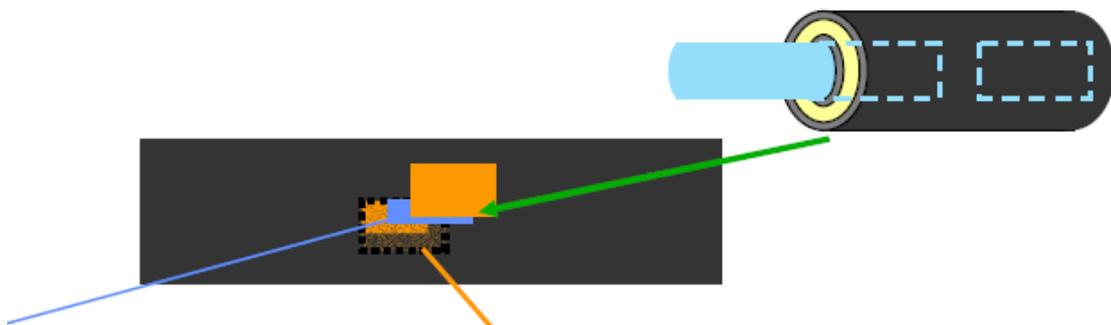
Η διαδικασία αρχίζει με την προεξέταση που γίνεται στον λαμπτήρα λάμψης. Έπειτα, γίνεται προσομοίωση επίδρασης της βλάβης με MTS και κατόπιν επανελέγχετε ο λαμπτήρας λάμψης.

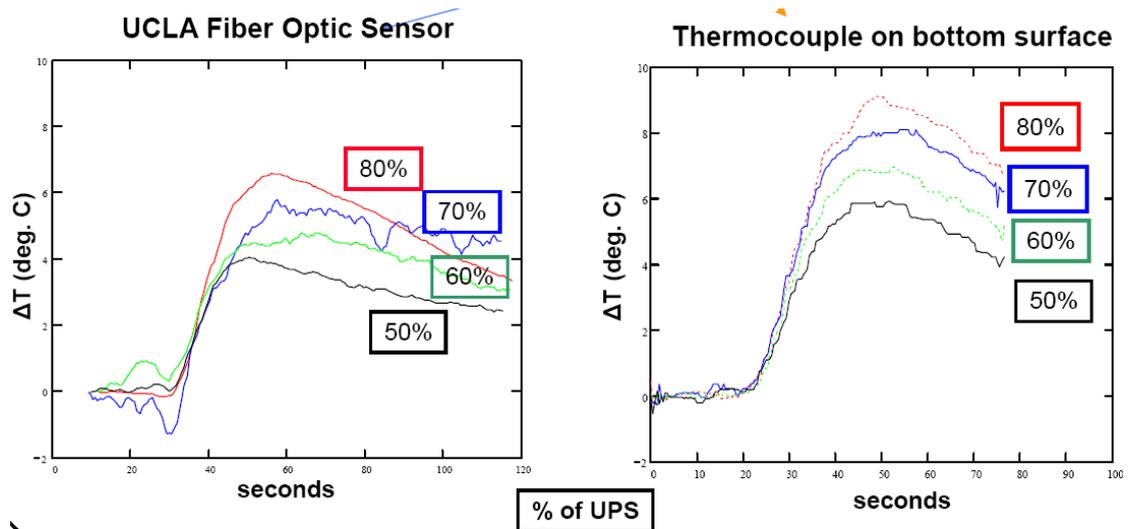


Εργαλεία προσομοίωσης επίδρασης βλάβης

Αποτελέσματα:

Οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις παρουσιάζουν μια συνάρτηση μεταβολής θερμοκρασίας  $\Delta T$  με τον χρόνο, όπου η  $\Delta T$  βρίσκεται παίρνοντας την κίνηση πριν τη βλάβη και μετά από αυτή, για να παράγει διαφορά θερμοκρασίας λόγω αυτής της βλάβης.





Αριστερά: UCLA Αισθητήρας Οπτικών ινών – Δεξιά: Θερμοηλεκτρικό ζεύγος στην κατώτατη επιφάνεια

### 2.3 Η NASA εξετάζει τους οπτικούς αισθητήρες ινών για τα συστήματα ελέγχου αεροσκαφών



Οι δοκιμές πτήσης με ένα ερευνητικό αεροσκάφος της NASA ερευνούν τη δυνατότητα των αισθητήρων οπτικών ινών στα κρίσιμα συστήματα ελέγχου πτήσης αεροσκαφών. Οι ερευνητές θεωρούν ότι η τεχνολογία οπτικών ινών θα βελτιώσει τον έλεγχο πτήσης, την απόδοση μηχανών και την ασφάλεια.

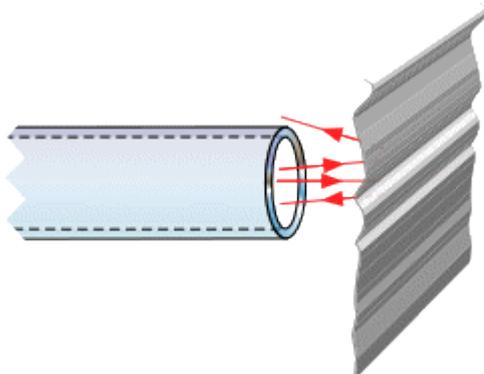
Η τεχνολογία οπτικών ινών έχει δύο πιθανά συστήματα ελέγχου πλεονεκτημάτων κατά την πτήση. Ένα καλώδιο οπτικών ινών ζυγίζει λιγότερο και είναι μικρότερο από το ηλεκτρικό καλώδιο χαλκού. Επίσης είναι ανεπηρέαστη στην ηλεκτρική παρέμβαση που προκαλείται από την αστραπή, το ραντάρ και άλλες ισχυρές ραδιοπηγές που μπορούν να αναστατώσουν τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ενός αεροπλάνου.

Τα πρώτα αεροπλάνα της NASA που πετάζαν με αισθητήρες οπτικών ινών είναι τα F-15 ιδιαίτερα ακέραια και τα ψηφιακά ηλεκτρονικά αεροσκάφη ελέγχου στην ερευνητική δυνατότητα πτήσης. Οι αρχικές πτήσεις αξιολογούν την τεχνολογία αισθητήρων οπτικών ινών, τις μεθόδους εγκαταστάσεων και το πώς οι αισθητήρες λειτουργούν στους χαρακτηριστικούς εναέριους ελιγμούς.

Δύο αισθητήρες οπτικών ινών έχουν εξεταστεί επιτυχώς στα F-15, ο ένας για να ελέγξει την ταχύτητα μηχανών και ο άλλος για να μετρήσει τη θερμοκρασία εξάτμισης στροβίλων μηχανών. Η έρευνα είναι μέρος του προγράμματος ελέγχου ολοκλήρωσης συστημάτων οπτικών ινών διοικούμενου από το ερευνητικό κέντρο Lewis της NASA, Κλήβελαντ. (Το πρόγραμμα χρηματοδοτείται από κοινού από τη NASA και τη ναυτική εντολή συστημάτων αέρα του Αμερικάνικου ναυτικού).

Το "επόμενο βήμα μας είναι στην πολλαπλάσια οπτική δοκιμής πτήσης σε F-18 ερευνητικά αεροσκάφη συστημάτων μας," λέει ο εν λόγω Dennis Bessette, διευθυντής προγράμματος F-18. "Σε εκείνο το αεροπλάνο, οι ερευνητές ήδη εγκαθιστούν καλώδια οπτικών ινών σε 10 αισθητήρες που αναμένουμε να εξετάσουμε από την πτώση του 1992. Είναι οι αισθητήρες θέσεις επιφάνειας αεροσκαφών με πειραματικές εισαγωγές ραβδίων, θερμοκρασίας, πίεσης, αέρα και οδήγησης ροδών μύτης."

## 2.4 Η ανάκλαση από μια επιφάνεια χρησιμοποιώντας το τέλος της ίνας (s) ως σημείο μετάδοσης και λήψης.



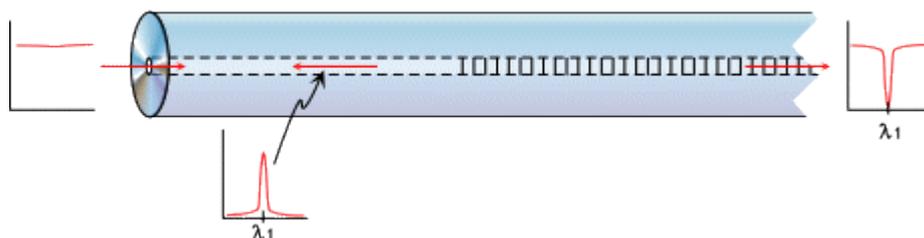
Οι αισθητήρες οπτικών ινών μπορούν να ταξινομηθούν γενικά ως πολλαπλού τρόπου και ενός τρόπου λειτουργίας. Οι εξωγενείς αισθητήρες είναι εκείνοι που χρησιμοποιούν την ίνα για να παρέχουν το φως σε μια συσκευή αντίληψης και να επιστρέψουν το φως σημάτων σε ένα σύστημα ανίχνευσης, το ίδιο κάνουν και οι ενδογενείς αισθητήρες που χρησιμοποιούν την ίδια την ίνα ως μετατροπέα.

Οι πολλαπλού τρόπου συσκευές μπορούν να βασιστούν στο πλάτος, στο φασματικό εύρος και στον τρόπο μετατροπής ως μέθοδος μέτρησης. Τα αποτελέσματα πλάτους μπορούν να καταδειχθούν τη μετάδοση από το τέλος της ίνας στο τέλος της άλλης όπου η διαμήκης ή εγκάρσια μετατόπιση έχει επιπτώσεις στη μετάδοση.

Η ανάκλαση από μια επιφάνεια χρησιμοποιώντας το τέλος της ίνας (s) ως σημείο μετάδοσης και λήψης, δίνει την εξάρτηση πλάτους καθώς επίσης και την εξάρτηση σε άλλα χαρακτηριστικά επιφάνειας. Ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να εμφανιστεί η ενεργειακή μετατροπή είναι να πιέσει την πολύτροπη ίνα, έτσι ώστε το διάγραμμα δεικτών διάθλασης να έχει κάποια διαταραχή επιτρέποντας έτσι αυτό τον τρόπο σύζευξης.

## Μονότροπες συσκευές

Η απώλεια κάμψεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο μέτρησης ή μέσο του ελέγχου εξασθένησης. Παρόμοια αποτελέσματα πλάτους στην πολύτροπη ίνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την μονότροπη ίνα όπου η ευαισθησία αυξάνεται με τα επίπεδα χαμηλότερου φωτός.



Τα φράγματα Bragg που εγγράφονται στον πυρήνα ινών μπορούν να γίνουν πολύ στενού εύρους ανακλαστήρες. Οι αλλαγές στην περίοδο φραγμάτων κατά τη διάρκεια της πίεσης επιτρέπουν στους μετρητές πίεσης να κατασκευαστούν κατά μήκος μιας συνεχούς ίνας ως σύστημα αντίληψης.

Οι συμβολομετρικές συσκευές μπορούν να κατασκευαστούν ως ενδογενείς αισθητήρες όπου η οπτική διαφορά δρόμων ή διαφορά φάσης σε ένα συμβολόμετρο εξαρτάται από μια εξωτερική φυσική επίδραση. Το γυροσκόπιο οπτικών ινών είναι πιθανώς το σημαντικότερο παράδειγμα όπου η περιστροφή ενός βρόχου Sagnac οδηγεί σε μια διαφορά φάσης. Όλα τα παραδοσιακά συμβολόμετρα όπως Michelson, Mach-Zehnder, Fizeau, Sagnac και Fabry-Perot μπορούν να κατασκευαστούν στην ίνα ως βρόγχος αντηχείου.

Οι οπτικές ιδιότητες της ίνας όπως η επίδραση Faraday επιτρέπουν ευαισθησία στα μαγνητικά πεδία χρησιμοποιώντας την περιστροφή πόλωσης. Η πόλωση που συντηρεί την ίνα χρησιμοποιείται εκτενώς στις συμβολομετρικές ρυθμίσεις για να εξαλείψει τα αποτελέσματα των αλλαγών περιστροφής του πεδίου και καταστάσεις της πόλωσης που εμφανίζονται στην μονότροπη ίνα.

Οι ηλεκτρονικοί, οπτικοί και μηχανικοί αισθητήρες είναι άφθονοι. Εάν οι αισθητήρες οπτικών ινών πρόκειται να είναι οικονομικώς αποδοτικότεροι, αυτό θα είναι ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα πέρα από αυτές τις ανταγωνιστικές τεχνολογίες. Η υψηλή ασυλία θορύβου παρουσία των ισχυρών ηλεκτρικών πεδίων είναι ένα πλεονέκτημα των φωτονίων σε έναν κυματοδηγό εναντίον των ηλεκτρονίων σε έναν αγωγό. Στους οπτικούς όρους η μονότροπη ίνα είναι το αντίτιμο μιας τέλει παράλληλης ακτίνας, αλλά είναι πολύ στενή και μπορεί να κάμψει για να ακολουθήσει οποιαδήποτε πορεία.

### **Το εξωγενές συμβολόμετρο Fizeau**

Ένας αισθητήρας μετατοπίσεων, επιτρέπει την ακρίβεια των νανόμετρων πέρα από μια μεγάλη δυναμική περιοχή διάφορων χιλιοστόμετρων. Η μια άκρη της ίνας χρησιμοποιείται ως πρώτος ανακλαστήρας και ο στόχος ως δεύτερος. Η άκρη λάμβάνει το σκεδαζόμενο φως από το στόχο και δημιουργεί το συμβαλλόμενο σήμα που διαβιβάζεται στο σύστημα ανίχνευσης το οποίο αποτελείται από ένα σερβομηχανισμό κροσσών και έναν μετρητή κροσσών συμβολής . Αυτός ο σερβομηχανισμός επιτρέπει την συμβολή της μετατόπισης μέσα σε έναν κροσσό λιγότερο από 1/100 του κροσσού.

Ο αισθητήρας μπορεί να διαμορφωθεί για τα παράγωγα της μετατόπισης όπως: ακουστικός, η δόνηση και η πίεση που αισθάνεται όπου η εκτροπή ενός διαφράγματος μετατρέπεται σε άλλη μορφή. Η σκιαγράφηση επιφάνειας χρησιμοποιεί ένα X,Y πεδίο μεταφράσεων για να δώσει ένα σκανάρισμα με κουκίδες και τρισδιάστατη επίδειξη.

Ένα καλό παράδειγμα αυτής της εφαρμογής είναι η μέτρηση του αφαιρεμένου πλαστικού δείγματος βαθμολόγησης PMMA από το Excimer laser που χρησιμοποιείται για προσομοίωση PRK στην οφθαλμική χειρουργική επέμβαση.

## 2.5 Χημικός αισθητήρας

Ένας χημικός αισθητήρας ορίζεται ως μια διάταξη μετατροπής που παρέχει τις πληροφορίες για τη χημική σύνθεση του περιβάλλοντός του. Ο χημικός αισθητήρας αποτελείται από ένα φυσικό στρώμα με μια ζευγαρωμένη διάταξη μετατροπής που συνδέεται με ένα χημικό στρώμα που είναι συχνά ένα εξωτερικό επίστρωμα.

Οι χημικοί αισθητήρες οπτικών ινών (Fiber optic chemical sensors, FOCS) λειτουργούν με τη μεταφορά του φωτός που παρέχει τις πληροφορίες για τα περιβαλλοντικά κατάλοιπα που περιβάλλουν τον αισθητήρα.

Το περιβάλλον που περιβάλλει έναν χημικό αισθητήρα είναι συνήθως αέρας ή νερό. Ένας FOCS μπορεί να ταξινομηθεί ως ενδογενής ή εξωγενής. Οι εξωγενή FOCS χρησιμοποιούν απλά μια οπτική ίνα ως μέσο μεταφοράς του φωτός. Ένα παράδειγμα είναι ο φθορισμός προκαλούμενος από laser (LIF). Η οπτική ίνα είναι μόνο ένας αγωγός για το laser φθορισμού για να μεταφερθεί σε έναν ανιχνευτή uphole.

Αντίθετα, οι ενδογενείς FOCS χρησιμοποιούν την ίνα άμεσα ως ανιχνευτή. Ένα μέρος επένδυσης οπτικών ινών αφαιρείται και αντικαθίσταται έπειτα με ένα χημικό στρώμα. Ο αισθητήρας τοποθετείται στα μέρη που αναλύονται. Η αλληλεπίδραση του καταλοίπου με το χημικό στρώμα δημιουργεί μια αλλαγή στην απορροφητικότητα, το συντελεστή ανάκλασης, το φθορισμό, ή την πόλωση. Η οπτική αλλαγή ανιχνεύεται έπειτα με τη μέτρηση της αλλαγής στο χαρακτηριστικό που μεταφέρεται από την οπτική ίνα.

### Χαρακτηριστικές χρήσεις

Οι χημικοί αισθητήρες οπτικών ινών (FOCS) έχουν αναπτυχθεί πρώτιστα για να μετρήσουν τα πτητικά συστατικά πετρελαίου όπως BTEX και χλωριωμένο VOCs όπως TCE, PCE, και το τετραχλωρίδιο άνθρακα στο νερό, τον αέρα, ή το εδαφολογικό αέριο. Οι αισθητήρες έχουν αναπτυχθεί για να τοποθετηθούν κάτω από τον έλεγχο των φρεατίων για να παρέχουν τις κανονικές μετρήσεις των

συγκεντρώσεων στα υπόγεια νερά. Οι FOCS μετρούν τις συνολικές συγκεντρώσεις και όχι τις μεμονωμένες πτητικές οργανικές χημικές ουσίες. Με τα κατάλληλα χημικά στρώματα, οι FOCS είναι σε θέση SVOCs επίσης.

### **Θεωρία της λειτουργίας**

Πολλοί από τους χημικούς αισθητήρες οπτικών ινών (FOCS) που έχουν αναπτυχθεί εμπορικά και έχουν χρησιμοποιηθεί είναι βασισμένοι στους αισθητήρες. Μια οπτική ίνα αποτελείται συνήθως από δύο βασικά μέρη, τον πυρήνα με έναν δείκτη διάθλασης, και την επένδυση με έναν διαφορετικό δείκτη διάθλασης.

Σε ένα χημικό αισθητήρα οπτικών ινών FOCS, ένα μέρος της επένδυσης αντικαθίσταται από ένα ιδιόκτητο επίστρωμα, το οποίο επιλεκτικά και ανατρεπτικά προσροφά τα οργανικά κατάλοιπα στοιχεία. Το επίστρωμα προσροφά τις οργανικές ουσίες αποκρούοντας το νερό. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των οργανικών καταλοίπων στόχων και του επιστρώματος αλλάζει το δείκτη διάθλασης του επιστρώματος. Η αλλαγή στο δείκτη μειώνει το ποσό φωτός που εκπέμπει μια δίοδος (LED) και διαβιβάζετε στον ανιχνευτή. Η επακόλουθη απώλεια φωτός που μετριέται από τον ανιχνευτή είναι ανάλογη προς τη συγκέντρωση των οργανικών ουσιών στο δείγμα.

Η φωτεινή μετάδοση σε μια οπτική ίνα πραγματοποιείται από τη συνολική εσωτερική ανάκλαση. Για να εμφανιστεί αυτή η ανάκλαση, η ίνα πρέπει να ντυθεί με ένα υλικό που να έχει δείκτη διάθλασης λιγότερο από αυτό του υλικού του πυρήνα. Μια χαρακτηριστική ίνα γυαλιού έχει έναν πυρήνα με δείκτη διάθλασης  $n=1,6$  και επένδυση με δείκτη διάθλασης των χαρακτηριστικών πλαστικών ινών  $n=1.5$ . Οι χαρακτηριστικές πλαστικές ίνες έχουν έναν πυρήνα polymethacrylate με δείκτη διάθλασης  $n=1,5$  και ένα πολυμερές επίστρωμα με έναν δείκτη  $n=1.4$ .

Άλλες τεχνικές μέτρησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν περιλαμβάνουν φθορισμό ή πόλωση. Ο τύπος τεχνικής μέτρησης που χρησιμοποιείται από τον κατασκευαστή υπαγορεύει την πηγή φωτός και τον χρησιμοποιούμενο ανιχνευτή.

## Τμήματα συστημάτων

Τα συστατικά ενός χημικού αισθητήρα οπτικών ινών (FOCS) αποτελούνται από μια πηγή φωτός, μια οπτική ίνα, και έναν ανιχνευτή. Η πηγή φωτός είναι η δίοδος LED. Μια άλλη κοινή πηγή φωτός είναι το laser χρωστικών ουσιών. Η οπτική ίνα είναι το ακέραιο συστατικό ενός FOCS.

Οι ανιχνευτές αποτελούνται από τις φωτοδιόδους, τους σωλήνες φωτοπολλαπλασιαστών (PMTs), ή τους μετρητές φωτονίων. Μια φωτοδίοδος πυριτίου, αποτελείται από μια ανάστροφα πολωμένη επαφή *PN* που διαμορφώνεται σε ένα τσιπ πυριτίου. Η ανάστροφη πόλωση μειώνει την αγωγιμότητα της δίοδου. Εάν η ακτινοβολία (φως) προσκρούσει στο τσιπ, οι οπές και τα ηλεκτρόνια επανασυνδέονται στο στρώμα απογύμνωσης και κινούνται μέσω της συσκευής για να παραγάγουν ένα ρεύμα που είναι ανάλογο προς την ακτινοβολία ισχύ. Οι δίοδοι πυριτίου είναι πιο ευαίσθητοι από τις κενές φωτολυχνίες αλλά λιγότερο ευαίσθητοι από τους σωλήνες φωτοπολλαπλασιαστών.

Οι φωτοδιόδοι έχουν φασματικό εύρος από 190 έως 1100 nanometers περίπου. Ένας σωλήνας φωτοπολλαπλασιαστών αποτελείται από έναν διαφανή φάκελο αποκαλούμενο φωτολυχνία με μια κάθοδο και μια άνοδο καλωδίων που σφραγίζονται μέσα. Η επιφάνεια της καθόδου υποστηρίζει ένα στρώμα υλικού που εκπέμπει τα ηλεκτρόνια όταν ακτινοβολούνται. Ο σωλήνας περιέχει επίσης τα πρόσθετα ηλεκτρόδια αποκαλούμενα dynodes. Το πρώτο dynode διατηρείται σε υψηλότερο δυναμικό από την κάθοδο και κάθε διαδοχικό dynode διατηρείται σε ένα ακόμα υψηλότερο δυναμικό. Τα ηλεκτρόνια που εκπέμπονται από αυτό το υλικό στην κάθοδο μετά από την ακτινοβολία επιταχύνονται προς το dynode. Επάνω στο χτύπημα του dynode, κάθε φωτοηλεκτρόνιο προκαλεί την εκπομπή διάφορων ηλεκτρονίων που επιταχύνονται προς το επόμενο dynode. Αφότου επαναληφθεί αυτή η διαδικασία εννέα φορές, 1 έως 10 εκατομμύρια ηλεκτρόνια έχουν διαμορφωθεί για κάθε συναφές φωτόνιο. Συλλέγετε διαδοχικά στην άνοδο και έπειτα το προκύπτον ρεύμα ενισχύεται και μετριέται ηλεκτρονικά.

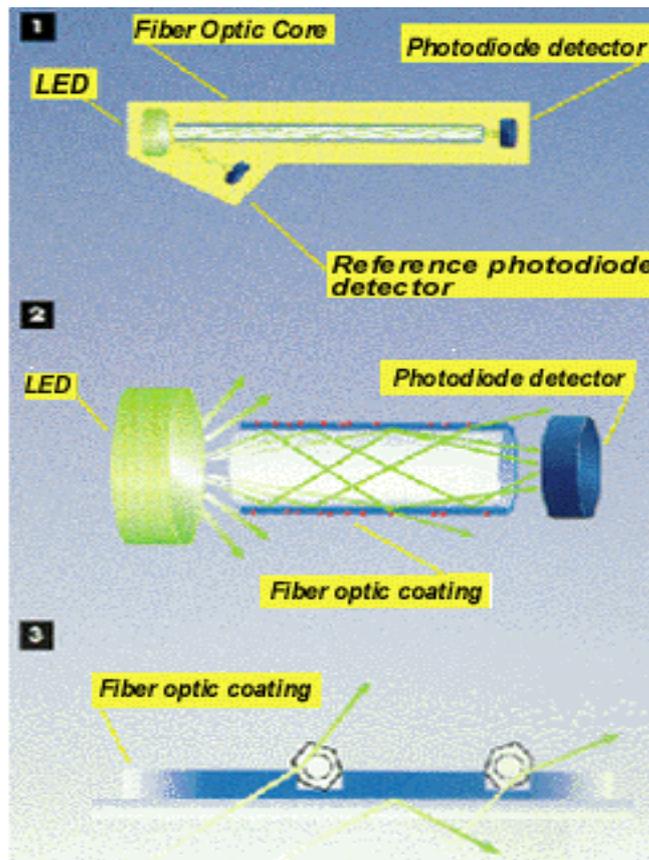
Οι PMTs είναι ευαίσθητοι, ιδιαίτερα στην υπεριώδη ακτίνα και το ορατό φως, και έχουν εξαιρετικά γρήγορους χρόνους απόκρισης. Οι PMTs περιορίζονται στη μέτρηση της χαμηλής ισχύος ακτινοβολίας επειδή το έντονο φως προκαλεί την αμετάκλητη βλάβη στις φωτοηλεκτρικές επιφάνειες. Η παραγωγή από έναν σωλήνα φωτοπολλαπλασιαστών αποτελείται από έναν παλμό των ηλεκτρονίων για κάθε φωτόνιο που φθάνει στην επιφάνεια ανιχνευτών. Το προκύπτον αναλογικό σήμα φιλτράρεται για να αφαιρέσει τις ανεπιθύμητες διακυμάνσεις λόγω της τυχαίας εμφάνισης των φωτονίων στη φωτοκάθοδο και μετριέται ως άμεση τάση συνεχούς ρεύματος (dc). Εάν η ελαφριά ένταση είναι πάρα πολύ χαμηλή για να παρέχει μια ικανοποιητική αναλογία σήματος προς θόρυβο, είναι δυνατό να μετατραπεί το αναλογικό σήμα σε μια ακολουθία μετρίσιμων ψηφιακών παλμών. Η μικρή ένταση, και τελικά η συγκέντρωση κατάλοιπων, είναι ανάλογες προς τον αριθμό παλμών ανά μονάδα χρόνου. Μια μέτρηση αυτού του τύπου καλείται υπολογισμός φωτονίων.

### **Τρόπος λειτουργίας**

Το παρακάτω σχήμα είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα για το πώς ένας ενδογενές χημικός αισθητήρας οπτικών ινών (FOCS) λειτουργεί. Το πρώτο μέρος παρουσιάζει αντιληπτά το στοιχείο σε FOCS που ενσωματώνει έναν κοντό πυρήνα οπτικών ινών με ένα χημικό επίστρωμα. Το φως διαβιβάζεται στην οπτική ίνα από μια δίοδο (LED) και ανιχνεύεται στο τέλος από έναν ανιχνευτή φωτοδίοδων. Ένας ανιχνευτής αναφοράς ελέγχει την παραγωγή και αντισταθμίζει τις διακυμάνσεις πηγής φωτός.

Το ποσό φωτός που διαβιβάζεται στον ανιχνευτή εξαρτάται από τη διαφορά στο δείκτη διάθλασης του πυρήνα οπτικών ινών και του χημικού επιστρώματος.

Όταν ο ανιχνευτής βυθίζεται στο νερό που περιέχει VOCs, το χώρισμα VOCs στο χημικό επίστρωμά του αλλάζει τον δείκτη διάθλασης του επιστρώματος που επιτρέπει στο φως να διαφύγει από την οπτική ίνα. Η επακόλουθη απώλεια φωτός που φθάνει στον ανιχνευτή συσχετίζεται στη συγκέντρωση του VOCs.



### **Κατάλοιπα στόχων**

VOCs και SVOCs. FOCS δεν είναι συγκεκριμένες ενώσεις και αποκρίνονται σε κατηγορίες ενώσεων.

### **Απόδοση προδιαγραφών**

Η απόδοση προδιαγραφών περιλαμβάνει τις πληροφορίες για τα όρια ανίχνευσης, τη βαθμολόγηση, και την προετοιμασία δειγμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εφαρμογές

### 3.1



### ΙΑΤΡΙΚΗ

Ο υψηλής ακρίβειας αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών και οι εξαιρετικά μικροσκοπικοί αισθητήρες πίεσης προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα στην ιατρική βιομηχανία. Με την προηγμένη τεχνολογία και τα υπάρχοντα πλεονεκτήματα ενός αισθητήρα οπτικών ινών, οι αισθητήρες παραδίδουν υψηλή ακρίβεια και παρουσία στις ηλεκτροχειρουργικές επεμβάσεις. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας και πίεσης είναι μικροί στο μέγεθος, κάτι το οποίο δίνει μια άλλη ανταγωνιστικότητα στους διαφορετικούς κατασκευαστές συστημάτων ή καθετήρων, όπου το μέγεθος είναι ένας σημαντικός παράγοντας.

Οι αισθητήρες οπτικών ινών είναι επίσης κατάλληλοι για τις ζωικές εφαρμογές φυσιολογίας, εντούτοις **δεν είναι ολοκληρωμένα προϊόντα που εγκρίνονται εύκολα για την κλινική χρήση**. Οι αισθητήρες οπτικών ινών σχεδιάζονται πρώτιστα για να ενσωματωθούν στο σύστημα πελατών. Δεν προορίζονται να χρησιμοποιηθούν όπως είναι για κλινική χρήση και ως εκ τούτου, δεν εγκρίνονται από το FDA ή από οποιουδήποτε ρυθμιστικούς οργανισμούς.

- **Εφαρμογές:**

1) Μέτρηση θερμοκρασίας στον τομέα της ανθρώπινης και ζωικής φυσιολογίας παρουσία του RF, MRI, του MW, και του περιβάλλοντος ηλεκτρο-χειρουργικών επεμβάσεων:

- a) Θερμοκρασία σώματος του πυρήνα
- b) Θερμοκρασία επιφάνειας
- c) Υποδερμική θερμοκρασία

2) Σχέδιο καθετήρων

3) Εφαρμογές R&D και OEM συστημάτων MRI



OEM



Single  
channel

4) Αποστείρωση

**-Αισθητήρες:**



OTP-A



Temperature  
Multipurpose

• OTP-A: αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών

• OTP-M: μικροσκοπικός και γρήγορης απόκρισης χρόνου αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών.



#### **-Καταστάσεις σημάτων:**

- PicoSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών
- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη
- OEM: OEM διαθέσιμη έκδοση.

#### 5) Μέτρηση πίεσης στον τομέα της ανθρώπινης και ζωικής φυσιολογίας:

- Ενδοαγγειακός έλεγχος πίεσης αίματος
- Έλεγχος Urodynamic
- Ενδοκρανιακός έλεγχος πίεσης
- Ενδομήτριος έλεγχος πίεσης
- Ενδοφθάλμιος
- Δια-αορτική άντληση μπαλονιών

6) Έρευνα καθετήρων, σχέδιο ανάπτυξης νέων προϊόντων.

7) Καρδιακοί οδηγοί καλωδίων-τοποθετημένοι αισθητήρες πίεσης.

8) Εφαρμογές καρδιακής βοήθειας.

9) Μέτρηση πίεσης κάτω από MRI και MW/RF σχετικούς αισθητήρες:

#### **-Αισθητήρες:**

- OPP-M: μικροσκοπικός και γρήγορης απόκρισης χρόνου αισθητήρας πίεσης οπτικών ινών. Σχεδιασμένος για να χρησιμοποιηθεί στους καθετήρες.



Pressure  
Physiological

**-Κατάσταση σημάτων:**

- Σύστημα ποσοστού δειγματοληψίας 250Hz:
- OEM: πλατφόρμα με σκοπό να προσαρμόσει -διευκρινισμένες εφαρμογές πελατών.

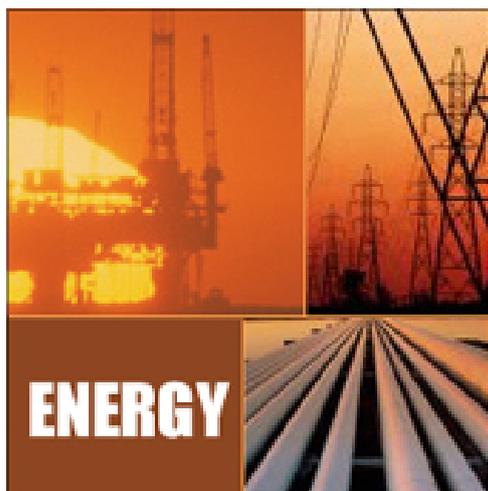
-Σύστημα ποσοστού δειγματοληψίας 20Hz:



Single  
channel

- PicoSens - φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών
- LabSens – 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

## 3.2



## ΕΝΕΡΓΕΙΑ

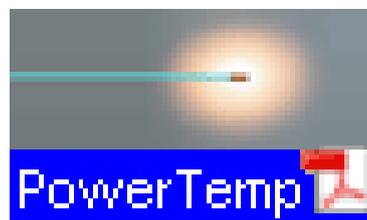
- **Εφαρμογές:**

1) Ισχύς: Έλεγχος θερμοκρασίας μετασχηματιστών

Σε πραγματικό χρόνο, άμεση μέτρηση θερμοκρασίας (θερμοκρασία δυναμικής ζώνης) μετασχηματιστών γεμισμένων στο πετρέλαιο.

**-Αισθητήρες:**

- PowerTemp: αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών που σχεδιάζεται ειδικά για τις εφαρμογές ελέγχου R&D μετασχηματιστών ισχύος ή τομέων συστημάτων συμβατών αποκτήσεων με των Pico PowerSens στοιχείων και PowerSens



Temperature  
Transformer  
winding

### **-Καταστάσεις σημάτων:**

- PowerSens: 6, 9 ή 12 πολυκάναλο σύστημα, συμβατό με τον αισθητήρα θερμοκρασίας οπτικών ινών PowerTemp



**PowerSens** 

**Multi-channel-  
transformer**

- Pico PowerSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών, συμβατό με τον αισθητήρα θερμοκρασίας οπτικών ινών PowerTemp



**PicoPowerSens** 

**Single channel  
transformer**

2) Γρήγορη παροδική αξιολόγηση της θερμοκρασίας σε περιβάλλον υψηλή τάσης.

HV σχεδιάγραμμα ανόδου θερμοκρασίας καλωδίων υπό δοκιμή υψηλής τάσης, υπολογισμός του ποσού αντίδρασης και συμπεριφοράς καλωδίων. Διαγνωστική δοκιμή στα τμήματα υψηλής τάσης

### **-Αισθητήρες:**

- OTP-A: αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών (γρήγορος χρόνος απόκρισης)

Καταστάσεις σημάτων:

- ProSens: 1 έως 16 rackmount υψηλής ταχύτητας πολυκάναλο σύστημα.
- 3) Μέτρηση θερμοκρασίας και έλεγχος Γεννήτριας RF.
  - 4) Μέτρηση θερμοκρασίας στο μετατροπέα φορτίων.
  - 5) Μέτρηση θερμοκρασίας στο πυρηνικό περιβάλλον.
  - 6) Βιομηχανικός διακόπτης διακοπών ηλεκτρονόμων .Μέτρηση θερμοκρασίας και πίεσης των βιομηχανικών διακοπών ηλεκτρονόμων. Καθορισμός της πραγματικής θέσης (ανοικτός ή κλειστός) των διακοπών.

### **-Αισθητήρες:**

- OTP-A: αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών
- OPP: αισθητήρας πίεσης οπτικών ινών

Καταστάσεις σημάτων:

- PicoSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών.
- LabSens: 4, 8,16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη
- FieldSens: 8, 16 ή 32. βιομηχανικό πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων και ελέγχου βαθμού.



**Industrial multi-  
channel**

- 7) Μέτρηση φορτίων στην ηλεκτρική γραμμή μετάδοσης.  
8) Δυναμική μέτρηση τάσης και πίεσης σε ένα Bus Bar. Χαρακτηρισμός αντίκτυπου και φορτίων κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής υψηλής τάσης.

9) Δοκιμή φορτίου.

Χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τις συσκευές για τις εφαρμογές ενισχυτών ισχύος επειδή παρουσιάζει το τι ακριβώς θα κάνει συσκευή υπό πραγματικές λειτουργούσες συνθήκες.

#### **-Αισθητήρες:**

- OSP: αισθητήρας έντασης οπτικών ινών



- OPP: αισθητήρας πίεσης οπτικών ινών

#### **-Καταστάσεις σημάτων:**

- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων, με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.
- FieldSens: 8, 16 ή 32 βιομηχανικό πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων και ελέγχου βαθμού.
- ProSens: 1 έως 16 rackmount , πολυκάναλο σύστημα υψηλής ταχύτητας.

10) Πετρέλαιο και αέριο.

11) Μέτρηση πίεσης στη διαχείριση πετρελαιοπηγών και δεξαμενών.

!2) Μέτρηση θερμοκρασίας στο θερμαμένο αέριο σύστημα παράδοσης.

13) Μέτρηση θερμοκρασίας της χημικής ουσίας στις εγκαταστάσεις καθαρισμού επεξεργασίας πετρελαίου.

**-Αισθητήρες:**

- OPP: αισθητήρας πίεσης οπτικών ινών.
- OTP-A: αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών.

**-Καταστάσεις σημάτων:**

- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη
- FieldSens: 8, 16 ή 32 βιομηχανικό πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων και ελέγχου βαθμού.
- ProSens: 1 έως 16 rackmount πολυκάναλο σύστημα υψηλής ταχύτητας

Άλλες εφαρμογές:

14) Μέτρηση θερμοκρασίας σε εφαρμογές υδρογόνου και δεξαμενές καυσίμων

**-Αισθητήρες:**

- OTP: αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών.

**-Καταστάσεις σημάτων:**

- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

### 3.3



### ΑΕΡΟΔΙΑΣΤΗΜΙΚΗ ΑΜΥΝΑ

- **Εφαρμογές:**

1) Προώθηση

- Δυναμική μέτρηση τάσης, πίεσης και επιμήκυνσης.
- Δοκιμές δομικής δύναμης.
- Δραστηριότητες R&D σε δυσμενή θερμική συνθήκη, στην καυστική ουσία υψηλής θερμοκρασίας, σε ευαίσθητα/εκρηκτικά περιβάλλοντα.

2) Αεροδιαστημική

- Δομική έρευνα και ανάπτυξη.
- Δυναμική μέτρηση πίεσης σε υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλον.
- Έλεγχος παραμόρφωσης στο πλαίσιο των πυρηνικών, περιβαλλόντων RF, και MW
- Μέτρηση πίεσης στις μηχανές στροβίλων.
- Μέτρηση πίεσης κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων δοκιμής πτήσης (άτρακτος, φτερά, κινητήρες).

### **-Αισθητήρες:**

- OSP: μικροσκοπικός και γρήγορης απόκρισης χρόνου αισθητήρας τάσης οπτικών ινών. Τοποθετείτε στην επιφάνεια, γίνετε ενσωματωμένος.
- OPP: μικροσκοπικός και γρήγορης απόκρισης χρόνου αισθητήρας πίεσης οπτικών ινών.

### **-Καταστάσεις σημάτων:**

- PicoSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών
- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη
- ProSens: 1 έως 16 rackmount πολυκάναλο σύστημα υψηλής ταχύτητας

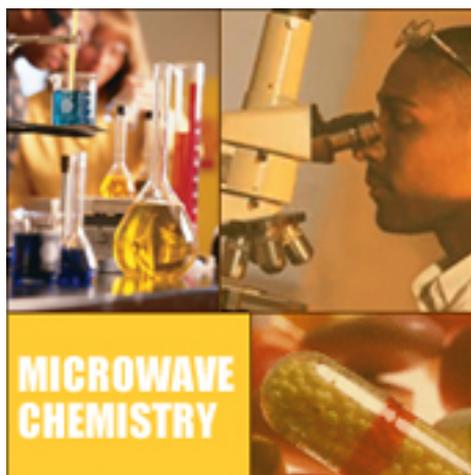
### 3) Ηλεκτροεκρηκτική συσκευή

Μέτρηση θερμοκρασίας στην εφαρμογή EED στο πλαίσιο των περιβαλλόντων RF και EMI/EMC.

### **-Αισθητήρες:**

- Αισθητήρας τύπων Metricor: γρήγορης απόκρισης χρόνου, μικροσκοπικός αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών. Αυτός ο αισθητήρας οπτικών ινών είναι συμβατός με το σύστημα αποκτήσεων δεδομένων Photonetics Metricor M1420.

### 3.4



## ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

- **Εφαρμογές:**

1) Σύνθεση μικροκυμάτων. Τα μικροκύματα βοήθησαν την οργανική σύνθεση, στην Ιατρική χημεία, στην φαρμακευτική καθώς και στη σύνθεση στερεάς θέρμανσης.

2) Θέρμανση μικροκυμάτων που εφαρμόζεται στην κεραμική και στα πολυμερή σώματα.

3) Χημεία μικροκυμάτων και έλεγχος διεργασίας.

- **-Αισθητήρες:**

- OTP-A: αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών .

- **-Καταστάσεις σημάτων:**

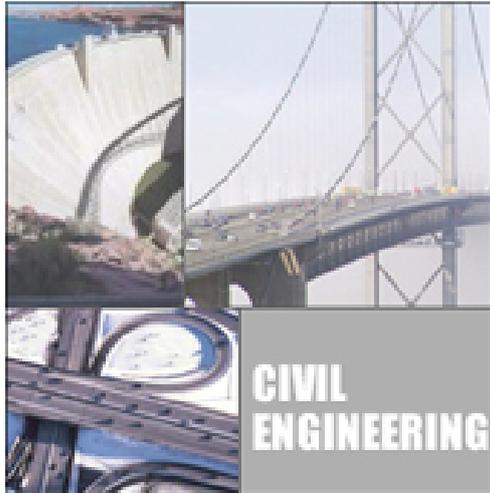
- OEM διαθέσιμη πλατφόρμα, σχεδιασμένη για να προσαρμόσει τις διευκρινισμένες εφαρμογές του πελάτη.

*Για εργαστηριακή χρήση:*

- PicoSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών.

- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων, με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

### 3.5



### ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

- **Εφαρμογές:**

1) Έλεγχος κατάστασης αστικών δομών

- Φράγμα

- Γέφυρες

- Πεζοδρόμιο

- Σήραγγα

- Δραστηριότητες R&D

2) Έλεγχος της προκληθείσας βλάβης

3) Οποιαδήποτε αστική δοκιμή παραμόρφωσης δομών που απαιτεί το χρονικό έλεγχο ζωής στο πλαίσιο των σκληρών περιβαλλόντων.

**-Αισθητήρες:**

- OSP: μικροσκοπικός και γρήγορης απόκρισης χρόνου αισθητήρας έντασης οπτικών ινών. Τοποθετείτε στην επιφάνεια, γίνεται ενσωματωμένος.

- OPP: αισθητήρας πίεσης οπτικών ινών.

### **-Καταστάσεις σημάτων:**

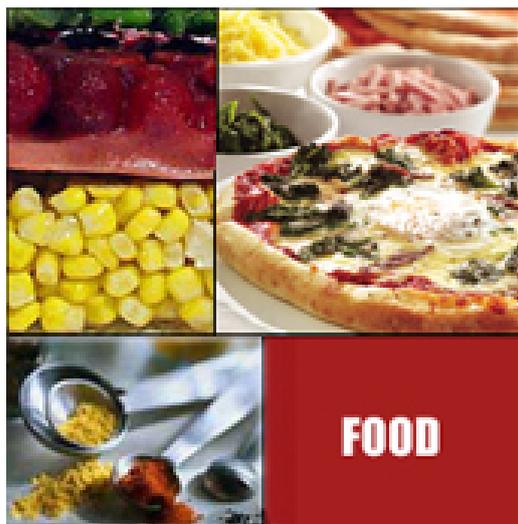
*Για εργαστηριακή χρήση:*

- PicoSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών.
- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων, με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

Ελεγχόμενος τομέας:

- FieldSens: 8, 16 ή 32 βιομηχανικού βαθμού πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων και ελέγχου.

### **3.6**



### **ΤΡΟΦΙΜΑ**

- **Εφαρμογές:**

1) Ανάπτυξη νέων προϊόντων (παγωμένα τρόφιμα)

Χρησιμοποιεί για να προσδιορίσει την ακριβή, ασφαλή και αποτελεσματική θερμοκρασία και τη διάρκεια μαγειρέματος.

2) Σχέδιο Cookware.

Έρευνα φούρνων μικροκυμάτων (R&D): Κουζίνα δοκιμής, όπως.: οδηγοί μαγειρέματος, πρόγραμμα μαγειρέματος αυτόματης θέρμανσης.

3) Δοκιμή τροφίμων MW

Παγωμένα τρόφιμα: η έρευνα της διανομής θερμότητας κατά τη διαδικασία μικροκυμάτων η οποία καθορίζει το χρόνο που απαιτείται για να ξεπαγώσει, να λιώσει ή να μαγειρέψει το δείγμα.

4) Σχέδιο και δοκιμή φούρνων MW

5) Δραστηριότητες R&D - έλεγχος διανομής της θερμότητας σε έναν φούρνο

6) Νέα υλική έρευνα στα συστατικά τροφίμων

7) Διαδικασία αποστείρωσης, παστερίωσης και ακτινοβολίας τροφίμων

8) Μετρίαση τροφίμων

9) Συσκευασία τροφίμων.

Γίνετε έλεγχος πίεσης κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μικροκυμάτων στη συσκευασία τροφίμων για τον αέρα που διαρρέει, και για τυχόν άλλες αποτυχίες.

**-Αισθητήρες:**

- OTP-A: αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών

**-Καταστάσεις σημάτων:**

- PicoSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών.
- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

10) Ποιοτικός έλεγχος στα σύνθετα τρόφιμα και τα βιολογικά υλικά.

Ο αισθητήρας πίεσης οπτικών ινών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ερευνήσει τη συνδυασμένη επίδραση της θερμοκρασίας και της πίεσης στα τρόφιμα και στα υλικά που υποβάλλονται στα μικροκύματα.

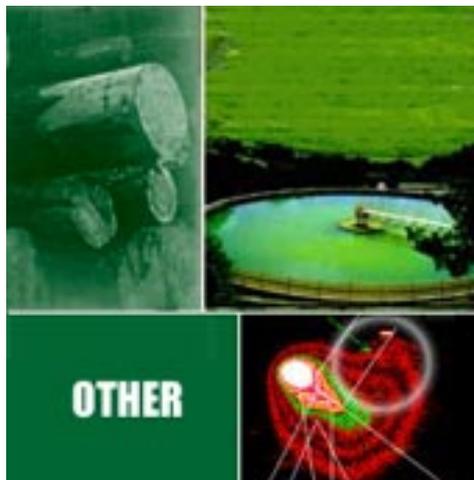
### -Αισθητήρες:

- OPP: αισθητήρας πίεσης οπτικών ινών.

### -Καταστάσεις σημάτων:

- PicoSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών.
- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

## 3.7



### ΆΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- Εφαρμογές:

- 1) Μέτρηση θερμοκρασίας στη αυτοκινητιστική βιομηχανία  
- Θερμοκρασία εξάτμισης αέριου από την εσωτερική μηχανή.

### -Αισθητήρες:

- OTP-A: αισθητήρας θερμοκρασίας οπτικών ινών.

### **-Καταστάσεις σημάτων:**

- PicoSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών.
- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.
- FieldSens: 8, 16 ή 32 βιομηχανικού βαθμού πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων και ελέγχου.

2) Οποιοσδήποτε εφαρμογές μέτρησης πίεσης κάτω από υψηλή θερμοκρασία, υψηλή τάση, EMI/RFI, χημικά πτητικά και εκρηκτικά περιβάλλοντα.

- Εγκαταστάσεις κατεργασίας ύδατος

3) Έλεγχος πίεσης συμπιεστών

### **-Αισθητήρες:**

- OPP: μικροσκοπικός και γρήγορης απόκρισης χρόνου αισθητήρας τάσης οπτικών ινών.

### **-Καταστάσεις σημάτων:**

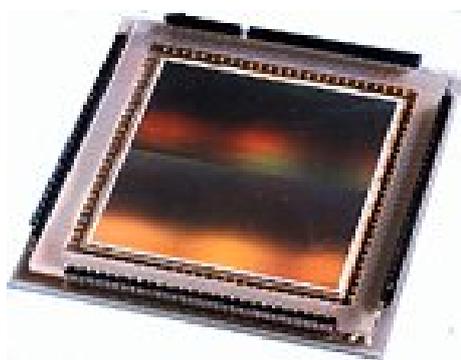
- PicoSens: φορητό σύστημα ενιαίων καναλιών
- LabSens: 4, 8, 16 ή 32 πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων με τα εκτεταμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη
- FieldSens: βιομηχανικό πολυκάναλο σύστημα αποκτήσεων και ελέγχου βαθμού 8, 16 ή 32 .
- ProSens: 1 έως 16 rackmount πολυκάναλο σύστημα υψηλής ταχύτητας

### 3.7.1 Ένας οπτικός αισθητήρας ινών για τις ρωγμές στις συγκεκριμένες δομές

Το ράγισμα είναι ένας σημαντικός δείκτης για την κατάσταση των συγκεκριμένων δομών. Οι μικρές ρωγμές (0.204mm) μπορούν να επιτρέψουν την εύκολη διείσδυση του ύδατος ή άλλων χημικών ουσιών που μπορεί να οδηγήσει στη διάβρωση χάλυβα. Οι μεγάλες ρωγμές (> 1mm) μπορούν να δηλώσουν σοβαρή βλάβη. Δεδομένου ότι το σκυρόδεμα είναι ένα ιδιαίτερα ανομοιογενή υλικό, οι ακριβείς θέσεις ρωγμών είναι αδύνατες να προβλεφθούν. Αισθητήρες του συμβατικού σημείου, όπως οι μετρητές πίεσης, δεν είναι αποτελεσματικοί υπό την έννοια ρωγμών. Έτσι, αναπτύχθηκε ένας αισθητήρας ρωγμών οπτικών ινών που μπορεί να ανιχνεύσει και να ελέγξει τις πολλαπλάσιες ρωγμές χωρίς πρόωρη γνώση των θέσεών τους.

Τα πρόσφατα αποτελέσματα που περιγράφονται για την ανάπτυξη αυτού του αισθητήρα, είναι η επεξεργασία και η εγκατάσταση των εξωτερικών και εσωτερικών αισθητήρων ρωγμών καθώς επίσης και τα θεωρητικά και πειραματικά αποτελέσματα για το μικτό έλεγχο ρωγμών τρόπου.

Γίνετε μελέτη της απόδοσης του αισθητήρα ρωγμών υπό δυναμικούς όρους φόρτωσης. Η μελέτη παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την ανάπτυξη του αισθητήρα για τις δομές υπό σεισμικούς όρους,



### **3.7.2 Οι αισθητήρες οπτικών ινών δίνουν στις επιχειρήσεις πετρελαίου έναν νέο τρόπο να κοιτάζουν κάτω από μια σκοτεινή τρύπα.**

Το σκοτεινό, βρώμικο περιβάλλον μιας πετρελαιοπηγής μπορεί να είναι η τελευταία θέση που θα αναμέναμε να λάμψει μια οπτική ίνα, αλλά η χρήση των αισθητήρων οπτικών ινών είναι να ελέγξουν τα φρεάτια και να χαρακτηρίσουν το πετρέλαιο παίρνοντας τον ατμό.

Το Schlumberger άρχισε τις οπτικές τεχνικές στις πετρελαιοπηγές στις αρχές της δεκαετίας του '90 όταν εισήγαγαν ένα φασματοσκόπιο που ανέλυσε τη χημική σύνθεση του πετρελαίου στο έδαφος, που χρησιμοποιεί το φως που παραδίδεται και που επιστρέφεται μέσω μιας οπτικής ίνας μέσα στο φρεάτιο. Πιο πρόσφατα, έχουν χρησιμοποιήσει την ίνα για να αντληθούν το γεγονός, παρά για να μεταβιβαστεί ακριβώς το φως.

Χρησιμοποιώντας το γεγονός ότι η σκέδαση Raman είναι εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία, εγκαθιστούν ημι-μόνιμους αισθητήρες οπτικών ινών στα σφραγισμένα φρεάτια που μπορούν να ελέγξουν την κατάσταση του φρεατίου κατά μήκος, το οποίο μπορεί να είναι τουλάχιστον 15 χλμ. Έναν έλεγχο αισθητήρων από τις τεχνολογίες Intune, τεχνολογίες που αναδεικνύονται για την βιομηχανική-κατασκευαστική αγορά, ο οποίος περιέχει το laser, την ηλεκτρονική, και τον υπολογιστή για να ενεργοποιήσει τους αισθητήρες οπτικών ινών στις εφαρμογές τομέων .

Μια αλλαγή στη θερμοκρασία σημαίνει ότι υπάρχει μια απροσδόκητη ροή του ρευστού σε εκείνο το σημείο κατά μήκος της ίνας, ίσως δείχνοντας ότι το τοίχος έχει διαβρώθει και έχει αναπηδήσει μια διαρροή. Μπορεί επίσης να δώσει καλά τις πληροφορίες χειριστών για τις παρεμποδίσεις.

Τα φρεάτια σκάβονται, σφραγίζονται, και τίθενται σε λειτουργία. Στο παρελθόν, δεν υπήρξε κανένας τρόπος να ελεγχθεί το εσωτερικό περιβάλλον χωρίς να σταματήσει την παραγωγή, το καλό άνοιγμα, και την αποστολή κάτω από τον εξοπλισμό όπως μια τηλεοπτική φωτογραφική μηχανή. "Για να επιστρέψει και να στείλει κάτω ειδικά

διαγνωστικά μπορεί να κοστίσει εκατομμύρια δολάρια ή περισσότερα, και διακόπτετε το φρεάτιο για μια ημέρα ή δύο," λέει ο Schroeder.

Με τη σταθερά που παρέχει η τεχνολογία οπτικών ινών, δεν υπάρχει καμία ανάγκη να διακοπεί κάτι για να ελεγχθεί. Μπορεί να περιμένει μέχρι το στοιχείο να παρουσιάσει ότι υπάρχει ανάγκη. Το ίδιο πράγμα είναι αληθινό σε οποιοδήποτε τύπο σωλήνα που να υπόκειται στη διάβρωση. Η πετροχημική βιομηχανία ξοδεύει \$4 δισεκατομμύρια ετησίως αντικαθιστώντας τους σωλήνες στις εγκαταστάσεις τους, σωλήνες που μπορούν ακόμα να έχουν κάποια χρησιμότητα.

”Τεράστια χρηματικά ποσά θα μπορούσαν να κερδηθούν, εάν μπορέσετε να βρείτε έναν φτηνό τρόπο όσο αφορά τη διάβρωση των σωλήνων, και οι αισθητήρες οπτικών ινών μπορούν να το κάνουν αυτό”, λέει ο Dunne. Η επιχείρησή του κάνει μια ανακάλυψη για να παρέχει και να συλλέξει το φως από το laser που ταξιδεύει μέσω της ίνας. Η συσκευή αποτελείται από ένα ηλεκτρονικά ρυθμισμένο laser ημιαγωγών σε ένα κιβώτιο που γίνεται αρκετά τραχύ να χειριστεί τα σκληρά περιβάλλοντα ελέγχου.

Στο μέλλον, καθώς οι ερευνητές έρχονται να καταλάβουν περισσότερα για τη ροή του ρευστού, η ελπίδα είναι ότι θα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν αυτούς τους αισθητήρες οπτικών ινών για να συναγάγουν το μίγμα του πετρελαίου, του νερού, και του αέριου καλά και να υπολογίσει την παραγωγική ικανότητά του, λέει ο Schroeder.

Ο μόνος τρόπος να γίνει αυτό πριν από την τεχνολογία οπτικών ινών ήταν να παρουσιαστούν τα δείγματα και να εξεταστούν, αλλά οι αλλαγές θερμοκρασίας και πίεσης σήμαναν ότι οι πληροφορίες δεν ήταν εξακριβωμένες, όπως και οι μετρήσεις δεν θα μπορούσαν να γίνουν στον πραγματικό χρόνο κατά μήκος ολόκληρου του φρεατίου.



## Πτώση πίεσης

Η οπτική ίνα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει την πίεση, με τον ίδιο σχεδόν τρόπο μετρούν την πίεση κατά μήκος των γεφυρών. Η ίνα περιέχει τα φράγματα Bragg, τα οποία αλλάζουν το μήκος κύματος του φωτός που ταξιδεύει μέσω τους. Σε μια γέφυρα, μια αλλαγή στο μήκος κύματος σημαίνει ότι η δομή κάμπει, και κάμπουν τα φράγματα μαζί της. Στις πετρελαιοπηγές, η ίνα είναι τυλιγμένη σε μια θήκη μετάλλων, η οποία παραμορφώνει κάτω από τις αλλαγές πίεσης ή θερμοκρασίας και συμπιέζει τα φράγματα.

Η ίνα βασισμένη στους αισθητήρες είναι ακόμα πολύ νέα στη βιομηχανία πετρελαίου. Αλλά ο Schroeder λέει δεδομένου ότι οι επιχειρήσεις πετρελαίου τους συνηθίζουν, και όπου οι εφαρμογές, όπως η σκέδαση, επιτρέπουν στους χρήστες να κάνουν τα πράγματα που δεν θα μπορούσαν να κάνουν πριν, οι αισθητήρες οπτικών ινών πρέπει να συνεχίσουν να διαπερνούν την αγορά.

### 3.7.3 Οι αισθητήρες οπτικών ινών ανιχνεύουν τις χαλασμένες ράγες και τις ελαττωματικές ρόδες

Οι σπασμένες ράγες ή οι χαλασμένες ρόδες μπορούν να προκαλέσουν τα ατυχήματα τραίνων με την πιθανή βλάβη, απώλεια ζωής, τραυματισμών ή ιδιοκτησίας. Οι ερευνητές στο πανεπιστήμιο του Illinois κατασκευάζουν τους αισθητήρες οπτικών ινών που μπορούν να βελτιώσουν την ασφάλεια τραίνων με την ανίχνευση των ρωγμών στις ράγες και τις ρόδες.

"Οι αισθητήρες μας είναι βασισμένοι στη μετάδοση οπτικών σημάτων μέσω των ευαίσθητων οπτικών ινών που είναι σταθερά συνδεδεμένες με τις ράγες με εποξικό και την ταινία," λέει ένας καθηγητής της ηλεκτρικής (ο Chuang) και εφαρμοσμένης μηχανικής υπολογιστών. "Χρησιμοποιούμε την οπτική ίνα για να αισθανθούμε μια περιβαλλοντική αλλαγή - όπως το βάρος ενός τραίνου που περνά ή της πίεσης που δημιουργείται με ένα ραγισμένο, σπασμένο ή λυγισμένο τρένο."

Η έρευνα για αυτούς τους αισθητήρες θα βοηθήσει να προστατεύσει και το φορτίο και τις επιβατικές αμαξοστοιχίες από τον εκτροχιασμό, με όποια ταχύτητα ταξιδεύουν. Σε ένα σχέδιο αισθητήρων, το βάρος ενός τραίνου που περνά προκαλεί την πίεση στη ράγα, η οποία μεταφέρεται στη συνημμένη ίνα. Η ένταση του φωτός που διαβιβάζεται μέσω της ίνας θα εξαρτηθεί από την συνθήκη της ράγας και το ποσό προκληθείσας πίεσης. Εκτός από την ανίχνευση των χαλασμένων ραγών, αυτός ο αισθητήρας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της θέσης και της ταχύτητας ενός τραίνου.

"Η συσκευή χρησιμοποιεί ένα οπτικό σύστημα ανακλασσίμετρου (reflectometry) χρονικών περιοχών, που μετρά την απώλεια σημάτων στην οπτική ίνα ως συνάρτηση της απόστασης χρησιμοποιώντας μια χρονοπεριορισμένη τεχνική ανίχνευσης σφυγμού," λέει ο Chuang. Ένα κινούμενο τρένο δημιουργεί τις διαταραχές στην οπτική μετάδοση της ίνας, έτσι το σύστημα παίρνει διάφορες ανιχνεύσεις και μετρά την απόσταση στις διαταραχές προκειμένου να επισημανθεί η οποιαδήποτε ανωμαλία για την αποφυγή κάποιας βλάβης.

#### **3.7.4 Αισθητήρες οπτικών ινών για τη μέτρηση του οξυγόνου που διαλύεται στο νερό**

Χρώματα της αλλαγής πολλών μετάλλων παρουσία του διαλυμένου οξυγόνου.

Οι αισθητήρες οπτικών ινών για τη μέτρηση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου που διαλύεται στο νερό υποβάλλονται σε ανάπτυξη. Σε σύγκριση με τους ηλεκτροχημικούς αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου, οι αισθητήρες οπτικών ινών αναμένονται να είναι ευκολότεροι να χρησιμοποιηθούν και να διατηρηθούν. Επίσης, αντίθετα από τους ηλεκτροχημικούς αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου, οι αισθητήρες οπτικών ινών διαλυμένου οξυγόνου είναι τροποποιήσιμοι στη σύνδεση των δικτύων για τη λήψη των μετρήσεων επί πολλαπλάσιων τόπων.

Οι αισθητήρες οπτικών ινών ανιχνεύουν το οξυγόνο μέσω των αλλαγών στο χρώμα. Ένας αισθητήρας αυτού του τύπου περιλαμβάνει μια οπτική ίνα που ντύνεται με μια πολυμερή μήτρα οξυγόνο-διεύθυνσης. Τα συγκεκριμένα συστήματα μετάλλων που εκθέτουν τη γρήγορη και αντιστρέψιμη σύνδεση του οξυγόνου με τις σχετικές αλλαγές στα οπτικά φάσματα απορρόφησης είναι ακινητοποιημένα στην πολυμερή μήτρα. Σε λειτουργία, η ντυμένη ίνα βυθίζεται στο νερό επί τόπου δοκιμής, και μέσω των οπτικοηλεκτρονικών συστατικών που συνδέονται με την οπτική ίνα, μετρίεται το φάσμα απορρόφησης των συγκροτημάτων μετάλλων στο επίστρωμα. Το φάσμα απορρόφησης είναι έπειτα μεταφρασμένο στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου.

Η αρχή απορρόφησης των αισθητήρων που αναπτύσσονται είναι συμβατή με ένα δίκτυο των διανεμημένων αισθητήρων οπτικών ινών και οδηγεί στο χαμηλότερο κόστος της ενοργάνωσης.

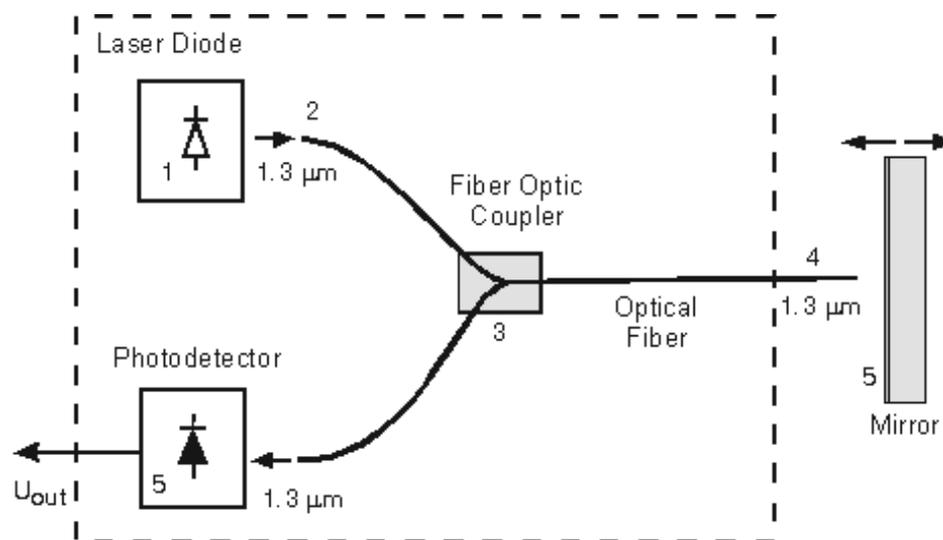
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Σχετικά θέματα

### 4.1 Οπτικό συμβολόμετρο ινών FABRY-PEROT

Το φαινόμενο της συμβολής του φωτός κρύβεται κάτω από υψηλής ακρίβειας μετρήσεις συστημάτων και αισθητήρων. Η χρήση των οπτικών ινών επιτρέπει να καταστήσει τέτοιες συσκευές εξαιρετικά συμπαγείς και οικονομικές.

Δύο βασικοί τύποι συμβολόμετρων οπτικών ινών είναι γνωστοί: Mach-Zehnder και Fabry-Perot. Στο οπτικό συμβολόμετρο ινών Fabry-Perot η ανάκλαση εμφανίζεται στη μερικώς ανακλαστική επιφάνεια τέλους (end face) της ίνας και ενός εξωτερικού κατόπτρου. Το μέγεθος του ευαίσθητου στοιχείου βασισμένου σε αυτήν την αρχή μπορεί να είναι τόσο μικρό όσο η διάμετρος της ίνας, δηλ. περίπου 0,1 χιλ., και η ευαισθησία, μπορεί να επιτύχει το επίπεδο sub-angstrom. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για ένα τέτοιο συμβολόμετρο μια οπτική πηγή χαμηλής συμφωνίας (που μπορεί να είναι ακόμη και μια superluminescent δίοδος). Μπορεί να διαμορφωθεί εύκολα για τη χρήση σε πολλές επιστημονικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Επιπλέον, τέτοιο συμβολόμετρο δεν είναι ευαίσθητο στην ηλεκτρομαγνητική παρέμβαση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εχθρικό περιβάλλον.

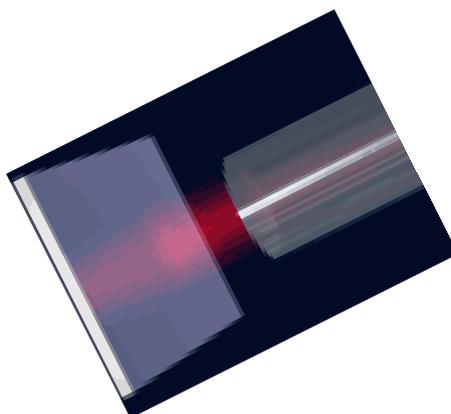
Αρχή της λειτουργίας του οπτικού συμβολόμετρου ινών Fabry-Perot.



Η ακτινοβολία της διόδου 1 laser εισέρχεται στην ίνα 2 και διαδίδεται μέσω του συζεύκτη 3 στην ίνα 4. Κατόπιν, ένα μέρος της ακτινοβολίας ανακλάται από το end face της ίνας 4 και το άλλο μέρος της ακτινοβολίας διαφεύγει στον αέρα και ανακλάται από το κάτοπτρο 5 και επιστρέφει πίσω στην ίνα 4. Η οπτική ακτίνα που ανακλάται από το end face της ίνας 4 συμβάλλει με την ακτίνα που ανακλάται από το κάτοπτρο. Κατά συνέπεια η ένταση της οπτικής ακτινοβολίας στο φωτοανιχνευτή 5 να αλλάζει περιοδικά ανάλογα με την απόσταση  $x_0$  μεταξύ της ίνας και του κατόπτρου ως εξής:

$$I = 2I_0 \left( 1 + \cos \left( \frac{4\pi}{\lambda} x_0 + \varphi_0 \right) \right)$$

Η μετατόπιση του κατόπτρου κατά το μισό του μήκους κύματος αλλάζει τη διαφορά δρόμου των συμβαλλόμενων ακτινών κατά  $2\pi$ , η οποία αντιστοιχεί σε μια περίοδο μεταβολής της έντασης ακτινοβολίας στο φωτοανιχνευτή.

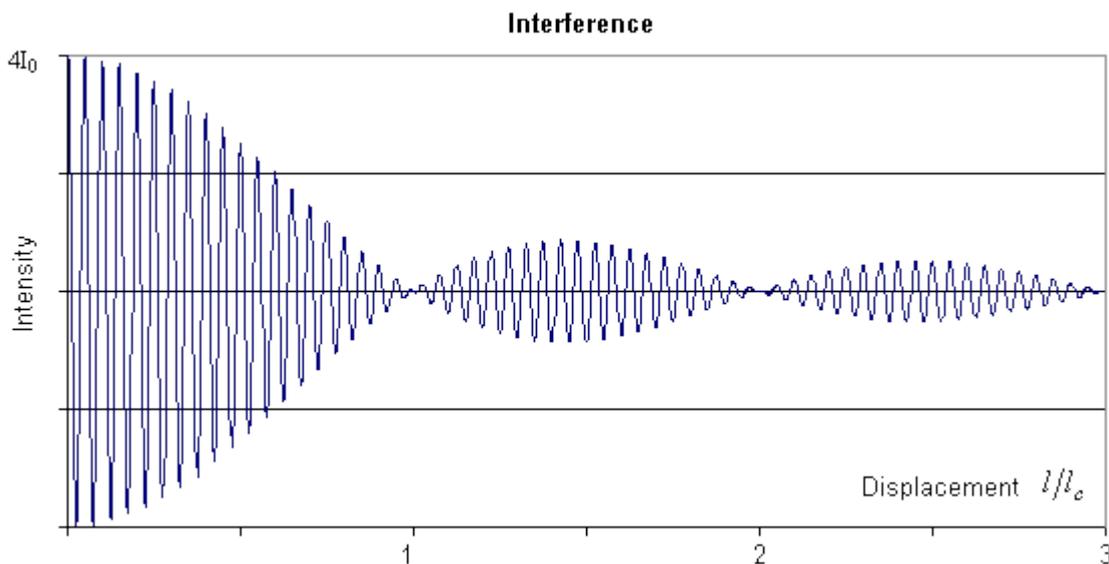


Ωστόσο, μια οπτική ακτινοβολία δεν μπορεί να είναι ακριβώς μονοχρωματική, και συνεπώς έχει περιορίσει το μήκος συμφωνίας. Η ακτινοβολία της διόδου laser αποτελείται χαρακτηριστικά από ένα φάσμα συχνότητας και το φασματικό εύρος  $\Delta\lambda$  είναι ίσο περίπου με 3-5 nm. Το μήκος συμφωνίας  $l_c$  μιας τέτοιας ακτινοβολίας μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

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

Αντικαθιστώντας σε αυτήν την εξίσωση τις χαρακτηριστικές παραμέτρους του μονότροπου διοδικού laser μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι το μήκος συμφωνίας είναι ίσο με το 0.5 millimeter περίπου. Χρησιμοποιώντας τη διόδο laser με τα φράγματα ινών Bragg σε οπτική ίνα επιτρέπει το μήκος συμφωνίας να είναι πολλά χιλιόμετρα.

Η ορατότητα των κροσσών συμβολής εξαρτάται από το φασματικό εύρος (και, συνεπώς, από το μήκος συμφωνίας) του φωτός. Η διεύρυνση της διαφοράς δρόμου των συμβαλλόμενων ακτινών μειώνει την ορατότητα της εικόνας συμβολής. Όταν η διαφορά δρόμου φθάνει στο μήκος συμφωνίας, η ορατότητα είναι ίση με 0,



Η παραπάνω εικόνα παρουσιάζει την συμβολή μεταξύ δύο ακτίνων με ίση ένταση σε συνάρτηση της διαφοράς δρόμου ( $l$ ) προς το μήκος  $l_c$  συμφωνίας. Αυτή η συνάρτηση περιγράφεται από την εξίσωση:

$$I = 2I_0 \left\{ 1 + \frac{\sin \xi}{\xi} \cos \left( 2 \frac{l_c}{\lambda} \xi \right) \right\}; \quad \xi = \pi(l/l_c)$$

όπου το  $I_0$  είναι η ένταση για κάθε μια από τις συμβάλλουσες ακτίνες,  $\lambda$  είναι το μήκος κύματος.

Γενικά, η ένταση των συμβαλλόντων ακτινών μπορεί να είναι διαφορετική. Για παράδειγμα, σε ένα συμβολόμετρο οπτικών ινών, η ένταση της ακτίνας που ανακλάται από το end face της ίνας είναι ένα μέγεθος διαφορετικό από την ένταση της ακτινοβολίας που ανακλάται από το κάτοπτρο και επιστρέφει πίσω στην ίνα. Σε αυτήν την περίπτωση 100% ορατότητα της συμβολής δεν μπορεί να επιτευχθεί ακόμη και σε μια μηδενική διαφορά δρόμων συμβαλλόμενων ακτινών.

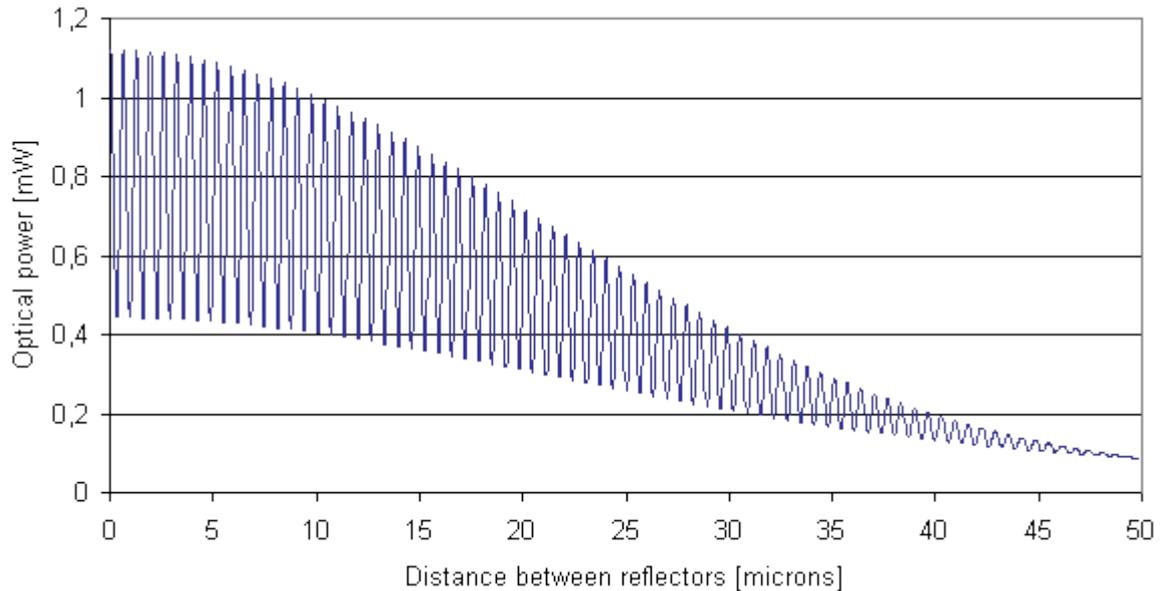
$$I = I_1 + I_2 + 2\gamma\sqrt{I_1 I_2} \cos \varphi$$

όπου  $\varphi$  είναι η διαφορά φάσης των συμβαλλόντων ακτίνων, το  $I_1$  και το  $I_2$  είναι εντάσεις αυτών των δύο ακτίνων και  $\gamma$  είναι ο βαθμός συμφωνίας.

Στο συμβολόμετρο οπτικών ινών Fabry-Perot,  $I_1 = R_1 I_0$  είναι η ένταση του φωτός που ανακλάται από την επιφάνεια end face της ίνας  $I_2 = (1 - R_1)^2 R I_0$  είναι η ένταση του φωτός που ανακλάται από ένα εξωτερικό κάτοπτρο και επιστρέφει πίσω στην ίνα, το  $I_0$  είναι η ένταση της ακτινοβολίας του διοδικού laser που εισάγεται στην ίνα, το  $R_1$  είναι η ανακλαστικότητα του τέλους της ίνας και το  $R$  είναι η ανακλαστικότητα του εξωτερικού κατόπτρου. Για την ίνα χαλαζία  $R_1 = 0.04$  είναι ανακλαστικότητα Fresnel της συνοριακής επιφάνειας μεταξύ πυρήνα με δείκτη διάθλασης  $n = 1,5$  και αέρα με δείκτη διάθλασης  $n = 1$ . Κατά συνέπεια, όταν η απόσταση μεταξύ των κατόπτρων είναι ίση με  $x_0$ , τότε η ένταση που ανιχνεύεται από έναν φωτοανιχνευτή περιγράφεται ως εξής:

$$I = I_0 \left\{ R_1 + (1 - R)^2 R + 2(1 - R_1) \sqrt{RR_1} \frac{\sin \xi}{\xi} \cos \left( 4\pi \frac{x_0}{\lambda} \right) \right\}$$

Γενικά, λόγω της απόκλισης του φωτός στην παραγωγή της ίνας το ποσοστό της ακτινοβολίας που ανακλάται από ένα εξωτερικό κάτοπτρο και που επιστρέφει πίσω στην ίνα εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ της ίνας και του κατόπτρου. Η χαρακτηριστική εξάρτηση της οπτικής ισχύος του φωτοανιχνευτή σε συνάρτηση της απόστασης μεταξύ των ανακλαστών της ίνας και του εξωτερικού κατόπτρου δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Η εικόνα παρουσιάζει την υπολογιστική προσομοίωση του οπτικού συμβολόμετρου ινών Fabry-Perot που διαμορφώνεται από ένα μερικώς ανακλαστικό end face της οπτικής ίνας και ενός εξωτερικού κινητού κατόπτρου. Όταν η απόσταση μεταξύ της ίνας και του κατόπτρου είναι μικρότερη από το μήκος συμφωνίας, μπορούμε να παρατηρήσουμε την συμβολή και την ένταση του φωτός σε συμβολομετρικούς παλμούς με τις μετατοπίσεις κατοπτρών. Η ορατότητα της συμβολής αυξάνεται με τη μείωση της απόστασης μεταξύ του κατόπτρου και της ίνας. Μπορούμε επίσης να δούμε την δυναμική κίνηση της εικόνας στην άκρη της ίνας που ανακλάται από το κάτοπτρο. Αυτή η ανάκλαση χρησιμοποιείται μερικές φορές στην πράξη για να ευθυγραμμίσει την ίνα κάθετα στο κάτοπτρο (σε αυτήν την περίπτωση η ίνα και οι ανακλάσεις της βρίσκονται σε μια γραμμή που είναι ορατή κάτω από ένα μικροσκόπιο).

Έπειτα, θα θεωρήσουμε το συμβολομετρικό σήμα ως αποτέλεσμα της ανάκλασης του φωτός από δονούμενες επιφάνειες (αντηχεία). Όταν το αντηχείο ταλαντεύεται, η διαφορά φάσης των συμβαλλόμενων ακτινών μεταβάλλεται ως εξής:

$$\Delta\varphi(t) = (4\pi/\lambda)x_0 \sin(\omega t - \eta) = \varphi_0 \sin(\omega t - \eta)$$

όπου  $\varphi_\omega$  είναι η διαφορά φάσης, το  $x_0$  είναι το πλάτος ταλάντωσης του αντηχείου. Αυτό προκαλεί την ακόλουθη διαμόρφωση της φωτεινής έντασης που ανακλάται από την κοιλότητα του συμβολόμετρου:

$$I(t) \cong \cos \left\{ \frac{4\pi}{\lambda} x_0 \sin(\omega t - \eta) + \varphi_0 \right\}$$

όπου  $\varphi_0$  είναι η διαφορά φάσης μεταξύ των συμβαλλόντων ακτινών όταν το αντηχείο είναι σε ισορροπία.

Αναλύοντας το  $I(t)$  σε μια σειρά Fourier βρίσκουμε τα χαρακτηριστικά της διαμόρφωσης του εύρους:

$$I(t) \cong J_1(\varphi_\omega) \sin(\omega t - \eta) \sin \varphi_0 - J_2(\varphi_\omega) \cos(2\omega t - 2\eta) \cos \varphi_0 + \dots$$

όπου το  $J_1(\varphi_\omega)$  είναι η Bessel συνάρτηση. Όταν  $\varphi_\omega \ll 1$  και  $\varphi_0 = \pi/2 + \pi k$  (η  $k$  είναι μια σταθερά ακέραιων αριθμών), τότε  $J_1(\varphi_\omega)$  είναι ίσα με περίπου  $\varphi_\omega/2$  και, επομένως, ένα άλλο συστατικό της έντασης  $I(t)$  θα είναι ανάλογο προς τη μετατόπιση του αντηχείου από την ισορροπία:  $I_\omega \sim \sin(\omega t)$ .

## 4.2 Αισθητήρες μικροαντηχείων οπτικών ινών

Οι αισθητήρες οπτικών ινών, στους οποίους το μικρομηχανικό αντηχείο (resonator) ενεργεί ως ευαίσθητο στοιχείο, έχουν προταθεί για τη μέτρηση πολλών φυσικών παραμέτρων, όπως η δύναμη, η θερμοκρασία, η πίεση και η επιτάχυνση. Η βασική αρχή είναι ότι η μετρούμενη παράμετρος αλλάζει τη φυσική συχνότητα του μικροαντηχείου. Οι δονήσεις του μικροαντηχείου είναι ανιχνεύσιμες από το φως. Μια ολοκληρωμένη οπτική προσέγγιση που χρησιμοποιεί τις οπτικές ίνες για την μετάδοση του φωτός προσφέρει την ηλεκτρική παθητικότητα, ενώ η έξοδος του αισθητήρα, που είναι η συχνότητα, είναι ανεξάρτητη της μετάδοσης. Η χρήση των "μεταλλικών γυαλιών" ως υλικό μικροαντηχείου ανοίγει νέα δυνατότητα για την αντίληψη των εξωτερικών δραστηριοτήτων μέσω των αλλαγών του μαγνητικού πεδίου.

### **Μετρούμενες παράμετροι**

- Επιτάχυνση και δόνηση
- Πίεση
- Δύναμη και πίεση
- Θερμοκρασία
- Μαγνητικό πεδίο

### **Κύρια πλεονεκτήματα**

- Ηλεκτρική παθητικότητα
- Κωδικοποίηση συχνότητας του σήματος παραγωγής
- Ελαφρύς αισθητήρας

### **Υλικά για μικροαντηχεία**

- Πυρίτιο, ντοπαρισμένο με Βόριο
- Διοξείδιο πυριτίου
- Νιτρίδιο πυριτίου
- ‘‘Μεταλλικό γυαλί’’

### **Παθητικότητα**

Οι αισθητήρες μικροαντηχείων που είναι ηλεκτρικά παθητικοί μπορούν να λειτουργήσουν παρουσία της ισχυρής ηλεκτρομαγνητικής παρέμβασης, σε εχθρικό περιβάλλον, με εκρηκτικότητα, ενώ οι παθητικοί αισθητήρες δεν μπορούν να ανιχνεύσουν ηλεκτρικά

## **Έξοδος συχνότητας**

Η χρησιμοποίηση της συχνότητας ως παράμετρος πληροφοριών για μια ποσότητα που μετριέται παρουσιάζει δύο σημαντικά πλεονεκτήματα: μπορεί να διαβιβαστεί μέσω των εκτεταμένων συστημάτων σε μεγάλη απόσταση χωρίς οποιοδήποτε λάθος και δεύτερον, μπορεί εύκολα να ψηφιοποιηθεί μετρώντας τις περιόδους.

## **Μικροαντηγεία Πυριτίου**

Πολύ συχνά το μικροαντήγιο είναι ένας σφικκτήρας πυριτίου που γεφυρώνει τα δύο άκρα.

## **Ανάπτυξη**

Η ανάπτυξη των αισθητήρων μικροαντηγείων οπτικών ινών απαιτεί τις κοινές προσπάθειες διάφορων κλάδων της επιστήμης και της τεχνολογίας:

- Μικροηλεκτρονική
- Ραδιοηλεκτρονική
- Οπτική ινών

## **Εφαρμογή**

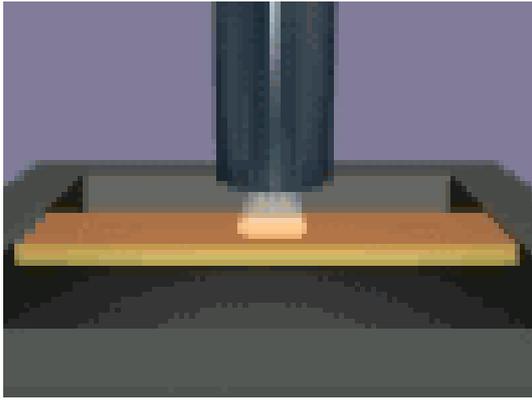
- Αεροδιαστημικοί καθοδήγηση και έλεγχος
- Βιομηχανικός έλεγχος
- Εντοπισμός βλάβης στις αστικές, μηχανικές, και αεροδιαστημικές δομές (γέφυρες, εθνικές οδοί, κτήρια, πλατφόρμες πετρελαίου, κλπ....)
- Παθητική απόσβεση
- Ειδικές μετρήσεις στον τομέα και το εργαστήριο

## Εισαγωγή

Η δημιουργία των οπτικών ινών με έναν μικρό συντελεστή εξασθένησης έχει ενθαρρύνει την ανάπτυξη των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται εξ ολοκλήρου από τα οπτικά σήματα και χωρίς απαίτηση εξωτερικής ηλεκτρικής τροφοδοσίας. Αυτοί οι αισθητήρες καλούνται συχνά παθητικοί αισθητήρες. Αυτό σημαίνει ότι τα ευαίσθητα στοιχεία τέτοιων αισθητήρων δεν έχουν οπωσδήποτε ηλεκτρικά κυκλώματα, ημιαγωγούς, κ.λπ., για να αποτελέσουν, σε πολλές περιπτώσεις, μόνο στοιχεία όπως το πυρίτιο και το διοξείδιο πυριτίου. Αυτά τα υλικά είναι ηλεκτρικά παθητικά, δηλαδή δεν διαστρεβλώνουν τα ηλεκτρικά περιβάλλοντα και τα μαγνητικά πεδία, δεν ακτινοβολούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν είναι ευαίσθητα στην ηλεκτρομαγνητική παρέμβαση.

Οι παθητικοί αισθητήρες μπορούν να λειτουργήσουν παρουσία της ισχυρής ηλεκτρομαγνητικής παρέμβασης, σε ένα εχθρικό περιβάλλον, με εκρηκτικότητα, και σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτοί οι όροι εμφανίζονται συχνά στις πλατφόρμες πετρελαίου, σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, και σε πολλές άλλες καταστάσεις. Οι εφαρμογές των αισθητήρων οπτικών ινών είναι ευρέως γνωστές για τη μέτρηση της θερμοκρασίας, της πίεσης, της δύναμης, της μετατόπισης, της επιτάχυνσης, της έντασης κ.λπ.

Επίσης, οι παθητικοί αισθητήρες έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα συνήθως ως κωδικοποιημένοι αισθητήρες και απαιτούν τις ειδικές προδιαγραφές όπως ένα κανάλι αναφοράς προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι επιρροές της μακροπρόθεσμης γήρανσης των χαρακτηριστικών της πηγής καθώς επίσης και των βραχυπρόθεσμων διακυμάνσεων της οπτικής απώλειας ισχύος στο καλώδιο για την ακρίβεια των μετρήσεων.



**Εικ.1.** Οπτικό συμβολόμετρο ινών Fabry-

Perot που αποτελείται από το μικροαντηχείο και την άκρη της οπτικής ίνας.

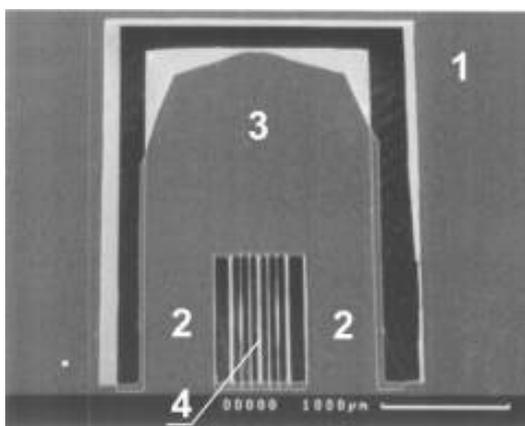
Μια σκέψη για τους κωδικοποιημένους αισθητήρες συχνότητας οπτικών ινών γίνεται με τη χρήση μικρομηχανικών αντηχείων δομών που χαράζονται ανισοτροπικά στο πυρίτιο και είναι συχνότερα σε μια μορφή ορθογώνιας ακτίνας που στερεώνεται και στις δύο άκρες σε ένα συγκριτικά ογκώδες υπόστρωμα. Η βασική αρχή είναι ότι η παράμετρος ενδιαφέροντος (όπως η επιτάχυνση ή η πίεση) παραμορφώνει το υπόστρωμα, η μηχανική πίεση εμφανίζεται μέσα στη δέσμη του αντηχείου και συνεπώς, η συχνότητα του αντηχείου αλλάζει αναλογικά την παράμετρο ενδιαφέροντος.

Τα μηχανικά αντηχεία αναγνωρίζονται καλά στη γενική βιομηχανία μετατροπέων ως παροχή της δυνατότητας για τις ακριβείς μετρήσεις, τα κωδικοποιημένα σήματά τους μπορούν να διαβιβαστούν εύκολα χωρίς διαστρέβλωση. Στην τεχνολογία οπτικών ινών, τα αντηχεία θέτονται σε κίνηση και διεγείρονται οπτικά. Η διέγερση της μηχανικής ταλάντωσης ολοκληρώνεται φωτοθερμικά χρησιμοποιώντας μια μεταβαλλόμενη ως προς την ένταση ακτινοβολίας laser, ενώ οι μετατοπίσεις της δέσμης του αντηχείου ανιχνεύονται με τη χρήση του συμβολόμετρου Fabry-Perot.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των μικροαντηχείων αισθητήρων οπτικών ινών είναι το ψηφιακό σήμα παραγωγής (συχνότητα), που υποβάλλεται σε επεξεργασία εύκολα και δεν εξαρτάται από την φωτεινή ένταση, και η ηλεκτρική παθητικότητα, η οποία επιτρέπει στον αισθητήρα να χρησιμοποιηθεί παρουσία της ισχυρής ηλεκτρομαγνητικής παρέμβασης.

### 4.2.1 Τεχνική Microfabrication.

Το μικροαντήχαιο σχηματίζεται γενικά υπό μορφή ορθογώνιας δέσμης (μερικά microns thick και 200-1000 micron long) που στερεώνεται και στις δύο άκρες σε ένα συγκριτικά ογκώδες υπόστρωμα. Η βασική αρχή είναι ότι η ενδιαφερομένη παράμετρος (όπως η δύναμη, η θερμοκρασία, η επιτάχυνση ή η πίεση) παραμορφώνει το υπόστρωμα και μεταβάλλει έτσι τη συχνότητα συντονισμού του μικροαντηχείου.



**Εικ.2.** Μικροδομή πυριτίου:

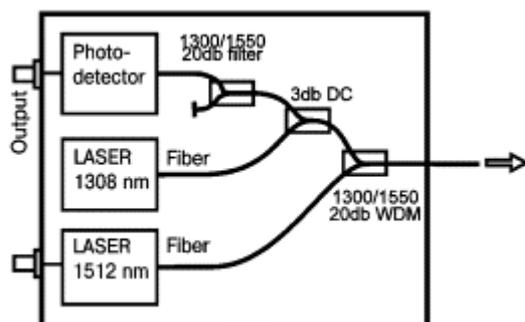
1 - περιβάλλον πλαίσιο, 2 - ακτίνα υποστήριξης, 3 - κινητή μάζα, 4 - μικροαντηχεία.

Η εικόνα 2 παρουσιάζει την μικροδομή πυριτίου που αναπτύσσεται και κατασκευάζεται. Αυτή η μικροδομή πυριτίου αποτελείται από 2 περιβάλλουσες ακτίνες ενός πλαισίου και δύο που υποστηρίζουν τη μάζα 3. Στο πλαίσιο δράσης της εφαρμοσμένης επιτάχυνσης η μάζα 3 μπορεί να κινηθεί ελαφρώς σε κατεύθυνση κάθετη προς το πλάνο της δομής που κάμπει τις ενισχυτικές ακτίνες. Αυτή η κάμψη αναγκάζει μια εκτατή πίεση για να εφαρμοστεί στην ακτίνα μικροαντηχείου. Η συχνότητα αντήχησης του μικροαντηχείου εξαρτάται από την εφαρμοσμένη πίεση, καθώς και από την εφαρμοσμένη επιτάχυνση.

Η χρήση του μεταλλικού γυαλιού (άμορφο μέταλλο) στα μικροαντηχεία ανοίγει νέες δυνατότητες για την παθητική αντίληψη των μαγνητικών πεδίων και των σχετικών τιμών τους, όπως η μετατόπιση, η επιτάχυνση ή η δύναμη. Σε αυτήν την περίπτωση το μικροαντήχαιο είναι μια προεξέχουσα ακτίνα που στερεώνεται από τη μία πλευρά, η οποία μπορεί να κοπεί με την ενίσχυση του υψηλής ισχύος laser ή από τις

τυποποιημένες υγρές τεχνικές χαρακτηριστικής. Η συχνότητα αντήχησης της μεταλλικής προεξέχουσας δομής γυαλιού είναι ποικίλη με ένα μαγνητικό πεδίο μέσω της μαγνητοελαστικής επίδρασης, καθώς επίσης και μέσω της αλληλεπίδρασης δύναμης ενός μαγνητικού πεδίου με μια μαγνητισμένη άκρη αντηχείων.

### Οπτικό μέρος



Εικ. 3. Οπτικό μέρος των αισθητήρων

μικροαντηχείων οπτικών ινών.

Η ταλάντωση της ακτίνας μικροαντηχείου ανιχνεύεται με την ενίσχυση του συμβολόμετρου Fabry-Perot χαμηλής-αντίθεσης. Οι ανακλαστήρες του συμβολόμετρου είναι στην τελική επιφάνεια εξόδου της μονότροπης οπτικής ίνας και στην μερικώς ανακλαστική επιφάνεια του μικροαντηχείου. Όταν το αντηχείο ταλαντεύεται, η διαφορά φάσης των συμβαλλόντων ακτινών διαμορφώνεται και η μεταβαλλόμενη ως προς την ένταση ακτινοβολία ανιχνεύεται από μια φωτοδίοδο. Η ταλάντωση μικροαντηχείου διεγείρεται φωτοθερμικά από μια μεταβαλλόμενη ως προς την ένταση οπτική ακτινοβολία.

Δύο δίοδοι laser με διαφορετικά μήκη κύματος χρησιμοποιούνται για τη διέγερση της μηχανικής ταλάντωσης του μικροαντηχείου. Το σχέδιο του οπτικού συστήματος παρουσιάζεται στην Εικ.3. Η ταλάντωση μικροαντηχείου διεγείρεται από την οπτική ακτινοβολία στο μήκος κύματος 1.5nm που πάλλετε με τη φυσική συχνότητα μικροαντηχείου. Αυτή η ακτινοβολία μεταφέρεται από τη δίοδο laser στην δομή του αντηχείου από μια οπτική ίνα. Η μηχανική ταλάντωση διεγείρετε φωτοθερμικά όταν απορροφάτε ακτινοβολούμενος παλμός στο μήκος κύματος 1550 nm από το μικροαντηχείο.

Η ίδια ίνα χρησιμοποιείται επίσης για την ανίχνευση της ταλάντωσης μικροαντηχείου. Το τέλος της ίνας και η αντανακλαστική επιφάνεια της δομής του αντηχείου διαμορφώνουν την κοιλότητα Fabry- Perot. Αυτή η κοιλότητα φωτίζεται από το φως CW της δεύτερης διόδου laser στο μήκος κύματος 1300 nm. Έτσι, όταν δονείται η μικροακτίνα, η διαμορφωμένη ως προς την ένταση οπτική ακτινοβολία διαδίδεται πίσω με την οπτική ίνα στον ανιχνευτή φωτοδίοδων. Αλλά, εάν δεν λαμβάνουμε τα ειδικά μέτρα, η διαμορφωμένη ακτινοβολία στο μήκος κύματος 1550 nm θα εισαχθεί στη φωτοδίοδο που παρεμποδίζει το σήμα του συμβολόμετρου. Για αυτό το λόγο ο πολυπλέκτης μήκους κύματος 1300/1550 nm (wdm) πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να χωρίσει αυτά τα δύο οπτικά σήματα. Ένα πρόσθετο φίλτρο στα 1550 nm καταστέλλει το υπόλοιπο οπτικό σήμα στο μήκος κύματος 1550 nm πριν από το φωτοανιχνευτή. Δύο πολυπλέκτες μήκους κύματος 20 db χώρισαν το οπτικό σήμα σε διαφορετικά μήκη κύματος κατά 40 db. Κατά συνέπεια το μικροαντήχειο ταλαντεύεται στη συχνότητα αντήχησης και το ηλεκτρικό σήμα εμφανίζεται στην ίδια συχνότητα, στην παραγωγή του φωτοανιχνευτή.

### **4.3 Φράγματα Bragg σε οπτικές ίνες**

Τα φράγματα ινών Bragg σε οπτικές ίνες, αρχικά αναπτυγμένα για να πολυπλέκουν σήματα μέσα σε οπτικά δίκτυα, τώρα επιτρέπουν στους αισθητήρες να ανιχνεύουν την πίεση, τις αλλαγές στην θερμοκρασία και άλλες φυσικές ιδιότητες.

#### **Τεχνολογία και σχέδιο αισθητήρων**

Οι αισθητήρες οπτικών ινών εξελίχθηκαν από την τεχνολογία που αναπτύχθηκε αρχικά για τις τηλεπικοινωνίες, και το κύμα της επένδυσης σε αυτόν τον τομέα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90, βελτίωσε την απόδοση των τμημάτων ινών και βοήθησε να μειώσει το σχετικό κόστος τους. Αυτή η τάση χρησίμευσε στο να ενισχύσει τα εγγενή πλεονεκτήματα ότι οι φωτονικοί αισθητήρες παρουσιάζουν πάντα κάποια σύγκριση με τους συμβατικούς ηλεκτρονικούς και ηλεκτρομηχανικούς αντίστοιχα.

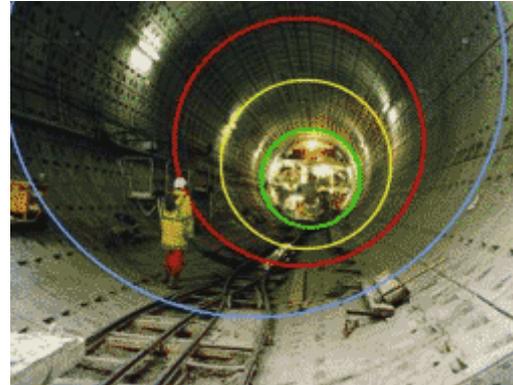
Οι αισθητήρες οπτικών ινών τείνουν να γίνουν μικρότεροι και ελαφρύτεροι από τις ηλεκτρονικές συσκευές, και δίνουν την υψηλότερη ταχύτητα, ευαισθησία, και εύρος ζώνης. Τα διηλεκτρικά υλικά γυαλιού ή πλαστικού που αποτελούν την οπτική ίνα καθιστούν αυτούς τους αισθητήρες παθητικούς και άνοσους στο EMI. Αυτό εξασφαλίζει αξιόπιστη λειτουργία ακόμα και όταν είναι τοποθετημένοι κοντά στο μεγάλο ηλεκτρικό εξοπλισμό όπως οι γεννήτριες ή οι μηχανές.

Επειδή οι αισθητήρες οπτικών ινών δεν παράγουν ούτε θερμότητα ούτε σπινθήρες, μπορούν ακίνδυνα να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλοντα όπως εγκαταστάσεις καθαρισμού πετρελαίου, δοχεία σιταριού, ορυχεία, και χημικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Ούτε οι τυποποιημένες ίνες γυαλιού χάνουν οποιαδήποτε από την απόδοσή τους στα διαβρωτικά περιβάλλοντα ή στις θερμοκρασίες που φθάνουν τους 450 βαθμούς Farenait .Ειδικές ίνες μπορούν να επεκτείνουν τη λειτουργία αισθητήρων πάνω από 1200 βαθμούς Farenait .

Επειδή η διάδοσή της αντίληψης των σημάτων λειτουργεί βασισμένη στα φωτόνια παρά στα ηλεκτρόνια, μια ενιαία τετμημένη ίνα μπορεί να διαμορφώσει τους διανεμημένους ή παραταγμένους αισθητήρες που καλύπτουν τις μεγάλες περιοχές. Το ίδιο σκέλος μπορεί επίσης να μεταβιβάζει τις συγκεκριμένες πληροφορίες σε μια μακρινή μονάδα χιλιόμετρα μακριά. Με τις περαιτέρω τροποποιήσεις, τα στοιχεία της ίνας μπορούν να διαμορφώσουν πολλές συσκευές επεξεργασίας σήματος (π.χ., θραύστες, συνδυαστές, πολυπλέκτες, φίλτρα, γραμμές καθυστέρησης), καθιστώντας μετρήσιμα όλα τα συστήματα.

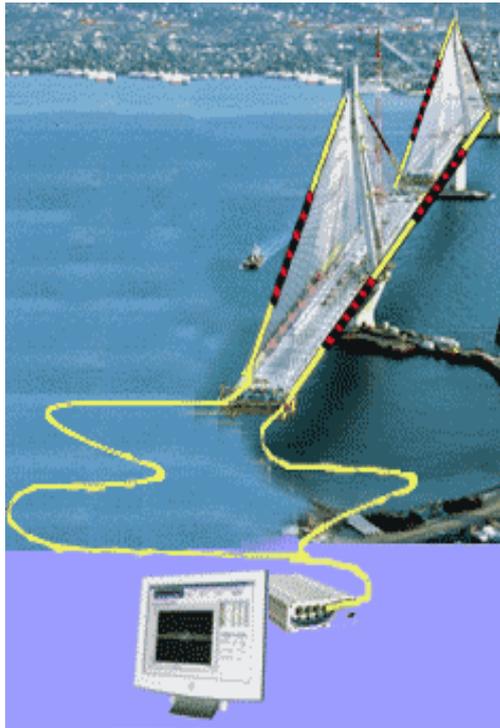
Αυτά τα πλεονεκτήματα και η γεωμετρική μεταβλητότητα τις ίνας, έχουν βρει αναρίθμητες εφαρμογές με τις διαστημικές απαιτήσεις, τα σκληρά περιβάλλοντα, ή το EMI και RFI. Πιο συγκεκριμένα, οι αισθητήρες οπτικών ινών χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για να μετρήσουν την πίεση, τη θερμοκρασία, την ένταση, τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής, την επιτάχυνση, και πολλές άλλες παραμέτρους. Αυτήν την περίοδο, μπορούν να βρουν την πίεση στις γέφυρες, στις γεννήτριες αέρα, στα βυτιοφόρα με πετρέλαιο, στα πολυόροφα κτίρια και άλλες δομές, καθώς επίσης και τη θερμοκρασία και την πίεση ελέγχου στο κατώτατο σημείο των πετρελαιοπηγών και των δεξαμενών.

Τα συστήματα αισθητήρων οπτικών ινών δουλεύουν για την ασφάλεια και είναι αντίθετα σε τρομοκρατικές εφαρμογές.



Οι FBG (Bragg Grating Fibres) αισθητήρες οπτικών ινών έχουν τη δυνατότητα μέτρησης θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης, επιτάχυνσης, κλπ. Το συγκριτικό τους πλεονέκτημα είναι ότι διαθέτουν δυνατότητα μεταξύ τους διασύνδεσης δημιουργώντας οπτικά δίκτυα και καλύπτοντας μεγάλες και δυσπρόσιτες επιφάνειες.

Τα δίκτυα των αισθητήρων, οι οποίοι μπορούν να είναι επικολλημένοι ή και εμφυτευμένοι σε δομές διαφόρων ειδών, χρησιμοποιούνται για τη δυναμική και αυτοματοποιημένη συλλογή δεδομένων και τη δημιουργία συστημάτων εποπτείας, ελέγχου και παρακολούθησης.



**Οι εφαρμογές αυτών των συστημάτων περιλαμβάνουν:**

- ❖ Εποπτεία / Παρακολούθηση Μεταβολών Περιβάλλοντος
- ❖ Παρακολούθηση Σεισμικής Δραστηριότητας
- ❖ Αυτοματοποιημένο Έλεγχο Δομικής Ακεραιότητας Μεγάλων Τεχνικών Έργων (Τούνελ, Γέφυρες, Φράγματα, Δίκτυα Αγωγών Πετρελαίου και Αερίου, Μεγάλα Κτίρια κ.α.)
- ❖ Εποπτεία Γραμμής Παραγωγής

Ειδικότερα για μια χώρα όπως η Ελλάδα με έντονη σεισμική δραστηριότητα λύσεις που αφορούν στην Παρακολούθηση των Επιπτώσεων της Σεισμικής Δραστηριότητας και στον Αυτοματοποιημένο Έλεγχο της Δομικής Ακεραιότητας Μεγάλων Τεχνικών Έργων αποτελούν πρώτη προτεραιότητα και η ευρεία υιοθέτηση τους θα αποφέρει σοβαρά οικονομικά οφέλη και σίγουρα σημαντικό κοινωνικό όφελος.

#### 4.4 Σύστημα SHM

Το Σύστημα Αυτοματοποιημένου Ελέγχου Δομικής Ακεραιότητας (Structural Health Monitoring - SHM) είναι ένας τομέας που αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς σε διεθνές επίπεδο. Ουσιαστικά ο όρος Structural Health Monitoring αφορά στη διαδικασία παρακολούθησης της κατάστασης μιας δομής όπως μεγάλα τεχνικά έργα, αεροσκάφη, σκάφη, δίκτυα αγωγών κλπ, με σκοπό την ανίχνευση πιθανών αστοχιών.



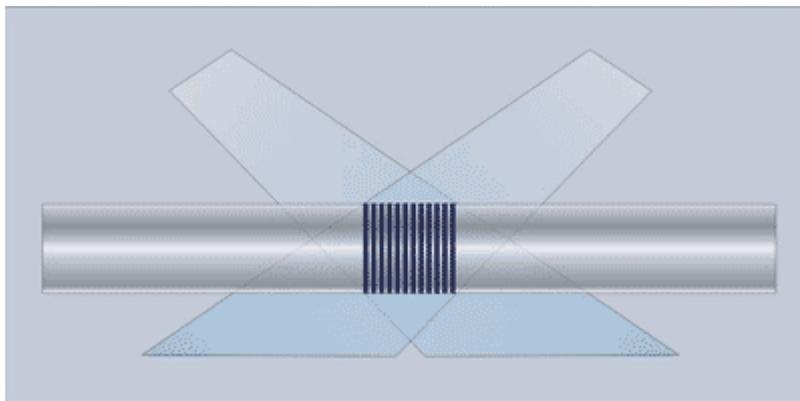
Ο όρος αστοχία σε δομές τέτοιου είδους αφορά σε εκούσιες ή ακούσιες αλλαγές στη σύσταση ή στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων, οι οποίες επηρεάζουν αρνητικά τη μελλοντική τους απόδοση. Οι πιθανές αστοχίες ξεκινούν σε επίπεδο υλικού και υπό κατάλληλες προϋποθέσεις και σενάρια φόρτου της δομής μπορούν σταδιακά να οδηγήσουν σε βλάβη / ανεπαρκή λειτουργία σε επίπεδο υποσυστημάτων και συνολικής δομής με διαφορετική συχνότητα.

Οι αστοχίες αυτές μπορούν να πραγματοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους και ρυθμούς:

- Σταδιακά λόγω κόπωσης, διάβρωσης, ολίσθησης κλπ.
- Ξαφνικά και Προβλέψιμα, όπως μετά από προσχεδιασμένες ελεγχόμενες εκρήξεις, προσγειώσεις αεροπλάνων κ.α.

- Ξαφνικά και Απρόβλεπτα, όπως ζημιές / βλάβες σε υποδομές λόγω σεισμών, τυφώνων κλπ.

Η SHM διαδικασία περιλαμβάνει την παρατήρηση τέτοιων δομών, μέσω δειγματοληπτικών ή/και δυναμικών μετρήσεων από ένα δίκτυο αισθητήρων. Η εξαγωγή από τις μετρήσεις αυτές κρίσιμων χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την αστοχία και η στατιστική τους ανάλυση χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της τρέχουσας κατάστασης της δομής.

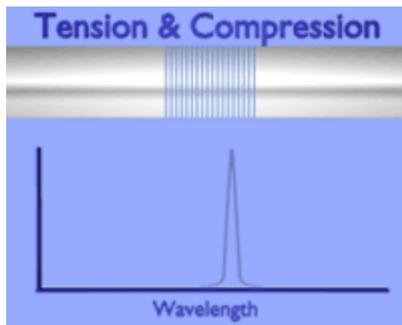


### **Αρχή Λειτουργίας**

Το σύστημα βασίζεται σε FBG αισθητήρες οπτικών ινών, των οποίων η διαδικασία παραγωγής και η αρχή λειτουργίας περιγράφεται στη συνέχεια.

Η παραγωγή FBG είναι σχετικά απλή. Μια απλή μονότροπη τηλεπικοινωνιακή οπτική ίνα εκτίθεται σε συγκλίνουσες δέσμες UV laser light. Οι δέσμες αυτές όταν διασταυρώνονται παρεμβάλλονται και μεταβάλλουν μέρος της δομής της οπτικής ίνας αλλάζοντας περιοδικά τον δείκτη διάθλασης και δημιουργώντας διαφορετικές περιοχές υψηλού και χαμηλού δείκτη διαθλάσεως στον πυρήνα της ίνας.

Η τροποποιημένη ζώνη της ίνας λειτουργεί σαν οπτικό φίλτρο, αντανακλώντας μια ελάχιστη ποσότητα του σήματος συγκεκριμένης συχνότητας που είναι γνωστή από την κατασκευή του FBG, επιτρέποντας παράλληλα στο υπόλοιπο φως να συνεχίσει την πορεία του μέσα στην ίνα.

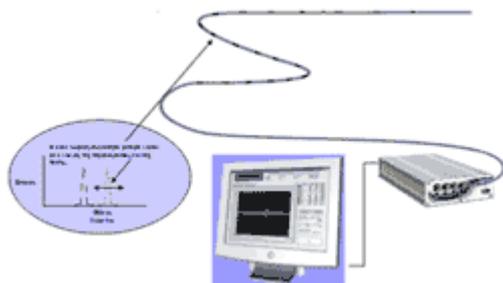


Αυτή η τροποποιημένη περιοχή είναι ευαίσθητη στην τάση εφελκυσμού και στις μεταβολές θερμοκρασίας. Εφαρμογή μικρής τάσης εφελκυσμού ή μεταβολή της θερμοκρασίας μεταβάλλουν τη συχνότητα του ανακλώμενου φωτός. Με αυτό τον τρόπο είναι εφικτός ο προσδιορισμός της ασκούμενης τάσης ή της θερμοκρασιακής μεταβολής αντίστοιχα.

### Περιγραφή Συστήματος

Η H&S Technology Solutions χρησιμοποιεί SHM συστήματα με FBG (Fiber Bragg Grating) αισθητήρες, οι οποίοι είτε εμφυτεύονται σε επιλεγμένες θέσεις δομών (κτίρια, γέφυρες, τούνελ, κλπ.) κατά την κατασκευή τους είτε επικολλώνται σε αυτές.

Η πληροφορία από τους αισθητήρες συγκεντρώνεται μέσω οπτικού δικτύου και επεξεργάζεται από ειδικό λογισμικό προκειμένου να διαπιστωθεί η τρέχουσα κατάσταση της υπό εξέτασης δομής.



Η SHM διαδικασία έχει σημαντικά οφέλη είτε χρησιμοποιείται σε μακροχρόνια βάση είτε μετά από ακραία γεγονότα.

Στην πρώτη περίπτωση, το αποτέλεσμα της διαδικασίας μακροχρόνιου ελέγχου δομικής κατάστασης είναι περιοδικά ανανεωμένη πληροφορία σχετικά με τη δυνατότητα ή αδυναμία της δομής να συνεχίζει την εκπλήρωση του σκοπού της σύμφωνα με τις προβλεπόμενες προδιαγραφές της λόγω πιθανών επιπτώσεων γήρανσης ή χρήσης.

Στη δεύτερη περίπτωση μετά από ακραία γεγονότα, όπως σεισμούς ή υπερβολικό φόρτο / χρήση της δομής, η διαδικασία χρησιμοποιείται για την άμεση και γρήγορη αναγνώριση της δομικής ακεραιότητας, η οποία είναι σε θέση να παρέχει αξιόπιστη πληροφόρηση σχεδόν σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατάστασή της.



## Τμήματα αισθητήρων ινών

Το πιο κοινό αντιληπτό στοιχείο για τους αισθητήρες οπτικών ινών είναι βασισμένο στα φράγματα ινών Bragg (FBGs), μια τεχνολογία που αναπτύσσεται αρχικά για να πολλαπλασιάσει τα σήματα στα οπτικά δίκτυα. Σύσταση από μια περιοδική παραλλαγή χαραγμένη άμεσα στον πυρήνα μιας οπτικής ίνας, τα FBGs δημιουργούν έναν μερικώς ανακλαστικό κάτοπτρο που επιστρέφει τα μήκη κύματος μιας στενής καθορισμένης φασματικής αιχμής μέχρι την περίοδο του φράγματος. Ένα ενιαίο σκέλος της ίνας μπορεί να χαράξει το πολλαπλάσιο φράγμα κατά μήκος, το οποίο διαμορφώνει μια σειρά αισθητήρων που εξετάζονται από ένα πολλαπλάσιο σύστημα καναλιών. Μια αλλαγή στην περιοδικότητα οποιουδήποτε φράγματος κατά μήκος της σειράς θα αλλάξει τη φασματική αιχμή και αντίστοιχα θα δηλώσει μια αλλαγή στη θερμοκρασία, τη διαμήκουσ πίεση, ή άλλες φυσικές επιρροές στην ίνα στη θέση του φράγματος.

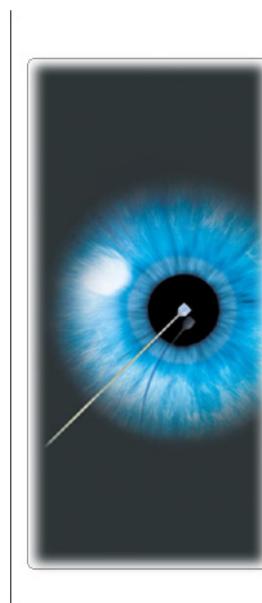
Εκτός από το τμήμα ινών, ένας αισθητήρας FBG αποτελείται χαρακτηριστικά από μια πηγή φωτός και από ένα σύστημα ανιχνευτών για να ελέγξει τα απεικονισμένα μήκη κύματος. Είτε η πηγή είτε ο ανιχνευτής πρέπει να είναι ρυθμισμένα προκειμένου να ανιχνευθεί συνεχώς η σειρά μήκους κύματος του FBG και να ανιχνευθούν οποιεσδήποτε μετατοπίσεις σχετικά με το μήκος κύματος της πηγής. Σε καθεμιά περίπτωση, η ευαισθησία συστημάτων εξαρτάται από την ακρίβεια μήκους κύματος είτε της πηγής είτε του ανιχνευτή. Μερικά συστήματα χρησιμοποιούν περιορισμένης ζώνης ή ρυθμισμένα laser πηγής και έναν ανιχνευτή ευρείας ζώνης.

Εντούτοις, οι ευρείας ζώνης πηγές όπως LEDs, superluminescent LEDs (SLEDs), ή αυθόρμητες πηγές φωτός εκπομπής ενισχυτή (ASE) είναι λιγότερο δαπανηρές και γενικά κατάλληλες για τις διαφωτισμένες μικρές σειρές αισθητήρων. Απλά, τα περισσότερα οικονομικώς αποδοτικά συστήματα συνδυάζουν ASEs με ένα ρυθμισμένο φίλτρο στον ανιχνευτή.

Αυτές οι πηγές είναι ουσιαστικά ένας οπτικός ενισχυτής χωρίς σήμα εισόδου, και στην έξοδο η παραγωγή εκτείνεται στο μέγιστο παράθυρο μετάδοσης της οπτικής ίνας, μεταξύ 1520 και 1620 nm. Επιπλέον, επειδή οι πηγές ASE βασίζονται εξ

ολοκλήρου από οπτική ίνα, έχουν την υψηλότερη δύναμη παραγωγής και ένα ομαλότερο κυματισμό φάσματος έναντι των SLEDs.

Σημαντικότερα και πρακτικότερα πλεονεκτήματά τους, εντούτοις, είναι ότι οι ASEs μπορούν να δώσουν τις υψηλότερες ισχύς παραγωγής, που φθάνουν τα 16 dBm και πάνω, έτσι ώστε να μπορούν να προσαρμόσουν πυκνότερα τις σειρές. Αυτό είναι ιδιαίτερα ευεργετικό για τις εφαρμογές απαιτώντας περισσότερους από 12 αισθητήρες κατά μήκος μιας ενιαίας πίεσης ελέγχου ινών πέρα από τις μεγάλες αποστάσεις, για παράδειγμα, η μέτρηση των πολλαπλάσιων παραμέτρων σε μια ενιαία θέση.



#### **4.5 OTDR: οπτικό ανακλασίμετρο**

Αυτό το όργανο κάνει διάγνωση εγκατεστημένων ινών. Απαιτεί πρόσβαση μόνο στο ένα άκρο της ίνας. Αν και, οι ακριβείς μετρήσεις τυπικά παίρνονται και από τα δυο άκρα της ίνας και μετέπειτα βγαίνει ο μέσος όρος. Οι μετρήσεις επιτυγχάνονται αναλύοντας την σκέδαση του φωτός στην ίνα.

Ουσιαστικά το οπτικό ανακλασίμετρο εκπέμπει παλμούς φωτός μέσα στην ίνα του οπτικού δικτύου και απεικονίζει στην οθόνη του το σήμα οπισθοσκέδασης που λαμβάνει ως συνάρτηση του χρόνου εκπομπής. Γενικά, η έξοδος του, εκφράζεται σε dB σε σχέση με την αρχική ισχύ και η άμεσα μετρούμενη απώλεια μοιράζεται ηλεκτρονικά στα δύο, πριν απεικονιστεί το ίχνος εξόδου.

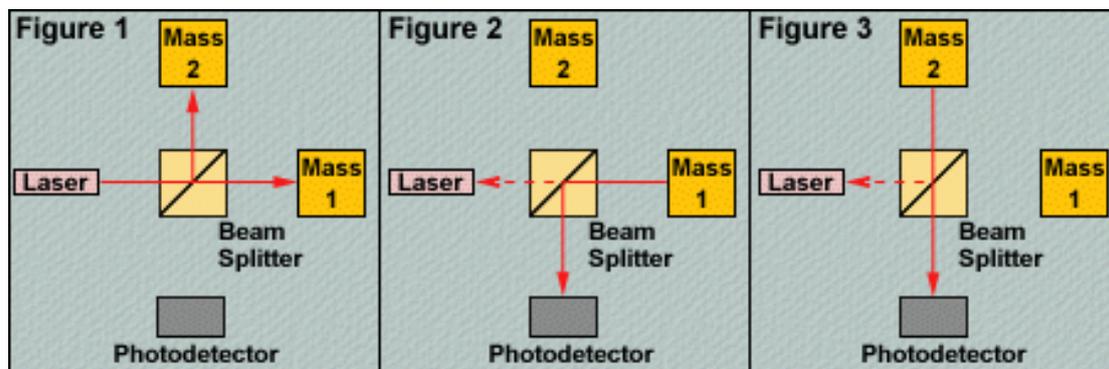
Ένα OTDR μπορεί να μετρήσει και να εντοπίσει απώλειες της ίνας, απώλειες συνδέσεων, απώλειες ενώσεων, απώλειες συνδετήρα και σπασίματα στην ίνα.

## 4.6 Συμβολόμετρο

Είναι ευαίσθητο όργανο με πολύ μεγάλη ακρίβεια που μπορεί να συγκριθεί μόνο με την διακριτική ικανότητα των ηλεκτρονικών μικροσκοπίων. Σε αυτό το όργανο, μιά αρχική δέσμη φωτός με τη βοήθεια ημιπερατού κατόπτρου χωρίζεται στα δύο και μετά την ανάκλαση τους σε δύο κάτοπτρα επιστρέφουν πάλι στο διαχωριστή δέσμης, που τώρα έχει το ρόλο του συνθέτη, όπου οι δύο δέσμες συμβάλλουν και ανάλογα δίνουν κροσσούς συμβολής, ομόκεντρους κύκλους ή ελαφρά καμπύλες γραμμές κλπ.

Στο συμβολόμετρο Michelson, ακτίνες από ένα laser κατευθύνονται προς ένα διαχωριστή ακτινών. Οι ακτίνες, που είναι μέρος της αρχικής δέσμης κατευθύνονται στις δύο μάζες και αφού ανακλαστούν γυρίζουν πίσω, όπου ανιχνεύονται από τον ανιχνευτή.

Ανίχνευση από το LISA των βαρυτικών κυμάτων βασίζεται στην λειτουργία αυτού του τύπου συμβολόμετρου.



## 4.7 Θερμομετρία

Μια καινούρια ανακάλυψη δίνει ένα πεδίο έρευνας στην μικροσκοπία και θερμομετρία στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο (η μηχανική ενέργεια σε έναν κρύσταλλο μετατρέπεται σε ηλεκτρική και αντίστροφα) γενικά εξασθενεί κάτω από 50 K. Αυτό το φαινόμενο ήρθε στο φως κατά τις μετρήσεις οξειδίων Στροντίου-Τιτανίου( $\text{SrTiO}_3$ ) σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

## 4.8 Θερμογραφία

Η χρήση του αποτυπώματος της παλάμης ή της εικόνας της κόρης του ματιού σαν μεθόδου αναγνώρισης ταυτότητας, είναι από τα προσφιλή στοιχεία κάθε αξιοπρεπούς ταινίας επιστημονικής φαντασίας. Στην πραγματικότητα και οι δύο τεχνικές έχουν περάσει από την επιστημονική φαντασία στην σημερινή πραγματικότητα και χρησιμοποιούνται ήδη ευρύτατα σε εφαρμογές συστημάτων ασφαλείας.

Η ανάγκη για αξιόπιστο αυτόματο έλεγχο σε μέρη όπου η πρόσβαση ανθρώπων πρέπει να είναι περιορισμένη, έχει οδηγήσει στην εξέλιξη διαφόρων τεχνικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση της ταυτότητας ενός ατόμου. Μια αμερικανική εταιρία έχει εξελίξει ένα σύστημα όπου η αναγνώριση βασίζεται όχι σε εξωτερικά αλλά σε εσωτερικά χαρακτηριστικά και κάνει έτσι την παραπλάνηση ουσιαστικά αδύνατη. Το σύστημα βασίζεται στη σύγκριση μίας θερμογραφίας του προσώπου του ατόμου που ζητά πρόσβαση στον ελεγχόμενο χώρο, με μία θερμογραφία που έχει αποθηκευτεί στη μνήμη του συστήματος.

Θερμογραφία είναι η απεικόνιση που βασίζεται σε ανίχνευση των θερμοκρασιακών διαφορών που παρουσιάζονται ανάμεσα σε διάφορες περιοχές του σώματος και γίνεται δυνατή μέσω ενός ανιχνευτή στο υπέρυθρο φάσμα. Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατή η επισήμανση των αρτηριών και των φλεβών που βρίσκονται κάτω από το δέρμα, αφού αυτές οι περιοχές είναι θερμότερες λόγω της διόδου του αίματος. Έχει

βρεθεί, ότι η διάταξη των αγγείων είναι διαφορετική και μοναδική σε κάθε άτομο και μπορεί να υποκαταστήσει τα δακτυλικά αποτυπώματα σαν μέθοδο αναγνώρισης.

Σύμφωνα με τους σχεδιαστές του το σύστημα, ακόμη και στην πρωτότυπη μορφή που βρίσκεται σήμερα, είναι πολύ απλό στη χρήση. Το άτομο που ζητά πρόσβαση στο χώρο πρέπει να σταθεί μπροστά σε μια οθόνη, κοιτώντας ευθεία εμπρός. Τα υπόλοιπα τα αναλαμβάνει το σύστημα, που μπορεί να διαχωρίσει ακόμη και διδύμους, στους οποίους η διάταξη των αγγείων διαφέρει ελάχιστα. Ο ανιχνευτής σαρώνει την περιοχή γύρω από τα μάτια και το μέτωπο, χρησιμοποιώντας επικουρικά και περιοχές γύρω από το στόμα και τα μάγουλα. Αντίθετα, δεν σαρώνονται προεξοχές όπως τα αυτιά και η μύτη, η θερμοκρασία των οποίων επηρεάζεται σημαντικά από την εξωτερική θερμοκρασία. Ο ανιχνευτής δεν επηρεάζεται όμως από τον πυρετό ή την εφίδρωση που μπορεί να εμφανίζει το άτομο που ζητά πρόσβαση.

Ενώ όμως άλλα συστήματα που βασίζονται σε αναγνώριση εικόνας μπορούν να ξεγελαστούν, το σύστημα που βασίζεται στη θερμογραφία είναι ουσιαστικά ασφαλές από τέτοιες απόπειρες. Ακόμη και η πλαστική χειρουργική στο πρόσωπο δεν έχει επιτυχία, αφού συνήθως δεν διαταράσσει τη θέση των αγγείων κάτω από το δέρμα, αλλά και κάτι τέτοιο δεν μπορεί να γίνει σε τέτοια έκταση που να ξεγελάσει το σύστημα.

Σε μελλοντικές εκδόσεις του, το σύστημα αναγνώρισης θα μπορεί να αναγνωρίσει την ταυτότητα ενός ατόμου ακόμη και από απόσταση και ενώ κατοπτεύει από οποιαδήποτε γωνία. Έτσι συστήματα ασφαλείας στο μέλλον θα μπορούν να ανοίγουν την πόρτα του σπιτιού σας ενώ πλησιάζετε, έχοντας σας αναγνωρίσει σαν τον νόμιμο ιδιοκτήτη.

Ωστόσο, η θερμική απεικόνιση έχει εξελιχθεί σε ένα από τα πολύτιμα διαγνωστικά εργαλεία για την προληπτική συντήρηση. Ανιχνεύοντας ανωμαλίες συχνά αόρατες στο γυμνό μάτι, η θερμογραφία δίνει την δυνατότητα να γίνουν οι διορθωτικές ενέργειες πριν συμβούν πανάκριβες ζημιές συστημάτων.

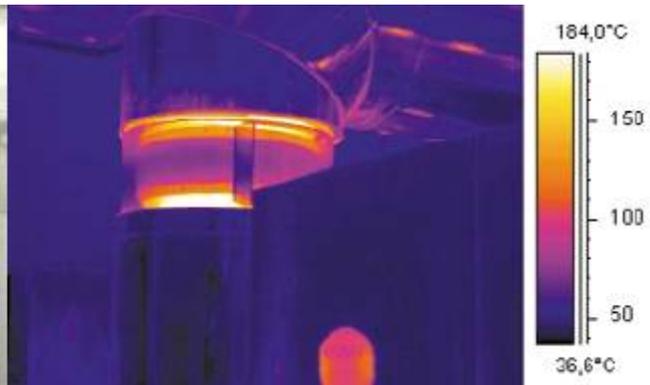
Οι υπέρυθρες κάμερες είναι συμπαγή συστήματα τα οποία μοιάζουν ακριβώς όπως μια κοινή βιντεοκάμερα, είναι εύκολες στην χρήση και είναι εύκολο να παράγουν σε

πραγματικό χρόνο εικόνα υψηλής ανάλυσης. Αναρίθμητες επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο έχουν ανακαλύψει τα πλεονεκτήματα ενσωμάτωσης υπέρυθρων καμερών στα προγράμματα της Προληπτικής Συντήρησης.

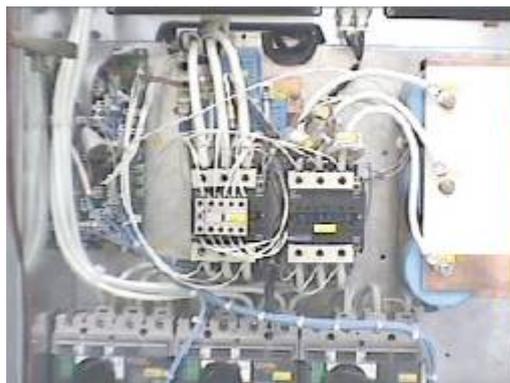
Οι εφαρμογές της θερμογραφίας στην συντήρηση είναι ατελείωτες:



Εικόνα ( $\alpha_1$ )



Εικόνα ( $\alpha_2$ )



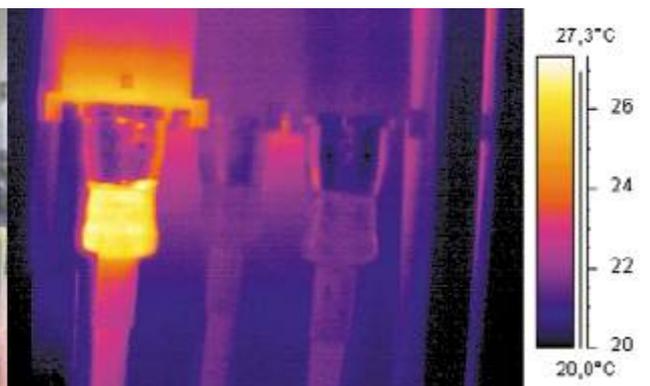
Εικόνα ( $\beta_1$ )



Εικόνα ( $\beta_2$ )



Εικόνα ( $\gamma_1$ )



Εικόνα ( $\gamma_2$ )

Πριν τον θερμογραφικό έλεγχο, εικόνες  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $\gamma_1$ . Μετά τον θερμογραφικό έλεγχο, εικόνες  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$ ,  $\gamma_2$ , με τη χρήση κάμερας τεχνολογία (Ir) θερμογράφησης.

Μία νέα υπηρεσία που αφορά τον διαγνωστικό έλεγχο ηλεκτρολογικών ή άλλων βιομηχανικών εγκαταστάσεων είναι αυτή παρακάτω.

Η υπέρυθρη θερμογράφηση με χρήση κάμερας, ως τεχνική προγνωστικού ελέγχου, χρησιμοποιείται διεθνώς για την εξ' αποστάσεως λήψη των θερμικών πληροφοριών, με στόχο την ακριβή επιτήρηση της κατάστασης λειτουργίας όλων των εξαρτημάτων ενός συστήματος.

Διαθέτοντας την κορυφαία τεχνική υπέρυθρης διαγνωστικής θερμογραφικής σάρωσης (εικόνες  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$ ,  $\gamma_2$ ), παρέχετε η δυνατότητα μιας συνολικής θερμοκρασιακής εικόνας των εγκαταστάσεων σε πλήρη λειτουργία, απεικονίζοντας με χρωματική κλίμακα τις διαβαθμίσεις θερμοκρασίας, κάνοντας παράλληλα δυνατή την διαγνωστική ανίχνευση και εξέλιξη πιθανών βλαβών καθώς και τις οποιοσδήποτε σχεδιαστικές ή κατασκευαστικές ατέλειες των εγκαταστάσεων.

### **Περιγραφή της τεχνικής**

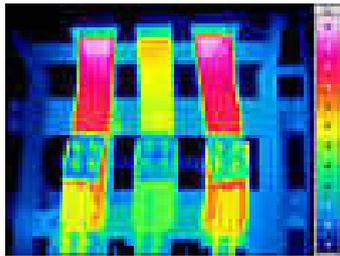
Αρχικά καταγράφεται η θερμική "υπογραφή" του εξοπλισμού στην κανονική του λειτουργία, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται ως θερμική αναφορά. Οι αποκλίσεις από την κανονική λειτουργία αναδεικνύονται μέσω της αλλοίωσης της θερμικής πληροφορίας, πάνω στην υπέρυθρη εικόνα (infrared image) της εγκατάστασης. Έτσι επιτυγχάνεται η προγνωστική ανίχνευση και επιτήρηση της σταδιακής εξέλιξης βλαβών εγκαταστάσεων, πριν αυτές εμφανιστούν απρόβλεπτα ή και καταστροφικά.

### **Πλεονεκτήματα χρήσης της τεχνολογίας Θερμογράφησης**

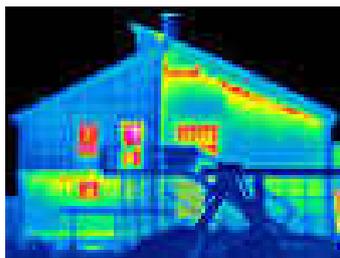
1. Έλεγχος σε πραγματικό χρόνο και χωρίς διακοπή λειτουργίας εγκαταστάσεων
2. Μετατροπή των απρόβλεπτων βλαβών, σε προγραμματισμένες επισκευές ελεγχόμενου χρόνου και συμπιεσμένου κόστους
3. Εξάλειψη του υψηλού κόστους αποκατάστασης αιφνίδιων σταματημάτων
4. Δραστική μείωση του κινδύνου πυρκαγιών και ατυχημάτων
5. Εξοικονόμηση ενέργειας και μικρότερη φθορά των εξαρτημάτων

6. Τήρηση ηλεκτρονικού αρχείου καταγραφής, δυνατότητα βιντεοσκόπησης προς ανίχνευση βλαβών ή ανωμαλιών της φυσιολογικής κατάστασης λειτουργίας και τέλος δυνατότητα επεξεργασίας στοιχείων

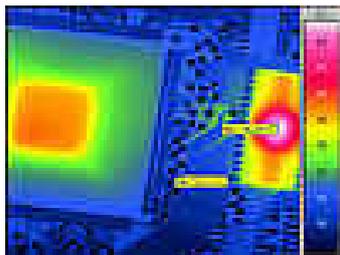
### Επισκόπηση Θερμογραφικών Εφαρμογών



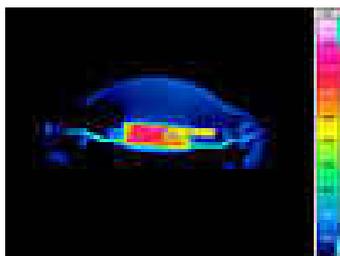
Θερμογράφιση πίνακα: Έλεγχος σωστής λειτουργίας υλικών και θερμικών καταπονήσεων



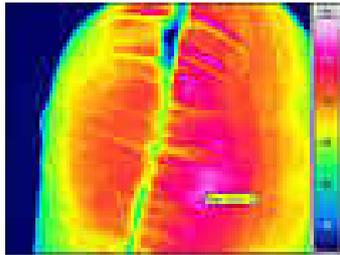
Θερμογράφιση κτιρίου: Έλεγχος θερμικής μόνωσης και θερμικών διαρροών



Τυπωμένα κυκλώματα: Έλεγχος θερμικής συμπεριφοράς προτοτύπων

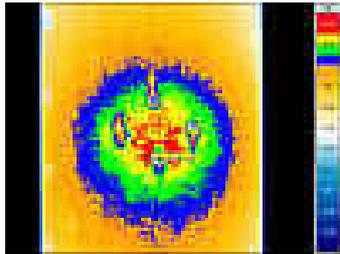


Φασματική θερμογραφία

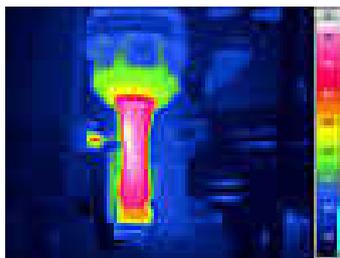


αερόσακκου

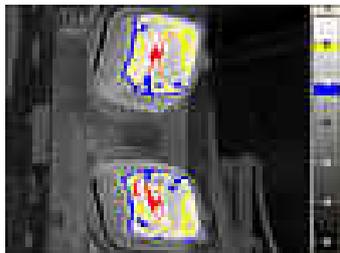
Θερμογραφία υψηλών ταχυτήτων: πχ έλεγχος



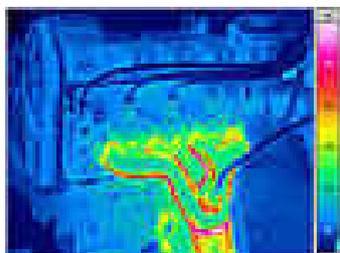
Μη καταστροφικός έλεγχος ομοιογένει υλικών.



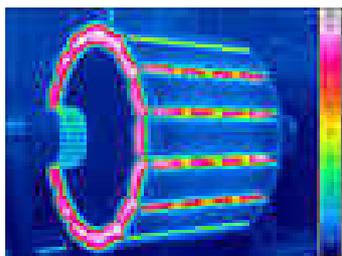
Επεξεργασία γυαλιού



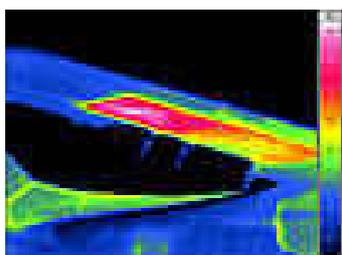
Επεξεργασία πλαστικού



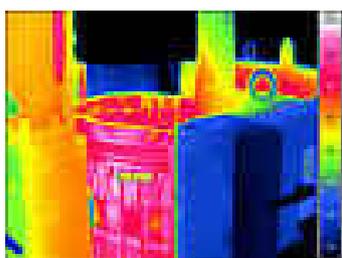
Αυτοκινητοβιομηχανία



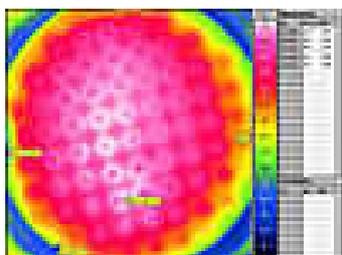
Ηλεκτρονικά/Ηλεκτροτεχνικά εξαρτήματα και προϊόντα



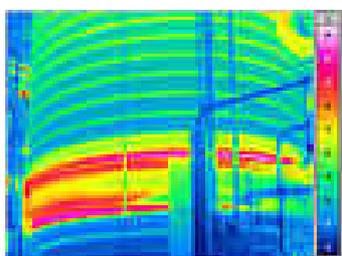
Αερόπλοια



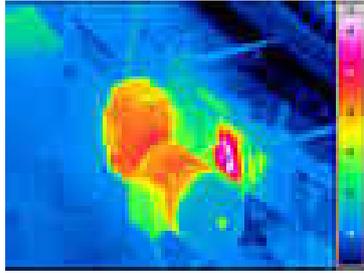
Επεξεργασία Αλουμινίου



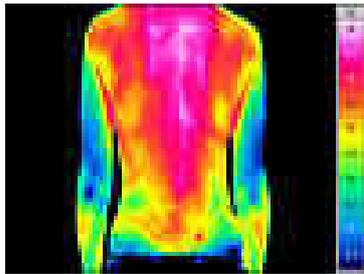
Χημικές & Βιολογικές διαδικασίες



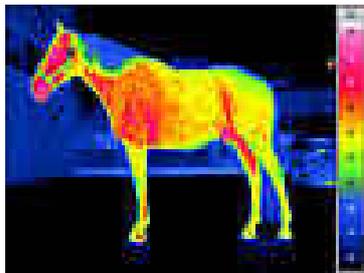
Εποπτεία εργοστασίων



Μηχανολογικός εξοπλισμός



Εφαρμογές σε ανθρώπους



Κτηνιατρικές εφαρμογές (κυρίως σε προβλήματα κίνησης)



Έλεγχος, εποπτεία περιοχών

## 4.9 Γυροσκόπιο

Οποιαδήποτε συζήτηση σχετικά με τους αισθητήρες οπτικών ινών συμπεριλαμβάνει το οπτικό γυροσκόπιο ινών (FOG). Το καλώδιο Hitachi (Isagozawa-cho, Hitachi-shi, Ibaraki-ken, Japan) παράγει ένα από τα ευρύτετα χρησιμοποιημένα γυροσκόπια οπτικών ινών (FOGs). Αυτές οι συσκευές, που αποτελούνται από πολλούς βρόχους οπτικής ίνας, μπορούν να ανιχνεύσουν τις περιστροφικές αλλαγές κατά μήκος διάφορων αξόνων με την αντίληψη των διαφορών φάσης μεταξύ της αντίθετης διάδοσης των κυματομορφών.

Αρχικά αναπτυγμένη για τα αεροπλάνα, η Ιαπωνία και διάφορες ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιούν τώρα το οπτικό γυροσκόπιο ινών, που λειτουργεί από κοινού με τους ψηφιακούς χάρτες και τους σφαιρικά τοποθετημένους δορυφόρους, ως τμήμα των συστημάτων πλοήγησης στα αυτοκίνητα. Χρησιμοποιώντας το οπτικό γυροσκόπιο ινών, ένα αυτοκίνητο δεν χρειάζεται να είναι σε σταθερή επαφή με τους δορυφόρους.

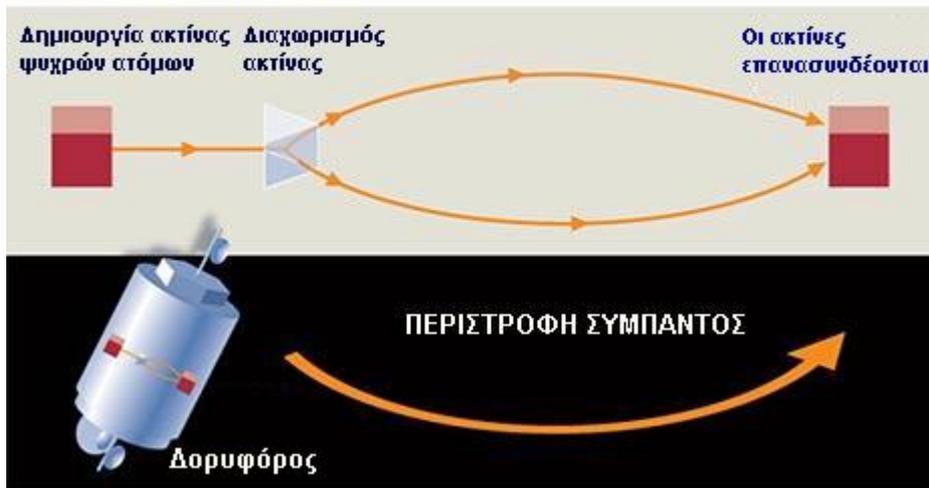
Τα γυροσκόπια έχουν χρησιμοποιηθεί ακόμη και στους ρομποτικούς χαρτοκόπτες που επιτρέπουν σε κάποιο για να κόψουν τη χλόη χωρίς λέκιασμα των πάνινων παπουτσιών τους.

### **Το κβαντικό γυροσκόπιο θα μπορούσε να αποκαλύψει την ιδιοπεριστροφή του Σύμπαντος**

Ένα κβαντικό γυροσκόπιο θα μπορούσε να μας πει εάν ολόκληρο το Σύμπαν βρίσκεται σε μια περιστροφή γύρω από κάποιον άξονα σύμφωνα με μια νέα επιστημονική έρευνα.

## ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΓΙΑ ΤΟ SPIN ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

### ΠΩΣ ΘΑ ΓΙΝΕΙ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ



Οι φυσικοί συνήθως όταν ρωτηθούν τι νομίζουν για το αν το Σύμπαν περιστρέφεται ή όχι, σκέφτονται, όπως ο Αυστριακός Φυσικός Ernst Mach : "Ως προς τι περιστρέφεται;" ρωτούσε το 1893 ο Mach. Ύστερα εμφανίστηκε η πρωτοποριακή σκέψη του Einstein.

Σύμφωνα με τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας του Σύμπαντος, εάν το μεγαλύτερο μέρος της ύλης στο Σύμπαν τυχαίνει να περιστρέφεται, όλος ο χωρόχρονος θα παρασύρεται, περιστρεφόμενος μαζί του. Εάν αυτό συμβαίνει, το Σύμπαν πρέπει να περιστρέφεται από τις αρχικές στιγμές του μετά από τη Μεγάλη Έκρηξη.

Οποιαδήποτε γενική περιστροφή υπάρχει θα πρέπει να εκδηλώνεται από τα παράξενα αποτελέσματα στις τροχιές των ελεύθερων σωματιδίων. Αλλά οι φυσικοί δεν έχουν φθάσει ακόμα στην ιδέα πώς να τη μετρήσουν. Τώρα μια ομάδα που καθοδηγείται από τον Wolfgang Schleich στο Πανεπιστήμιο Ulm στη Γερμανία, έχει προτείνει έναν τρόπο να προσαρμόσει για τον σκοπό αυτόν, τα γυροσκόπια δακτυλίων laser, που χρησιμοποιούνται αυτήν την περίοδο στην ανίχνευση της περιστροφής των αεροσκαφών και των δορυφόρων.

## **Κβαντική ομορφιά**

Σε ένα άρθρο του *New Journal of Physics*, ο Schleich δείχνει ότι η ακρίβεια του HYPHER θα μπορούσε να βελτιωθεί κατά έναν παράγοντα 10 δισεκατομμυρίων, τα οποία πρέπει να είναι αρκετά για να μετρήσουν την περιστροφή του Σύμπαντος. Το τέχνασμα είναι να βρεθούν και οι δύο ψυχρές ακτίνες ατόμων στην ίδια κβαντική κατάσταση. Οι ακτίνες πρέπει έπειτα να είναι απολύτως ίδιες, έτσι ώστε οποιαδήποτε μεταβολή των συχνοτήτων τους παρατηρηθεί κατά την συμβολή τους θα πρέπει να οφείλεται στην περιστροφή, παρά στον τυχαίο θόρυβο. "Υπάρχει μια πραγματική ομορφιά με τον τρόπο που η κβαντική μηχανική καθιστά αυτά τα γυροσκόπια ακριβέστερα", λέει ο Schleich.

Ο Arnaud Landragin, που εργάζεται για το HYPHER στο Παρατηρητήριο του Παρισιού, λέει ότι πρέπει να είναι δυνατό να αντικατασταθούν οι ακτίνες με ένα κβαντικό ρευστό που καλείται συμπύκνωμα Bose-Einstein, το οποίο θα έχει το αποτέλεσμα που θέλει ο Schleich. "Στηρίζεται στις ίδιες ιδέες αλλά είναι πιο δύσκολο", λέει. Το πρώτο βήμα θα είναι να αποκτηθεί το κβαντικό γυροσκόπιο και να λειτουργήσει στο έδαφος, λέει ο Landragin, αν και οι απαραίτητες προσαρμογές μπορεί να μην είναι έτοιμες εγκαίρως για την πτήση του HYPHER το 2010.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Επίλογος**

Η παρούσα κατάσταση των αισθητήρων οπτικών ινών αναθεωρείται. Οι αισθητήρες οπτικών ινών έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα που περιλαμβάνουν την ασυλία στην ηλεκτρομαγνητική παρέμβαση, το ελαφρύ και μικρό μέγεθος, την υψηλή ευαισθησία, το μεγάλο εύρος ζώνης, και την ευκολία στην εφαρμογή των πολλαπλασιασμένων ή διανεμημένων αισθητήρων. Η πίεση, η θερμοκρασία και η ένταση είναι ευρύτατα μετρίσιμη και ο αισθητήρας φραγμάτων ινών αντιπροσωπεύει την ευρύτατα μελετημένη τεχνολογία για τους αισθητήρες οπτικών ινών.

Τα γυροσκόπια οπτικών ινών και οι τρέχοντες αισθητήρες οπτικών ινών είναι καλά παραδείγματα των μάλλον ώριμων και εμπορευματοποιημένων τεχνολογιών αισθητήρων οπτικών ινών. Σε όλη την εργασία μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών αισθητήρων, ειδικά, τεχνολογίες όπως οι αισθητήρες φραγμάτων ινών, τα γυροσκόπια οπτικών ινών, και οι τρέχοντες αισθητήρες οπτικών ινών συζητούνται με έμφαση την παρούσα κατάσταση. Σήμερα, υπάρχει επιτυχία στην εμπορευματοποίηση των αισθητήρων οπτικών ινών. Εντούτοις, διάφοροι τομείς πάσχουν ακόμα από τον ανταγωνισμό με άλλες ώριμες τεχνολογίες αισθητήρων. Ωστόσο, νέες ιδέες συνεχώς αναπτύσσονται και εξετάζονται όχι μόνο για τις παραδοσιακές μετρήσεις αλλά και για τις νέες εφαρμογές.

### **Η εξέλιξη του σχεδίου αισθητήρων**

Σήμερα, το σχέδιο αισθητήρων κατάστασης προόδου εστιάζει στη μηχανική πλευρά του θέματος, εξετάζοντας τα ζητήματα όπως η μείωση του ποσού χρόνου οργάνωσης, η μείωση του χρόνου διακοπής παραγωγής, και η βοήθεια του υπερφορτωμένου προσωπικού παραγωγής να κρατηθούν οι δυνάμεις στην αιχμή τους. Εκτός από την βελτίωση του αισθητήρα, πρέπει επίσης να εστιάσουμε και να καταστήσουμε τον αισθητήρα εύκολο να χρησιμοποιηθεί και να διατηρηθεί. Και αυτό, δεδομένου στο γεγονός ότι η παραγωγικότητα τώρα είναι ακριβώς στους ώμους εκείνων των καταπονημένων μηχανικών που προσπαθούν να κρατήσουν τις δυνάμεις τους στη μέγιστη ικανότητα.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ακρωνύμια**

**ASEs:** Amplified Spontaneous Emissions, Αυθόρμητες ενισχυμένες εκπομπές.

**dc:** direct current, συνεχές ρεύμα.

**CW:** Cable & Wireless, Καλώδιο και ασύρματος.

**EED:** Electronic Evidence Discovery, Ηλεκτρονική ανακάλυψη στοιχείων.

**EMI/RFI:** Electromagnetic Interference/Radio Frequency Interference,  
Ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή/ παρεμβολή ραδιοσυχνότητας.

**EMI/EMC:** Electro Magnetic Compatibility. Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα.  
Ουσιαστικά είναι η ευαισθησία ενός συστήματος EMI.

**FOCS:** Fiber Optic Chemical Sensor, Χημικός Αισθητήρας Οπτικών Ινών.

**FOG:** Fiber Optic Gyroscope, Γυροσκόπιο Οπτικών Ινών.

**FBG:** Fiber Bragg Grating, Φράγματα Bragg οπτικών ινών.

**FRP:** Fiber Reinforced Polymer, Ενισχυμένη ίνα με πολυμερές σώμα.

**FDA:** Food and Drug Administration, Οργανισμός Διοίκησης Τροφίμων και  
Φαρμάκων.

**FieldSens:** Πολυδιαυλικό κανάλι με τροφοδοτούμενους κεντρικούς αγωγούς  
κατάστασης σημάτων για βιομηχανική χρήση.

**GRP:** Glass-Reinforced Plastic. Το GRP αναφέρεται στον τύπο υλικών από τον οποίο γίνεται το κάλυμμα του laser, σημαίνει ότι το κάλυμμα κατασκευάζεται από το συνδυασμό ίνας γυαλιού και πλαστικού.

**HM:** Electricity and Magnetism by Heinrich Hertz, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

**HV:** High Voltage, υψηλή τάση.

**HYPER:** Ονομασία ενός ατομικού γυροσκοπίου, προγραμματισμένου για προώθηση στο διάστημα.

**Ir:** Infrared thermography, υπέρυθρη θερμογραφία.

**LabSens:** The Laboratory of Sensors.

**LIF:** Laser-Induced Fluorescence, Φθορισμός Προκαλούμενος από Laser.

**LISA:** Laser Interferometer Space Antenna, Διαστημική κεραία συμβολόμετρων Laser.

**LSHF-FR:** Υλικό, κυρίως πλαστικό για την εξωτερική θήκη την οπτικής ίνας.

**MPa:** MegaPascal.

**MRI:** Magnetic Resonance Imaging, απεικόνιση μαγνητικής αντήχησης, ή αλλιώς και magnetic resonance tomography, τομογραφία μαγνητικής αντήχησης.

**MTS:** Magnetostrictive Temposonics Sensor.

**MW:** MicroWave, μικροκύμα.

**OEM:** Original Equipment Manufacturer.

**OSP:** Optimal Sensor Placement, καταλληλότερη τοποθέτηση αισθητήρων.

**OTDR:** Οπτικό Ανακλασίμετρο.

**PMMA:** polymethylmethacrylate.

**PicoSens:** Ενιαίο κανάλι με τροφοδοτούμενης μπαταρίας φορητής κατάστασης σημάτων για γενική χρήση.

**PowerSens:** Πολυδιαυλικό κανάλι με τροφοδοτούμενους κεντρικούς αγωγούς σε καταστάσεις σημάτων για την ισχύ και άλλες βιομηχανικές εφαρμογές.

**PowerTemp:** Άμεση κυκλική διάταξη όλων των αισθητήρων θερμοκρασίας σε ένα σύστημα ισχύος.

**PicoPowerSens:** Ενιαίο κανάλι, τροφοδοτούμενης μπαταρίας, φορητής κατάστασης.

**ProSens:** The Centre for Process Analytical Chemistry and Sensor Technology, Κέντρο Διαδικασίας Αναλυτικής Χημείας και τεχνολογίας αισθητήρων.

**PMTs:** PhotoMultiplier Tubes, Φωτοπολλαπλασιαστές.

**R&D:** European research and development (R&D) activities, Ευρωπαϊκές δραστηριότητες έρευνας και ανάπτυξης.

**RF:** Radio Frequency emissions, Εκπομπές ραδιοσυχνότητας,

**RSC:** Rockwell Scientific Company, Technologies for Data in the Optical Domain, Επιστημονικό Πανεπιστήμιο του Rockwell, τεχνολογίες για δεδομένα στην οπτική περιοχή.

**SHM:** Structural Health Monitoring, Αυτοματοποιημένος Έλεγχος Δομικής Ακεραιότητας.

**SLEDs:** Superluminescent LEDs.

**SmartPatch:** Το Smartpatch είναι ένας επαναλαμβανόμενος αυτοματοποιημένος προγραμματίσιμος ελεγκτής που επιτρέπει τις συνδέσεις μεταξύ των πηγών και των προορισμών (εισάγοντας και εξάγοντας δεδομένα) ηλεκτρονικά παρά με καλώδιο προσωρινής σύνδεσης.

**SVOCs:** Semi-Volatile Organic Compounds, Ημι-πτητικές οργανικές ενώσεις.

**UCLA:** University of California, Los Angeles.

**VOCs:** Volatile Organic Compounds, πτητικές οργανικές ενώσεις.

**WDM:** Wavelength-Division Multiplexing, πολυπλεξία με διαίρεση μήκους κύματος.

## ΠΗΓΕΣ

-Συστήματα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες, δεύτερη έκδοση, Govind P.Agrawal, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 1997.

-ΟΕ εκθέσεις 178 - Οκτώβριος 1998 , P. Winn Hardin  
Διατριβή Tr84-002 πληροφορικής UNC.

-Bendix Engine Control Division of Allied Signal Aerospace Co.,  
South Bend, Ind., developed the engine speed sensor. The engine  
temperature sensor was produced by Conax Buffalo Corp., Buffalo, N.Y.

-NEIL SAVAGE

[sierak@if.pw.edu.pl](mailto:sierak@if.pw.edu.pl)

[www.predynamics.com](http://www.predynamics.com)

[www.oida.org](http://www.oida.org).

[Http://fate.clu-in.org/cs3.htm](http://fate.clu-in.org/cs3.htm)

<http://www.gngnet.gr/users/ggoudr/04.TXT>

[http://www.hellascams.gr/grc/products/thermal/predictive\\_maintenance/](http://www.hellascams.gr/grc/products/thermal/predictive_maintenance/)

[http://www.deplan.gr/thermografikos\\_elegxos.asp](http://www.deplan.gr/thermografikos_elegxos.asp)

<http://www.sric-bi.com/Explorer/FOS.shtml>

<http://www.if.pwr.wroc.pl/instytut/labe/labe/contact.html>

<http://www.fiso.com/index.php?module=CMS&func=view&id=105>

<http://picturethis.pnl.gov/picturet.nsf/All/4A2LHT?opendocument>

<http://www.opsens.com/aboutus.html>

<http://www.opsens.com/index.html>

<http://www.opsens.com/food.html>

<http://physics.nad.ru/sensors/English/interf.htm>

<http://physics.nad.ru/sensors/English/micro.htm>

<http://www.physics4u.gr/news/2002/scnews617.html>

[http://www.typos.com.cy/nqcontent.cfm?a\\_id=10530](http://www.typos.com.cy/nqcontent.cfm?a_id=10530)

<http://www.physics4u.gr/news/2004/scnews1504.html>

[http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga\\_doc?smartapi!celexdoc!prod!CELEXnumdoc&l  
g=EL&numdoc=31999X0812&model=lex](http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexdoc!prod!CELEXnumdoc&l<br/>g=EL&numdoc=31999X0812&model=lex)

[http://www.why.gr/catalog/disp\\_print\\_cat.php?cat=4](http://www.why.gr/catalog/disp_print_cat.php?cat=4)

[http://147.102.41.54/guide/guide\\_3\\_3b.php](http://147.102.41.54/guide/guide_3_3b.php)

<http://www.hirc.gr/services/newsletter/inn9/sensor.htm>

<http://www.advanstar.com>

[http://hstech.gr/fiberprod\\_gr.htm](http://hstech.gr/fiberprod_gr.htm)

[http://hstech.gr/fiberben\\_gr.htm](http://hstech.gr/fiberben_gr.htm)

[http://hstech.gr/fibershms\\_gr.htm](http://hstech.gr/fibershms_gr.htm)

[http://hstech.gr/fibertech\\_gr.htm](http://hstech.gr/fibertech_gr.htm)

[http://hstech.gr/telecom\\_gr.htm](http://hstech.gr/telecom_gr.htm)

[http://hstech.gr/fiber\\_gr.htm](http://hstech.gr/fiber_gr.htm)

<http://physics.nad.ru/sensors/English/interf.htm>

<http://groups.google.com.gr/groups?q=fiber+optic+sensors&hl=el&lr=&selm=1992Feb12.191357.13714%40news.arc.nasa.gov&rnum=1>

<http://www.independentaudio.com/CDCatalog/HTML/signer.html>

[http://www.optronics.gr/fibernet/CABLES/indoor\\_use\\_optical\\_cable.htm](http://www.optronics.gr/fibernet/CABLES/indoor_use_optical_cable.htm)

<http://www.stormingmedia.us/50/5042/A504224.html>

