



Divisione Prodotti Speciali di MET Fibre Ottiche

Applicazioni mediche delle fibre ottiche: L'impiego della fibra ottica sta avendo un enorme sviluppo nella sensoristica per applicazioni medicali
dr. Giovanni Vinci senior consultant of (MET Fibre Ottiche sas)

Le caratteristiche fisiche intrinseche della fibra ottica combinata con la sua versatilità nel remote sensing rendono questa, una tecnologia interessante per applicazioni biomediche.

Con una popolazione mondiale che è in crescita e che vive più a lungo, gli operatori sanitari di tutto il mondo sono sempre più alla ricerca di strumentazione biomedica avanzata per consentire una più efficace diagnosi, monitoraggio e il trattamento dei pazienti. In questo contesto, applicazioni di sensori biomedici tramite fibra ottica sono di importanza crescente. Allo stesso tempo, i recenti progressi nella chirurgia mini-invasiva (MIS) richiedono sensori sempre più piccoli da utilizzare con cateteri o tramite aghi usa e getta.

applicazioni di imaging endoscopiche tramite fibre ottiche sono ormai molto note e applicate, ma le caratteristiche fisiche intrinseche delle fibre ottiche le rendono anche estremamente attraente per il rilevamento biomedico. fibre non cablate (in genere meno di 250 micron di diametro) possono essere inserite direttamente in aghi ipodermici e/o cateteri, in modo che il loro impiego può essere minimamente invasivo e altamente localizzato. Sensori in fibra ottica (FOS) possono eseguire rilevazioni multi punto a distanza e multi parametriche. Le fibre ottiche sono immuni alle interferenze elettromagnetiche (EMI), chimicamente inerte, non tossiche e a sicurezza intrinseca. Il loro utilizzo non causa interferenze con l'elettronica convenzionale di molti ambienti medici-chirurgici. E, soprattutto, l'immunità delle fibre ottiche a frequenze elettromagnetiche e radio (RF) li rende ideali per l'utilizzo in tempo reale durante la diagnostica per immagini con la risonanza magnetica, TAC, PET, o sistemi SPECT, così come durante i trattamenti ablativi termici che coinvolgono RF o radiazione a microonde.

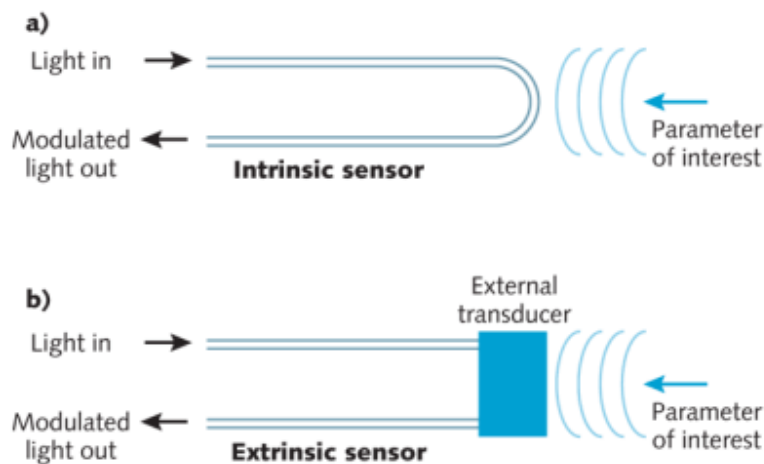


Fig. 1. Esistono due tipi base di sensori in fibra ottica. Quelli denominati Extrinsic devices /(tipo b) inseriti su un trasduttore esterno . E quelli Intrinseci (tipo a) che non lo sono

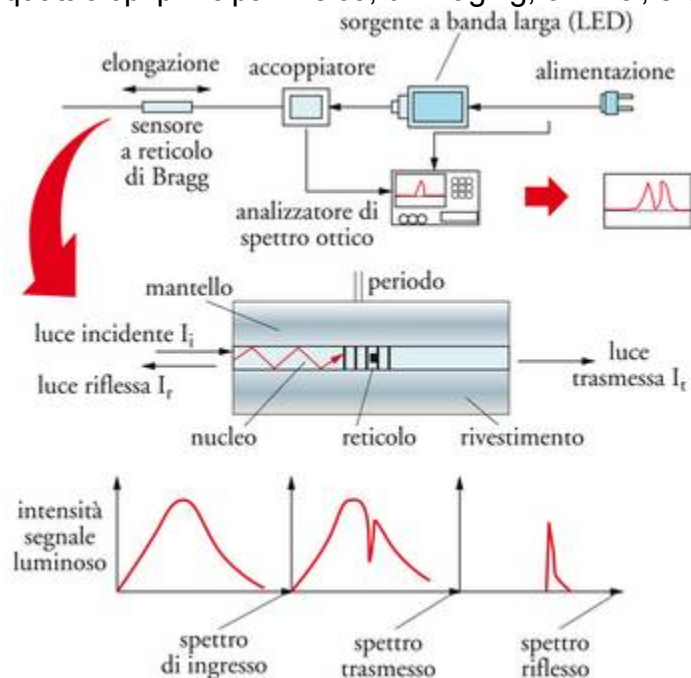
I sensori biomedicali fibra ottica.

sensori a fibra ottica comprendono una sorgente di luce per fibre ottiche, trasduttore esterno, e foto rivelatore. Sentono rilevando la modulazione di una o più delle proprietà della luce che viene guidato all'interno della fibra, intensità, lunghezza d'onda, o la polarizzazione, per esempio. La modulazione è prodotta in modo diretto e ripetibile da una perturbazione esterna causata dal parametro fisico da misurare. Il misurando di interesse è dedotto dalle variazioni rilevate nella proprietà luce.

I sensori a fibra ottica possono essere ad azione intrinseca o estrinseca (vedi Fig. 1). In un sensore ad azione intrinseca, la luce non lascia mai la fibra e il parametro di interesse colpisce una proprietà della luce propaga attraverso la fibra agendo direttamente sulla fibra stessa. In un sensore ad azione estrinseca, la perturbazione agisce su un trasduttore e la fibra ottica semplicemente trasmette luce dalla posizione di rilevamento.

Molti e diversi meccanismi di rilevamento in fibra ottica sono stati dimostrati già per Applicazioni industriali, ^{1,2}, e alcuni per applicazioni biomedicali ³⁻⁵ tra i quali reticoli di Bragg (FBG), cavità Fabry-Perot o fibra esterna Fabry-Perot sensori (EFPI), onda evanescente, Sagnac interferometro Mach-Zehnder interferometro, Microbend, fotoelastica, e altri. Di gran lunga il più comune, tuttavia, si basano su EFPIs e FBG. sensori spettroscopici sulla base di assorbimento della luce e fluorescenza sono anche comuni. FOS biomedicali possono essere classificati in

quattro tipi principali: fisico, di imaging, chimici, e biologici.



Schema di funzionamento di un sensore in fibra ottica (con reticolo di Bragg FBG)

Sensori fisici misurano una varietà di parametri fisiologici, come la temperatura corporea, la pressione sanguigna, e lo spostamento del muscolo. sensori di immagini comprendono entrambi i dispositivi endoscopici per l'osservazione interna e di imaging, così come le tecniche più avanzate, come la tomografia a coerenza ottica (OCT) e l'imaging fotoacustico dove scansioni interne e la visualizzazione possono essere fatte in modalità non intrusive. Sensori chimici affidano a fluorescenza, spettroscopica e tecniche indicatore per identificare e misurare la presenza di particolari composti chimici e variabili metaboliche (quali pH, ossigeno nel sangue, o livello di glucosio). Essi rilevano specie chimiche specifiche per scopi diagnostici, nonché monitorare le reazioni chimiche del corpo e l'attività. sensori biologici tendono ad essere più complessi e si basano su reazioni-tale riconoscimento biologici come enzima-substrato, antigene-anticorpo, o ligando-recettore per identificare e quantificare specifiche molecole biochimiche di interesse.

In termini di sviluppo , i sensori per applicazioni di immagini di base sono le più sviluppate. sensori a fibra ottica per la misurazione di parametri fisici sono a seguire i più diffusi, la zona meno sviluppata, in termini di prodotti di successo sono i sensori per il rilevamento biochimico, anche se molti concetti sui FOS sono stati dimostrati.

Table 1: Classification of biomedical sensors by type showing various biomedical parameters of interest

Physical	Chemical	Biological	Imaging
Body temperature	pH	Antigens	Endoscopy
Blood pressure	pO ₂	Antibodies	Optical coherence tomography (OCT)
Blood flow	PCO ₂	Electrolytes	Photodynamic therapy (PDT)
Heart rate	Oximetry (SaO ₂ , SvO ₂)	Enzymes	
Force	Glucose	Inhibitors	
Position	Bile	Metabolites	
Respiration	Lipids	Proteins	
Shape sensing			

Requisiti e applicazioni

I sensori biomedicali presentano sfide progettuali uniche e particolari problemi legati alla loro interfaccia con un organismo biologico. I sensori devono essere sicuri, affidabili, altamente stabili, biocompatibili, suscettibili di sterilizzazione in autoclave, non inclini al rifiuto biologico, e non richiedere calibrazione (o almeno mantenere calibrazione per lunghi periodi). L'imballaggio del sensore è un aspetto particolarmente critico poiché i dispositivi devono essere molto piccoli in particolare quelli per l'impianto o scopi permanenti (vedere Fig. 2). I dispositivi devono essere il più semplici possibile.

Le domande di sensori biomedici possono essere classificati come in vivo o in vitro. In vivo riferisce all'applicazione su un intero organismo, quale un paziente umano vivente; in vitro si riferisce al test di fuori del corpo, ad esempio analisi del sangue di laboratorio. Dal punto di vista di come sensori vengono applicati a un sistema paziente o biologico, possono essere classificati come non invasivo, contatto (superficie della pelle), minimamente invasiva (interiore), o invasivi (impiantabile). I sensori biomedici possono essere utilizzati nell'uomo (clinici), negli animali (veterinari), o altri organismi viventi (scienze della vita), e, a seconda della destinazione d'uso, può essere per la cura diagnostica, terapeutica o intensiva per usi in applicazioni cliniche; ricerca e sviluppo pre-clinico; o prove di laboratorio (vedi tabella 1).

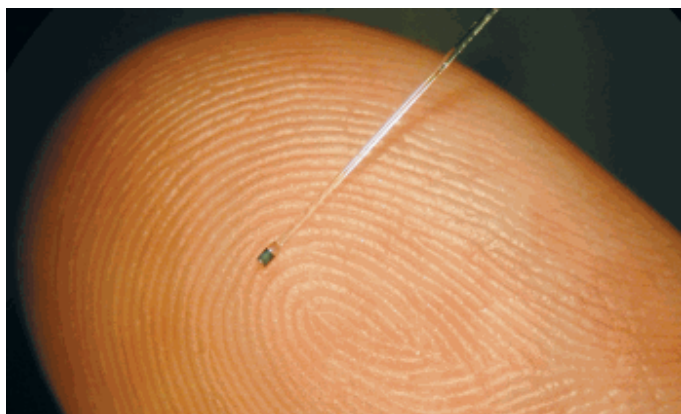


Figura 2. I sensori destinati ad impianti e applicazioni permanenti devono essere molto piccoli come questo sensore di pressione in fibra ottica micro-miniatura mostrato su un polpastrello. (Per gentile concessione di Samba sensori AB)

Gli ultimi sviluppi di prodotto

Uno dei primi pionieri di sensori biomedici fibra ottica, Camino Labs (San Diego, CA), nel 1984 ha introdotto nel mercato medico un sensore di pressione intracranica (ICP) che da allora è diventato uno dei sistemi di monitoraggio più comunemente usati ICP nel mondo. Il dispositivo si basa su un'intensità modulante regime fibra ottica basandosi su un soffierto in miniatura come il trasduttore.



Divisione Prodotti Speciali di MET Fibre Ottiche

Altri pionieri del sensore sono Luxtron (Santa Clara, CA, ora parte di LumaSense) con il suo sensore di temperatura fluoroptic, e FISO (Quebec City, QC, Canada), che si è posizionata come leader nella fornitura di sensori di pressione e temperatura in fibra ottica mediche. I sensori di FISO si basano su dispositivi EFPI interrogati con il bianco-luce interferometria. Tra una nuova generazione di aziende sono Opsens, Neoptix (sia a Quebec City, QC, Canada), e Samba sensori (Västra Frölunda, Svezia). Di gran lunga, i FOS medici più comuni sul mercato sono i monitor di temperatura e pressione, ma una manciata di altri sensori e strumenti diversi esiste (vedi tabella 2). Poiché i costi cadono e si sviluppano nuove tecniche di rilevamento, è probabile che il numero e la diversità di FOS biomediche aumenteranno.

Table 2: **Examples of commercial fiber-optic biomedical sensors by type**

Parameter	Company
Temperature	Fiso, LumaSense, Neoptix, OpSens, RJC
Pressure	Fiso, Maquet, OpSens, Samba Sensors, RJC
Coronary imaging	InfraRedx
Oxygenation	ISS
Pulse oximeter	Nonin
Blood flowmeter	ADInstruments
Shape/position	Hansen Medical, Intuitive Surgical, Luna, Measurand, Technobis
Force	EndoSense
EKG/EEG	Srico

Tra i più recenti sforzi di sviluppo sono sistemi di rilevamento di forma che utilizzano matrici di FBG disposte lungo multicore, fibre monomodali. Le FBGs sposteranno lunghezze d'onda di picco in risposta alla deformazione e curvatura sollecitazioni prodotte durante la piegatura. Gli array in fibra consentono di determinare con precisione la posizione e la forma di strumenti medici e bracci robotici utilizzati durante MIS. Le aziende che perseguono tali sviluppi sono Hansen Medical (Mountain View, CA), Intuitive Surgical (Sunnyvale, CA), Luna Innovations (Roanoke, VA), misurando (Fredericton, NB, Canada), e Technobis (Uitgeest, Paesi Bassi).

Un altro nuovo prodotto FOS rilevante negli studi preventiva è la Endosense (Ginevra, Svizzera) TactiCath catetere forza-sensing. Fiber Bragg sensori griglie sono montati sulla punta di un catetere intra-aortico che serve anche come sonda di emissione del laser-ablation per il trattamento della fibrillazione atriale. I FBGs rilevano la forza esercitata contro la parete cardiaca dalla tensione indotta su di loro (vedi Fig. 3). controllo di forza è essenziale per la fornitura di adeguati impulsi ablazione laser necessari per produrre le lesioni che sono indotti nelle pareti del cuore per ridurre l'attività elettrica anomala.

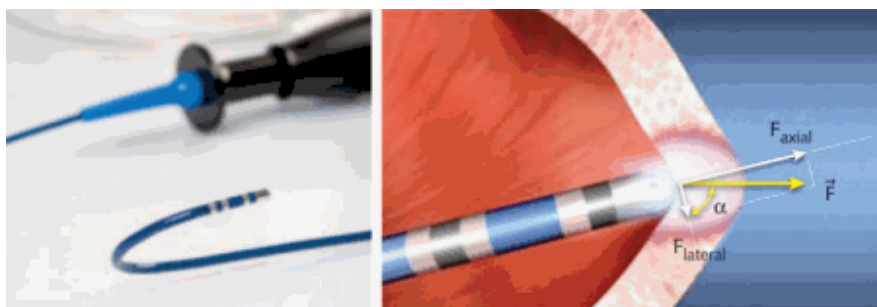


FIGURA 3. Una sonda intra-aortico forza sensing catetere a fibre ottiche consente il monitoraggio in tempo reale della forza esercitata contro la parete cardiaca dal catetere. (Per gentile concessione di Endosense)

prospettiva

Il mercato di rilevamento biomedicale rappresenta un'opportunità redditizia e in crescita per il FOS, in particolare per i grandi volumi di sonde monouso. La richiesta di più dispositivi di monitoraggio del paziente si combina con una tendenza verso la chirurgia mini-invasiva, che a sua volta richiede una varietà di dispositivi medici minimamente invasivi e monouso, sensori monouso di piccole dimensioni che possono essere incorporati in cateteri e endoscopi-una misura ideale per sensori a fibra ottica. Vi è anche un'opportunità indiscutibile per FOS come sensori EMI-compatibili per monitorare i segni vitali durante l'uso della risonanza magnetica (e relative tecniche), così come i trattamenti RF.

BCC Research (Wellesley, MA) stima che il mercato degli Stati Uniti per i dispositivi di monitoraggio del paziente per un valore di \$ 3,6 miliardi di 2007 e per raggiungere \$ 5,1 miliardi di 2013. I sensori monouso (e altri materiali di consumo) porzione del mercato è stato stimato a \$ 2,6 miliardi nel 2007 e di raggiungere ~ \$ 3,4 miliardi del 2013. La quota FOS di questo mercato globale è piccolo e si stima essere intorno ai \$ 100 milioni. Tuttavia, il potenziale è enorme e sensori biomedici fibra ottica offrono funzionalità e caratteristiche che non possono essere altrimenti ottenibili. Alto costo rimane un ostacolo, tuttavia, così come i cicli di sviluppo lunghi e processo di regolamentazione necessaria. progettazione e lo sviluppo del sensore non è banale, e la selezione del materiale corretto, il design, la biocompatibilità, la sicurezza del paziente, e altre questioni devono essere presi in account.⁶ Tuttavia, ci sono già diversi prodotti di successo sul mercato e più a venire.



Divisione Prodotti Speciali di MET Fibre Ottiche

RIFERIMENTI

1. E. Udd, "Panoramica delle applicazioni in fibra ottica di Smart Structures," Rassegna di progressi in Quantitative non distruttivo di valutazione, Plenum Press (1988).
2. B. Culshaw e J. Dakin, Eds, Optical Fiber Sensors: Sistemi e applicazioni, Vol. II, Artech House (1989).
3. J.I. Peterson e G.G. Vurek, "sensori a fibra ottica per applicazioni biomedicali." Scienza, 224, 4645, 123-127 (1984).
4. A.G. Mignani e F. Baldini, "sensori biomedici che utilizzano fibre ottiche", Rep. Prog. Phys., 59, 1-28 (1996).
5. F. Baldini, A. Giannetti, A.A. Mencaglia, e C. Trono, "sensori in fibra ottica per applicazioni biomediche." Curr. Anale. Chem., 4, 378-390 (2008).
6. E. Pinet e C. Hamel, "True sfide di sensori in fibra ottica monouso per ambiente clinico," Workshop Terzo europea sulla fibra Sensori ottici, EWOFS 2007 Napoli,