

# Introduzione

Il processo di implementazione di un sistema di rilevamento di danni strutturali e la loro strategia di caratterizzazione sono indicate come Structural Health Monitoring (SHM). In questo contesto, il danno viene definito come modifica al materiale e/o alle proprietà geometriche di una struttura, comprese le variazioni delle condizioni al contorno e la connettività del sistema, che possono influire negativamente sulle prestazioni dello stesso. Un classico processo di SHM prevede l'osservazione di un sistema nel tempo utilizzando misurazioni dinamiche periodicamente acquisite da una matrice di sensori, l'estrazione delle caratteristiche del danno, e l'analisi statistica delle caratteristiche per determinare lo stato di salute del sistema. Se da un lato la previsione della vita residua del sistema richiede il monitoraggio costante dei componenti soggetti a deterioramento nel tempo e delle condizioni ambientali a cui è sottoposto l'apparato, dall'altro l'attività di monitoraggio non deve tradursi in un controllo invasivo e non deve interagire negativamente con il corretto funzionamento del sistema nel suo complesso. Particolarmente critico è il monitoraggio strutturale di materiali, poiché richiede idealmente una determinazione puntuale delle condizioni fisiche e della presenza di eventuali anomalie strutturali.

Una migliore comprensione dei meccanismi di invecchiamento e la creazione di modelli prognostici come pure l'installazione di un efficace sistema di controllo sono quindi elementi molto importanti al fine di migliorare l'efficienza ed evitare l'insorgenza di eventi critici. Il tasso di invecchiamento dipende infatti fortemente dalle condizioni di conservazione dell'oggetto preso in esame in generale forti vibrazioni e shock, sia di natura termica che di natura meccanica, possono ridurre significativamente l'efficienza o addirittura renderne pericoloso l'utilizzo.

La tecnologia nel campo delle fibre ottiche, ed in particolare dei reticoli di Bragg, si inserisce in questo contesto, costituendo un valido supporto alla realizzazione di sistemi di sensoristica innovativi che possano essere impiegati per il monitoraggio strutturale di dispositivi, o di materiali, e per la valutazione del loro deterioramento e della risposta ad eventi esterni che possano verificarsi sia durante il normale funzionamento o in seguito all'insorgenza di condizioni eccezionali. I sensori in fibra basati su reticoli di Bragg sono, tra i vari sensori ottici, i più diffusi; tali sensori, denominati FBG, Fiber Bragg Grating, vengono vincolati all'oggetto da monitorare in modo tale da analizzare i movimenti o deformazioni della sua superficie: i reticoli di Bragg basano il loro funzionamento sulle alterazioni periodiche nell'indice di rifrazione nel core della fibra ottica, le quali possono essere ottenute esponendo la fibra ad una adeguata intensità di radiazione UV. I reticoli utilizzati hanno tipicamente una lunghezza dell'ordine di pochi cm. Quando all'interno della fibra si propaga luce bianca, la lunghezza d'onda che corrisponde al passo del reticolo viene riflessa, mentre tutte le altre lunghezze d'onda attraversano il reticolo indisturbate. Dalla dipendenza del passo del reticolo

all'allungamento della fibra e alla sua temperatura è possibile misurare i due parametri analizzando lo spettro della luce riflessa. Il lavoro di tesi che verrà presentato di seguito verterà sullo studio e la realizzazione di un setup di ricezione a discriminazione di lunghezza d'onda per un sensore in fibra basato su reticoli di Bragg. Nel primo capitolo verranno illustrati i principi teorici e le principali applicazioni dei sensori in fibra ottica. Nel secondo capitolo verrà brevemente illustrata la teoria relativa ai reticoli di Bragg con accenni al metodo di costruzione mediante incisione di luce ultravioletta e accenni al principio di funzionamento con una descrizione della teoria dei modi accoppiati che regolano i comportamenti della luce che si propaga in fibra e nel reticolo. Nel terzo capitolo verrà illustrato il sistema di acquisizione. Il quarto capitolo sarà dedicato alla descrizione degli elementi sensorizzati realizzati con una accurata spiegazione degli strumenti e del materiale utilizzato. Nel quinto capitolo verranno presentati i risultati dello studio, ed infine discusse le conclusioni.

# Abstract

The process of implementing a damage detection and characterization strategy for engineering structures is referred to as Structural Health Monitoring (SHM). Here damage is defined as changes to the material and/or geometric properties of a structural system, including changes to the boundary conditions and system connectivity, which adversely affect the system's performance. The SHM process involves the observation of a system over time using periodically sampled dynamic response measurements from an array of sensors, the extraction of damage-sensitive features from these measurements, and the statistical analysis of these features to determine the current state of system health. For long term SHM, the output of this process is periodically updated information regarding the ability of the structure to perform its intended function in light of the inevitable aging and degradation resulting from operational environments. After extreme events, such as earthquakes or blast loading, SHM is used for rapid condition screening and aims to provide, in near real time, reliable information regarding the integrity of the structure. Fiber Bragg gratings, formed by modulation of the refractive index of the optical fiber, have been used as excellent sensing elements suitable for measuring static and dynamic fields since the earliest stages of their deve-

lopment. The major advantage is that the sensing parameter is wavelength encoded, making it independent of factors such as fluctuating light levels or power loss, unlike other types of fiber-optic sensors. Fiber Bragg Grating (FBG) sensors are currently being used for sensing and measuring a variety of parameters including temperature, displacement, pressure, humidity, velocity, and acceleration. The aim of this thesis is to provide a comprehensive explanation about the use of the FBG as strain sensors. The discussion is arranged as follows: the first chapter provides an introduction about the fiber optic sensors; the second chapter briefly illustrates the theory behind the FBG; the third chapter provides a description of the acquisition system developed; the fourth chapter is dedicated to the description of the sensors developed; the fifth chapter presents the results of the study and a discussion about conclusions and future works.