

Spektraloptische Messtechnik für Fasergitter-Monitoring-Systeme und Untersuchungen von Mustern und Prototypen für Applikationsuntersuchungen

JENOPTIK Laser, Optik, Systeme GmbH

07739 Jena

Teilprojektleiter: Jürgen Bauer

Tel.: 03641 65 3602 E-Mail: juergen.bauer@jenoptik.com

Autoren: Elfrun Lembke, Jürgen Bauer

Inhalt

1	Einleitung	3-2
2	Aufgaben der JENOPTIK L.O.S. im Verbundprojekt	3-3
2.1	Entwicklung eines einsatzfähigen Messsystems	3-3
2.2	Mechanischer Aufbau	3-3
2.3	Elektronik-Hardware	3-6
2.4	Erhöhung der Messfrequenz	3-7
3	Gerätetests	3-9
3.1	Temperaturverhalten	3-9
3.2	Schwingungs- und Stoßtest	3-12
3.3	StrainaTemp-Datenblatt	3-17
4	Applikationen und Marktzugang	3-19
4.1	Vorteile der FGB-Messtechnik	3-19
4.2	Nachteile der FGB-Messtechnik	3-19
4.3	Applikationen	3-19
4.4	Einsatz in Windgeneratoren	3-22
5	Ausblick	3-24

1 Einleitung

Im Rahmen des Verbundprojektes „FAMOS“ bestand die Aufgabe der Jenoptik L.O.S. in der Entwicklung und Testung einer Auswerteeinheit für Faserbraggitter (FBG)-Signale. In Absprache mit den beteiligten Projektpartnern sollte die Auswerteeinheit StrainaTemp folgende Anforderungen erfüllen:

Auflösung der Braggwellenlänge:	1pm
Genauigkeit der detektierten Braggwellenlänge:	<10pm
Frequenzbereich 1:	bis 3Hz (quasistatisch)
Frequenzbereich 2:	bis 1kHz (quasidynamisch)
Anzahl der Messstellen (FaserBraggitter):	>10
Deutliche Kostenreduzierung des Seriengerätes:	< 500€/Messstelle
Eignung für den industriellen Einsatz:	IP 50

Der Einsatz der FBG Sensoren bei den Projektpartnern erfolgt hauptsächlich in den Anwendungsschwerpunkten Transportsysteme, Energieanlagen, Sprengmesstechnik und Mikrosensorik. Bei der Ausarbeitung der Zielparameter gab es folgende Schnittstellen zu den Projektpartnern:

- alle Partner: Formulierung der Zielparameter für das StrainaTemp (Dynamikbereich, Temperatur, Schnittstellen, Genauigkeit, Auflösung,...)
- JETI: Vorverarbeitung der FBG-Signale im StrainaTemp und Auswertung der Signale (statisch und dynamisch)
- IPHT: Bereitstellen der Fasergitter, Inbetriebnahme und Test des Sensors, Unterstützung bei der Konstruktion (Materialauswahl, Schnittstellen,...)
- Siemens: Testmessungen
- DaimlerChrysler: Testmessungen
- AOS: Gerätetests
- Tetra: neue Applikationen des StrainaTemp in der Mikromechanik
- JENOPTIK L.O.S.: Entwicklung eines einsatzfähigen Messsystems

2 Aufgaben der Jenoptik L.O.S. im Verbundprojekt

2.1 Entwicklung eines einsatzfähigen Messsystems

Die vordringliche Aufgabe der Jenoptik L.O.S. im Verbundprojekt war die beschleunigte Entwicklung einer FBG-Auswerteeinheit StrainaTemp für den Wellenlängenbereich um 820nm. Damit sollten bei den Partnern Untersuchungen zur Applizierung, die Realisierung spezieller Applikationen und Gerätetests durchgeführt werden. Um einen Einsatz in industriellen Applikationen voranzubringen, sollte der Preis pro Gittermessstelle nicht über 500€ liegen. Dabei konnte die Jenoptik L.O.S. auf eigene Erfahrungen mit einem höchstauflösenden abbildenden Gitter und die experimentellen Erfahrungen des IPHT aufbauen. Die Firmen Siemens AG und AOS GmbH stellten Anforderungen an die technischen Parameter und die Kosten.

Aus Kostengründen wurde die Entwicklung eines Messsystems im Wellenlängenbereich von 1,5µm verzichtet. Da in diesem Wellenlängenbereich vor allem die Detektorkosten (IR-Zeile) sehr hoch sind, konnte mit einer 1,5µm-Variante der Zielparamester Kosten nicht eingehalten werden.

Der Dynamikbereich des StrainaTemp (Erfassung der Messwerte pro Sekunde) wurde während der Projektlaufzeit erhöht. Während für Temperaturmessungen und bei der Langzeitüberwachung von Bauwerken eine quasistatische Messung (<3Hz) ausreichte, gab es für Dehnungsmessungen auch Applikationen, die einen höheren Dynamikbereich erforderten. Das betraf vor allem Applikationen im Maschinenbau, wo ein Dynamikbereich bis 1kHz erforderlich ist. Bei Windgeneratoren ergaben sich Anforderungen an die Messwernerfassung mit einem Dynamikbereich bis 75Hz. Daher wurde das StrainaTemp auf eine maximale Datenrate von 1kHz ausgelegt.

Bis zu einem Frequenzbereich von 3Hz können alle Spektrenrohdaten vom StrainaTemp zum PC übertragen werden. Dort erfolgt dann die Berechnung der detektierten Braggwellenlänge. In der dynamischen Variante bis 1kHz erfolgt eine geeignete Datenverarbeitung bereits im StrainaTemp, weil die Übertragung aller Rohdaten zum PC über die Schnittstelle nicht mehr möglich ist.

2.2 Mechanischer Aufbau

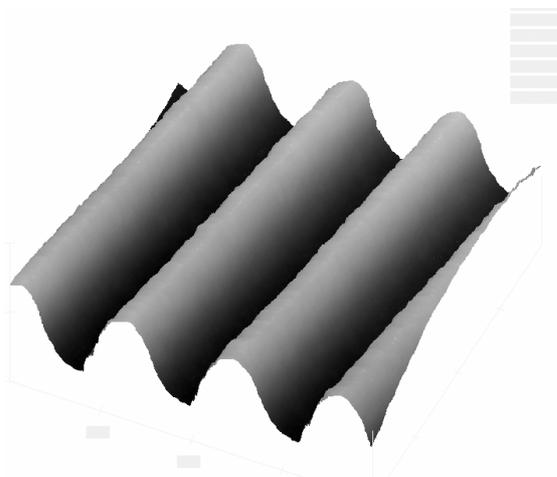


Abb. 1: Aufnahme des hochauflösenden Gitters (Teilbereich)

Das StrainaTemp (siehe Abb.2) befindet sich in einem Metallgehäuse mit den Abmessungen 220 x140 x 50. Die Grundplatte ist über eine Dämmmatte mechanisch von dem Gehäuse getrennt. Auf dieser Grundplatte sind alle für die Funktion des Gerätes wichtigen Bauelemente angebracht.

Hauptkomponente ist dabei das abbildende Gitter (Abb. 1), das sich in einer justierbaren Fassung befindet. Genau ausgerichtet zu diesem Gitter ist die Eingangsfaser, die das vom Bragggitter reflektierte Signal führt. Gespeist wird das StrainaTemp von einer gepigtailten SLD. Das Licht dieser breitbandigen Lichtquelle SLD SL-381-MP1_MiniBUT mit einer Zentralwellenlänge von 823nm und einer Halbwertsbreite von 25nm wird in den Eingang X1 eines X-Faserkopplers eingekoppelt.

An beide Ausgänge Y1 und Y2 des X-Kopplers werden zwei Fasern gespleißt, von denen eine die angeordneten FBGs und die andere ein Referenzgitter oder eine zweite FGB-Anordnung enthält. Die Ausgänge Y1 und Y2 sind über E-2000-Stecker und Kupplungen am StrainaTemp-Gehäuse angebracht. Die E2000-Faserstecker sind lichtdicht und durch eine mechanische Verschlussklappe staubgeschützt.

Die Ferrule an X2 wird in einer Ferrulenjustiervorrichtung so positioniert, dass mittels des abbildenden Gitters der Fasereingang X2 auf eine CCD-Zeile abgebildet wird. Über den Fasereingang X2 wird das Messsignal sowie das Referenzsignal geführt.

Als CCD-Zeile wird die Sony ILX511 mit 2048 Pixeln der Größe 200µm x 14µm eingesetzt. Zur Spektrengebung befindet sich unmittelbar vor der CCD-Zeile eine Zylinderlinse.

Abb. 2 zeigt den schematischen Aufbau des StrainaTemp und Abb. 3 eine fotografische Aufnahme.

Der Aufbau des StrainaTemp wird im wesentlichen von den Abmessungen des Gitters und dessen Objekt- und Bildschnittweite bestimmt. Das StrainaTemp basiert auf einem holographisch hergestellten und anschließend abgeformten, hochauflösenden Gitter der Fa. Carl Zeiss Jena (Abb. 1). Der Einsatz eines höchstaflösenden Gitters mit 1800 Linien mm⁻¹ hat sich nicht bewährt. Zum einen sind die Herstellkosten solcher Gitter deutlich höher, zum anderen ist eine Polarisationsabhängigkeit des höchstaflösenden Gitters von TE/TM 1:1 bei der Gitterfertigung nur schwer einzustellen. Es hat sich gezeigt, dass die Genauigkeitsbegrenzende Komponente nicht das Gitter mit seiner Linienzahl und damit die optische Auflösung ist, sondern die thermischen Belastungen des Gitters und die dadurch entstehenden Temperaturgradienten im StrainaTemp. Ein hochauflösendes Gitter mit 1300 Linien/mm und kleineren Abmessungen erwies sich als die bessere Variante bezüglich thermischer und mechanischer Driften.

Gitterparameter:

Linienzahl: 1300 mm⁻¹
Profil: symmetrisch
Korrektur: für 790nm ... 830nm
Größe: Durchmesser = 30mm, Dicke = 8mm
Schnittweite: ca. 110mm

Bei der Konstruktion und der Montage des StrainaTemp wurde auf die spannungsarme Befestigung der einzelnen Bauelemente Wert gelegt, vor allem auf die spannungsfreie Halterung des hochauflösenden Gitters in einer drehbaren Fassung. Das Aufbringen aller mechanischer Bauelemente auf einer gemeinsamen Grundplatte erfolgt starr und das Einbringen dieser in das kompakte Gehäuse erfolgt über Silikon-

dämmplatten (Deflex Sheet plain) und mechanisch entkoppelte Verschraubungen. Nach den Materialtests, die die Grundplatte und die Halterungselemente betreffen, zeigte sich, dass die Aluminiumausführung einen guten Kompromiss zwischen Temperaturgradienten, Einschwingverhalten, Gewicht, Bearbeitung und Stoßfestigkeit darstellt.

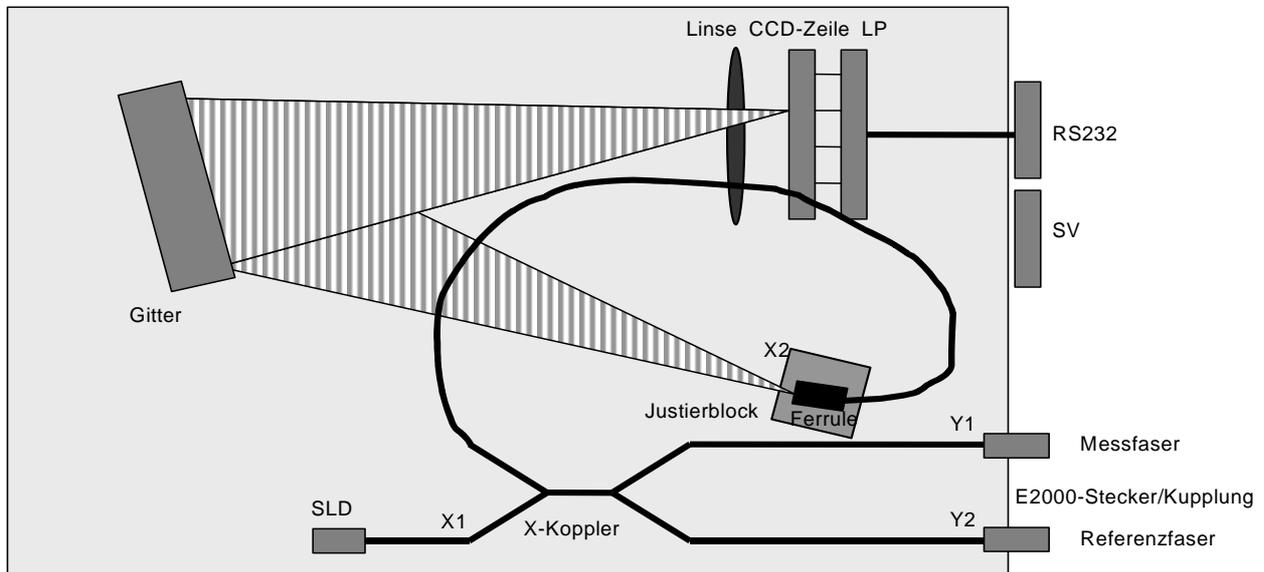


Abb. 2: Schematischer Aufbau des StrainaTemp

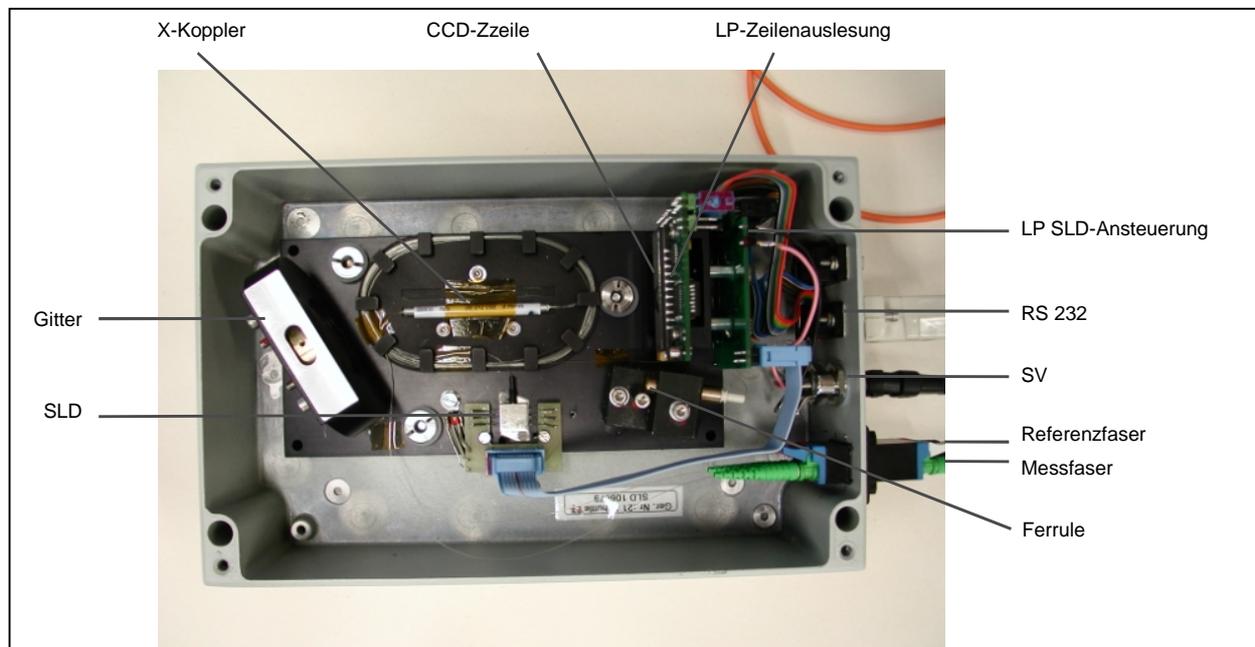


Abb. 3: Aufbau des StrainaTemp im Gehäuse

Nur die stabile Anordnung der Komponenten Faserausgang X2, Gitter und CCD-Zeile im StrainaTemp-Gehäuse gewährleistet eine hohe Messgenauigkeit. Das Auftreten von Temperaturgradienten, verursacht