

# Herstellung eines holographischen Gitters für hohe Temperaturen

Xie Huimin, Dai Fulong

*Diese Veröffentlichung beschäftigt sich mit einer neuartigen Methode zur Herstellung eines holographischen Gitters für hohe Temperaturen. Zur Herstellung von Gittern können Proben mit metallischem oder nichtmetallischem Überzug gewählt werden. Die experimentellen Ergebnisse haben gezeigt, daß das mit dieser Methode erzeugte holographische Gitter gute Beugungseffekte bei Hochtemperatur-Ver suchen liefern kann.*

*A new method for producing holographic gratings for high temperature is described in this article. With two deposited metal layers on the specimen surface, either metal or non-metal can be chosen as object of producing gratings. The experimental results prove that the holographic gratings produced with this method can provide a good diffraction effect during high temperature tests.*

## 1. Einleitung

Seit den 80er Jahren findet die Moiré-Interferometrie große Verwendung bei experimentellen Dehnungsanalysen. Hauptsächlich wird sie zur Beobachtung des Spannungsverhaltens von Strukturen oder Modellen bei normaler Temperatur eingesetzt. 1991 schlugen P. Ifju und D. Post das Modell des "Null-

Dicke-Gitters" vor, um den hohen Temperaturanforderungen für die Moiré-Interferometrie Genüge zu tun /1/. 1993 untersuchte B.S.-J. Kang das kriechende Deformationsverhalten der Rißausbreitung bei hohen Temperaturen mit Hilfe eines speziellen Silikon-Gitters /2/.

Es ist möglich, die Moiré-Interferometrie zur Deformationsmessung bis 550° C einzusetzen. In diesem Artikel wird eine neue Methode zur Herstellung von Hochtemperatur-Gittern mit einer zweischichtigen Metalloberfläche vorgestellt.

Jeweils eine Metallschicht wurde vor und nach einem Fotoätz-Prozeß auf die Probenoberfläche aufgetragen. Das holographische Gitter wird durch die Interferenz zweier Strahlen einer beweglichen Lichtquelle erzeugt. Im folgenden werden einige Hochtemperatur-Versuche (bis zu 910°C) mit dem oben angeführten Gittertyp (Liniendichte 1200 l/mm) beschrieben.

## 2. Technisches Verfahren

Bei dieser Methode wurden oxidationsresistente Metalle gewählt. Die Probenoberfläche wurde vor und nach der Herstellung des holographischen Gitters mit Fotolack beschichtet. Mit einen organischen Lösungsmittel kann der überschüssige Lack zwischen den Metallschichten entfernt werden. Es bildet sich ein Reliefgitter auf der Probenoberfläche. Die einzel-

1) Auftragen des Metalls C1



2) Aufbringen des Photolacks



3) Herstellung des holographischen Gitters



4) Auftragen des Metalls C2



5) Gitter nach Entfernen des Fotolacks



**Bild 1** Verfahren zur Herstellung eines holographischen Gitters für hohe Temperaturen

nen Verfahrensschritte sind im folgenden beschrieben, vgl. **Bild 1**.

### 2.1 Bearbeitung der Probenoberfläche

Die Herstellung von Gittern guter Qualität erfordert eine ebene, flache Oberfläche. Im allgemeinen muß die Probenoberfläche bis zu einer Rauhtiefe von  $0,8 \mu\text{m}$  poliert werden, wobei mit einer hochglanzpolierten Fläche bessere Beugungseffekte erzielt werden. Der Ebenheitsabweichung der Probenoberfläche darf  $0,01 \text{ mm}$  nicht überschreiten.

Bei Metallproben sollte eine vorhandene Oxidschicht mit Säuren entfernt werden. Die Oberfläche muß danach mit klarem Wasser gereinigt werden.

### 2.2 Auftragen der Metallschicht C1

Die bearbeitete Oberfläche kann anschließend im Vakuum mit der Metallschicht C1 beschichtet werden. Wichtig dabei ist, daß es sich bei dem Beschichtungsmaterial um ein oxidationsresistentes Metall handelt, und daß die Kompatibilität der thermischen Verformung beider Materialien sichergestellt ist.

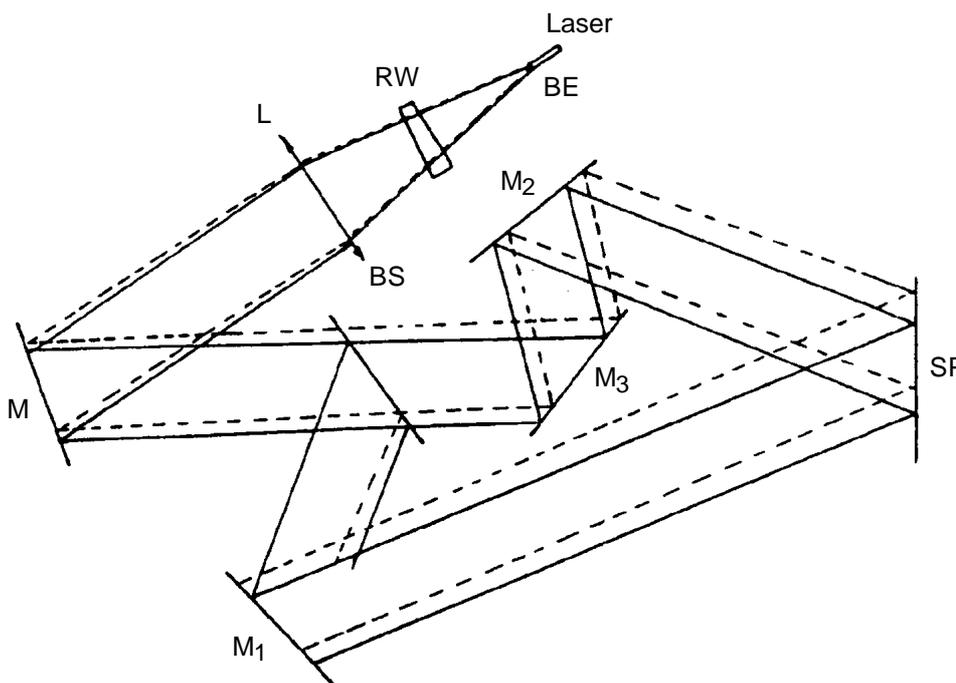
### 2.3 Aufbringen des Fotolacks

Mit Hilfe der "Spinning-Methode" wird eine Lage des Fotolacks (Az1470) gleichmäßig über die Probenoberfläche verteilt. Die Dicke kann zwischen  $0,5 \text{ mm}$  und  $1 \text{ mm}$  betragen.

### 2.4 Herstellung des holographischen Gitters

Das optische System zur Herstellung eines holographischen Gitters ist in **Bild 2** dargestellt /3/. Hier wird mittels eines rotierenden Keils RW eine bewegliche Lichtquelle zur Generierung des Gitters erzeugt. Es entsteht ein oszillierendes virtuelles Gitter auf der Aufnahmeebene SP. Um die gewünschte Frequenz des holographischen Gitters zu erreichen, wird ein Referenzraster mit dieser Frequenz auf die Aufnahmeebene SP gebracht (siehe Bild 2).

**Bild 3** stellt ein Justiersystem dar. Durch die Interferenz zweier Beugungsstrahlen zwischen der 0. und +1. Ordnung kann ein Moiré-Muster auf dem Schirm erzeugt werden. Die Einstellung der Positionen von  $M_1$ ,  $M_2$  und SP führt zur Brechung der Isothete. Für die Belichtung der Proben können unterschiedliche Referenzraster verwendet werden. Nach der Belichtung erhält man ein hoch auflösendes, rauschfreies holographisches Gitter.



**Bild 2** Optisches System zur Herstellung photoresistenter Gitter

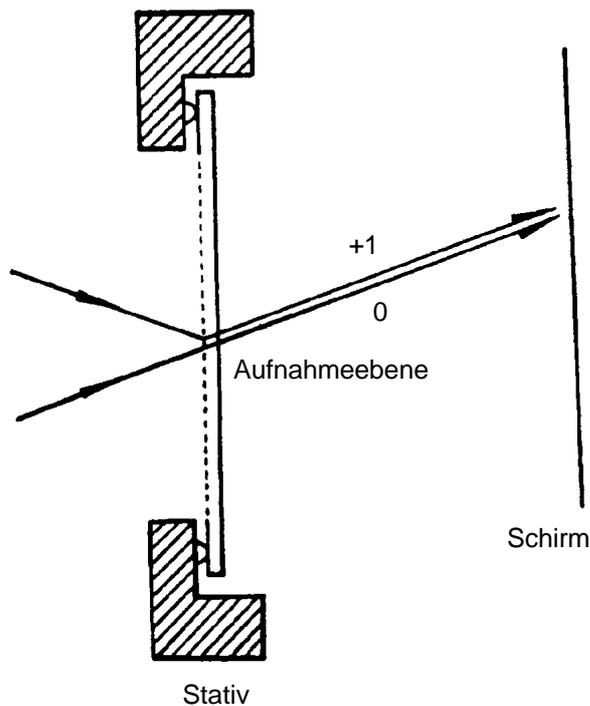


Bild 3 Versuchsanordnung zur Beobachtung der Moiré-Linien

### 2.5 Auftragen der Metallschicht C2

Nachdem das holographische Gitter mit Hilfe des fotolithographischen Verfahrens auf der Probenoberfläche entstanden ist, kann die Probe mit der Metallschicht C2 beschichtet werden, welche auch aus oxidationsresistenten Metallen ausgewählt werden muß. Die Differenz der Wärmedehnungskoeffizienten der Metalle C1 und C2 muß sehr klein sein.

### 2.6 Entfernen des Fotolacks

Der zwischen den Metallschichten C1 und C2 befindliche Fotolack kann mit Aceton von der Oberfläche entfernt werden. Somit ist ein Gitter mit den Metallschichten C1 und C2 auf der Probenoberfläche entstanden.

### 3. Anwendung

Mit Hilfe der Methode von zwei aufgetragenen Metallschichten (Goldbeschichtung für C1 und C2) konnte ein holographisches Gitter für hohe Temperaturen bei einer Liniendichte von 1200l/mm auf einer dünnen Kupferplatte hergestellt werden. Daraufhin wurde die Platte mit Hilfe der "Spinning-Methode" mit einer einheitlichen, ca. 5 mm dicken photoempfindlichen Schicht überzogen. Nach der Belichtung durch einen 5W Argon-Ionen-Laser, fand eine Entwicklung des Fotolacks in NaOH (0,6%) statt.

Für Hochtemperatur-Versuche wurde das Gitter in zwei Hälften geteilt, wobei eine der Hälften bei 850°C eine Stunde lang erhitzt wurde. Bild 4 zeigt die Gitterstruktur nach dem Test unter einem Scanning-Elektronen-Mikroskop.

Die andere Hälfte des Gitters wurde eine Stunde lang einer Temperatur von 910°C ausgesetzt und nach dem Versuch mit dem Moiré-Interferometer ausgewertet.

Unter Anwendung eines Referenzgitters von 1200l/mm erhält man ein Trägerlinienmuster, welches in Bild 5 dargestellt ist.

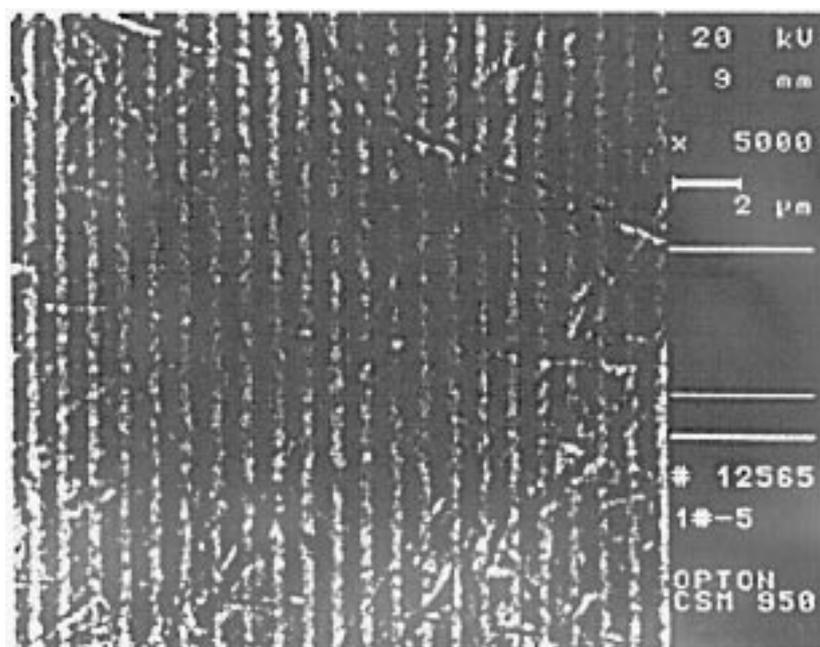
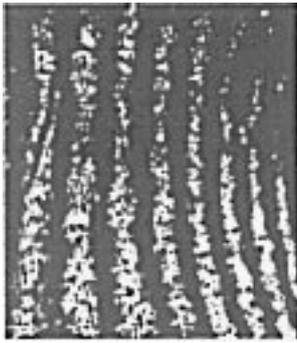


Bild 4 Gitterstruktur nach einer Stunde bei 850°C



**Bild 5** Trägerlinienmuster der Moiré-Interferometrie nach einer Stunde bei 910°C

#### 4. Zusammenfassung

Mit zwei abgelagerten Metallschichten können Gitter auf metallische und nichtmetallische Proben aufgebracht werden. Weiterhin können, falls oxidationsresistente Metalle gewählt wurden, die Gitter mit diesem Verfahren in "Vor-Ort-Messungen" eingesetzt werden. Durch die Verwendung einer beweglichen Lichtquelle und zweier oxidationsresistenter Metallschichten zur Produktion des holographischen Gitters, wird rauschfreies holographisches Gitter erzeugt, das bei hohen Temperaturen hohe Beugungsleistungen zeigt.

#### Literatur

1. Ifju, P.; Post, D.:  
Zero-Thickness Specimen Gratings for Moire Interferometrie  
Experimental Technique, 45 47 (03/04 1991)
2. Kang, B. S. -J.; Zhuang, Y. N.; Liu, Q. -K.:  
Experimental Investigation of Creep-Cracktip Deformation Using Moire Interferometrie  
Experimental Mechanics, 309-315 (12/1992)
3. Post, D.; Mckelvie, J.; Tu, Meirong; Dai, Fu-long:  
Fabrication of Holographic Gratings Using a Moving Point Source  
Applied Optics, Vol. 28, No. 15, 3494-3497 (1989)