

Axel Günther
Claudius Knaak
Gruppe 7 (Dienstag)

10.06.01

Holographie

Aufbau/ Beschreibung des Versuchs:

siehe Anleitung zum Praktikumsversuch

Durchführung des Versuchs:

Zunächst wird ein Michelson-Interferometer aufgebaut, um ein Gefühl für die Empfindlichkeit der Meßapparatur zu bekommen. Danach wird ein Transmissionshologramm erstellt.

1. Michelson-Interferometer

Ergebnis:

starker Drift bei Klopfen auf Granitplatte

mäßiger Drift bei Handfläche unter Strahlengang legen

schwacher Drift bei Fußbodenaufstampfen / in den Strahlengang pusten

2. Hologramm

Lichtfluß: Referenzstrahl: $5/90\mu\text{A}$; Gegenstandsstrahl: $5/25\mu\text{A}$

Verhältnis: $\frac{3,6}{1}$

Beantwortung der Fragen:

Was ist der prinzipielle Unterschied zwischen Fotografie und Holografie?

Bei beiden Verfahren werden die Bereiche des Films, auf die Licht fällt, geschwärzt. Der Unterschied liegt jedoch darin, daß bei der Photographie nur die Information über die Amplitude des Lichts festgehalten wird und nicht auch noch die Phase des Lichts. Mit Hilfe der Holographie werden sowohl die Informationen über die Amplitude, als auch Informationen über die Phase gespeichert. Somit erhält man bei der Rekonstruktion des Bildes bei der Holographie einen dreidimensionalen Eindruck des Gegenstandes, während man bei der Photographie nur ein zweidimensionales Bild erhält.

Was ist der Unterschied zwischen Lichtstrahl und Lichtwelle?

Der Lichtstrahl ist eine Hilfskonstruktion der geometrischen Optik, wodurch die Berechnung optischer Systeme, bestehend aus Spiegeln, Linsen, Prismen usw., stark vereinfacht wird. Man kann damit sehr gut den Weg des Lichtes beschreiben, ohne Berücksichtigung des Charakters des Lichts. Dieses Modell des Lichts ist jedoch nur gültig, wenn alle betrachteten Abmessungen wesentlich größer sind als die Wellenlänge des Lichts.

Mit einer Lichtwelle beschreibt man dann die Effekte und die Eigenschaften, die sich aus der Betrachtung des Lichts als elektromagnetische Welle ergeben, zum Beispiel Interferenz, Beugung bzw. Amplituden- und Phaseninformationen, etc.

Was ist der Unterschied zwischen der Dicke d eines Materials und der optischen Dicke dieses Materials, dessen optischer Brechungsindex n ist?

Die (geometrische) Dicke d beschreibt die äußeren Abmessungen des Materials und ist deshalb für die Optik eher uninteressant. Die optische Dicke berechnet sich aus $n \cdot d$, d.h. sie kann größer oder kleiner als die geometrische Dicke sein, abhängig vom Brechungsindex n . Diese Größe ist für die Optik deshalb interessant, da man dadurch Beugungseffekte leicht erklären kann: Wenn zwei Strahlen gleicher Wellenlänge und in Phase durch Materialien gleicher Dicke d aber unterschiedlichem Brechungsindex n laufen, so kommt es zu einem Phasenunterschied und damit zu einem Beugungseffekt. Dieser wird im Phasenhologramm benutzt.

Wie müsste der Versuchsaufbau in Abb.11 modifiziert werden um ein Denisyuk-Hologramm durch Interferenz zweier ebener Wellen herzustellen? Die Dicke der lichtempfindlichen Emulsion des verwendeten Filmmaterials beträgt etwa $6\mu\text{m}$. Nach 3.1 besteht dieses spezielle Hologramm aus parallelen Schichten. Wie viele Schichten bilden sich in der Emulsionsschicht aus, wenn das Hologramm mit einem He-Ne-Laser hergestellt wurde?

Um eine ebene Wellenfront herzustellen, müßte eine weitere Sammellinse in den Strahlengang gestellt werden, so daß die beiden Brennpunkte zusammenfallen. Dadurch werden die aufgefächerten Strahlen parallel ausgerichtet und eine ebene Wellenfront erzeugt.

Das Hologramm besteht aus parallel verlaufenden Schichten in der Photoplatte mit einem

Abstand von $\frac{\lambda}{2}$. Wenn man jetzt die Wellenlängenänderung in der Photoplatte $\lambda' = \frac{\lambda_{\text{HeNe}}}{n}$

vernachlässigt, so ergibt sich $a = \frac{d_{\text{Film}}}{\lambda_{\text{HeNe}}} \cdot 2 = \frac{6\mu\text{m}}{632,8\text{nm}} \cdot 2 \approx 19$.

Was passiert beim Zerschneiden eines Hologramms (was sieht man auf den Teilhologrammen)?

Theoretisch ist schon auf einem sehr kleinen Teil des Hologramms die vollständige Information des Wellenfeldes vorhanden, denn jeder Objektpunkt wird durch die gesamte Hologrammschicht repräsentiert. Man kann also auch auf den Teilstücken das vollständige Hologramm sehen. Allerdings sind dann nur bestimmte Blickwinkel möglich, das Bild wird lichtschwächer und ist nicht mehr so scharf.

Was ist zu erwarten, wenn man das Hologramm mit einer anderen Wellenlänge als bei der Aufnahme rekonstruiert?

Je nachdem, wie die Betrachtungswellenlänge zur belichteten Wellenlänge verändert wird, erscheint das Hologramm vergrößert oder verkleinert

Geben Sie die entsprechende Intensitätsverteilung im Hologramm an.

$$\begin{aligned}
 I &= |E_G + E_R|^2 = (E_G + E_R)(E_G^* + E_R^*) = E_G E_G^* + E_G E_R^* + E_R E_G^* + E_R E_R^* = \\
 &= E_G^2 + E_R^2 + E_g e^{i(\omega - \vec{k}_g \vec{r})} E_r e^{-i(\omega - \vec{k}_r \vec{r})} + E_r e^{i(\omega - \vec{k}_r \vec{r})} E_g e^{-i(\omega - \vec{k}_g \vec{r})} = \\
 &= E_G^2 + E_R^2 + E_g E_r e^{i(-k)} + E_g E_r e^{i(-\vec{k}_r \vec{r} + \vec{k}_g \vec{r})} = E_G^2 + E_R^2 + E_g E_r (e^{i(-\vec{k}_g \vec{r} + \vec{k}_r \vec{r})} + e^{-i(\vec{k}_r \vec{r} - \vec{k}_g \vec{r})}) = \\
 &= E_G^2 + E_R^2 + E_g E_r [\cos(\vec{k}_g \vec{r} + \vec{k}_r \vec{r}) + i \sin(-\vec{k}_g \vec{r} + \vec{k}_r \vec{r}) + \cos(-\vec{k}_g \vec{r} + \vec{k}_r \vec{r}) - i \sin(-\vec{k}_g \vec{r} + \vec{k}_r \vec{r})] = \\
 &= E_G^2 + E_R^2 + 2E_g E_r \cos(\vec{k}_g \vec{r} + \vec{k}_r \vec{r})
 \end{aligned}$$

Die Berechnung des Wellenfeldes war uns nicht möglich, sprich wir haben es nicht kapiert; folglich auch dessen Diskussion