

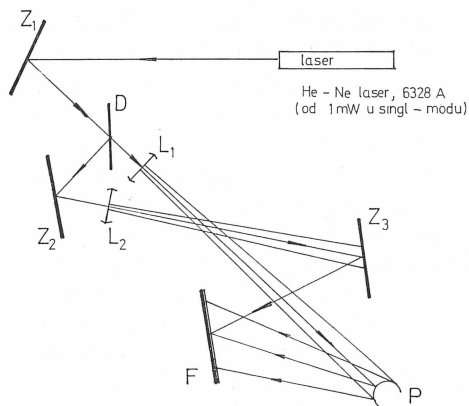
Institut za fiziku Sveučilišta u Zagrebu
 direktor Instituta prof. dr B. Leontić
 Zavod za dječju i preventivnu stomatologiju
 Stomatološkog fakulteta u Zagrebu
 predstojnik Zavoda prof. dr O. Štern

Preliminarna hologrfska mjerenja deformacija zuba

G. PICHLER, D. VUKIČEVIĆ i Z. RAJIĆ

U Institutu za fiziku Sveučilišta u Zagrebu, pri Odjelu fizike ioniziranih plinova postoji specijalni laboratorij za holografiju i hologrfsku interferometriju. Obadvije se aparature mogu primjenjivati kao suvremeni način istraživanja fizikalnih pojava, pomoćne metode pri ispitivanju problema iz oblasti medicine.

Poznato je da se pomoću holograma, prosvjetljujući koherentnim laserskim snopom, može reproducirati trodimenzijska slika predmeta. Shema optičkih elemenata pri snimanju holograma prikazana je na slici broj 1.



Sl. 1. Shema optičkih elemenata upotrijebljenih za snimanje holograma. Z_1 , Z_2 , Z_3 su ravna zrcala, L_1 i L_2 su mikroskopske leće vrlo male žarišne daljine koje ovdje služe za širenje uskog laserskog snopa. D je djeliteľ laserskog snopa na referentni (optički put DZ_2Z_3F) i predmetni snop (DPF), a sastoji se od obične planparalelne pločice, koja u transparentiji i refleksiji daje dva snopa. P je predmet koji želimo snimiti, a F je naročita fotografska ploča, koja je vrlo osjetljiva na lasersku valnu dužinu ($\lambda = 6328 \text{ \AA}$) i posjeduje veliku moć razlučivanja.

Optički put referentne i predmetne zrake mora biti jednakog smjera, kako bi se osigurala što bolja koherencija jednog i drugog snopa, jer je to važno za pojavu i registriranje interferencije u emulziji fotografske ploče.

Referentni i predmetni snop zapisuju na fotografskoj ploči vrlo finu interferometrijsku strukturu, koja sadrži informaciju o promatranom predmetu. Kad takvu ploču razvijemo nazivamo je hologram. Prosijava li se kroz hologram samo referentni laserski snop, doći će prolazom kroz finu interferencijsku strukturu na fotoploči do takve difrakcije svjetlosti referentnog snopa, da će se reproducirati valna fronta, koja kao da dolazi od predmeta P (koji je u međuvremenu uklonjen s prijašnjeg mjesta). Promatrajući iza fotoploče F mi ćemo vidjeti trodimenzijsku virtualnu sliku predmeta P.

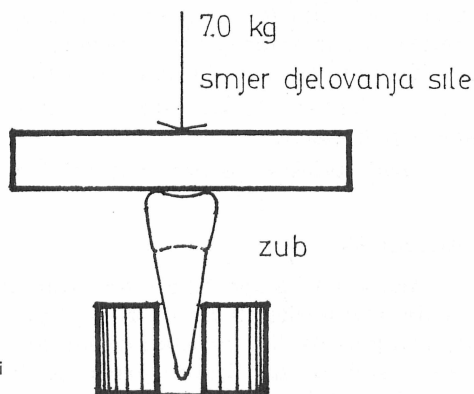
HOLOGRAFSKA INTERFEROMETRIJA

Iskorištavajući svojstva koherentnosti laserskog snopa, može se holografška metoda primijeniti i za promatranje određenih deformacija predmeta. To se postiže tako, da se na istoj holografskoj ploči snime uzastopce dva holograma i potom se ploča razvije (metoda dvostruke ekspozicije). Prvi se hologram snimi s predmetom, a drugi se snimi s istim nepomaknutim predmetom, na kojem su nastale deformacije uslijed djelovanja vanjskih sila. Promatrajući virtualnu sliku takvog dvostrukog holograma, vidimo predmet prekriven tamnim i svjetlim prugama interferencije, koje svojim oblikom i raspodjelom kazuju o veličini i strukturi deformacije na predmetu. Hologram dvostruke ekspozicije, dakle, omogućuje da zbog odlične koherencije laserskog svjetla, nedeformirani i deformirani predmet (tj. njihove virtualne trodimenzijske slike) međusobno interferiraju, stvarajući svijetle i tamne pruge preko slike predmeta.

Pri snimanju je bitno, da se predmet ne miče, jer bi se njegova virtualna slika mogla potpuno izbrisati. Veličina deformacije između susjedne svijetle i tamne pruge iznosi pola valne dužine svjetlosti lasera, dakle oko $0,3 \mu\text{m}$, tako da se mogu relativno jednostavno promatrati vrlo male deformacije predmeta.

REZULTATI I DISKUSIJA

Predmet našeg promatranja su bili površinski slojevi zubnog tkiva. Eksperimentom se htjelo procijeniti, mogu li se metodom holografške interferometrije

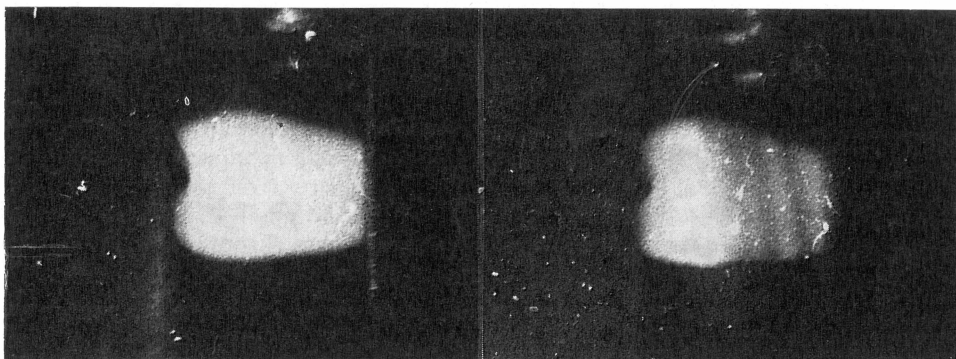


Sl. 2. Shematski prikaz uređaja koji je služio pri pokusu.

zabilježiti vrlo sitne deformacije površinske strukture zuba, koje su nastale djelovanjem vanjskih sila, a koje se ne vide prostim okom. U tu je svrhu zub, kao

predmet, bio čvrsto utisnut u rupu kružnog presjeka (sl. 2.), odozgora je na njega bila postavljena metalna ploča, koja može kliziti u smjeru gore dolje, a na tu je ploču bila stavljena olovna opeka mase od oko 7 kg, koja određenom silom djeluje na zub, izazivajući na njemu stanovite deformacije. Osobita je pažnja bila posvećivana izbjegavanju bilo kakvih vibracija, stavljanjem cjelokupnog eksperimentalnog uređaja na antivibracijski stol. Olovna se opeka spuštala pažljivo na ploču iznad zuba pomoću kolotura.

Za ovaj smo eksperiment upotrijebili 38 potpuno intaktnih ekstrahiranih zubi.



Sl. 3a. Hologram zuba. — Sl. 3b. Fotografija hologrfskog interferograma zuba sa sl. 3a, nakon opterećenja.

Slika 3a pokazuje hologram zuba, dok slika 3b prikazuje fotografiju hologrfskog interferograma tog istog zuba. U blizini ruba otvora, u koji je utisnut zub, deformacija je najveća i tu su interferencijske pruge guste, dok se u gornjem dijelu zuba pojavljuje samo jedna široka pruga, što govori o vrlo slaboj deformaciji. Dok običan hologram ne pruža nikakvu dijagnostičku informaciju, hologrfski nas interferogram informira o veličini i strukturi deformacije, koje je analiza, premda moguća, ipak vrlo složena.

U pristupačnoj stomatološkoj literaturi o ovom problemu, nismo našli nikakve publikacije.

Ovaj izvještaj je preliminarni i daljnji se eksperimenti rade.

ZAKLJUČAK

Metodom hologrfske interferometrije mogu se zabilježiti vrlo sitne deformacije površinske strukture zuba, koje su nastale djelovanjem vanjskih sila. Te se promjene ne vide prostim okom. Stupanj deformacije pokazuje gustoća interferencijskih pruga. Što su pruge gušće, deformacija je veća i obratno, što su pruge šire, deformacija je manja.

LITERATURA: Shulman, A. R.: Optical Data Processing, str. 453—549, John Wiley & Sons, New York, 1970

S a ž e t a k

Iskorištavajući svojstva koherentnosti laserskog snopa, autori su u eksperimentalnim uvjetima promatrali deformacije zuba, nevidljive prostim okom.

Na istoj holografskoj ploči snimili su uzastopce dva holograma. Prvi je hologram bio snimljen na nativnom zubu, a drugi na istom zubu, koji je bio opterećen olovnom pločom, uslijed čega su nastale deformacije na površinskim slojevima zubnog tkiva. Zbog odlične koherencije laserskog snopa, nedeformirani i pritiskom deformirani zub međusobno interferiraju, stvarajući svijetle i tamne pruge preko slike predmeta. Gustoća ovih pruga govori o stupnju deformacije zuba. Što su pruge gušće, deformacija je veća i obratno, što su pruge šire, deformacija je manja. Ovaj je izvještaj preliminaran, daljnji se eksperimenti rade.

S u m m a r y

PRELIMINARY HOLOGRAPHIC MEASURING IN DEFORMATION OF THE TEETH

Making use of their experience with the coherence of the laser bundle the authors have observed under experimental conditions the deformation of the teeth invisible to the naked eye.

The method of work consisted in making subsequently two holographs on the same cholographic plate. The first was taken of the native tooth and the second of the same tooth which was weighed down by a lead plate as a result of which deformation occurred on the superficial layers of the dental tissue. Making use of the excellent coherence of the laser bundle the normal and the deformed tooth (due to pressure) mutually interfere, forming light and dark streaks over the picture of the object. The density of these streaks indicates the degree of deformation of the tooth. The closer the streaks are the greater is the deformation and vice versa, the wider the streaks the smaller the deformation.

The report is to be considered preliminary, since further experiments are under way.

Z u s a m m e n f a s s u n g

VORLÄUFIGE HOLOGRAPHISCHE MESSUNGEN VON ZAHNVERBIEGUNGEN

Auf Grund der Kohäsion der Laserstrahlen konnten die Autoren unter experimentellen Bedingungen Verbiegungen von Zähnen, unsichtbar dem freien Auge, beobachten.

Auf derselben holographischen Platte wurden nacheinander zwei Hologramme aufgenommen. Das erste Hologramm wurde am nativen Zahn aufgenommen, das zweite am gleichen Zahn der mit einer Bleiplatte belastet war, wodurch Verbiegungen in den oberflächlichen Schichten des Zahngewebes entstanden. Auf Grund der ausgezeichneten Kohärenz der Laserstrahlen, entstanden Interferenzen zwischen dem verbogenen und dem nicht verbogenen Zahn was lichte und dunkle Streifen auf der Abbildung des Gegenstandes verursacht. Die Dichte dieser Streifen ist für den Grad der Verbiegung beweisend. Je dichter die Streifen umso grösser die Verbiegung, je schütterer die Streifen umso geringer die Verbiegung.

Dieser Bericht ist vorläufig, weitere Untersuchungen sind im Gange.