

龚 昇 主编

中国科学技术大学 日本东京大学 科技合作五周年纪念论文集

Zhongguo Kexue Jishu Daxue
Ribeng Dongjing Daxue Keji Hezuo
Wuzhounian Jinian Lunwenji

中国科学技术大学出版社

**中国科学技术大学
日本东京大学
科技合作五周年纪念论文集**

龚昇主编

中国科学技术大学出版社

1987·合肥

内 容 简 介

本论文集共收集了中国科技大学和日本东京大学部分学者撰写的60篇论文,以纪念中国科技大学和东京大学科技合作五周年。论文集涉及范围较广,但主要偏重于化学、机械、计算机方面,基本上是这几个领域当前较高科研成果的反映。可供化学、机械、计算机领域的科研人员及研究生、大学生参考。

中国科学技术大学日本东京大学 科技合作五周年纪念论文集

龚 昇 主编

*

中国科学技术大学出版社出版

(安徽省合肥市金寨路24号)

中国科学技术大学印刷厂印刷

安徽省新华书店发行 各地新华书店经售

*

开本: 787×1092/16 印张: 27.25 字数: 665千

1987年3月第1版 1987年3月第1次印刷

印数: 1—1600册

ISBN 7-312-00037-1/O·10 统一书号: 13474·10 定价: 6.30元

前 言

我校与日本东京大学工学部间的学术合作，是一九七九年十二月中日两国政府在北京签订的“中华人民共和国政府和日本国政府为促进文化交流的协定”中拟定合作项目之一，经过一九八〇年十一月“中国科学院日本工科教育考察团”和一九八一年三月“日本中国科学技术大学学术合作调查团”互访等的调查和准备，于一九八二年六月由我校付校长和东京大学工学部部长代表中日双方在北京签署了“中国科学技术大学和东京大学工学部间学术合作规定”。经商定先在精密机械工学、信息工学、材料工学、物理工学和管理科学五个方面开展学术合作。

自一九八二年四月正式开始执行合作计划以来，我校和东京大学工学部双方都十分积极认真地对待这一项目，双方都认为，这项合作协议不单是学术交流，而且是受两国政府委托从事的中日两国人民世代友好的大事业的组成部份。两校都落实了双方的政府专款，使合作计划的执行有了可靠的物质保证，双方经常保持着密切的联系，事事都有周密的计划，保证了人员和器材的计划来往，四年多来，东大派出了大批学者到我校进行讲学、合作研究及实验室建设，这些专家不计较生活条件、谦虚诚恳、工作热情，对中国人民表现了友好的感情，给我们留下了深刻的印象。我校也派了大批学者到东京大学进行讲学、合作研究及考察，他们勤奋工作，努力学习，加深了对日本科技、教育和文化的了解。他们都很好地完成了双方学校交给的交流任务。


第一个合作的五年即将结束了，双方对这富有成效的合作都感到满意，经过这些年的相互交流，中日双方的学者对于对口专业、研究室人员、设备、科研项目和发展计划都已有了十分深刻的了解。这样就有利于双方合作向更深入的阶段发展，为了进一步发展两校之间这项十分有意义的事，去年八月我率领中国科技大学代表团访问东京大学，去年九月，以东京大学事务局局长宫野礼一为首的东京大学代表团访问我校，我们十分高兴地发现，双方的观点是一致的，都有延长协议，合作向更新阶段发展的愿望，并经我校校长管惟炎教授与东京大学工学部部堀川清司教授交换信件加以确认。

两校之间的合作是多方面的，成果是丰硕的，这本论文集收集了两校学者在双方合作过程中所得到的部分研究成果而撰写的六十余篇论文。反映了双方富有成效的合作的一个重要方面。我想，每一位支持中日合作的学者，看到在

这短短的几年中，能有如此琳琅满目的成果，一定会感到欢欣鼓舞，也一定会深信，在今后的合作的岁月中，将得到更大面积的丰收。

收获的时节总是要想起那些辛勤的耕耘者，我也想借此机会向中日双方为合作作出了杰出贡献的学者们致敬，特别是东京大学参予这项工作的各位学者与官员他们对中国人民的深情厚意，我们是永远不会忘记的。

谨以此论文集来庆祝两校学术合作五周年！
愿两校之间的学术合作蒸蒸日上！
愿中日两国的学者与人民的友情万古常青！



一九八六年九月

目 录

序	龚昇 (1)
二重回折格子によるシヤリンク干渉計を用へ左空间的コヒーレンスの 測定	刘中本, 谢建平, 黑田和男, 小仓磐夫 (1)
用全息剪切干涉法测定铜激光束的空间相干性	谢建平, 刘中本, 黑田和男, 小仓磐夫 (6)
用红外线聚光加热炉培育单晶	王玉霞 (11)
P-CVD SnO_2 气敏效应	张俊颖, 小林健吉郎, 沈瑜生 (20)
亚铁-2,2'-联吡啶络合物的光声光谱和微量分析	赵贵文, 苏庆德 (26)
微机联控低频时域介电谱仪	周漪琴, 李 炜, 早川礼之助 (31)
光声光谱在陶瓷科学中的应用	苏庆德, 赵贵文, 泽田嗣郎 (38)
微量叶绿素 a , b 光声光谱的计算机检测与分析	苏庆德, 吕敬慈, 赵贵文 (44)
CO和 O_2 在 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 上的热脱附研究	伏羲路, 林培琰 (51)
表征催化剂中晶格氧反应的两个参数	林培琰, 于 敏 (59)
含稀土 $\text{Ln}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ 系列催化剂的电导性	林培琰, 于 敏, 石文俊, 魏震宇 (63)
复合金属氧化物的活性表面	林培琰, 伏羲路 (71)
Bi_2O_3 基氧离子导体材料的制备及其电导研究	孟广耀, 周 明, 彭定坤 (76)
半导体ガスセンサーの温度效果	陈祖耀, 孔繁敖, 张祖德 (84)
$\text{Nd}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ 催化剂活化处理的探讨	林培琰, 于 敏 (91)
计算机网络的互连	陈国良 (98)
C-Net 网络软件的开发和扩充——三个实现资源共享的 高层协议软件的设计及实现	熊 焰 (108)
两个不同机种局部区域网络 C-Net 和 Omnet 的网际互连	陈国良, 熊 焰 (116)
高档微机上由软件实现的局部网络	熊学锋, 夏道藏 (121)
图形信息管理系统的数据模型与查询语言	高晓峰, 李 颖, 徐永嘉 (126)
C-Net 局部网络功能的扩充	范金玲, 汪 炜 (134)
资源图形管理系统查询语言的设计与实现	李 颖, 高晓峰, 徐永嘉 (144)
镜头对细丝测量结果的影响	王海明, 李川奇, 邢晓正, 郑 伟 (152)
激光衍射法细丝直径的动态测量	郑 伟, 邢晓正, 李川奇, 郦 明 (157)

齿轮传动装置的故障监测	李川奇, 陈克兴	(167)
Nac Movias —100 型胶片运动分析仪测量精度分析	傅绍银, 王随元	(173)
家蝇追随行为的实验研究	植村恒义, 周绍祥, 王宇华, 张少吾, 孙其坚, 王强	(186)
高速频闪摄影在研究沙粒运动规律中的应用	植村恒义, 王琪民, 王随元, 凌裕泉	(191)
茶叶杀青滚筒设计参数的高速摄影测试验证	植村恒义, 王随元, 杨杰, 傅绍银, 胥更生	(197)
显微高速摄影在记忆合金相变机理研究中的应用	植村恒义, 杨杰, 王随元	(207)
HT—6B 托卡马克装置中等离子体的高速摄影诊断	植村恒义, 周绍祥, 王随元, 杨杰, 苏维, 王宇华, 谢纪康, 林宏	(205)
SSSA 通信方式に用いる直交系列の特性	朱近康, 山田隆弘, 野村民也	(209)
直交系列を用いる SSSA 通信方式の特性	朱近康, 野村民也, 山田隆弘	(221)
1074 推定误差补正法を用いるマヌーバ目標の追跡	朱近康, 西村敏充, 野村民也	(235)
线性循环细胞自动机的动态分析	孙淑玲	(240)
マヌーバ運動中の目標の追跡	朱近康, 西村敏充, 野村民也	(250)
切削加工中工件形状误差的自动补偿	沈连娣, 张砢, 杨连发	(268)
细丝高精度测量的 CCD 接收和微机处理系统	邢晓正, 郑伟, 白贵儒, 李川奇, 肖小鸽	(276)
机床主轴部件的回转精度及误差诊断——精密车床主轴回转精度的动态测定	邢晓正, 肖小鸽, 酆明	(282)
误差分离技术的应用——提高圆度仪的测量精度	邢晓正, 周大愉	(288)
精密车削主轴回转误差运动的单板机控制补偿	邢晓正, 陈世平, 肖小鸽, 徐月英, 张昌文	(295)
CF—500, CF—501 信号分析仪与微机的联机系统及系统软件	张砢, 肖小鸽, 李川奇, 邢晓正	(303)
利用微机在信号分析仪 CF—500 上实现频率细化	肖小鸽, 张砢, 李川奇	(310)
固体推进剂中铅粒的燃烧的高速摄影和判读	王宇华, 杨文奎, 王琪民	(319)
技巧运动中空翻和转体的生物力学的研究	杨文奎, 方显东	(323)
运动生物力学在体育运动中的应用实例	杨文奎, 杨杰, 王琪民, 潘小晞	(330)
铝合金在高应变率下的动态压缩性能	王礼立, 小林昭, 胡时胜, 唐志平, 卢维炯, 桥本彰三	(341)

铝合金的高应变率加载·····	小林昭, 桥本彰三, 王礼立, M. Toba	(346)
聚酯薄膜热释电的 γ 辐照效应·····	周漪琴, 吴汉卿, 章吉祥	(351)
热释电法研究高分子驻极体的 Sub-Tg 存放 ·····	周漪琴, 李 炜, 童 刚, 漆宗能, 早川礼助	(356)
聚对苯二甲酸乙二醇酯的解俘获电流·····	周漪琴, 李 炜, 王晓明	(359)
稀土化合物的光声光谱研究·····	赵贵文, 苏庆德	(363)
一种新现象—— Bi_2O_3 基氧离子导体中的感性阻抗 ·····	孟广耀, 周 明, 彭定坤	(370)
以 Plasma-CVD 工艺制备氧传感器薄膜材料 ·····	彭定坤, 方 起, 胡克鳌, 孟广耀	(377)
$\text{La}_{0.7}\text{A}_{0.3}\text{MnO}_3$ 型钙钛矿催化剂中锰的价态和锰氧键长 ·····	王其武, 黄念祖	(382)
大学环境中的实验性计算机局部网络的设计 ·····	陈国良, 王百鸣, 朱近康, 熊 焰	(389)
车削时工件形状误差的自动补偿系统 ·····	酆 明, 沈连娉, 张 神, 杨连发, 李川奇	(395)
滚动轴承故障的诊断 ·····	酆 明, 李川奇, 倪小敏, 肖小鸽, 林有恒, 赵恒普, 蔡怡怡	(402)
车削时工件表面粗糙的机理分析及其应用 ·····	佐田登志夫, 酆 明, 高田祥三, 平冈弘一, 李川奇, 邢晓正, 肖小鸽	(413)
用车削工件表面粗糙度来评价车床主轴的精度及其动态性能 ·····	酆 明, 李川奇, 邢晓正, 肖小鸽, 杨连发	(425)

二重回折格子によるシヤリング干渉計 を用いた空間的コヒーレンスの測定

劉中本

謝建平

(西安應用光學研究所)

(中國科學技術大學物理係)

黒田和男

小倉磐夫

(東京大學生産技術研究所)

摘 要

この論文ではホログラフィック二重回折格子シヤリング干渉計の原理およびホログラフィック二重回折格子の作製方法を述べた。準単色光源の空間的コヒーレンスの測定結果を表した。

1. ま え が き

光源の空間的コヒーレンスは通常ヤングの干渉計による干渉縞のビジビリティ(コントラスト)から測定される¹⁾この方法は二つの欠点がある。第1は接近した2点間のコヒーレンスを測ろうとする場合にはピンホールの間隔が近づくことになり、必然的にピンホールの直径を非常に小さくしなければならない。したがって、この場合にピンホールを通過する光量は少なくなり長時間の露光が必要になる。第二は一度の測定ではピンホールのある特定の位置の空間的コヒーレンスしか求められずある範囲内の空間的コヒーレンスの分布はわからないことである。このため空間的にコヒーレンスの変化する光の測定には向かない。

これに対し Grimes²⁾ はシヤリング干渉計を用いた空間的コヒーレンスの測定を提案した。シヤリングされた波面による干渉縞のビジビリティは空間的コヒーレンスであって、シヤリング量はヤングの干渉計の場合のピンホールの間隔に相当する。この方法は十分な光量をとれて測定しやすい。この方法によれば空間的コヒーレンスの分布もわかることができる。Grimes はプリズムシヤリング干渉計で空間的コヒーレンスを測定したが、この干渉計ではシヤリング量をかえることは必ずしも容易では

ない。

われわれは二重回折格子シヤリング干渉計^{3,4)}で空間的コヒーレンスを測定した干渉計の二重回折格子はホログラフィックに製作された。この方法は干渉計の製作も容易であり、またシヤリング量を変えるのも簡単である。

2. 二重回折格子シヤリング干渉計の原理

図1のように入射光を二重格子に垂直にあてると一回折波面の回折角度は

$$\begin{aligned}\sin\alpha_1 &= N_1\lambda \\ \sin\alpha_2 &= N_2\lambda\end{aligned}\quad (1)$$

と表される。 α_1 は格子1による回折角、 α_2 は格子2による回折角、 N_1, N_2 はそれぞれ格子1と格子2の空間周波数、 λ は入射光の波長である。

このとき、二つの回折波面のシヤリング角度 α は近似的に

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \cong (N_2 - N_1)\lambda \quad (2)$$

であり、両波面の干渉によってできる干渉縞の空間周波数 N は

$$N = \frac{\alpha}{\lambda} \quad (3)$$

となる。式(2)と(3)により

$$N = N_2 - N_1 \quad (4)$$

となる。すなわち、干渉縞の空間周波数は格子の空間周波数の差に等しく、シヤリング量 S は

$$S = N\lambda l \quad (5)$$

で表される。ここで、 l は格子から測定面までの距離である。(5)式によって距離 l をかえると容易にシヤリング量 S をかえることができる。さらにシヤリング量をかえても干渉縞の空間周波数はかわらない。これはこの方法の利点の一つである。

シヤリング波面によってできる干渉縞の空間周波数 N は2 lines/mmぐらいにとった。これは N が5~10 lines/mm以上ではフィルムのMTFの影響を受け、測定値が不正確になるおそれがあり、一方 N が小さすぎると干渉縞があらくなりすぎて、観測が困難になるからである。

3. ホログラフィック二重回折格子の作製方法

われわれはHe-Neレーザーを光源とし649F乾板を用い二重露光によりホログラフィック二重回折格子を製作した。二重格子を作製する光學系は図2のとおりである。レーザー光はビームスプリッターBS、反射鏡M、顕微鏡対物レンズM、O、ピンホールPとコリメーターレンズLを通して二つの平面波になる。この二つの交叉する平面波を干渉させると、正弦波状の干渉縞が生じる。これを乾板に記録し格子H、Gとする。一回目の露光をしてから乾板を回転してもう一度露光をする。これによって格子

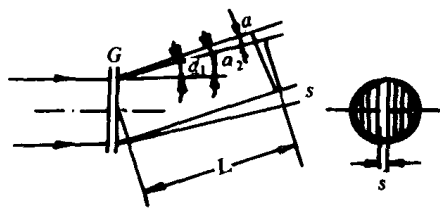


図1 二重回折格子シヤリング干渉計の原理図

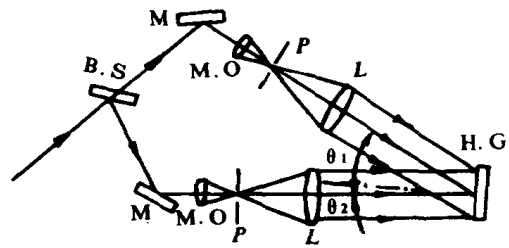


図2 ホログラフィック二重回折格子を製作する光学系

間隔の異なる格子を同一乾板上に製作する。

格子の空間周波数は二つの入射光の入射角できまる。ここで、 θ_{11} 、 θ_{12} と θ_{21} 、 θ_{22} をそれぞれ一回目の露光と二回目の露光の入射角とすると、作製した二つの格子の空間周波数は

$$N_1 = \frac{\sin \theta_{11} + \sin \theta_{12}}{\lambda} \quad (6)$$

$$N_2 = \frac{\sin \theta_{21} + \sin \theta_{22}}{\lambda}$$

となる。実際のデータは $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$ 、 $\theta_{11} = 30^\circ$ 、 $\theta_{12} = 0^\circ$ 、 $\theta_{21} = 29.5^\circ$ 、 $\theta_{22} = 0.5^\circ$ 、 $N_1 \cong 1000 \text{ lines/mm}$ 、 $N_2 \cong 1002 \text{ lines/mm}$ であった。

4. 空間的コヒーレンスの測定

図3は銅レーザーの空間的コヒーレンスを測定する配置である。銅レーザー光は絞りAを通り、二重格子Gに入射し方向の異なる二つの一次回折光を発生する。シヤリング量をゼロから測定するためにレンズ系を利用した。GをレンズL₁の前側焦点面におくと、レンズL₂の後側焦点面にGの共役像G'ができる。この位置はシヤリング量がゼロになる位置である。空間的コヒーレンスを測定しようとする面にフィルム面を設定し、撮影、現像をしてからデンシトメータで濃度を測定した。濃度は光の強度の対数に比例するから、濃度からビジビリティを計算できる。

測定系にレンズ系をいれたために、測定する面から格子面までの距離とシヤリング量をレンズ系の物体側の量に換算する必要がある。レンズ系の横倍率、縦倍率はレンズL₁、L₂の焦点距離を f_1 、 f_2 としてそれぞれ f_2/f_1 、 $(f_2/f_1)^2$ となり、これは物体の位置によらない。したがって換算式は

$$l = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 l' \quad (7)$$

$$S = \frac{f_1}{f_2} S' \quad (8)$$

$$S' = N' \lambda l' \quad (5')$$

になる。\$l'\$ は測定面 \$F\$ から \$G'\$ までの距離、\$N'\$ は実際に記録されるフィルム面上の干渉縞の空間周波数である。実際のデータは \$f_1 = 200 \text{ mm}\$, \$f_2 = 250 \text{ mm}\$, \$\lambda = 0.5106 \mu\text{m}\$, \$N' = 1.7 \text{ lines/mm}\$ であった。

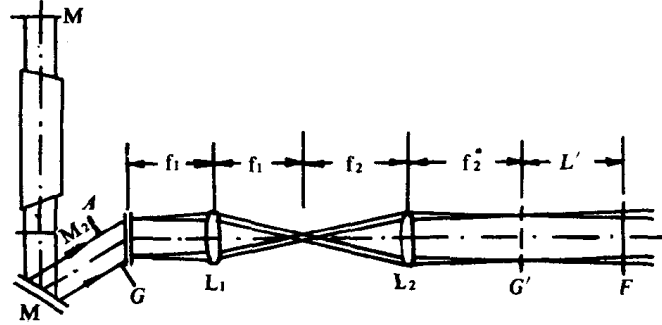


図3 銅レーザーの空間的コヒーレンスを測定する光学系

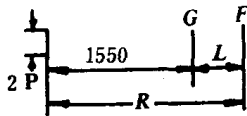


図4 インコヒーレント準単色光源の空間的コヒーレンスの測定系

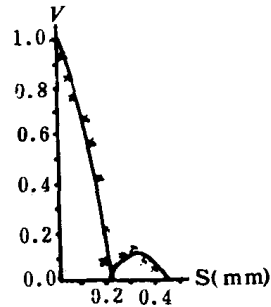


図5 円形光源の空間的コヒーレンスの計算値と測定値の比較

5. インコヒーレント準単色光源の空間的コヒーレンスの測定

この方法の信頼性をたしかめるためにインコヒーレント準単色光源の空間的コヒーレンスを測定した。光源にはナトリウムランプを用いた。インコヒーレント光源の空間的コヒーレンスは Van Cittert-Zernike の定理⁵⁾によって計算できる。円形の光源のときの結果は

$$|\mu_{12}| = \frac{2J_1(v)}{v} \quad (9)$$

$$v = \frac{2\pi\rho}{\lambda R} S$$

になる。図4のごとく \$\rho\$ は光源の半径、\$R\$ は光源から測定する面までの距離、\$S\$ はシャリング量である。実際のデータは \$\rho = 2.7 \text{ mm}\$, \$R = (1550 + l) \text{ mm}\$ であった。

計算値と測定値は図5のとおりである。この図からわかるように測定値と計算値はだいたい一致している。

6. 結 論

本方法は光源の空間的コヒーレンスの測定に対して有効な方法である。干渉計の作製が容易である、測定系の調整が簡単である、シヤリング量をかえるのが簡単である、シヤリング量をかえても干渉縞の空間周波数はかわらないので測定しやすいなどの利点を持っている。

参 考 文 献

- [1] Born, M. and Wolf, E., *Principle of Optics*, Pergamon Press, Oxford, 1970: 506.
- [2] Grimen, D. N., *Appl. Opt.*, 10 (1971): 1567.
- [3] Wyant, J. C., *Appl. Opt.*, 12 (1973): 2057.
- [4] 松田浄史: 応用物理, 49 (1980): 1142.
- [5] Born, M. and Wolf, E., *Principle of Optics*, Pergamon Press, Oxford, 1970: 508.

Holographic Double Frequency Grating Shearing Interferometer and its Appli- cation to Measurement of Spatial Coherence

Liu Zhongben

Xie Jianping

(*Xi'an Institute of Applied Optics*)

(*Department of Physics, China University of Science and Technology*)

Kazuo Kuroda

Iwao Ogura

(*The Institute of Industrial Science, University of Tokyo*)

Abstract

The principle of holographic double frequency grating shearing interferometer and the method of manufacturing holographic double frequency grating are described in the present paper. The measurement results of spatial coherence of quasi-monochromatic source are also given.

用全息剪切干涉法测定铜激光束 的空间相干性*

谢建平 刘中本

(中国科学技术大学物理系)

黑田和男 小仓磐夫

(日本东京大学生产技术研究所)

摘 要

本文提出一种测量光束空间相干性的方法——全息剪切干涉法,并给出对铜蒸气激光束空间相干性测量的实验结果。

一、引 言

从本世纪三十年代到现在,关于光场部分相干性理论的研究工作已取得了很大的进展^[1],由于光学成像系统的分辨率直接与光场的相干性有关,因而这种理论受到较广泛的重视。

实验上测定光束的空间相干性是比较困难的,虽已提出了一些测量方法,但都有其缺点和局限性^[2]。经典的光学衍射仪的实验已证实了部分相干性理论的正确性^[3],但双孔必须很小,致使干涉条纹光强很弱,检测困难,同时需要制作一系列不同间距的双孔工艺上较麻烦。棱镜剪切干涉法是利用两个直角棱镜其顶棱相互垂直^[4]或错开一小角度^[5],且在它们之间有层半透膜层所组合成的,前者适合于圆对称的相干性分布光束的测量,后者有较好的适应性,但二者的棱镜加工比较费时^[2]。光栅剪切干涉法是用傅立叶变换及对光栅的0级和一个一级分量成像的光路来进行测量的,剪切量可连续变化,测量方便。其缺点是机制高空间频率光栅较困难,光路要用空间滤波,条纹可见度不高^[2]。用两根光纤作双孔干涉来测量空间相干性是十分方便的,但要使双孔十分靠近是困难的。因此关于光场空间相干性的实验研究的进展目前还不大,尚没有一种有效而方便的光束空间相干性的测量方法。

在用铜激光束进行图象的显微投影和亮度放大的研究中,照明光场也就是铜激光束的空间相干性对于显微投影成像的分辨率产生直接的影响,因而,必须首先对其空间相

* 本文曾发表在《中国科学技术大学学报》第14卷第3期。

干性进行测量。在本工作中,我们提出了测量光束空间相干性的全息剪切干涉法,对铜蒸气激光束的相干性进行了测量,获得了良好的实验结果。

全息剪切干涉法是测量光束空间相干性的一种方便方法,具有复合光栅制作简单,两剪切干涉光束强度相等,剪切量可连续变化及获得微小剪切量等优点,可有助于相干性实验研究的进行。

二、原理和实验方法

光场的相干性是指光场中两个时空点上的光扰动之间的关联程度,一般是用被测两点的光扰动之间的干涉效应来检测的。当两光束的光强度相等时,干涉条纹的可见度就是这两点光场之间的相干度。由一空间点上来的、相互有时间延迟的双光束干涉,则反映出光场的时间相干性,它与光源的谱线宽度及线型有关。由光场两个空间点上来的、没有相互时间延迟的双光束干涉,则反映出空间相干性。铜激光的谱线宽度窄而已知^[6],即时间相干性已知。纯铜或卤化铜激光器是一种金属蒸气激光器,其增益很高,不用反馈腔片就可以得到激光输出^[7]。同时,铜蒸气密度在激光管中径向分布不易均匀,增益特性沿径分布也就不均匀,因此,其光束的空间相干性远比He-Ne激光束差。用全息剪切干涉法可以较容易测定它的相干性。

全息剪切干涉法是用全息方法制成复合光栅,铜蒸气激光束照射到全息光栅上,被衍射成零级、两个有较小夹角的+1级及两个-1级分量,可取两个+1或两个-1级衍射光束的干涉条纹用感光胶片记录,测量出条纹的可见度即为光束的相干度。

我们在实验中是用两束平行光照明全息干板来制作全息复合光栅的(图1)。平行

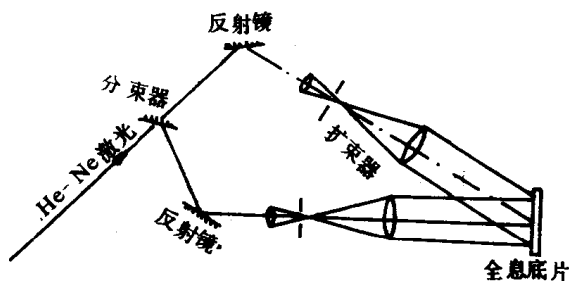


图1 全息复合光栅的制作光路

的物、参光束之间有约 30° 的较大的夹角。在第一以曝光后,将全息干板绕垂直物参光束平面的轴转动一个微小角度(约 $10'$),再行第二次曝光。全息干板经过化学洗象后便成为全息复合光栅。这样,一方面可使两+1个级衍射分量所成的干涉条纹较疏,便于扫描测微密度计测量,另一方面,可使零级远离两个+1级分量,可省去挡掉零级分量的空间滤波装置,便于光路上的安排。

图2表示了铜激光束空间相干性测量时的实际光路。滤光片F滤去铜激光束的黄光 5782 \AA ,让绿光 5106 \AA 通过。滤光孔A挡去激光管的辐射背景。用透镜 L_1 和 L_2 组成傅立叶变换成像系统。全复合光栅H将铜激光束衍射成具有一定夹角 α 的两个1级分量,经过该系统后,在 L_2 的后焦面 H' 上可得到清晰的光栅象,而0级和其他两个1级分量

则射出系统外。测量平面在透镜 L_2 的后焦面 H' 以远,用感光胶片记录干涉条纹,曝光量选择在胶片的线性动态范围内。变化记录平面 D 的位置可不断改变剪切量。设 l 为 D 到 H' 平面的距离,两个+1级分量的夹角为 α ,则剪切量 $S=l\alpha$ 。如图3中 A 处的条纹为 H' 平面上 B 、 C 两处来的光振动所形成, BC 就是剪切量,若透镜 L_1 和 L_2 所成系统的放大率为 M ,剪切量将缩小 M 倍。本实验中 $M=2$ 。

用扫描测微密度计画出在各剪切量下记录在胶片上的干涉条纹的黑度分布曲线,量出各处条纹的黑度的极值 D_{max} 和 D_{min} ,由公式

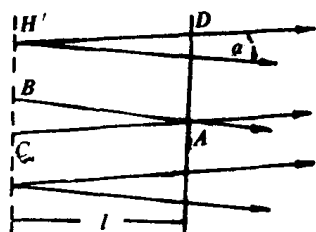


图3 剪切量示意图

$$v = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

给相应的条纹可见度,其中 I_{max} 和 I_{min} 分别为相邻的光强极大值和极小值。在这种情况下,可见度公式中可用相应的 D_{max} 和 D_{min} 近似来代替它们。随着剪切量(即干涉两点距离)的变化,以及在径向上的分布情况便可得到光束相干性。

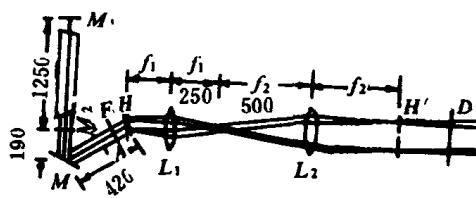


图2 铜激光束相干性测量的实验光路

三、实验结果

我们首先用图2所示的测试装置验证单基模的He—Ne激光束的空间相干性,实验表明干涉条纹可见度始终为1,不随剪切量而改变,这无疑说明了这种方法测定相干性是可靠的。

实验中所测的是溴化铜蒸气激光器,工作温度为480℃,双脉冲放电激励,放电管口径和激励长度分别为20mm和40cm,两端布儒斯特窗口相距1m,重复频率可调节,光脉冲宽度为20ns,平均功率为0.3W。用F3型照相机座和Kodak 5060胶片记录干涉条纹,照相镜座固定在带刻度的滑轨架上,以便测量和计算剪切量。用NLM—DⅢ—SP型扫描测微密度计测量所记录的条纹强度分布,其狭缝宽度为10μ,条纹间隔为0.48mm。我们分别对溴化铜蒸气激光具有一个腔片 M_1 和两个腔片 M_1 及 M_2 这两种情况下的光束相干性进行了多次测试,实验结果示在图4和图5中,其中带“·”和“×”的曲线分别为光束中心和边缘部分的相干度,纵标为可见度,横标为剪切量。

由图4可见,具有一个全反腔片的溴化铜蒸气激光束的可见度曲线呈第一阶贝塞尔函数的形式,相干直径约0.4mm。为比较起见,设想一非相干单色光源置于激光器前端所发出的光束,经后腔片反射一次而射到全息复合光栅上,其距离为3.1m。由范西特—泽尼克定理^[8]可知,光束在 H 平面处的相干直径为

$$1.22 \frac{\lambda}{D} \cdot L \approx 1.22 \times \frac{0.51 \times 10^{-3}}{20} \times 3.1 \times 10^3 \approx 0.1 \text{ mm}.$$