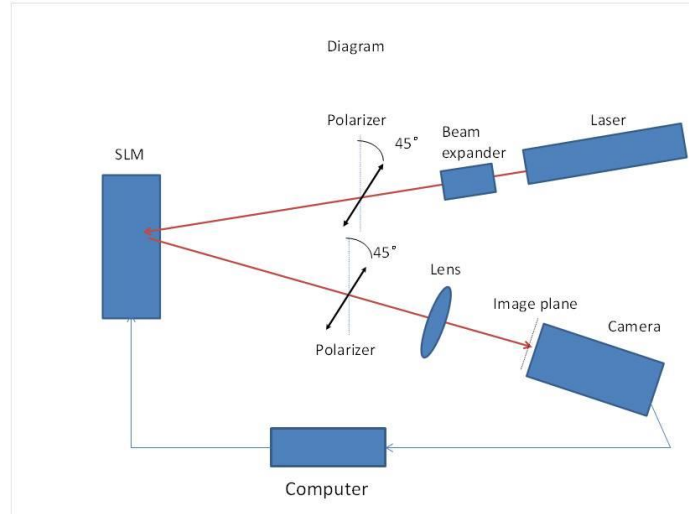


时空混沌及其控制与同步理论与实验研究

- **指导教师:** 李晓文
- **课题简介:** 非线性科学作为一门交叉学科,自 20 世纪 60 年代进入研究热点时期以来已经得到蓬勃的发展,对混沌动力学的理论与实验研究揭示出丰富的现象,也得到了重要的应用(混沌控制与同步)。在充分研究了小自由度非线性系统的混沌行为的基础上,对大自由度(耦合非线性系统或偏微分时空系统)的研究成为人们关注的焦点。单个混沌系统可以表现出复杂的时间行为,而时空系统(如耦合系统或空间偏微分系统)则可能会出现更复杂的现象,也可能产生相干行为,如时空结构(斑图)、同步、集团化、合作输运、时空随机共振等。
- **研究训练内容:** 本项目从理论和实验上研究:(1) 时间混沌而空间有序的混沌斑图的形成,混沌同步自组织,及相关的空间对称性破缺在空间有序结构形成中的作用。研究混沌斑图的有序结构的丰富性与时间行为的混沌特征之间的关联。(2) 研究时空混沌和混沌斑图的控制。研究抑制时空混沌,实现实际需要的时空斑图的方法。(3) 研究时空混沌控制的应用,特别是利用可控的时空混沌同步进行保密通讯和其他安全的信息传递。(4) 利用时空混沌产生物理随机数。
- **实验装置**
 - (1) 液晶空间光调制器-相机反馈系统



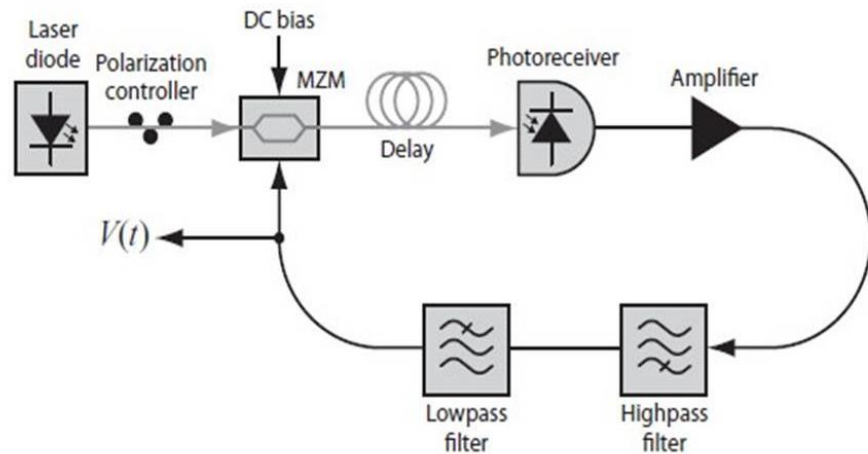
本实验系统由液晶空间光调制器(SLM)、高速相机、成像系统、激光器(635nm)和计算机组成。空间光调制器及相机通过计算机由 Labview 程序控制。激光经扩束后照射在 SLM 上,从 SLM 反射的光经成像系统将 SLM 的每一个像素成像在相机的一个像素上,相机接收到的光强作为电压值反馈给 SLM,调制液晶层的折射率,从而控制出射光与入射光的相位差。起偏器与检偏器的通振方向与 SLM 的长轴为 45 度。由此可导出相机接收到的光强 I 与入射光强 I_0 满

足 $I = \frac{1}{2}[1 + \cos(2\pi I_0)]$ ，这是一个非线性方程。

SLM 的像素数为 512×512 ，所以，这是一个维数为 262144 的系统。我们可以对加在 SLM 上每一个像素的电压进行编辑，也就是我们可以设置像素之间的耦合方式。所以，这是一个耦合映像格子系统，也可以设计成网络。

本系统可以用来研究时空混沌、保密通讯、斑图形成及复杂网络问题。

(2) 光电反馈环系统



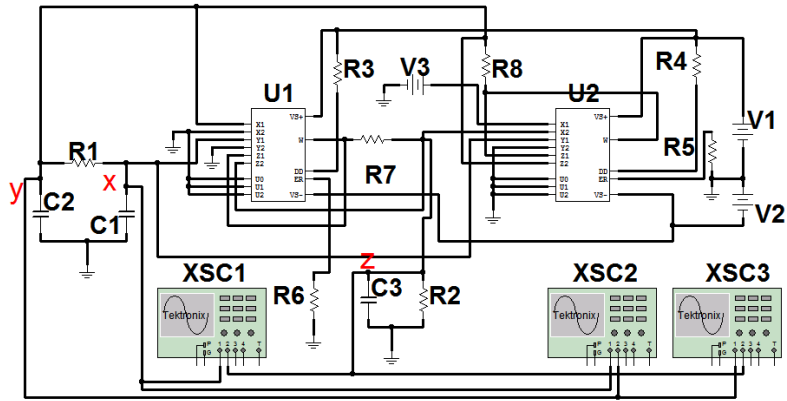
从半导体激光器中射出的光进入光纤传播到邻近的非线性光强调制器 (MZM)，光强调制器有一个具有单模光纤耦合特性的光输入端，一个具有单模光纤耦合特性的光输出端，还有一个电压输入端。光在调制器中传播时的光功率是电压信号的非线性函数。这个非线性函数是该光电反馈环的非线性的来源。其他的器件都是线性的。然后，经过调制的光信号通过光纤传播进入光电探测器，并被转换成一个与入射功率成正比的电流信号，从光电探测器输出端输出的是一个电压信号。该电压信号之后被一个高增益、高带宽的线性放大器放大，此放大器具有带宽滤波性质，能够成功地传输在高、低频截止频率之间的信号。最后，经过滤波和放大的电压信号作为调制电压被输入光强调制器的电压输入端，形成一个完整的反馈环。描述本系统的无量纲模型为

$$\frac{du(t)}{dt} = Au(t) + B\beta \cos^2[x(t - \tau) + \varphi_0]$$

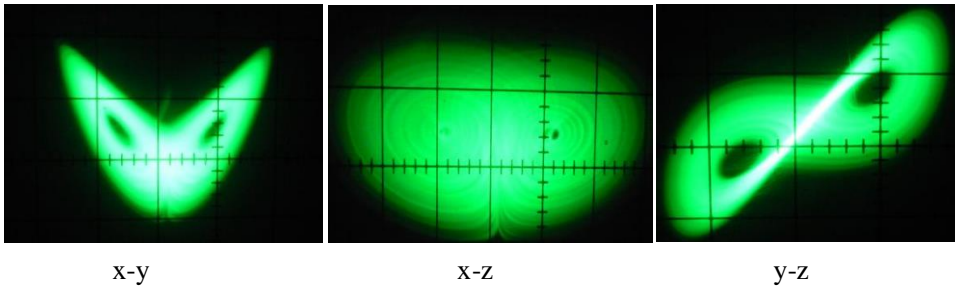
$$x(t) = Cu(t)$$

本系统可以用来研究混沌控制及保密通讯问题。

(3) 混沌电路(Lorenz 振子电路、Rossler 振子电路)



新型高速 Lorenz 电路

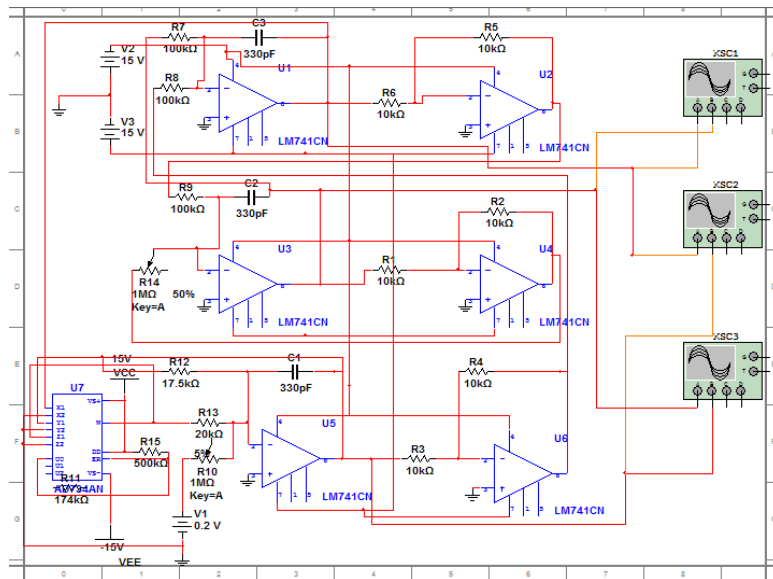


x-y

x-z

y-z

Lorenz 系统实验混沌相图



Rosser 电路

Lorenz 振子和 Rosser 振子可以用来研究混沌动力学、混沌同步、噪声对混沌同步的影响等问题。