

腔倒空器驱动器及其与声光调制器 阻抗匹配问题的研究

杨林柯

摘要: 本文根据微微秒激光器系统的技术要求,讨论了腔倒空器驱动器的设计问题。设计了为测量声光调制器电等效输入阻抗而建立的超高频阻抗测量系统。针对目前驱动器与声光调制器阻抗匹配尚未很好解决的问题,研究了结合声光调制器件的特性进行匹配网络设计的过程,给出相应的CAD通用程序。得到了较理想的匹配结果。

一、绪 论

微微秒可调谐染料激光器系统在当前各国先进的实验室中已成为不可缺少的重要设备。该系统主要由锁模氩离子激光器、染料激光器、腔倒空器组成。其中,腔倒空器是关键部分。

1. 腔倒空器原理

腔倒空技术是利用位于染料激光器腔内的声光调制器件的衍射作用(衍射方式为行波布拉格衍射)来进行激光的耦合输出,以使输出脉冲序列的重复频率可调和单脉冲能量增大,从而满足不同科学研究对激光器的要求。

2. 论文要解决的问题

- (一) 设计腔倒空器驱动器电路。
- (二) 设计超高频阻抗测量系统。
- (三) 解决驱动器输出阻抗与声光调制器电等效阻抗的失配问题。

二、腔倒空器驱动器的设计

针对腔倒空器对驱动器的技术要求,整个驱动器应工作在脉冲方式。当锁相电路锁相82MHz频率时,获得稳定的389.5MHz射频信号。脉冲调制电路产生一个脉冲来调制389.5MHz的射频信号。功放级将射频信号放大至声光调制器所需电平。

1. 锁相电路

本节目的是用82MHz参考信号产生389.5MHz的输出。锁相电路包括分频器、窄脉冲整形器、鉴相器、低通滤波器、压控振荡器、可变衰减器及失锁指示电路。

2. 功率放大器

放大器由五级组成。输入输出阻抗均为 50Ω 。元器件安装在丁二烯基板的微带电路上。放大器除末级工作在丙类外,其它均工作在甲类。

注: 本文作者的导师为赵周伦。

3. 脉冲调制电路

该电路可以产生不同脉冲重复频率的短脉冲，用来调制389.5MHz射频信号；控制脉冲延时、调节与参考信号之间的相对位置；产生与调制信号频率相同的同步信号；进行外触发调制。电路包括分频器、整形器、输出电路、脉冲调制器等。

三、阻抗测量系统

为测量声光调制器等效阻抗，以及在确定匹配网络后，能根据线上的驻波及时、准确地调整网络元件值，在匹配网络研究之前，应建立相应频段的阻抗测量系统。

1. 超高频阻抗测量系统

本系统主要部分是TBZ—1型驻波测量仪。因采用梯型波导和旋转探头，故克服了分米波段测量线尺寸过长的缺点。系统其它部分包括XB16标准高频信号发生器，产生与驱动器射频(389.5MHz)相同频率的信号；1kHz调制器，对射频调制；WS3861超高频功率放大器，放大信号源功率，超高频衰减器，衰减大部分反射，不致影响信号源频率；1kHz选频放大器，测量、指示检波后的信号值。

2. 选频放大器设计

本系统只要求对检波后的1kHz信号放大，所以不用差频式选频电路，而采用结构简单、低频性能较好的双T型RC选频网络。输入和放大级为普通的交流放大电路。检波部分设计成全波放大式检波。整个电路封装于尺寸为12×8×4cm的塑料壳内。

四、阻抗匹配网络的研究

腔倒空器的关键部件—声光调制器的电等效阻抗不是纯阻性，一般为 $Z_i = R_i - jX_i$ 。驱动电源的输出阻抗按标准设计成纯阻， $Z_s = 50\Omega$ 。显然，欲达到匹配，驱动器与声光调制器之间必加一阻抗匹配网络。这个网络的最佳形式及设计方法即本章研究的内容。

1. 声光调制器等效电输入阻抗的计算

首先应计算声光调制器的电等效输入阻抗，才能按其特定值设计匹配网络。由著名的玛森等效电路，无背吸收体时的声光换能器的网络表示形式如图1所示。

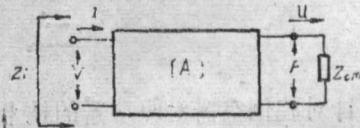


图1

传递矩阵

$$[A] = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = [A_0][A_2][A_3][A_4]$$

式中 $[A_0]$ 是压电层传递阵。其它为电极层、键合层、电极层传递阵。由图1， $Z_i = R_i + jX_i = \frac{a}{b}$ 。其中， $a = AZ_{om} + B$ ， $b = CZ_{om} + D$ 。按上述数学模型得出计算 Z_i 的CAD子程序N。

M. CAD1。

典型数据：当 $f_0 = 389.5\text{MHz}$ ， $Z_{om} = 0.39$ ， $k = 0.49$ ， $A = 1\text{mm}^2$ ，各镀层为声学薄时 $Z_i = 8.5 - j10.9(\Omega)$ 。

2. 匹配方案选择

就目前文献查得, 在声光调制器匹配网络方面, 一般只有对简单电感匹配网络的讨论, 其缺点是均不能达到最佳匹配。由微波理论, 最佳的匹配形式应为梯型网络的滤波器结构。本文选用性能较好的切比雪夫滤波器做为匹配网络并进行相应分析。

3. 切比雪夫综合

在切比雪夫梯型网络的增益特性表达式中, 应用第一类 n 阶切比雪夫多项式。第一步, 确定网络阶数。采用分贝衰减 $L_s = -10 \log G(\omega^2)$, 解出 $n = ch^{-1} \sqrt{(10^{L_s/10} - 1) / \epsilon} / ch^{-1} W$ 。相应的 CAD 程序见子程序 N. M. CAD2。第二步, 经切比雪夫综合后得出计算匹配网络归一元件值的递推公式。CAD 程序见子程 N. M. CAD3。

4. 加匹配网络后调制器损耗的计算机辅助分析

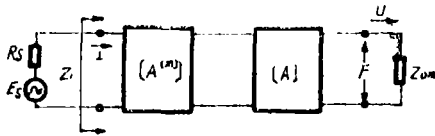


图 2

加入匹配网络后的声光调制器网络表示如图 2 所示。本节给出的计算机辅助分析程序 N. M. CAD4 可将加入匹配网络前、后的调制器损耗值 (TL) 加以比较。作为通用程序 N. M. CAD4 可以分析 6 阶以下加入各种梯型网络后调制器的损耗情况。

5. 实验分析

依 $36^\circ Y$ 切 LN 晶体的一系列参数, 应用本章给出的 N. M. CAD1, 2, 3, 4 得出一组梯型网络值 C_1, L_2, C_3, L_4 。在丁二稀微带板上制作微带电感, 与陶磁半可调电容制成匹配网络。接入声光换能器在测量系统上调节电容。测得最佳驻波比小于 1.2。

五、结 论

目前, 除驱动器和测量系统已装调完毕以外, 匹配网络在激光器上的实验还没最终完成。但仅就目前结果看, 可以肯定, 小于 1.2 的驻波系数大大提高了射频信号频率和幅度的稳定性, 降低了调制器的功率损耗。

参 考 文 献

- [1] 徐介平, 声光器件的原理, 设计和应用, 科学出版社, 1982, PP.153—195
- [2] E.K.Sitting, IEEE, SU—18(1971), 231.
- [3] T.Yano and A.Watanabe, IEEE, SU—25(1978), PP.157.
- [4] A.H.Meitzler 著, 林仲茂译, 超声换能材料, 科学出版社, 1979, 第三章。
- [5] R.I.Tork, B.I.Green, C.V.Shank, Appl.Phys.lett., 1981, P38.
- [6] 横井与次郎; リニマ IC 实用回路マニュアル, ラツオ技術社, 1975, P.207—216.
- [7] David F.Stout; Handbook of Operational Amplifier Circuit Design, MCGRAW—HILL Book Company, 1976, PP36—65
- [8] Spectra—Physics, Model 344S Cavity Dumper and Model 454 Cavity Dumper Driver Instruction Manual.

[9] 陈惠开著, 黎安尧译; 宽带匹配网络的理论与设计, 人民邮电出版社, 1982, PP116—128.

[10] Carlin, H.J., IEEE Trans., 1981, CAS—28, (5), PP. 401—405.

A Study on Cavity Dumper Driver and It's Matching Problem with Acousto-optic Modulator

Yang Linke

Abstract

This paper discusses the design of a cavity dumper driver and gives out a system which can measure the input impedance of an acousto-optic modulator. CAD programmes for solving related problems are given also in the paper.