

# 激光调制技术在图象处理设备中的应用

侯方源 杨耀文

## 一、前言

近年来，大量的图象信息要求快速准确的进行记录处理，在这种处理设备中，激光做为图象记录的光源得到人们的重视。激光分辨率高、能量强，从而可选灵敏度低、分辨率高的微粒胶片；激光单色性好、畸变小，可提高信噪比，根据胶片的光谱灵敏度，选择不同波长激光器，进行光合成，可得到满意的彩色再现；激光可利用光调制技术，使光信号的强弱随输入图象电信号的大小成线性变化。其调制频率较高、信息容量大。

总之，随着激光技术的发展，激光的这些特性在各个方面都得到广泛的应用，特别是激光记录装置，将图象处理设备推向一个新的领域。

## 二、激光器的选择

在激光记录装置中，为了得到较好的彩色再现，根据“CIE1931色度图”<sup>[1]</sup>上颜色区域的划分可知，光谱轨迹近似三角形，且恰好红(R)、绿(G)、蓝(B)三原色的色度点在光谱轨迹的三顶端，形成了一个颜色三角区，只有在这三角形面积内颜色可以再现。

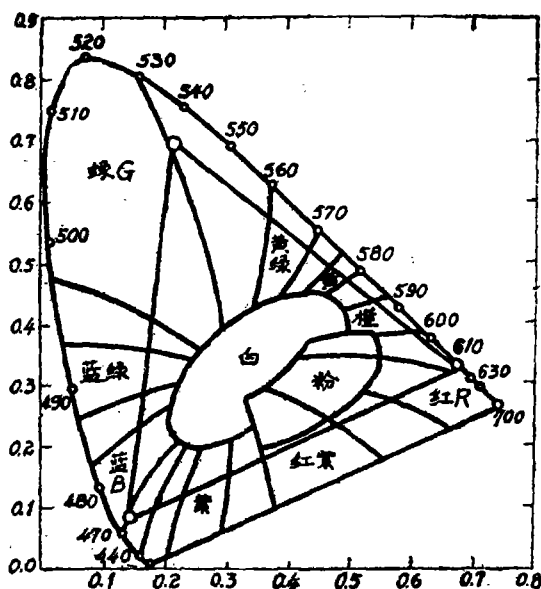


图1 CIE1931色度图

在实际生活中，鲜艳的红、橙、黄、绿是引起美感的常见颜色，所以我们尽量使三角形中RG线靠近光谱轨迹，GB线则稍远些，这样可使颜色逼真。

根据拉格斯曼的亮度相加定律知，白色的亮度是三原色亮度的算术和，由于人眼的关系，R、G、B三原色在白色亮度的总合中所占的比例为1:1.97:0.37。另外，为了满足胶片感光度的要求，须选择足够功率的激光器，其功率可由下式确定<sup>[2]</sup>：

$$P = \frac{SR}{ED} \times 10^{-7} W$$

- 其中 S——胶片灵敏度
- R——记录速度
- E——光学效率
- D——占空因素

综上所述，我们对三原色的选择分别是：

红光  $\lambda = 6328 \text{ \AA}$  的氦氖激光器，功率为3mW。

绿光  $\lambda = 5145 \text{ \AA}$  的氩离子激光器，功率为10mW。

蓝光  $\lambda = 4420 \text{ \AA}$  的氦镉激光器，功率为5mW。

值得提及的是，虽然氩离子激光器也有波长为 4880 $\text{\AA}$  的蓝光，但这个谱线离 5145 $\text{\AA}$  较近，会使颜色三角区面积缩小，产生颜色失真。

### 三、激光束调制方式的选择

实现激光束调制，大致可分为二种方式<sup>[3]</sup>，其一是激光器内调制，它只适用红光的记录系统，最大功率不超过1mW，带宽小于100KC。其二是外调制，通常采用电光或声光效应进行调制<sup>[4]</sup>。由于普通电光晶体介质的消光比小，而声光调制元件工作在一级衍射光时可获得大于1000的消光比，这在特别着重对比层次的记录系统中，声光元件比起电光元件来，更能发挥消光比高的优点。

电光调制器结构复杂，其驱动电压高达 1000V 以上，而声光调制器结构简单，驱动功率小，驱动电压只有0~5V左右，因而驱动电路较简单。

声光调制器的带宽不如电光调制器，但在我们研制的磁带——胶片激光转录设备及滚筒扫描仪中，可以满足使用要求。为此，我们选用了声光调制的方式。

### 四、声光调器的工作原理及选择

典型的声光调制器结构如图 2 所示。

声光器件除驱动换能器的电子线路外，大致由三部分构成：1) 将电信号转换为超声波信号的换能器，它是由铌酸锂晶体制成；2) 光介质是光波和声波相互作用的场所，采用钽酸铅晶体；3) 吸声材料构成声吸收器，以防声波再返回声光介质中产生干扰。

当声光调制器通入高频电信号时，在换能器中引

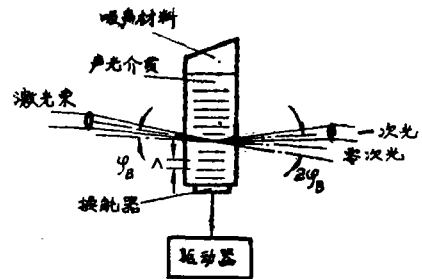


图 2. 声光调制器结构图

明  
一  
二

起高频范围内的共振，从而产生通过光介质的声波。在透光介质中传播的声波能充当光束的衍射光栅<sup>[5]</sup>是确定无疑的。衍射光栅效应是由声引起的光折射率变化而产生的。若激光束以特定的角度入射到声光介质中，就会产生光的衍射。衍射光强随超声波强度而变化，超声波的强度又与所加电信号的大小成正比，故经过调制器的激光衍射光束强度，可受所加电信号的控制。若入射光线与声线以 $\frac{\pi}{2} \pm \varphi_B$ 的角度相互作用，则光将从它原来的方向上以 $2\varphi_B$ 的角度散射。这里 $\varphi_B$ 是布拉格衍射角，其大小由下式表示：

$$\varphi_B = \lambda / 2A$$

其中  $\lambda$ ——光波波长  
 $A$ ——声波波长

调制方式选择之后，对调制器件的选择也是十分重要的。根据工作要求提出声光调制器的具体指标，如工作频率、带宽、消光比、使用光谱、最大光束直径、输入功率等等。我们选用上海硅酸盐研究所生产的声光调制器，实测器件的带宽为1.14MHz，这足以满足我们图象信号的频率为400KC左右的要求。

声光调制器的特性为  $I_1/I_0 = \sin^2(\eta V)$

其中  $I_1$  衍射光束强度  
 $I_0$  入射光束强度  
 $\eta$  声功率的线性函数



图3  $I_1/I_0$ 与输入电压关系

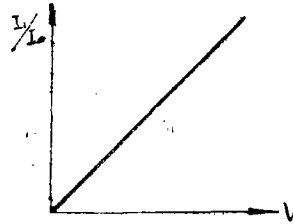


图4 校正曲线

图3是制造单位给出的调制特性曲线，这在宽动态范围和精确的灰度要求中是不够的，所以，我们在线路中加入非线性校正环节。校正后实际曲线如图4所示。

声光器件为容性负载，在与驱动线路耦合时我们加入了感性耦合电路与之匹配。声光调制器放在一个可升降、转动、平移均较精密的平台装置上，可获得好的衍射效果。

### 五、激光光束调制系统原理

滚筒扫描仪的记录部分原理方框图如图5所示。本记录装置用相同的两个调制器，第一只调制器做稳光用，第二只调制器做光调制用。稳光原理如图6所示。

当激光束产生衍射时，通过透反镜取部分零级光，经光电转换电路，再在比较放大器中与参考电压进行减法运算，得到的差值信号经振幅调制器，再经功率放大后输入到声光调制器中，用以控制声光调制器的输入功率。这个负反馈系统使激光器的光强跟参考电压随动。

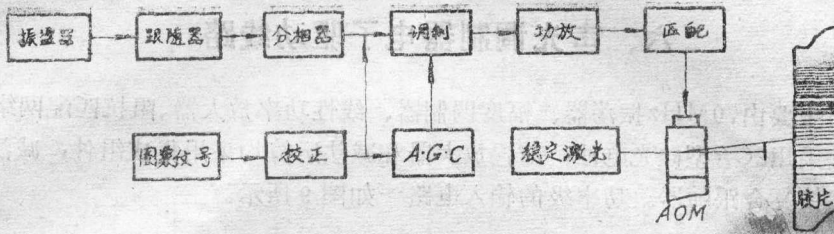


图5 激光调制电气原理图

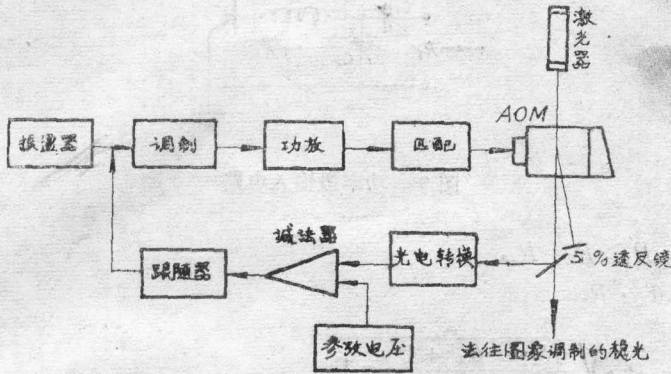


图6 激光稳光电气原理图

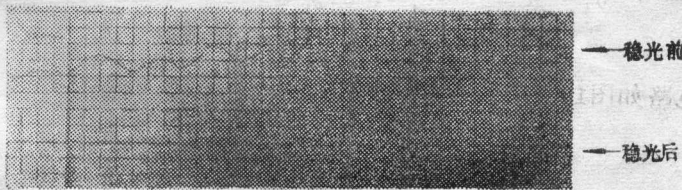


图7 激光稳定前后曲线比较

若参考电压为一恒值，则系统是一个光强校正器，改变参考电压的大小，就可在一定的范围内得到任意强度的稳光。稳光的精度与器件参数及电气工艺有关。图7是激光器稳光前后的曲线对比。曲线是用双线记录仪记录并用SR-37示波器监视4小时以上。稳光精度达0.5%。

第二个声光调制器分别由相应的红、绿、蓝三路信号控制，从而实现了输出的激光束强度随控制信号大小而变化。经过它的光，已不是第一只调制器输出的所谓直流光那样，而是含有丰富图象信息的光信号，经光学系统记录在胶片上。图8是某一时刻图象信号的衍射光照片。

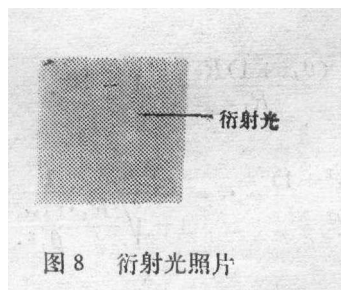


图8 衍射光照片

## 六、声光调制器电子驱动线路

驱动线路主要由70MHz振荡器、幅度调制器、线性功率放大器、阻抗匹配网络等组成。光电转换元件采用2CR型硅光电池，前置放大器和减法运算均采用集成组件；减法运算与调幅器间采用串接复合跟随器。功率级的输入电路<sup>[6]</sup>如图9所示。

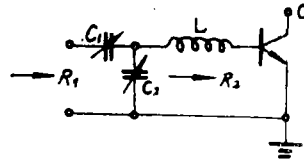


图9 功率级输入电路

其中  $10\Omega = R_1 > R_2 = R_i$

$$X_L = \theta_L \cdot R_2$$

$$X_{c_1} = R_1 \cdot \sqrt{\frac{R_2 \cdot C \cdot \theta_L^2 + 1}{R_1} - 1}$$

$$X_{c_2} = \frac{R_2(\theta_L^2 + 1)}{\theta_L} \cdot \frac{1}{\left[1 - \frac{X_{c_1}}{\theta_L \cdot R_1}\right]}$$

功率级间耦合电路如图10所示。

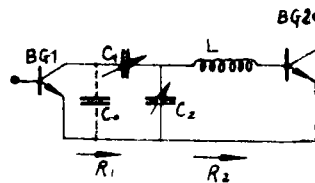


图10 功率级间耦合电路

其中  $X_L > X_{c_1}$

$$R_1 > R_2 = R_i$$

$r_{bb'}$  为BG2基极扩散电阻

$$X_L = \theta_L \cdot R_2 = \theta_L \cdot r_{bb'}$$

$$X_{c_1} = X_{c_0} \cdot \left[ \sqrt{\frac{(\theta_L^2 + 1)R_2}{R_1} - 1} \right]$$

$$X_{c_2} = \frac{r_{bb'} \cdot (\theta_L^2 + 1)}{\theta_L} \cdot \frac{1}{\left[1 - \sqrt{\frac{R_1 \cdot r_{bb'} \cdot (\theta_L^2 + 1)}{\theta_L^2 \cdot X_{c_0}^2}}\right]}$$

功率级的输出电路如图11所示。

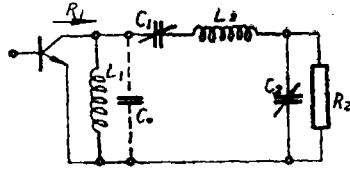


图11 功率级输出电路

其中  $R_1 < R_2 = 50\Omega$

$$X_{L1} = \theta_{L1} \cdot R_1$$

$$X_{L2} = \theta_L \cdot R_1 \left( 1 + \frac{R_2}{\theta_L \cdot X_{C2}} \right)$$

$$X_{C1} = \frac{\theta_L \cdot R_1}{\frac{\theta_L \cdot R_1}{X_{C0}} + 1}$$

$$X_{C2} = \frac{R_2}{\sqrt{\frac{R_2(\theta_L^2 + 1)}{R_1 \cdot \theta_L^2} - 1}}$$

驱动电路工作在70MHz以上的超高频段，线路的工艺和元件的选择要有所考究，否则，具体线路设计出来也难以实现。图12为高频驱动线路实物照片。

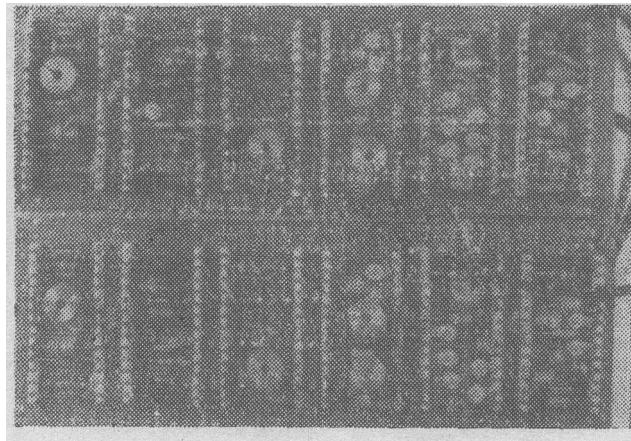


图12 声光调制器驱动线路实体

声光调制器在工作要防止过载，为保证特定的入射角要精确调整机械位置。

本方案还有不少缺陷，如采用两只声光器件工作，这就使仪器结构增大、复杂、成本高和电路工作量大。为了克服这些缺点，我们已考虑用一只声光调制器同时完成上述稳光与调制任务的新系统。为了提高灰度等级，还要做许多工作。

本文只激光记录的声光器件之电子驱动电路做了些浮浅的论述，而对较先进的光学系统及机械结构谈及不多。在工作中得到了陈楚康副研究员的指导，在此深表感谢。

