

# 发光器件的计算机图象处理

王德宁 吴冠群 沈彭年

(中国科学院上海冶金研究所)

陈 光 星

(上海大学工学院)

## 摘 要

本文较详细地介绍了光源器件的计算机图象处理系统的构成、原理和程序设计。应用本方法可准确地测定光源器件发光有效面积。文中计算了注入电流  $I_i$  和条宽  $S$  与光强半宽  $W_{1/2}$  的关系,与实测结果作了比较,证实了测定结果的准确性;设计了一套图象处理程序,可方便地绘制发光有效面积图、光强分布三维立体图及其等截面图,还可绘制和计算出富有实际意义的光源器件纵向波导分布图。

## 一、引 言

半导体光源器件的光输出,具有快速,小面积和定向的特性<sup>[1]</sup>,在发光显示,光信息处理、计算机网络联接、光通信和光信息存储等领域中均有很大的用处。而这些应用中均涉及到发光部位、发光面积、光强立体分布、光波导特性的研究。文献[2]介绍了红外电视数字式选行扫描显微镜对光源器件进行的测量。由于手工测量对仪器要求高,费时费力,工作量大,测量的准确性欠佳,故决定采用 TRS-80 微机,通过选行器、视频数字化仪来进行光源器件的图象处理。从理论上探讨了注入电流  $I_i$  和条宽  $S$  与光强半宽  $W_{1/2}$  的关系,并与实测结果进行了比较,验证了本方法的可行性。下面就计算机光源器件图象处理的原理、系统构成、图象处理的程序设计、结果和讨论叙述如下。

## 二、光源器件的计算机图象处理系统

图象处理系统的框图如图 1 所示,所用的显微镜为 XEF-1 型折反式显微镜,被测样品放在显微镜的载物台上,接筒内装有一组目镜和滤色片,使用接筒可使摄象机在水平方向摄象,所用的红外摄象机为实用电子研究所生产的 SJX-137 摄象机<sup>[2]</sup>。上述仪器在文献[2]中已有评述,本文只就视频波形数字存储器、BW 接口等作较为详细介绍。

### 1. 视频波形数字化存储器

此仪器为中国科学院成都科仪厂生产的 BC-II 型瞬态波形存储器,它有一个高速 8 MHz, 8bit A/D 转换器,将视频信息转换成数字信息后存入高速大容量半导体存储器

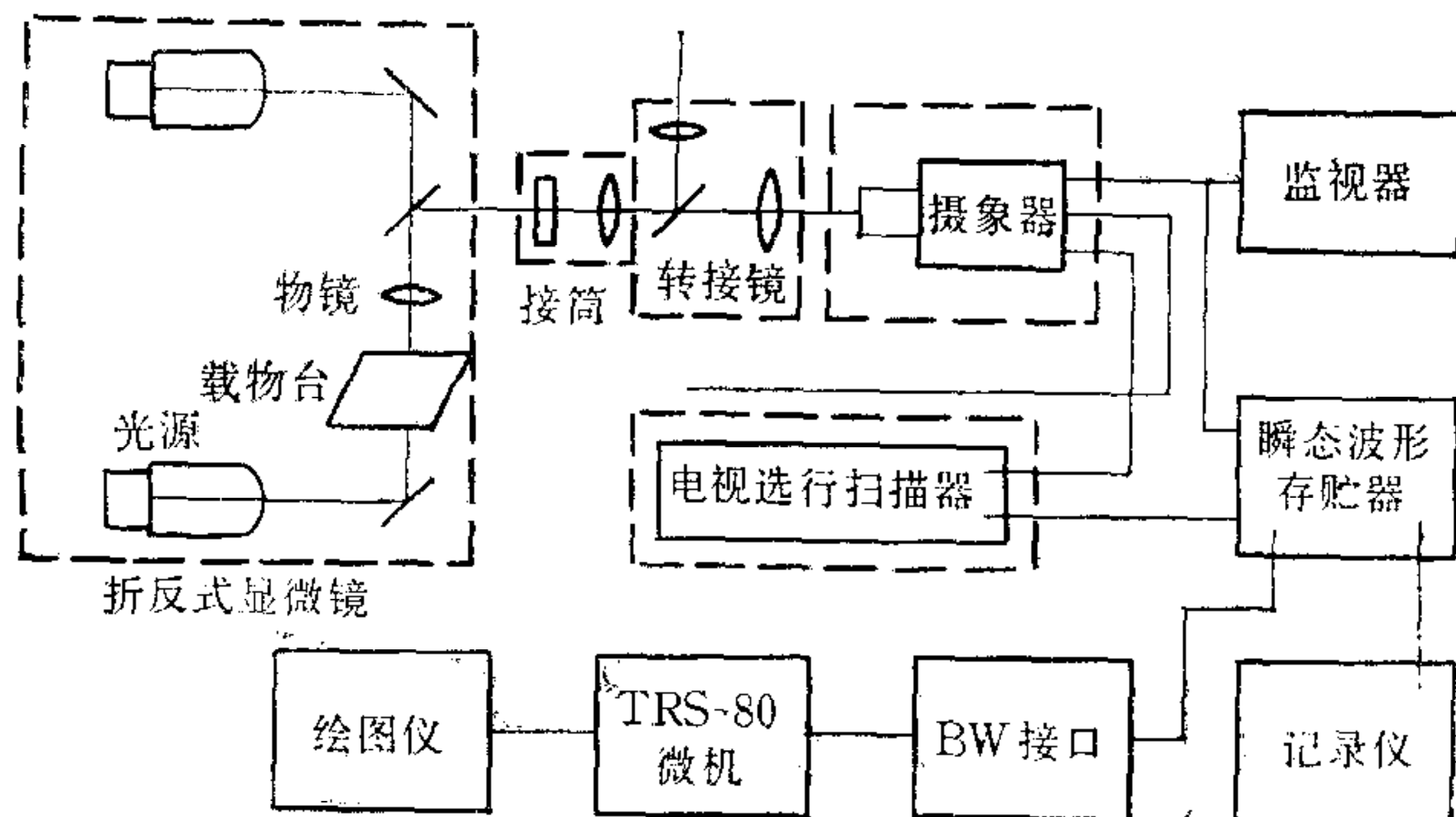


图 1

( $1024 \times 8\text{bit}$ ), 也可经 D/A 转换成模拟信息, 直接显示或送入函数记录仪。

## 2. BW 接口

它是视频波形存储器与计算机间的桥梁, 存储在该存储器中的信息必须经过 BW 接口才能进入计算机的内存, 由计算机进行数据分析和处理<sup>[4]</sup>。其主要原理是当开机后, 计算机执行 OUT 191, 1 指令, 所发出的 OUT 指令, 使 BW 接口输出正脉冲, 并将计算机送出的状态送入暂存器, 经整形后以负脉冲形式输出, 同时经反相门输出正脉冲信息 ST, 即为“写”的信号。波存器接受到 ST 信号后, 立即开始采集数据, 并将数据写入内存, 直至内存“写”满 1K 字节为止, 发出写完 EOW 信号。立即转入“读”的状态, 计算机发出查询  $\overline{\text{IN}}$  信息, 查询到后, 计算机再发出启动信号, 使波存器的数据送入计算机 D 总线, 此后输出 RD 信号作为“读”下一个数据的命令, 波存器中内存地址加一, 直至 1K 数据顺序“读”入计算机内存, 完成一次采集和存贮。按计算机内存容量, 可读所允许的数据量。

## 3. TRS-80 I 型微机

此微机具有 48 K RAM, 12KROM, 带有四个  $5 \frac{1}{2}$  吋软盘驱动器、1550 宽行打印机, 还装有 RS-232 串行接口。该机还具有 Basic 扩展语言和绘图软件可供编程和绘图。

通过 RS-232 接口, 计算机还接了 WX-4636 绘图仪。此绘图仪本身还具有 4K 内存和功能软件, 能用十种不同颜色绘制出各种复杂的图形, 并能打印文字和表格。笔者为它配制了丰富的绘图软件包, 使它能绘制出发光面积图、等截面图、三维立体图及纵向光波导分布图。

## 三、光源器件图象处理原理

光源器件放置在显微镜的载物台上, 经 ZA 转接器、红外摄像器 (发光波长  $0.85\mu\text{m}$ ) 转换成电视信号。在示波器上显示出的是一个重叠的光强分布图<sup>[2]</sup>, 不能由计算机直接进行图象处理, 为此设计了扫描选行器<sup>[2]</sup>, 它能逐行取出光强分布, 为计算机图象处理奠定了基础。电视信息速度甚快, 一般市售的 A/D 接口的速度较慢, 难以使其数字化, 必须经过高速的视频数字化仪才能实现这种转换 (如波形存贮器)。

如果以电视的行数作为  $Y$  轴, 每个取样点 (共 1024 点) 为  $X$  轴, 以每点的光强分布 (8bit) 为  $Z$  轴, 则发光器件的三维分布图如图 4 所示. 每取一行, 可得一个  $XZ$  分布, 取  $n$  行就得  $n$  个  $XZ$  分布, 即为一个立体光强分布图. 由图 4 可见, 每行的光强分布可近似地视为对称的高斯分布. 按光能量分布为光强分布的平方的定义, 有

$$E(X) = G^2(X) = A_z^2 \exp - 2 \left( \frac{R_p - X}{\sqrt{2 \Delta R_p}} \right)^2. \quad (1)$$

这里  $G(X)$  为光强分布;  $R_p$  为当  $Z$  为最大值时的  $X$  值;  $\Delta R_p$  为其标准偏差;  $A_z$  为  $X = R_p$  时的  $Z$  值. 根据发光有效强度原理, 大于光强分布  $1/e$  的  $X$  值外的光强是无效的. 则每行的  $E(X)$ , 用所有行中最大  $E(X)_{\max}$  来归一化, 然后乘以  $1/e^2 = 0.1353$  的  $X$  距离内的光强作为有效, 然后将所有行的 0.1353 点值连接起来, 此不规则曲线所围成的面积即为发光面积. 如把这面积上、下两部分(图 2(a) 上  $ab$  为界), 沿  $ab$  曲线进行积分, 分别求出上、下两部分面积, 则上半部面积减去下半部的面积, 即为图 2(a) 所示曲线所包围的面积, 即发光面积. 如果将归一化结果分别乘以 0.3, 0.5, 0.7, 1 则可得一组等截面图(图 2(b)), 据此进行发光性质的研究.

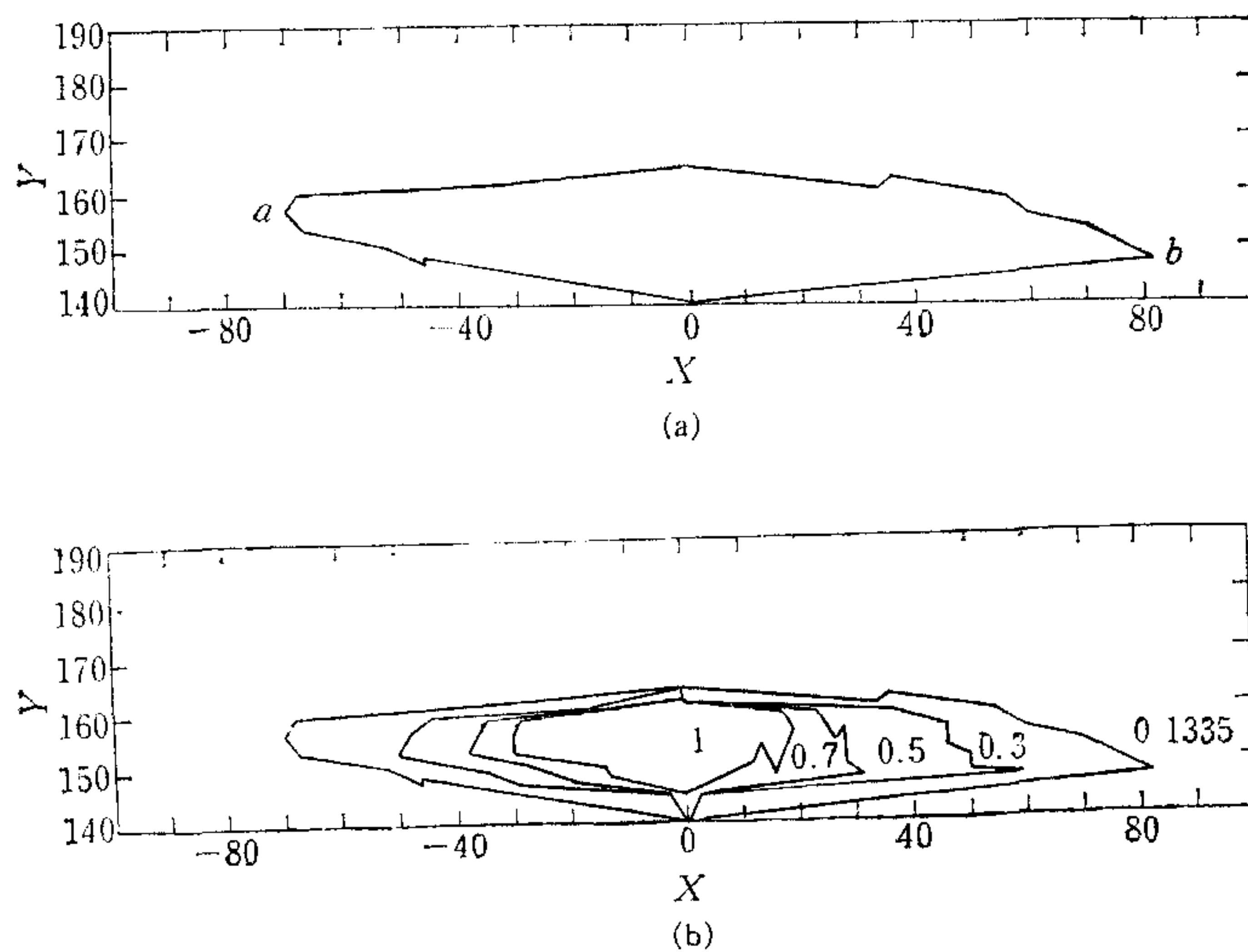


图 2

欲得由  $n$  组  $X, Z$  曲线绘制成的立体图(见图 4), 则可应用空间曲线的投影原理. 用与  $X, Y$  坐标平面平行的等距离的平面与曲面相交, 其交线为一组  $Z = f(X)$  曲线. 这组曲线向  $X, Y$  平面投影, 如果, 投影前的坐标为  $X', Y', Z'$ , 坐标轴  $X', Y', Z'$  在  $X, Y$  平面上投影如图 3 所示, 那么曲线上各点  $(X', Y')$  在  $X, Y$  平面上的投影为:

$$\begin{cases} X = X' + Y' \cos \theta, \\ Y = Z' + Y' \sin \theta. \end{cases} \quad (2)$$

其中  $\theta = \theta_{\text{设}} \times 3.1416/180$ .  $\theta_{\text{设}}$  原则上可取任意度数, 一般取  $15^\circ - 30^\circ$  为宜. 但这样画出的曲线前后相叠, 立体感不强, 因此当曲线画至曲面背后时, 则抬笔不画, 这样才能真正完成立体图绘制.

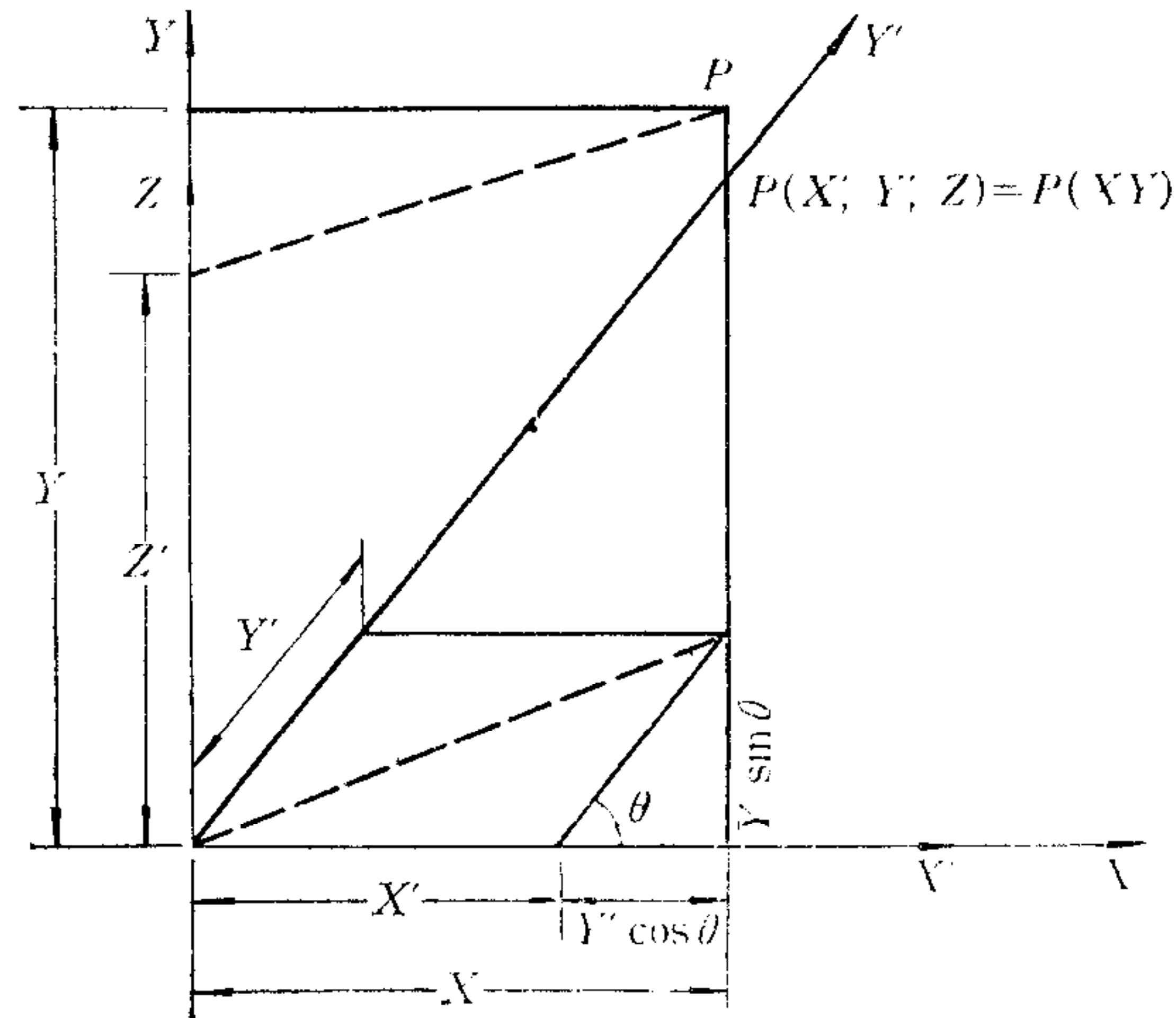


图 3

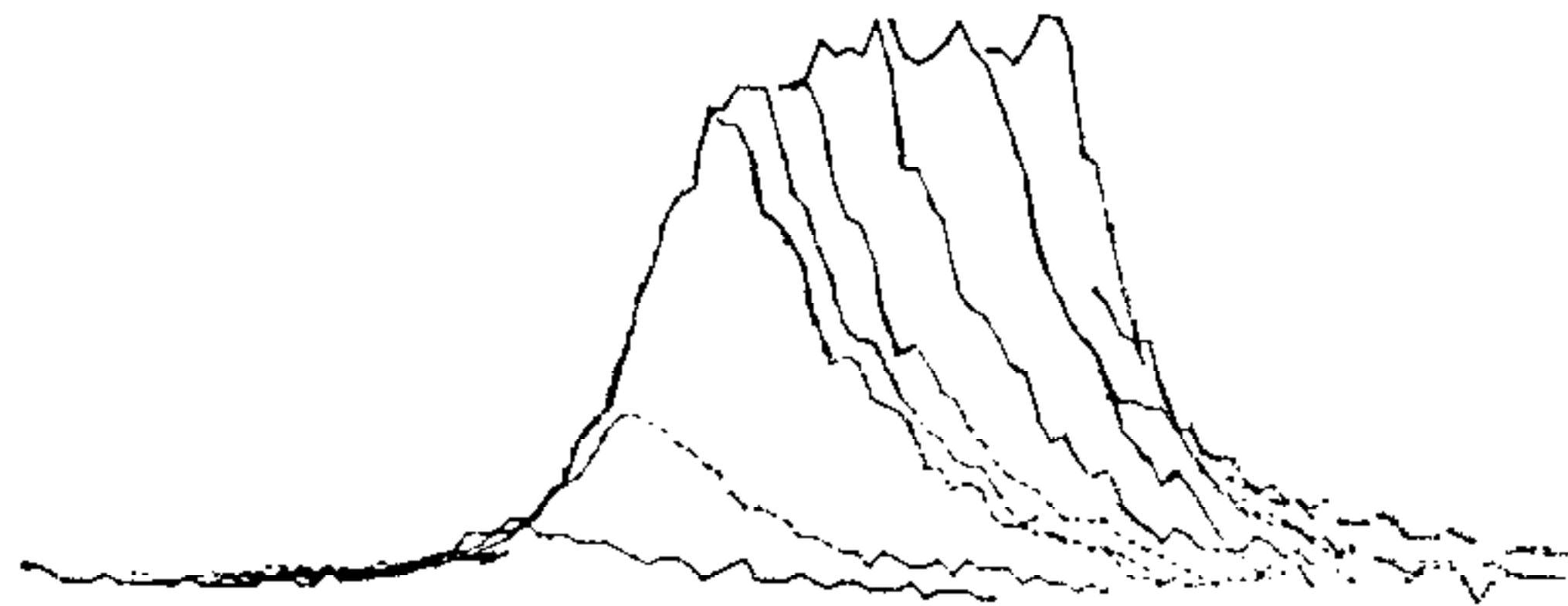


图 4

#### 四、图象处理的软件设计

为了完成上述图象分析任务,设计了实用的程序,分叙如下:

首先置入该器件的初始条件,如样品的编号,器件制备时的参数(如条宽  $S$ 、注入电流  $I$ 、和器件的腔长  $L$ ),然后按 BW 接口节所介绍的次序,通过选行器手置一行,经视频波形存贮器及 BW 接口取行数 ( $Y$  轴), 1024 个取样点 ( $X$  轴) 和每个  $X$  点下的光强值 ( $Z$  轴)。若取得的行数较少就可取得全部数据,则存于内存中,直接进行数据处理,同时存入磁盘备用。若行数甚多,内存不够,则全部数据存入磁盘后,再逐行进行数据处理。进行数据处理时,取出每行  $Z$  的最大值及其相应的  $X$  值,同时比较出所有行中最大值  $Z_{\max}$ , 取归一化后  $Z$  的 0.1353, 0.3, 0.5, 0.7, 1 倍的  $X$  值。把各倍数下的  $X$  值分别从小到大排队,并把 0.1353 下的  $X$  值点分成上、下两部分(见图 2), 然而用数值积分法求得发光有效面积值。实际上,经数据处理后,把所有的  $X$  点平均分成  $n$  个间隔,用内插法可求得每个  $X$  间隔内的  $Y$  值。这样就可使数值积分的面积十分接近实际面积。用绘图软件包可绘制出发光有效面积图及各倍数下的等截面图。按前述原理,以最小行为出发点,取得的值作为  $X, Y, Z$  数据代入式(2)计算得  $X, Y$  值。与此同时,将该行置 1000, 以后再取时,不再取此行。各  $Y$  值与  $Y(K)$  值作比较,如  $Y < Y(K)$ , 则抬笔;当  $Y > Y(K)$  才能落笔画,以达到消阴的目的。如此反复取行、比较、消阴、绘线,直至所有行的信息全部绘出,就构成了立体分布图。

## 五、光强分布的测定与理论值比较

据 Yonezn<sup>[3]</sup>等人分析,发光器件的总电流  $I_s$  应为有效电流  $I_e$  与侧向两边电流  $I_0$  之和,即

$$\begin{cases} I_s = 2I_0 + I_e, \\ I_e = r_s L, \\ I_0 = J_e I_0 L. \end{cases} \quad (3)$$

其中  $L$  表示发光器的腔长;  $S$  为条宽;  $I_e$  为电流密度 ( $A/cm^2$ ),

$$\text{而} \quad l_0 = \left( \frac{0.10339}{R_x J_e} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

$R_x$  为材料的电阻率,实测值为  $5000\Omega$ 。由式(3)可见,  $I_0$  越大表示侧向电流扩展越厉害,性能越差。且由式(3)可得

$$I_s \cdot 10^{-13} = LS \cdot 10^{-8} J_e + 2L \cdot 10^{-3} \left( \frac{0.10339}{R_x} \right)^{\frac{1}{2}} J_e^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

即可由注入总电流  $I_s$  求得  $J_e$  ( $S, L, R_x$  已定时)。

为了求得侧向光强分布,先必须求得载流子分布,

$$n(x) = GL_n^2 - GL_n^2 \left( \frac{L_n}{l_0 + L_n} \right) \exp\left(-\frac{S}{2L_n}\right) \cosh\left(\frac{X}{L_n}\right), \quad 0 \leq X \leq \frac{1}{2}S,$$

$$\begin{aligned} n(x) = GL_n^2 \left( \frac{l_0^2}{l_0^2 + L_n^2} \right) \exp\left(-\frac{|\bar{x}| - \frac{1}{2}S}{l_0}\right) - \frac{1}{2} GL_n^2 \left[ \left( \frac{L_n}{l_0 + L_n} \right) \right. \\ \left. - \left( \frac{L_n}{l_0 + L_n} \right) \exp\left(-\frac{S}{2L_n}\right) \right] \exp\left(-\frac{|X| - \frac{1}{2}S}{L_n}\right), \quad (6) \\ \frac{1}{2}S \leq X \leq \infty. \end{aligned}$$

式中  $G = J_e/qD_n d$ 。这里  $q$  为电子电荷;  $L_n$  为扩散长度,取  $3\mu m$ ; 扩散系数  $D_n$  取  $30 cm^2/sec$ ;  $d$  为有源区厚度,取  $0.3\mu m$ 。光强分布

$$B(x) = K_n(X)[n(X) - n_\infty]. \quad (7)$$

一般说来有源层中平衡电子浓度  $n_\infty \ll n(X)$ , 可忽略。  $K$  为比例系数,取归一化形式

$$\frac{B(x)}{B(0)} = \frac{n^2(x)}{n^2(0)}. \quad (8)$$

由式(5)可求得某一  $I_s$  时的  $J_e$ , 代入式(6)得  $n(0)$ , 再由式(7)得  $B(0)/K$ 。由  $B(X_a) = \frac{1}{2} B(0)$  得半宽时的  $B(X_a)$ , 代入式(8)得  $n(X_a)$ , 用叠代法再由式(6)得  $X_a$ , 则光场半宽  $W_{\frac{1}{2}} = 2X_a$ 。用上述方法可求得与不同的  $I_s$  相对应的  $W_{\frac{1}{2}}$ , 示于图 5。由图 5 可见,对不同的  $S$  值,本系统测得的  $I_s - W_{\frac{1}{2}}$  曲线与计算得到的曲线相符,证明本系统所测得的光场分布是准确的,可付诸实际应用。

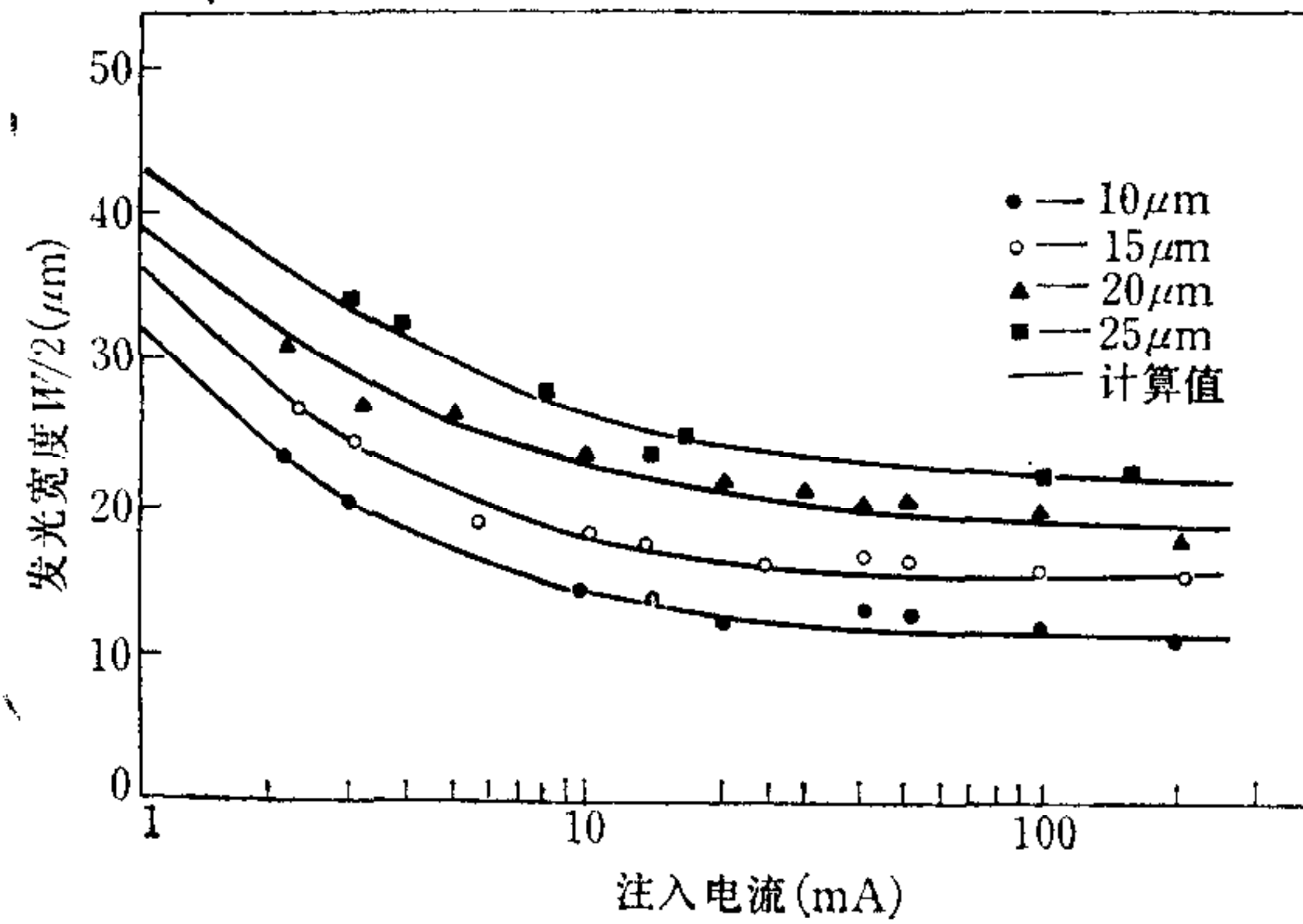


图 5

## 六、结果与讨论

应用上述系统,对 34-2 号发光器件进行了计算机图象处理。测得的发光面积如图 2(a) 所示。Y 轴代表行数,行间距为  $0.18839\mu\text{m}$ ,而 X 轴的间隔为  $0.2767\mu\text{m}$ 。测得的面积为  $115.6\mu\text{m}^2$ ,与计算值之间的误差不大于 1%,由图 2(a) 可见发光面积形状如同一棱形,与在监视器上所见形状相同,说明本文的绘图程序是可靠的。

所测得的等截面图如图 2(b) 所示,如同地图上的等高线图。实际上是立体图的顶视图,中心一点为全图的最高点 ( $Z_{\text{max}}$ ) 值,最外圈是 0.1353 等截面线,依次为 0.3, 0.5, 0.7 的等截面线。0.5 的等截面的 X 方向上宽度即为  $W_{\frac{1}{2}}$ 。

图 4 为所测得  $\theta = 15^\circ$  的立体图。由图可见,实现了消影。曲线的弯曲表明电视信息的不均匀性,如能测得各象点的本底噪声值,存于计算机内,然后实测值减去本底噪声,就可得到比较准确的图象。取不同的  $\theta$  值,可得不同侧面的立体图。用本系统测定三维 X, Y, Z 全部数据时,不要求器件在样品台上放得很平,而这在手工测试时是不允许的。这可大大提高测试速度和质量。

本文介绍的对发光器件进行图象处理方法,也可应用于其它领域。

## 参 考 文 献

- [1] Compang, H. P., Optoelectronics 2nd Edition, 1 (1982), pl.
- [2] 沈彭年等,上海半导体, 2(1984), p. 28.
- [3] Yonezu, H. et al., Jpn. J. Appl. phys., 12 (10) (1973), p. 1580.
- [4] 王德宁等,科技通讯, 4(1985), p. 51.

## COMPUTER GRAPHIC TREATMENT OF LED DEVICE

WANG DENING    WU GUANQUN    SHEN PENGNIAN

*(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)*

CHEN GUANGXING

*(Technical Institute of Shanghai University)*

### ABSTRACT

In this paper, the instrument, principle and programm design of the computer graphic treatment for LED are presented in detail. Using this method and systems, the effective emission area for LED is measured accurately. The dependences of the injection current is or stripe width  $S$  and the half-full width  $W_{\frac{1}{2}}$  of the optical radiant intensity profile are calculated in theory. They well agree with the experimental measurement, and the accuracy of the experimental results are verified. A programme of graphic treatment is designed. The picture of the effective emission area, optical intensity three dimensional profile, and its equi-amplitude contours can be drawn. The longitudinal waveguid profile which is very useful in practice can also be calculated and drawn. Finally, the experimental results are discussed in detail.