

编号: 0116

内部

科学技术成果报告

SJX—C测量电视在自动
拉晶中的应用

贵州省图书馆

科学技术文献出版社

目 录

一、概述	(1)
二、研制过程	(1)
1. 方案讨论	(1)
2. 方案试验	(2)
3. 正式样机的试制	(2)
三、测量电视的简单原理	(2)
1. 电视系统与视频信号	(2)
2. 被测线段与测量精度	(2)
3. 信号的区域取出	(3)
四、SJX—C测量电视的组成	(4)
1. 摄像机光学镜头的选择与相交行数的估算	(4)
2. 电视摄像机	(5)
3. 电子窗口信号的形成	(5)
4. 视频信号的处理	(7)
5. 同步机	(7)
6. 电源	(10)
五、应用结果	(10)
1. 拉晶设备和拉晶过程简介	(10)
2. 试验情况	(10)
3. 几点结论	(10)
六、结束语	(12)

SJX—C测量电视在自动拉晶中的应用

上海玩具九厂

一、概 述

利用电视摄像机观察被摄物体，输出被摄物体某一参数的电视系统叫做测量电视。

测量电视能对被测物体进行某些参数的非接触高速、连续测量，适用面极广，如测量容器内物体、炉内加热体、微细物体以及运动物体的直径和面积、运动轨迹和座标、两个物体间隔和距离等项参数。这项技术对于科学研究、国防军工、工农业生产等方面都具有重要的实用价值。国外在1970年前后开始报导测量电视的研究成果。1975年，日本滨松电视公司开始生产专用测量电视商品。近年来正在将测量电视与电子计算机连接以实现自动控制。

中国科学院上海冶金研究所在“砷化镓单晶自动拉炼”的研究中，需要对单晶炉内生长的单晶直径进行测量、并将参数送入电子计算机以实现自动控制。1976年初该所向我厂提出研制测量电视的任务，经共同讨论总体方案，于同年年底完成了正式样机的试制。1977年初完成了测量电视的基本性能试验并开始与电子计算机闭环连试，于同年年底初步完成了全自动等直径晶体的试拉，为我国填补了测量电视的空白，达到了国际七十年代的水平。

二、研 制 过 程

SJX—C测量电视研制过程分为方案讨论，方案试验和正式样机试制三个阶段。

1. 方案讨论

1976年初，中国科学院上海冶金研究所与我厂共同讨论研究了利用测量电视与电子计算机进行自动拉晶的方案，确定了对测量电视的基本要求和连接方式。对测量电视的要求是：

- (1) 由于控制系统采用电子计算机，因而要求测量电视送出单晶直径的数字量，并需连续进行测量；
- (2) 由于工业控制计算机的速度有限，测量电视送出数字量的脉冲频率不能太高，应不大于20KHZ；
- (3) 测量电视对单晶直径的测量精度在1 mm以内；
- (4) 在测量电视对单晶炉内单晶直径测量的同时，应排除炉内加热体、坩埚等发光体的干扰；
- (5) 要求电视系统扫描时间的精确稳定。

根据以上要求,确定采用“行相交信号取出法”的方案。采用区域取出与幅度截取相结合的措施完成单晶体直径信号的取出。

2. 方案试验

根据确定的方案,经一个月的准备,利用我厂的SJX—107型通用工业电视设备与部分试验电路板,在上海冶金研究所的单晶炉上对单晶直径进行了实测,以检验方案是否可行。通过实际试验,取得了较为理想的单晶直径信号,当单晶直径产生变化时,示波器中的波形也产生相应的变化。并成功地排除了坩埚等干扰信息,证明了区域取出与幅度截取相结合的措施是可行的。

3. 正式样机的试制

在方案试验的基础上,对整个电视系统进行了设计计算和中间试验。针对扫描时间的精确要求,采用了由石英晶体振荡器和数字分频器构成的电视同步机。为了排除工频干扰,对电源电路、电源变压器、控制器等作了抗干扰的处理。为了完成区域取出,试制了近似圆形电子窗信号发生器等,在关键部件试制的基础上进行了整机的组装调试,于1976年底完成了正式样机的试制。1977年初,将正式样机与单晶炉组装在一起,并进行调试和实测,单晶体直径信号由计数器显示,经多次实测证明:测量电视的测量精度在0.5mm以内,其他性能也达到了设计要求。经一年时间的实际使用,证明整个电视系统稳定可靠,能较理想地完成单晶体直径测量任务。

三、测量电视的简单原理

1. 电视系统与视频信号

电视是传输光图象的设备,电视系统示意图如图一所示。电视摄像机将光图象转变成电信号,经放大处理,通过传输线路送至显示器,显示器将电信号转换成光图象,从而完成图象的传输任务。而测量电视在完成图象传输的同时,对被摄物体的某一参数进行测量。

当电视摄像机对准单晶体,在显示器中观察到的图象如图二(A)所示。其中n至n+4行的视频信号如图二(B)所示。从中可以看出,不同长度的线段就得到不同时间间隔的视频信号,物体的亮度不同其视频信号的幅值不同,而物体的线段长短对应于视频信号的时间长短。测量电视就是利用视频信号的这种特点,提取信号中的信息进行测量。当需要测量上述图二(A)中的单晶直径时,可选出n+3行的视频信号,利用图三(A)的与门电路即可完成单晶体直径的测量。图三(B)中n+3为视频信号,K为计数脉冲,C为参数的量。

2. 被测线段与测量精度

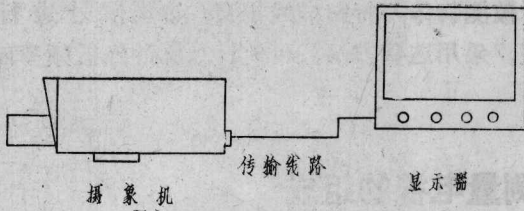
测量电视的被测对象是通过光学镜头,将三维的景物投影在摄像管靶面上而成为二维图象,通过电视制式规定的扫描,使光图象转换成电压幅值与时间成函数关系的曲线。

物体线段长度与相应视频信号中能占的时间可用下式表示:

$$t_H = H_t \cdot \frac{f}{s} h_{(H)} \cdot k_{(H)} \quad (1)$$

$$t_V = V_t \cdot \frac{f}{s} h_{(V)} \cdot k_{(V)} \quad (2)$$

式中: t_H 为水平视频信号中的时间; t_V 为垂直视频信号中的时间; H_t 为水平扫描全程时间; V_t 为垂直扫描全程时间; f 为摄像机镜头焦距; s 为镜头与被摄物体距离; $h_{(H)}$ 为被摄物体水平线段; $h_{(V)}$ 为被摄物体垂直线段; $k_{(H)}$ 为水平系数; $k_{(V)}$ 为垂直系数。

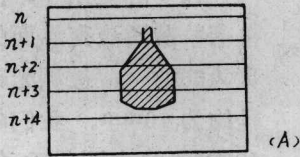


图一 测量电视系统示意图

当测量水平线段时，可用(1)式求出被摄物体对应的视频信号时间 t_H ，从而可以决定计数脉冲周期 K 与相对测量精度 M ，它们的关系式为：

$$M = \frac{K}{t_H} 100\% \quad (3)$$

从(3)式可知，当计数脉冲周期越短测量精度越高，但由于水平物体线段所占水平视频信号的时间小于或等于水平扫描整程时间，因而限制了测量精度的提高。同时垂直线段的测量精度也受到电视制式的制约。因 n 与 $n+1$ 行之间的垂直线段变化无法在视频信号中找到对应的变化信号，故行与行的间隔是垂直线段的精度极限，要提高垂直线段的测量精度，就必须增加扫描行数。在我国电视制式下垂直精度是电视画面高度的 $1/287.5$ 。垂直线段与水平扫描行相交行数可由下式求得：



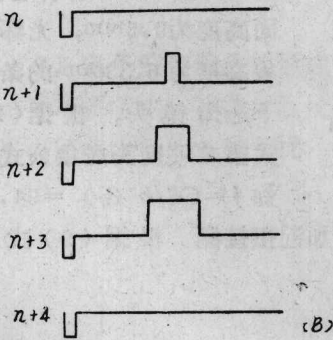
$$H_s = \frac{t_V}{H} \quad (4)$$

式中： H_s 为相交行数； H 为行扫描周期 ($64\mu s$)。

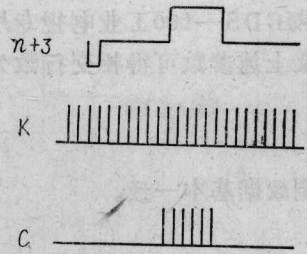
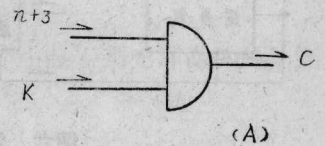
3. 信号的区域取出

当被摄物体不是单一的被摄物体如图四(A)所示。在被摄物体中有单晶体与坩埚，

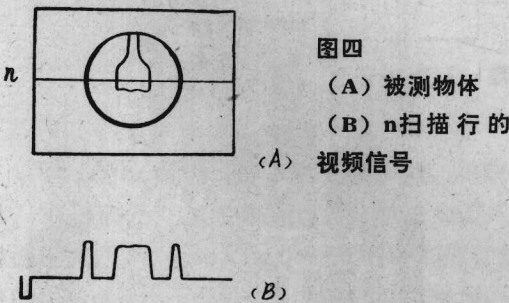
这时的 n 扫描行的视频信号如图四(B)所示，其中除单晶信号外还有坩埚信号。为要准确测量单晶体必须取出有用信号，所以可加入一电子窗口，将被测物体置于电子窗内如图五(A)所示； n 扫描行的视频信号置于电子窗内的波形如图五(B)所示，这就是区域取出法。



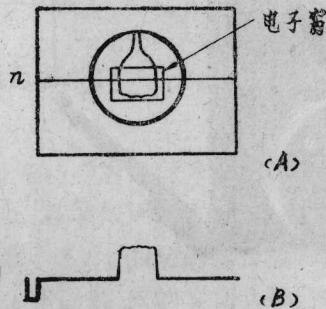
图二



图三 (A) 与门电路 (B) $n+3$ 行的视频信号



图四 (A) 被摄物体 (B) n 扫描行的视频信号



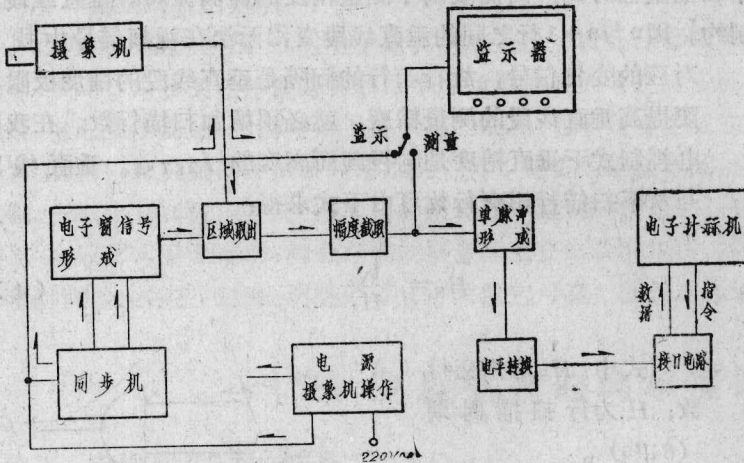
图五 (A) 被摄物体置于电子窗内 (B) n 扫描行的视频信号 (电子窗内)

根据测量电视上述的基本原理与总体方案对测量电视的具体要求，采用被测单晶直径与

水平扫描行相交的系统来完成测量任务。由于被测物体与行扫描线相交，取场信号进行测量，故称其为“行相交信号取出法”测量电视。采用这种方法，可使计数脉冲降低频率而测量精度却可以提高。

四、SJX—C测量电视的组成

测量电视系统的结构由摄像机、同步机、电子窗信号形成、区域取出、幅度截取等电路组成，如图六所示。现将有关部分简述如下：



图六 测量电视系统的组成

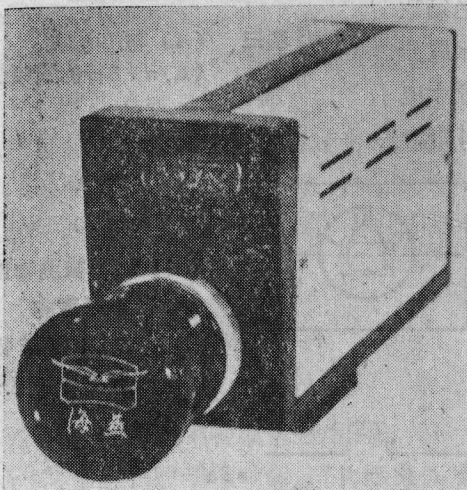
mm，它与GDS—100工业电视专用镜头接近，故选用该镜头并加近摄接圈。根据(2)式与(4)式及上述参数可得相交行数为：

$$H_s = \frac{V_t \cdot \frac{f}{s} h_{(v)} \cdot k_{(v)}}{H} = 201.7 \text{ 行。}$$

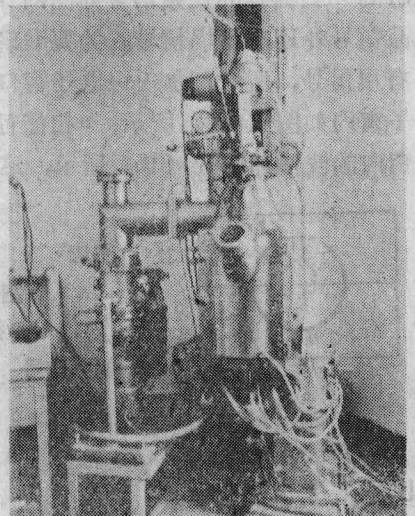
这与实测数据基本一致。

1. 摄像机光学镜头的选择与相交行数的估算

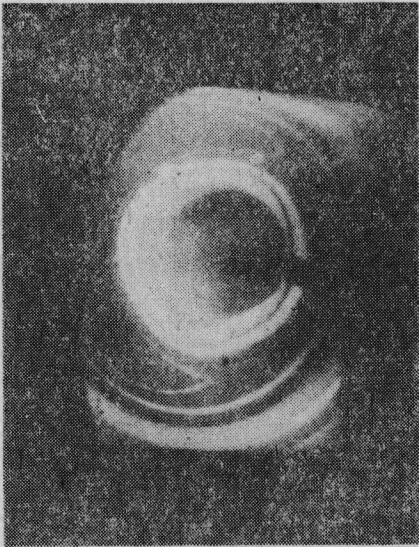
在实际使用中，摄像机与单晶固液交界面的距离为600mm，被测光环直径约为40mm。我们希望40mm光环占图象垂直方向的 $\frac{2}{3}$ ，采用摄像管靶面高度为9.5mm，光环图象高度为6.33mm的条件下选择镜头。根据(2)式第二项镜头成像公式可知 $f = GS/h_{(v)} = 94.95$



照片一 电视摄像机外形



照片二 摄像机在单晶炉上的安装情况



照片三 晶体直径与扫描线相交在电视屏中观察到的情况

2. 电视摄像机

电视摄像机的外形如照片一所示。其基本性能如下：

- | | |
|-------------|--|
| (1) 水平清晰度 | ≥450线 |
| (2) 垂直清晰度 | ≥500线 |
| (3) 灰度 | ≥6级 |
| (4) 输出(全信号) | 1 V _{p-p} |
| (5) 输入同步信号 | 场信号 3 V _{p-p}
行信号 3 V _{p-p} |
| (6) 外形尺寸 | 72×111×215mm |

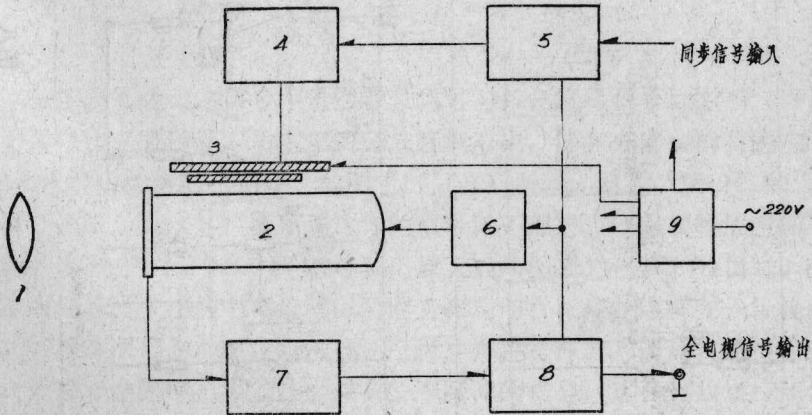
摄像机与控制器由一根九芯电缆与三根同轴电缆相连接。摄像机的结构由摄像管、偏转线圈、场行扫描、场行振荡、复合信号形成、消隐形成、预放大器、处理放大器等组成；摄像机的电路由九块厚膜集成电路与数支晶体管组装而成如图七所示。

摄像机安装在单晶炉的上观察孔上方如照片二所示。

示。

3. 电子窗口信号的形成

在本系统中，将晶体直径与扫描线相交如照片三所示。在照片中除看到光环晶体外，还有坩埚回流线等的各种干扰，电子窗的任务就是排除这种干扰。

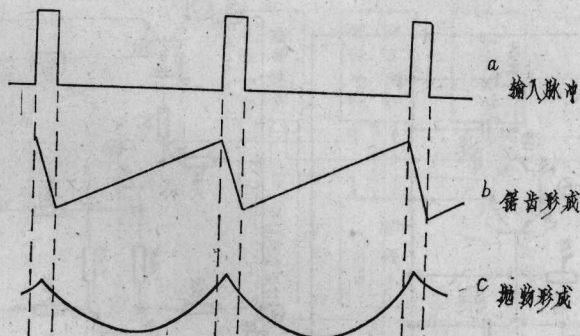


图七 摄像机的结构图

电子窗的形状应与单晶光环相似，但略大于光环。窗口信号形成的电路由场行抛物波形成、复合放大、鉴别电路三部分组成如图八所示。在图八中， T_1 、 T_2 及二级积分电路形成场抛物波， T_5 、 T_6 及二级积分电路形成行抛物波， T_3 、 T_4 输出复合抛物波，经 $T_7 \sim T_{11}$ 组成的放大处理电路后，通过鉴别电路整形， T_{12} 、 T_{13} 组成的鉴别电路将抛物波转换成一连串以行时间为周期的不同长度脉冲串。波形如图九、图十所示。

4. 视频信号的处理

视频信号的处理，一方面是进行区域取出，达到消除干扰的目的；另一方面进行幅度截取，取出所需的光环直径信号，使之成为数字量。这部分电路是图象信号数字信号变换电路。具体电路如图十一所示。图中 T_1 、 T_2 、 T_3 为窗口信号混入电路，上述电子窗信号控制 T_2 管的导通与否，以使视频信号通过或接地线。 T_3 、 T_4 组成黑底预切割， $T_5 \sim T_{11}$ 为幅度截取电路， T_{12} 、 T_{13} 及DW与5JZ 14使图象信号转换成TTL电平的光环直径信号。该信号以串行脉冲输出，接口电路只要对此串行脉冲进行计数，即可得到光环直径的参数。



图九



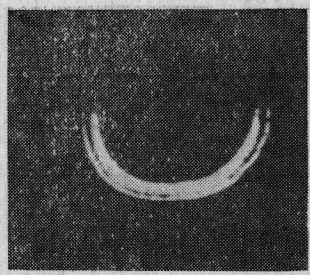
图十

视频信号由摄像机输出，信号中包括背景信号与单晶直径信号如图十二（A）所示。为了消除背景干扰取出直径信号，用电子窗完成区域取出，即将不需要的背景信号“关在窗外”，而让单晶直径信号通过“窗口”如图十二（B）所示。通过“窗口”的信号中有底色信号与直径信号如图十二（C）所示。这样的信号仍不理想，还需要将底色切平，而取信号的有效部分如图十二（C）中 $F \sim F'$ 信号取出放大成为图十二（D）的信号。照片四示出了已将干扰消除的光环信号，从中可以看出两圈光环均与行相交，这样在一行视频信号中将出现两个脉冲，而视频信号处理系统以每行一个脉冲来进行计数，因而将此信号经过一组单稳态电路DW，消去一个脉冲，形成每行只有一个脉冲的信号，这样以扫描行周期为基准，以光环亮度信号为脉冲前沿来代替K脉冲进行计数，精度可达0.5%。

5. 同步机

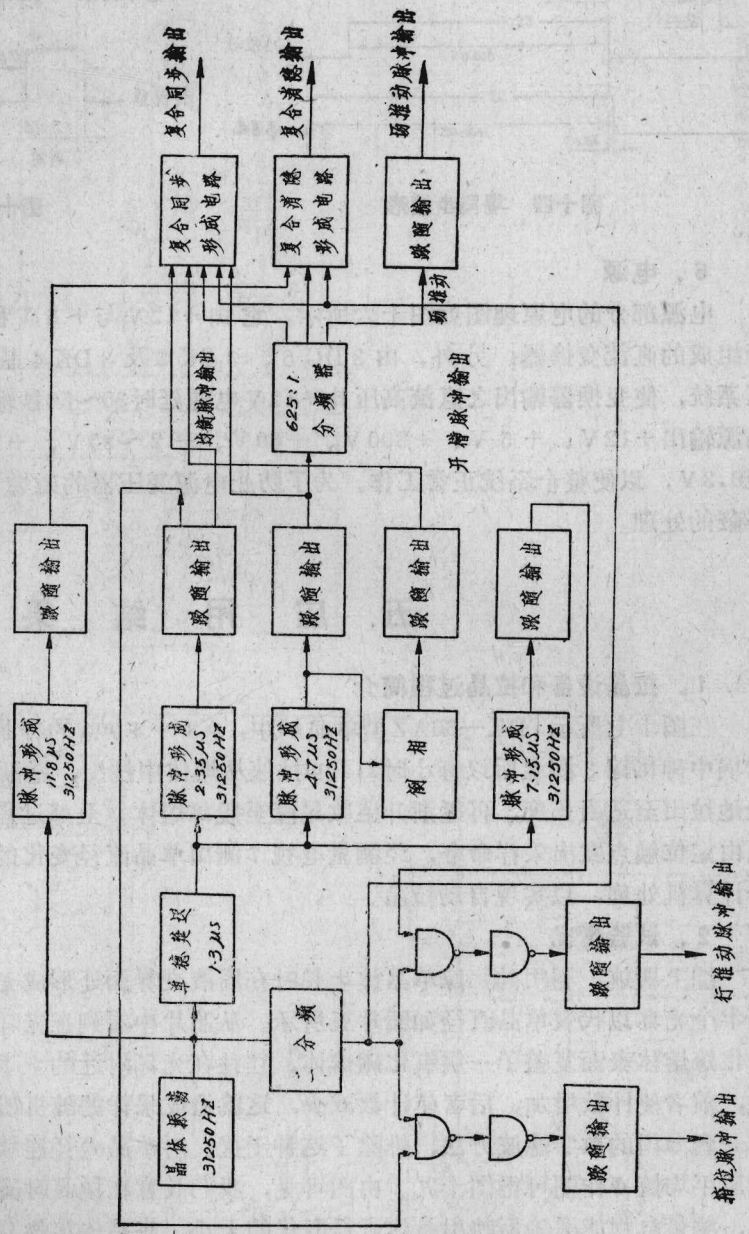
同步机结构方框图如图十三所示；场行波形时间关系分别如图十四、十五所示。

同步机的标准信号由31250HZ的石英晶体控制振荡器产生，其稳定性在常温下优于 5×10^{-6} 。同步机输出五种信号，其中包括场推动信号、行推动信号、箝位信号、复合同步信号与复合消隐信号。625:1的分频器对31250HZ信号进行分频，使之成为50HZ (20ms)的场信号，分频器由两组25:1固体数字分频电路串连而成。同步机是保证测量精度的关键，因而必须工作稳定可靠。

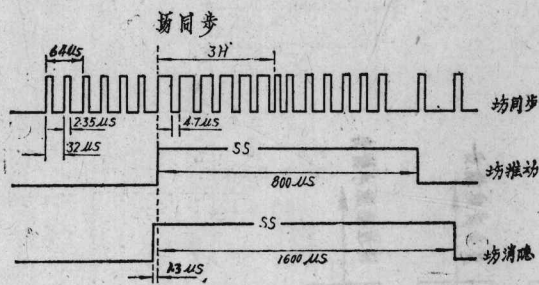


照片四 干扰消除后的光环信号

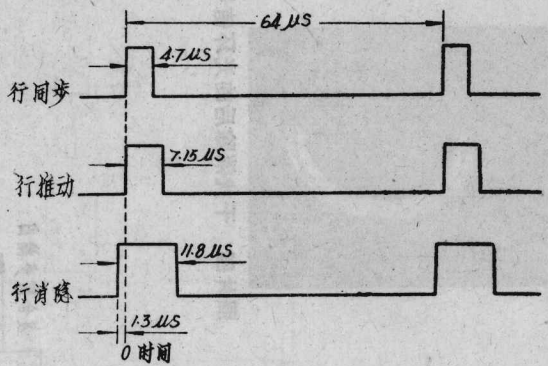
图十二



图十三 同步机结构方框图



图十四 场同步波形



图十五 行同步波形

6. 电源

电源部分的电原理图如图十六所示。它由+12V与+5V稳压部分及两支3DG12晶体管组成的直流变换器；另外，由3DG6、3CK2及3DK4晶体管等组成的变换器延时稳压系统，使变换器输出之直流高压比+12V电源延时30~50秒输出，以保证摄像管的预热。电源输出+12V、+5V、+300V、+60V、-2~85V、+150~300V、+0~50V、交流6.3V，以使整个系统正常工作。为了防止电源变压器的磁场干扰，对电源变压器作了磁屏蔽的处理。

五、应用结果

1. 拉晶设备和拉晶过程简介

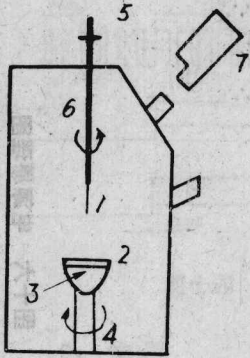
在图十七所示TDK-36AZ型单晶炉中， $\phi 3 \sim 4$ mm的籽晶1通过透明氧化硼层2，与坩锅中砷化镓3润湿后以每小时2.4cm拉速从熔体中拉出，逐渐放大（放肩）至所需直径等径地拉出至适当长度，再逐渐升温收尾直至脱离熔体。全部过程如图十八所示。从放肩至收尾由定位触点发出采样命令，经测量电视7测出单晶直径变化的脉冲数，经接口电路送入电子计算机处理，以实现自动拉晶。

2. 试验情况

综上所述，利用砷化镓单晶体生长时在固液交界面处形成光环的特点，应用区域取出留下半个光环以代表单晶直径如照片五所示。从照片中看到在光环上有一小白环，这是因为在砷化镓熔体表面复盖了一层氧化硼熔体，往往在光环附近的上下方由砷逸出造成白泡或黑泡，前者使计数增加，后者使计数减少，这就造成采样的随机误差。为了消除这种误差，用了一套专门的数字滤波方法，排除了这种干扰。对单晶直径连续测量经滤波，最后以 Δt 与相应平均值 ϕ 作图可得图十九。由图可见，我们故意在拉晶时使晶体直径发生不规则的变化，测量电视能准确反映出晶体直径变化的大小，将晶体实物与测量数据对照，可得出每7.5个脉冲相当于单晶直径1毫米。将图中曲线等比例缩小成晶体的形状（如图十九上方），这与晶体实物十分相似，如果对单晶拉制过程控制适当，可自动拉炼出等直径单晶体如照片六所示。

3. 几点结论

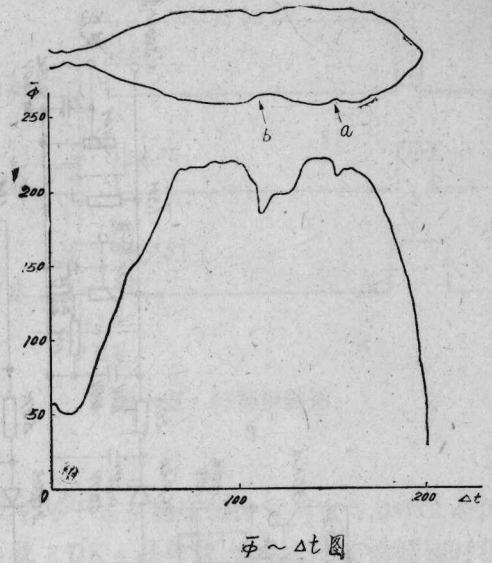
经过一年时间的实践可以得出如下结论：



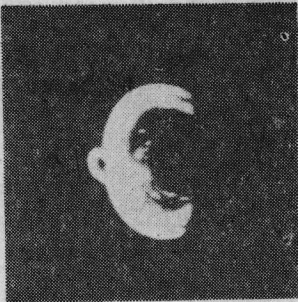
图十七拉晶设备示意图



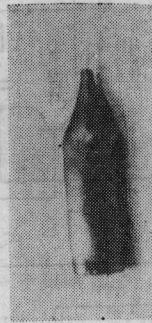
图十八拉晶过程示意图



图十九 $\Phi \sim \Delta t$ 曲线图



照片五 光环与干扰气泡



照片六 测量电视—计算机自动拉晶系统控制成功的砷化镓等直径单晶。

(1) 在晶体生长过程中从放肩、等径和收尾均可采用测量电视进行测量。由于晶体的不规则形状，采用定点采样和均值方法并不影响测量精度。由于摄像镜头的成像景深，即使拉晶时液面下降，也不影响测量精度。从这些优点看，它优于光环法，更适用于拉晶自动控制。

(2) 测量电视能测出晶体直径 $\pm 1 \text{ mm}$ 变化（如图十九 a、b 两点），尚能满足控径要求。配合计算机控制，有可能实现等径生长砷化镓晶体。

(3) 采取适当的数字滤波处理，实验证明完全可以克服在砷化镓晶体生长中产生“气泡”所造成的随机误差。当然没有“气泡”产生的硅单晶有可能达到更高的精度。

六、结 束 语

测量电视的应用在国内尚属首次。它的研制和应用成功，使人的视觉器官有可能延长，工业电视从单纯观察变为测量工具，如能在单晶拉炼工业中推广应用将会使单晶质量、数量、效率均有提高。这对提高我国自动化程度，加速实现四个现代化将起到一定的作用。

SJX—C 测量电视的研制成功，使我国与世界先进工业国家在测量电视方面的差距缩短了，为研制其他测量电视及应用会有所启发。但由于我们初次试制，又受标准扫描制式等影响，在测量精度、测量方法等方面还有待于进一步提高和完善。

科学技术成果报告

SJX-C 测量电视在自动拉晶中的应用

(内部发行)

编辑者：中国科学技术情报研究所

出版者：科学技术文献出版社

印刷者：中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 0.75印张 19千字

统一书号：15176·330 定价：0.15元

1978年11月出版 印数：6780册