



(日) 小野 茂 著

# 电子手表的修理

14.9

中国财政经济出版社

## 译 者 的 话

随着现代科学技术的发展,手表也进入了一个崭新的时代,这就是手表的电子时代。从本世纪五十年代中期到现在,仅仅二十几年,电子手表即以其惊人的速度迅猛地发展起来,并以它独有的高精度、多功能、款式新颖、价格低廉等特点,为世界各国人民所喜爱。电子手表的出现,深刻地改变了手表工业的面貌。

近年来,我国的电子手表工业也有了相当的发展。在国内市场上,国产电子手表和进口电子手表的种类和销量都日益增多。但是,目前有关电子手表修理方面的书籍却还很少。很多人,特别是刚刚从事电子手表专业修理的人员迫切希望早日得到这方面的书籍。为此,我们翻译了日本国小野茂先生的《电子手表的修理》一书(原书名为《石英电子手表技术读本》)。这本书以通俗易懂的文字,大量的照片和插图,深入浅出地介绍了电子手表的构造原理和检修电子手表所必备的实用技术基础知识,是电子手表专业修理人员和广大电子手表爱好者的良好读物。我们期望,通过翻译出版这本书,对于增进中日两国间有关电子手表的技术交流,对于繁荣和发展我国的电子手表事业将会起到一点积极的作用。

本书在翻译出版过程中,承蒙本书作者小野茂先生,轻工业部钟表工业科学研究所吴妙胜、汪孟晋、李兰等同志的

# 目 录

一、什么是石英电子手表 .....	( 1 )
1. 石英电子手表的结构及特征 .....	( 1 )
1-1 石英谐振器 .....	( 1 )
1-2 指针式石英电子手表的结构 .....	( 3 )
1-3 数字式石英电子手表的结构 .....	( 7 )
1-4 石英电子手表的特征 .....	( 10 )
二、实用基础技术 .....	( 14 )
1. 修理石英电子手表所必备的电、磁知识 .....	( 14 )
1-1 必须掌握的电的单位 .....	( 14 )
1-2 电流产生的磁场 .....	( 14 )
1-3 电池知识 .....	( 15 )
1-4 电量的测定(万用表的使用方法) .....	( 16 )
2. 电池盖的开闭及更换电池 .....	( 21 )
2-1 电池盖的开闭 .....	( 21 )
2-2 电池的更换方法 .....	( 24 )
3. 指针式石英电子手表的拆卸与装配 .....	( 26 )
3-1 开表壳 .....	( 26 )
3-2 从表壳中取出机芯 .....	( 33 )
3-3 指针与表盘的拆卸 .....	( 38 )
3-4 机芯的拆卸 .....	( 41 )
3-5 指针式石英电子手表的清洗 .....	( 63 )

3-6 机芯的装配、加油	(68)
3-7 加油的基本知识	(95)
3-8 机芯的综合检查	(98)
3-9 表盘与指针的装配	(106)
3-10 表壳的装配	(112)
3-11 实走检验	(117)
3-12 零件的更换及修正方法	(119)
4. 电机难于调准时的调整方法	(130)
4-1 6极电机的调整方法	(131)
4-2 2极电机的调整方法	(136)
4-3 12极电机的调整方法	(136)
5. 故障的检查	(137)
5-1 故障的种类及原因	(137)
5-2 故障检查及故障原因的发现	(141)
5-3 示波器的使用方法	(151)
5-4 没有示波器时使用万用表的方法	(158)
6. 数字式石英电子手表的拆卸、装配及检查、 修理(液晶式)	(158)
6-1 拆卸和装配的操作	(159)
6-2 机芯的综合检查	(166)
6-3 表壳和按钮的检修	(172)
6-4 表壳的装配	(172)
6-5 实走检验	(173)
6-6 数字式石英电子手表故障的检查	(173)

# 一、什么是石英电子手表

## 1. 石英电子手表的结构及特征

### 1-1 石英谐振器

石英电子手表是利用石英晶体具有的稳定振动来驱动手表的一种高精度手表。要使石英晶体振动，需要在切割成一定形状（四方棒形、音叉形、凸透镜形等）的石英晶体上，用蒸镀方法镀上一层薄的金属电极，再在此电极上焊上细导线。电极有正负两极，导线也有两根。导线通电后，石英晶体即产生微小的变形；切断电流时，便恢复原来的形状。此时，石英晶体既是坚硬的结晶体，又是弹性体，因此产生着用显微镜也难以看清的微小振动。即使通电一次，也要产生这样的振动。但是，这种振动不是持续不变，而是逐渐衰减的，不久就停下来。要使这种振动持续下去，只要输入与石英晶体振动相同步的电流就可以。这种职能是由装在LSI（大规模集成电路）中的振荡电路承担的。

手表中石英晶体的振动频率为32,768赫兹(Hz)，即每秒钟振动三万次以上。这种振动非常准确，误差很小，这是读者能够理解的。表示石英晶体振动的准确性，使用 $10^{-7}$ （10的负7次方）、 $10^{-8}$ （10的负8次方）……等幂数。这表示

只有  $\frac{1}{10^7} = \frac{1}{10,000,000}$ ， $\frac{1}{10^8} = \frac{1}{100,000,000}$  ……的误差。将这种误差换算成为每天的误差数，仅为 0.1 秒或 0.01 秒。

手表中使用的石英晶体，是人工合成的结晶体，与天然石英晶体的物理化学性质相同，杂质更少，结晶的形状也整齐，而且，同一性质的人造石英晶体也能够大量制造。

由人造石英晶体的大块结晶切割出手表用的石英振荡器时，对结晶轴来说，选择多大角度切割是非常重要的。根据这一角度，可以得到温度误差小的石英谐振器。现在，手表用石英晶体大多数是切割成音叉形的，频率几乎都是 32,768 赫兹 (Hz)，真空密封于很小的封装壳体内。封装壳体有的非常小，直径仅 2 mm，长 6 mm。随着手表向小型化、薄型化的发展，将来还会有更小的石英谐振器。时钟上使用频率为 4,194,204 赫兹 (Hz) 的四方形棒状石英晶体，也是真空密封于封装壳体内。但是，钟用石英晶体尺寸即使稍大一些问



图 1 音叉形石英谐振器封装入真空壳体内

题也不大。如前所述，如果石英晶体切割得好，就能制作出温度误差很小的谐振器，但是为了进一步减小温度误差，制作高精度的手表，也有的产品附加了“温度补偿电路”。过去，一般采用的方法是，在电路中加入与图 2 所示石英晶体

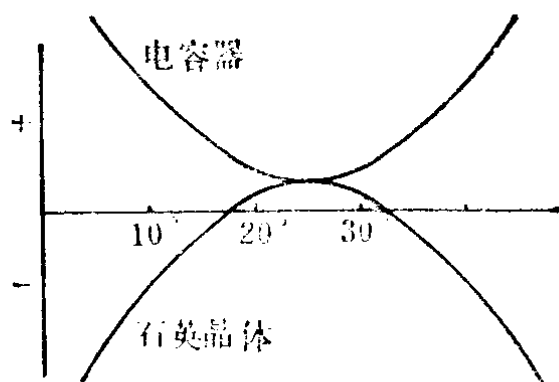


图2 采用与石英晶体的温度特性正好具有相反特性的电容器，补偿温度误差

的温度特性曲线正好具有相反特性的电容器，这样在实际使用的温度范围内误差就非常小。最近精工舍公司销售的双晶体石英电子手表，将温度特性稍有不同的两个石英谐振器组装在一起，成功地使温度误差降到最小，手表精度达到年误差只有几秒钟的惊人程度。这个公司已经能够批量生产这种手表。这种双晶体的手表有两种形式：一种是利用两个石英晶体因温度而产生的频率误差来自动修正温度误差；另一种是利用两个谐振器的合成振荡减小温度误差。今后，这方面的研究将会更加深入地发展，精度更高的手表也将大批地出现。

## 1-2 指针式石英电子手表的结构

首先说明什么是指针式石英电子手表。在使用“指针式”这种说法的同时，还有一种“数字式”的说法。所谓数字，就是指10进位数字，即0~9的数字。所谓数字式，就是指数字显示式。而所谓指针式是指利用时针、分针、秒针在

表盘上转动，根据指针的位置来指示时刻的方式。

指针式石英电子手表在外观上与机械手表大体相同。所不同的，仅仅是秒针的动作不太一样。要是没有秒针，那么石英电子手表和机械手表从外观上就根本无法区别了。但是，表内机芯却有许多不同。不过，也有些部分使用了相同的结构、相同的零件。例如，为了转动时针、分针、秒针及日历，都使用了齿轮机构，这是相同的。但是石英电子手表用电池取代了发条，用包括石英谐振器、IC（集成电路）在内的电子电路和电机取代了摆轮、擒纵叉。

下面简单地说明指针式石英电子手表的原理。

当电流由电池输入电子电路时，石英晶体便开始振动。手表中这种振动频率每秒钟在 3 万 2 千次以上，非常快，因此要使用一种叫做分频电路的电子电路，将它降低至每秒一次的准确信号。所谓分频电路，是将几个按  $\frac{1}{2}$  分割频率的元件（叫触发电路）组合在一起的电路。比如，32,768 Hz 每次按  $\frac{1}{2}$  进行分频，即如下所示：

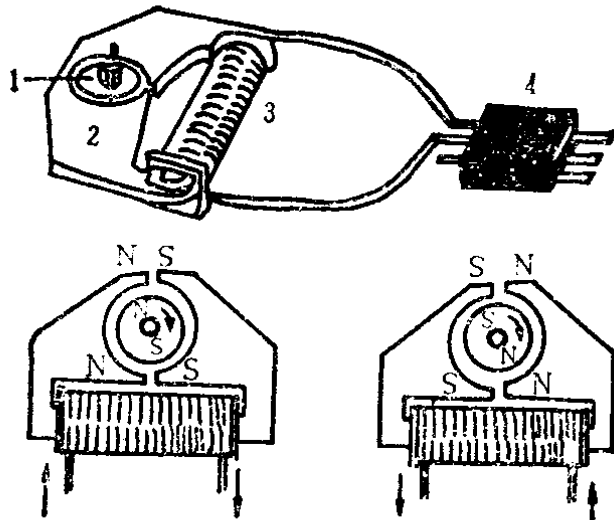
分频级数	Hz
0	32,768
1	16,384
2	8,192
3	4,096
4	2,048
5	1,024



6	512
7	256
8	128
9	64
10	32
11	16
12	8
13	4
14	2
15	1

这样，通过电子电路能够得到每秒一次的时间间隔。然后为了将它转换成时针、分针、秒针的转动，作为每秒一次的电信号（脉冲）由 IC（集成电路）的输出端子输出。IC 的输出端子有两个，每秒钟交替地输出脉冲。线圈引线的两端分别与 IC 的两个输出端子相连接。因此，每次脉冲时线圈上都有瞬时电流流过。因为是由两个输出端子交替地给线圈的两端输送电流，所以，线圈里流过的电流方向，每秒钟正负恰好相反。

那么，电流输入线圈后会产生什么现象呢？线圈变成了磁铁，即电磁铁。而且由于电流方向的不同，磁铁的 N 极与 S 极交替变化。在手表的线圈里，中心穿有铁芯，铁芯的两端是步进电机的定子部分。线圈如果变成了电磁铁，铁芯即定子也就变成了磁铁。定子是用金属材料制成的，只有当线圈里输入电流形成电磁铁时，它才被磁化，而当电流切断时，磁性几乎完全消失。这种材料经常使用导磁率很高的纯铁或



1—转子；2—定子；3—线圈；4—IC

图3 由IC的输出端子每秒钟给线圈输入相反方向的电流，通过这种瞬时电流能够产生电磁铁，并使定子暂时磁化。由于定子磁极与转子磁极间产生相互排斥及相互吸引力而使转子转动。定子相对错位，是为了使转子单方向转动

者钹莫合金。

石英电子手表里使用的电机叫做步进电机。这种电机在上述定子的中心，有一个圆形永久磁铁的转子（也叫步进转子）。当脉冲使定子变为电磁铁时，便与转子的永久磁铁之间产生排斥力，推动转子转动。永久磁铁转子的磁极以NS为一对，每对有2极。磁极除2极的之外，还有6极的、8极的等等。每次脉冲，2极的转子旋转 $180^\circ$ ，6极的转子旋转 $60^\circ$ ，8极的转子旋转 $45^\circ$ 。用极数除 $360^\circ$ ，所得值叫步距角。转子轴上带有小齿轮，将转动传给齿轮机构。齿轮机构将转子的旋转减速，带动秒轮每分钟转1圈，分轮每小时转1圈，时轮每12小时转1圈。此外，在日历机构中带动周历

盘每星期转 1 圈，日历环每月转 1 圈。

与转子紧相连的机构是齿轮机构，这和机械手表很相似。

### 1-3 数字式石英电子手表的结构

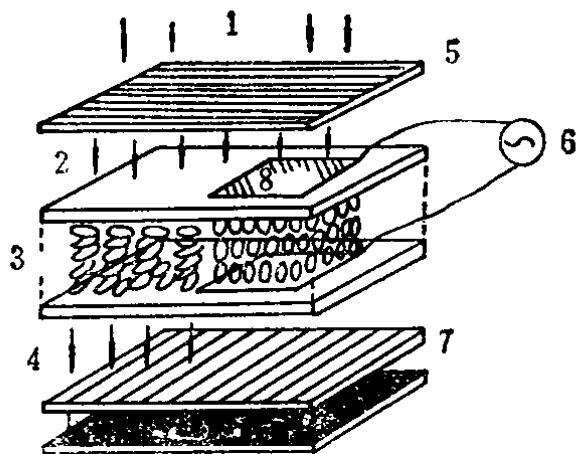
数字式石英电子手表与指针式石英电子手表外观上完全不同，而且根本没有机械部分，也没有电机、齿轮装置和驱动转子的线圈、定子等等，但是数字式石英电子手表也是以石英振荡为振源，这一点是相同的。因而，用包括石英振荡器在内的电子电路准确地计时，这种结构是和指针式石英电子手表完全相同的。不过，电子电路却比指针式石英电子手表要复杂得多，因为电子电路取代了电机和齿轮等部件。电子电路中，除与指针式石英电子手表相同的振荡电路和分频电路外，还有“计数”、“译码”、“驱动”等电路。这些都是显示时刻、显示日期等所必需的电路。此外，给液晶屏传输电信号的 IC 的输出端子也与指针式石英电子手表不同，数量更多。显示时、分、秒最少需要 30 个端子。这是因为在液晶屏上组成数字时，每一个字需要 7 个组字段，1 个组字段就需要 1 个输出端子。但是最左端的位数，即 10 时位置的数字，只要显示 1 字就行了，所以只用 1 个组字段。

液晶屏是数字式石英电子手表中非常重要的部分。它是将一种叫做液晶的有机化合物液体，灌入两片玻璃板之间，然后将其周围密封制成的。其所以叫液晶，是因为它既是液体，同时又具有结晶的性质。在上下两片玻璃板上，根据要显示的数字的形状，用蒸镀的方法镀有透明电极。透明电极是由氧化锡等导电性无机物构成的。为了使液晶分子具有方



图4 液晶屏的透明电极

向性，用布摩擦上下玻璃板的表面，划出互成垂直方向的槽纹。这样，两片玻璃之间的液晶分子，在靠近玻璃的地方就分别与槽纹并行排列，往中间，方向逐渐变化，在由上至下之间，成为扭转 $90^\circ$ 排列。当给液晶屏的电极通电时，上下电极间产生电场，而且产生电场部分的液晶分子朝向电场方向。如果在液晶屏的上下面紧贴上偏光板观察，通电后分子排列变乱的部分，看上去就显示黑色。这是因为分子排列整齐的部分能够使通过偏光板的光线通过，所以透明；而分子排列变乱的部分光线不能通过，所以呈现黑色。装进手表时，再在液晶屏的下面垫上反射板，就会使数字看得更清楚。以上是对于多种类型的液晶中现在使用最多的场效应型（也叫FE型）向列液晶的说明。



1—光线；2—偏振光；3—液晶分子；4—偏振光；5—偏振光板；  
6—交流电压；7—偏振光板；8—电极

图5 液晶屏的结构

液晶物质是一种有机化合物，因此经过一定年限后，性质会发生变化，最后显示不清楚。目前，据说液晶的寿命是5~7年。

液晶显示式简写为LCD，是英文Liquid Crystal Display的缩写。

因为液晶显示不是自身发光，在暗处看不见，所以大多数都带有照明用的小灯。此小灯耗电量较大，如果亮灯太频繁，电池在短期内就耗尽了（手表的耗电量为几微安，而小灯的耗电量为几十毫安，约大1万倍）。

数字式石英电子手表的特点是带闹时、秒表、世界时、永久日历、计算机等多功能。这是指针式石英电子手表不容易达到的。这些功能都是由组装在LSI中的超小型电子电路工作的。电路中有称为存储器的记忆装置和运算电路，应用了计算机结构中的一部分。闹时机构使用蜂鸣器之类的发音体，用“噼—噼—”的声音，告知预定的时刻。

## 1-4 石英电子手表的特征

要列举石英电子手表的特征，就要将它与机械手表、非石英晶体振源的其它电子手表加以比较。这一点即使不作专门说明，也要记住。

### 1. 高精度

石英电子手表的最大特征是非常准确。机械手表中精度高的，日差为10秒左右；音叉电子手表日差为3秒左右；石英电子手表的精度一举提高到月差为10~15秒。目前市场销售的石英电子手表中，精度最高的达到年误差仅有几秒的惊人程度。石英电子手表的精度，不仅在手表出厂初期很高，从原理上讲，即使经过多年，也不会下降。从长远的观点看，石英晶体的频率有所谓老化(时效变化)的现象，会发生一些微小的变化。但是，每1—2年用石英校表仪测定一次频率，必要时只要调整一下微调电容就可以了。

石英电子手表精度高而且稳定的原因之一是它不存在位差。摆轮式手表，由于摆轮、游丝等的重力误差，总是存在手表位置（手表对地球重心的方向）所引起的快慢误差。即使是音叉电子手表，虽然位差很小，但是仍然存在这种误差。由于这一障碍，使它不能达到高精度。而石英电子手表可以说完全不存在位差，因为这种误差小得可以忽略不计。所以用石英电子手表精度测定器测定石英电子手表精度时，根本不用变换手表的位置。

### 2. 不用上发条

这一特征也适用于音叉式电子手表等使用电池的手表。

在电池电能耗尽以前，手表持续运转，即使从手腕上取下来，也不会停走，总是保持准确地计时，用起来很方便。这对于不一定每天都使用手表的人，同时有好几块手表的人以及长期放置不戴表的人来说，很适用。

目前手表里使用的电池大多数是银电池。从电池装入手表直到电能耗尽，电压几乎不变化。因此，没有电压变化引起的快慢误差。这也是石英电子手表精度高的原因之一。虽然石英电子手表存在着机械手表所没有的必须更换电池的缺点，但是随着技术的不断发展，电池寿命也在不断延长。现在，两年更换一次电池就行了。而且，电池寿命达到5年以上的手表，也已经在市场上出现了。由于对电池本身的改进和新型电池的研制，今后电池寿命还将进一步延长。此外，市场上已经出现了许多带电池寿命警告装置的手表。

### 3. 故障少

石英电子手表可靠性高，故障率低。这是由于电子技术的发展，电子元件的可靠性大大提高了的缘故。由于电子技术在与机械加工技术决定胜负的竞争中，占了压倒的优势，所以，过去复杂的机械部分为半导体技术之精华——LSI所代替。电子技术在研制阶段，虽然需要高度的技术力量和很强的设备能力，但是一旦产品完成，则可靠性很高。由于没有动件部分，所以并不存在磨损、零件折损等故障。在面积只有几平方毫米的LSI中，装有几千个晶体管、电阻等元件，因此很复杂。但是，制成封装好的LSI，看上去不过是很小、很薄，外形很简单的一个零件。其它的零件与机械手表、其它电子手表相比较，数量也少得多。因此，结构非常简单。零件越少，结

构越简单，故障也就越少。石英电子手表与只带时分秒针、无自动上条和日历机构等的最基本的机械手表相比较，零件数如下：

机芯零件数：

机械手表约120个；

石英电子手表约50个。

#### 4. 数字式石英电子手表可以实现多功能化

数字式石英电子手表能够附加上过去的手表所无法达到的功能，现在市场上已经出售了各种各样的多功能手表。今后，随着 IC 技术的发展，对于这类新产品的研制，还有许多新的课题。到目前为止，在已经商品化的数字式石英电子手表中，主要有如下的功能：

(1) 秒表——可以计测 $\frac{1}{10}$ 秒、 $\frac{1}{100}$ 秒，还可以计测途中时间、中断时间等。

(2) 闹时——除具有以蜂鸣器鸣响报知预定时刻已经到来的功能外，有的手表还具有在每天的同一时刻鸣响，在几小时几分钟后鸣响，还可以设定两个以上的预定时刻等功能。

(3) 双重时间——除日本的标准时刻外，还可以显示出有时差的其它国家的时刻。通过操作按钮，可以显示另一种时刻。时差由使用者调整。

(4) 世界手表——显示世界上各主要城市的标准时刻的手表。通过操作按钮，各地的时刻接连出现。时刻的调整，只要对准某一处，比如对准日本（东京）的标准时间，其它地方便由 LSI 的记忆装置、运算装置自动算出，使用者不必



一一去对。

(5) 日历——日历有“日、周”，“日、周、月”，“日、周、年”等种类。“日、周”历的手表，由于不能判断大小月，因此，在小月的月末必须进行日期修正。能显示到“月”的手表，电路里记忆着大小月的天数，月末不需要修正。能显示到“年”的手表，电路里记忆着闰年，平年和闰年的日期都能自动地准确地显示出来。

在日历手表中，有的还将1个月的周历表全部显示在液晶屏上；有的能够显示过去和未来任意月份的日历；有的预先记存好未来的某一特定日期，到了那一天便自动亮灯告知。

(6) 带计算机——是将超小型化的计算机组装入手表，但计算机与手表没有机能性的联系，可以说是一种复合商品。