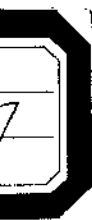
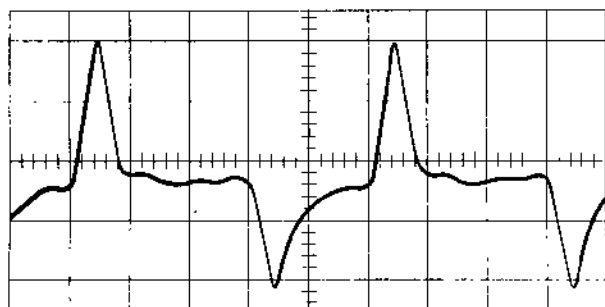


5043555

電子測量



哈尔滨电子仪器厂

15.109
13



电 子 测 量

试 刊
(内部刊物)

编辑出版：哈尔滨电子仪器厂

《电子测量 编辑组

印 刷：哈尔滨印刷二厂

1970年11出版

工本费0.35

TN
5

最 高 指 示

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。

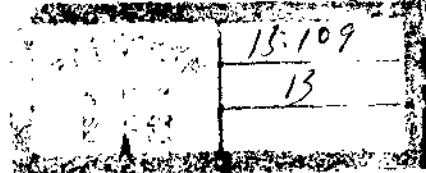
我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

有工作经验的人，要向理论方面学习，要认真读书，然后才可以使经验带上条理性、综合性，上升成为理论，然后才可以不把局部经验误认为即是普遍真理，才可不犯经验主义的错误。

5043555



前 言

在伟大领袖毛主席“**团结起来，争取更大的胜利**”的伟大号召下，在毛主席无产阶级专政下继续革命的学说的指引下，特别是毛主席对发展电子工业的一系列光辉指示，使我国电子工业迅猛向前发展，大办电子工业的群众运动蓬勃兴起。

现代电子技术的发展，将促进我国国防国民经济各方面的大跃进，将促进人类历史上第二次工业革命在我国早日实现。

为适应当前飞速发展的新形势，全面贯彻落实毛主席“**抓革命，促生产，促工作，促战备**”的伟大号召，总结、交流、推广先进经验和先进技术，为我国电子工业赶超世界先进水平贡献力量。我们在全厂革命职工的热情支持下，试办了“电子测量”这一不定期刊物。

本刊以现代无线电电子学的测量技术为主要选编对象。如毫微秒脉冲技术，微波技术，相位测量，新器件的测量与应用，电参量的数字化测量，非电量的电测量，以及与这些测量相关的系统、线路、器件、部件与工艺等。为战斗在电子工业战线上的我国工人和工程技术人员服务。

由于水平所限，一定会有不少缺点和错误，诚恳地希望广大读者提出宝贵意见。我们相信，在毛泽东思想光辉指引下，在广大工农兵群众的热情支持下，一定会把我们的刊物办好。

让我们高举毛泽东思想伟大红旗，为发展我国电子工业，赶超世界先进水平而共同努力奋斗。

TN 107/5

哈尔滨电子仪器厂

《电子测量》編輯組

一九七〇年九月十五日



0745434

0095-2 (6)

目 录

目前示波器发展动向·····	(1)
SS—211型 超宽带示波器·····	(6)
取样示波器的时基线路·····	(14)
开环取样系统的过渡过程·····	(19)
谈记忆示波器·····	(39)
数字化取样示波器·····	(44)
相位测量应用简况·····	(46)
讲 座	
怎样修理电子示波器·····	(48)
热载流子管混频器和检波器的设计·····	(58)
铝型材压弯成型简介·····	(60)
电子电路	
一种取样示波器校幅电路·····	(61)
一种毫微秒脉冲发生器·····	(61)
振幅90伏、 $T_r, T_f < 10\text{ns}$ 的脉冲放大器·····	(63)
示波器水平放大电路·····	(63)
电路设计	
晶体管甲类放大器的最佳设计·····	(66)
国外消息·····	(68)

目前示波器的发展动向

近代电子测量的重要工具之一——示波器的发展速度很迅速的原因是因为示波器的用场越来越大,特别值得注意的是,不但在电子学方面的用途扩大,而且在非电科学领域里也逐渐地在扩大。因此,如果说要谈示波器本身的发展动向的话,那么只能谈示波器的不同方面所要求的不同的动向。

下面介绍一下示波器的有关方面的发展动向。

一、提高灵敏度,降低噪声与漂移

示波器垂直通道的频带宽度与灵敏度、漂移是互相矛盾的指标。目前虽然在放大器方面的研制是向着高频高灵敏度方向努力并取得一定成绩,但毕竟受到原理与器件上的限制,因此相应地在示波器上的发展,一方因努力地同时提高频带与灵敏度,而另一方面也据实际需要在满足带宽指标的基础上尽量地提高灵敏度,目前国际上有做到 $200\mu\text{V}/\text{格}$, 5MHz 的示波器。如牺牲一定带宽可将灵敏度再度提高。如90923型示波器可以做到 $1\mu\text{V}/\text{cm}$, 250KHz 。

提高灵敏度的困难还有噪声和漂移问题,对电源的纹波与稳定度提出相应苛刻的要求。同时对器件的噪声系数与相应的工艺技术将提出要求。

二、向高频方向发展

目前示波器向高频方向发展是主要动向,这种发展沿以下几个途径。

2—1 新型放大器的研究

由于现代半导体技术的迅速发展,高频晶体管不断出现,已经有人用 f_T 为 850MHz 的晶体三极管,制出带宽为 500MHz 的放大器。目前带宽为 300MHz 灵敏度为 $5\text{mV}/\text{cm}$ 的宽带示波器已经有了成型的商品。

2—2 新型示波管的研制

在高频直接显示中,示波管也和放大器相仿,在阻碍着示波器频带,灵敏度的提高,近年来新型示波管也在不断地研制,这些研究从以下方面着手:

(a) 将偏转板尽力做成各种行波状态,以便克服高速电子在偏转板区间引起的畸变。

(b) 研制强放射阴极,使电子束加大,以便在高速扫描时增加对荧光粉的激发能量,从而可以提高扫描时的亮度。

(c) 利用纤维玻璃来制做荧光屏减少荧光的散射效应,提高发光效率。

(d) 利用电子光学的原理,改善偏转系统,从而突破示波管截止频带的某些限制,以便在原理上较大幅度地提高频带宽度。目前这方面工作也取得一定的成就。

2—3 取样示波器与行波示波器

示波器采用取样方法使示波器的带宽的扩展得到很好的效果,目前的取样示波器的带宽已经提高到 18GHz 。取样示波器虽然在频带的扩展上具有很好效果,但在使用上很复杂,不能很好地做到内同步,不能观察单次信号,对低重复率的信号观察不方便等等缺点,使这种方法还不能完全地代替所有的示波器。因此,取样示波器目前还可认为是高频方面专用的仪器。

行波示波器利用示波管行波偏转系统原理将频带做得很高,但屏面很小,灵敏度非常低,因此需要大量辅助设备,所以这种示波器的用途十分有限,目前看来也尚属于高频方面的一种专用

仪器。

不管取样还是行波示波器，都将按着高频方面的指标继续向前发展。

三、向频率的另一个极限——低频方向发展

示波器除向高频方面发展以外，还向频率的另一个极限——低频方向发展。这个似乎不被人们注意的方向，实际存在广阔的前途。

在目前的科学部门，例如：地球物理、地震学、心理学、医学、生物学、声学、声拿技术等这些方面的频率要求，一般几百分之一周到20KHz的范围内。

四、频域示波器的发展

目前的示波器都是直观的时间扫描仪器，它所显示的信号皆为时间的函数。这也是我们日常生活中经常遇到的，因此这种仪器的显示结果人们是很熟悉的。目前有一种频率扫描的示波器，即它的水平轴扫描以频率为单位。这种示波器用途很广，可以用这种示波器来研究电子线路，网络的频率特性，研究信号的频谱性质，也可以研究系统频率特性等等。

今后有可能用这种仪器来改善目前在电子设备的生产中陈旧的，低效率的调整工序，从而大大提高电子设备的生产效率。

五、自动化示波器

示波器的发展过程随着指标的提高又带来新的问题，即测量过程复杂化问题。比如取样示波器的使用要比宽带示波器操作麻烦，而宽带示波器要比低频示波器操作复杂。

因此，今后的示波器，要求提高自动化程度。例如，自动选择灵敏度、自动选择扫速、自动同步波形等等都是今后日益扩大的用户所提出的迫切要求。

六、小功率、小体积、轻重量。

六十年代的电子仪器多用真空管制成的。因此功率大，重量重，体积也很大，使用时，搬动很不方便。

近代的科学研究程序很多，也复杂，因此要求同时使用大量仪器，面大体积的仪器将给工作带来不便。

由于晶体器件的发展，使示波器功率减小，有可能发展为自供电的便携方式，因此今后的示波器将沿着小功率、小体积、轻重量方向发展。

七、固体化

示波器的晶体化已经实现，但是尚不忘记，还残留着唯一的、落后的器件，即示波管，这是一个大真空管。因此今后要想继续使示波器的体积缩小，必须对示波管进行革命。

固体显示的方法虽然已出现很多，但迄今为止，能够真正利用在示波器上的固体发光屏还没有。

如果示波管的固体化问题得到解决，再加上目前固体电路工艺的技术发展标准，则示波器的固体化即将实现。

八、标准化、积木化、系列化

示波器的大量生产过程中，存在着许多方案相近，性能相仿的部件，甚至有许多部件是相同的，比如说示波器的电源。

由于这些大量的重复性的工作将导致一些不良的后果:

①使研制过程冗长。

②增加许多不必要的重复性工艺过程。比如说工装利用系数降低, 因此使生产效率降低。

③由于工艺的多余过程使产品成本增加。

④用户也买了许多重复的部件。

今后示波器发展将向着系列化, 即相同性质的示波器力求一致。提高标准化程度, 并使整机实行插件化, 这样增加通用性, 增加互换性。

国外示波器一览表

型 号	带 宽			上 升 时 间 PS	灵 敏 度		输 入 阻 抗 Ω (PF)	噪 声 mV	扫 速			制 造 厂	备 注
	HZ	GHZ	db		mV/cm	mV/cm			ns/cm	μ s/cm			
561B/3S2/ 3T2/S-1	DC	1	-3	350	2	200	50	2	0.2	100		Teletsoni	
1410A	"	1	"	"	1	400	100K(2)	8	0.004	10		H-P	
1S2	"	3.9	"	90	5	500	50	2	—	—		Teletsoni	
1815A	"	4	"	"	"	"	"	3	0.01	1		H-P	
1411A	"	"	"	"	0.4	200	"	"	0.004	10		"	
564B	"	7	"	50	2	"	5	6	0.2	100		Teletsoni	3S2/3T2 /S-2
561B	"	"	"	"	"	"	50	"	"	"		"	"
568	"	"	"	"	"	"	"	2	0.1	0.55		"	3S5/3T5/ 290/S2
5009B	"	"	"	"	"	"	"	15	0.01	100		岩通(H)	V-9B/ H-9Y
1815A	"	12.4	"	28	5	500	"	8	"	1		H-P	
1430A	"	"	"	"	0.4	200	"	"	0.004	10		"	
1411A	"	"	"	"	"	"	"	"	"	500		"	
568	"	14	"	25	2	200	"	5	0.2	100		Teletsoni	3S5/3T5/ 290/S-4
5009B	"	18	"	20	10	"	"	15	0.01	500		岩通(H)	V-9F/ H-9W

型 号	带 宽			电 压 灵 敏 度				扫 描		输 入 阻 抗 (K Ω)	制 造 厂	备 注
	HZ	MHZ	精度 %	dBm (μ V)	V	mV	精 度 %	宽 度	扫 速			
304	1	0.005	± 0.05	—	100	0.03	± 5	50HZ~5	18.180 1.800秒	100	Qvan- Tecis	
814A	0.1	0.04	2	—	10	0.3	10	—	—	"	TnaCon	
UA-9	0.01	0.02	0.02	—	100	2	$\pm 1db$	20	50ms	"	Fed-Sci	
UA-6A	0.002	0.04	0.2	—	30	2	"	10HZ~ 40	"	"	"	
SS-50S	0	0.05	2	—	500	0.5	"	0.5~50	1	55	PnGte- scope	
PN1011	1000 MHZ	12.400	—	—45 ~58	—	—	—	11.4 GHZ	20~70	0.05	E/D	
SPA- 100A	940 MHZ	40.000	1	-105	—	—	—	10K~ 100M HZ	0.1~60	"	Singer	
84A	10 MHZ	63.000	1	-110	—	—	—	100K~ 10MHZ	0.1~33	"	Aul	
2650	10 MHZ	90.000	1	-100	—	0.002	2db	0.2GHZ	"	"	Pulasad	

下 转

上 接

型 号	带 宽			灵 敏 度		输 入 抗 阻 M Ω (PF)	扫 速		制 造 厂	备 注	
	下 限 HZ	上 限 MHZ	db	最 高 mV/cm	最 低 V/cm		最 大 μ s/cm	最 小 s/cm			
高 灵 敏 度 示 波 器	OS2100	DC	25	-3	1	20	1 (35)	0.04	0.2	Xetex	
	1050	"	50	"	"	"	1 (25)	0.1	1	Dumont	
	KG-635	"	5.2	-1.5	0.6	17	7	5	3	Allied	
	502A	"	1	-3	0.1	20	1 (47)	1	5	Tektronix	
	1120/600	"	0.5	"	"	"	2 (50)	1	5	Spedcor	
	132A	"	"	"	"	"	1 (50)	1	5	H-P	
	1100/700	"	0.5	"	"	"	2 (50)	1	5	Besnus	
	10-14	"	8	"	0.05	—	1 (15)	1	0.5	Heath	
	704A	"	0.5	"	0.02	20	" (50)	1	5	Dumont	
	708A	"	"	"	0.01	10	" "	5	2	"	
	R5030	"	1	"	"	"	" "	1	5	Tektronix	
	TF2203	"	4	"	0.0015	—	—	—	—	Masconi	
	90923	"	0.25	± 0.3	0.001	40	0.5	30KHZ	2HZ	Millen	

型 号	带 宽			灵 敏 度		输 入 抗 阻 W Ω (PF)	扫 速		制 造 厂	备 注	
	下 限 Hz	上 限 MHz	db	最 高 mV/cm	最 低 V/cm		最 大 μ s/cm	最 小 s/cs			
高 频 示 波 器	CR05000	DC	25	-3	10	50	1 (30)	0.05	2	Hickok	
	PM3250	"	50	—	2	20	1 (17)	0.05	1	Philips	
	SS-112	"	100	-3	5	12.5	1 (13)	0.002	12.5	岩 通 (日)	双 线 全 晶 体 管 化
	SS-212	"	200	-3	5	"	1 (14)	0.001	"	"	"
	SS-200	"	"	"	5/格	12.5/格	"	0.002/格	1.25/格	"	1格=0.8 cm
	OCT592	"	250	"	10/格	—	—	—	—	CRC	
	SS-311	"	300	"	5	12.5	1 (14)	0.001	12.5	岩 通	
	VP-549A	"	150	"	5	5	1 (15)	0.1	5	松 下 (日)	双 踪 全 晶 体 管 化
	454	"	"	"	20	10	1 (20)	0.05	5	Tektronix	"
	7704	"	"	"	随 插 件 而 变		—	随 插 件 变 化		"	主 机
183A	"	500	连续到 500 MHz	"		—	"		H-P	"	

下 转

上 接

型 号	带 宽			灵 敏 度		输 入 抗 阻 $M\Omega$ (PF)	扫 速		制 造 厂	备 注	
	下 限 Hz	上 限 MHz	db	最 高 mv/cm	最 低 v/cm		最 大 $\mu s/cm$	最 小 s/cm			
低 频 示 波 器	466	15	0.1	1	12	100	0.5 (35)	12.5	0.065	Simpson	
	300	DC	"	-3	10	—	" (100)	20KHz	10HZ	Meas—Un	
	1100/600	"	0.15	"	0.1	20	2 (50)	1	5	Benns	
	MK1	"	0.07	-1	6	10	0.5 (75)	5	0.5	MCD	
	KM9105	"	0.05	-3	0.2	—	1 —	—	—	LTT	
	349	"	0.02	1	1000	—	1 (100)	0.15	10	MCD	
	DU—88M	"	0.015	-3	1	1	1 (30)	—	—	Tektronix	
	DN—M	"	0.01	-3	1	1	1	—	—	"	Lisg
	DU—88M	"	0.001	-3	100	—	1	—	—	"	
H41—120B	0.15	"	—	0.5	0.005	1 (50)	25mm/s	50mm/s	H—P		

型 号	Hz	MHz	db	mv/cm	v/cm	MΩ(PF)	可 配 主 机		制 造 厂	备 注	
示 波 器 垂 直 放 大 器	1A61	0.06	0.3	-3	0.01	0.02	10 (50)	561A	564,565	Tektronix	单 踪
	1407A	DC	0.4	"	0.1	20	1 (90)	140A	141A	H—P	"
	1406A	"	"	"	0.05	"	1 (100)	"	"	"	"
	7A11	"	150	"	5	"	1M	7704	7504	Tektronix	"
	10A2A	"	100	"	10	"	1 (20)	647A	R647A	"	双 踪
	3A3	"	0.005	"	—	—	—	—	—	"	"
	1YZ	"	50	"	10	20	1 (35)	1700	—	Dct	"
	82	"	80	"	100	50	1 (15)	580	—	Tektronix	"
	95—71	"	100	"	20	40	1 (14)	957	777/105	Dumont	"
1830A	"	250	"	10	2.5	50Ω	183A	183B	H—P	"	

最高指示

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液肠液，把它分解为精华和糟粕两部份，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

SS—211 型超宽带示波器

本文就 200—300 MHz 示波器的技术关键和现状，部分电路做一些介绍。

1. 概 要

直观式示波器的宽带化，由于含有种种技术难题，进展得很迟缓。1958年美国T公司发表电子管式的100MHz示波器以来（1960年岩崎公司也实现了）至到1967年T公司才发表晶体管化的150MHz示波器，突破100MHz的领域费了九年之久。在这期间不断进行了示波器宽带化的研究工作，而成为发展的障碍是推动示波管的放大器。上述T公司的100MHz示波器所用示波管的垂直轴频率特性，具有可做200MHz示波器的性能，1964年在岩崎公司又研制成功了300MHz示波器用的示波管。

如上所述，在频带宽度方面，示波管的研制比放大器领先了一步，放大器方面的电路技术当然也得到了发展。也研制出了优秀的高频晶体管，尤其是30—50伏耐压比较高的高频晶体管也研制成功，提供了实现具有能够推动示波管的带宽100MHz以上的放大器的可能性。至后示波管又有了显著的发展，带宽和灵敏度都得到了进一步改善。更进一步缓和了对放大器的要求条件。

去年发表的150MHz示波器和今年发表的200—300MHz示波器是在上述基础上研制出来的，电路技术的进步、半导体器件的进步、示波管的进步，可以说是起了突破100MHz领域的三大支柱的作用。

下面以岩崎产200MHz示波器为例对电路做简单的说明。

2. 垂直轴电路

示波器的宽带化有种种关键问题，面首先应提出的是垂直放大器或包括示波管垂直偏转电路在内的垂直轴电路。

2·1 行波电场式示波管的动作原理和性能

通常使用的静电偏转式示波管偏转电极的结构是，有二块偏转板相对着，由各板引出连接线。这种示波管当提高使用频率时，由于示波管的电极构造、动作原理等原因使增益下降，而不适用于200—300MHz频带的示波器。

先谈一谈电极构造对电路上限频率的影响问题。示波管的偏转板电极，由于偏转板之间和偏

转板对地之间都存在电容，这此电容与示波管管脚到偏转板的连接线所决定的电感而形成一谐振电路。其谐振频率依示波管的种类不同，一般在 200—300 之 MHz 间。用这样的示波管制成的示波器，其频带上限约为 100 MHz。

其次，从示波管的动作原理以模拟方式来看它的上限频率。如图 1 所示设想从偏转板入口到出口范围内的电子，瞬间按 n 等分间隔配置着，并假设一个电子受偏转板电场 E 的作用通过偏转板全长所形成的偏转角度为 θ 。

设给偏转板加一上升时间为零的阶跃电压。此时电子 1 不受电场的偏转作用而向荧光屏飞去，电子 i 将受偏转板全长的 $(i-1)/n$ 长度的电场偏转，形成的偏转角度 θ_i 为 $(i-1)\theta/n$ 。若电子从偏转板出口达到荧光屏所需的时间为 T_0 ，通过偏转板全长所需的时间为 T （即电子渡越时间），那么从加入阶跃电压的瞬间起达到荧光屏所需的时间，就电子 i 来说需要 $T_0 + (i-1)T/n$ 。

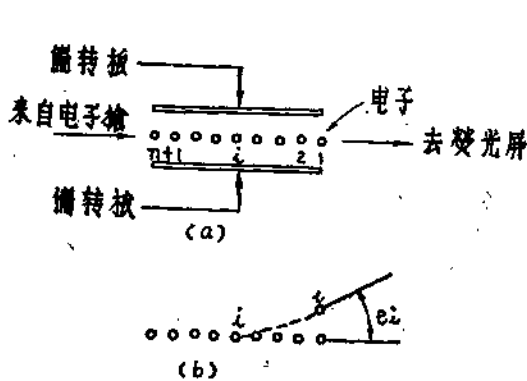


图 1 通过偏转板的电子的偏转

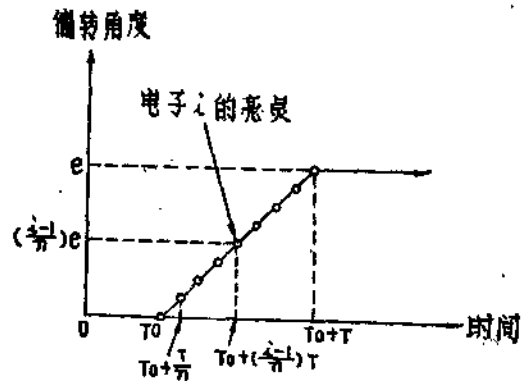


图 2 在荧光屏上被偏转的电子产生的亮点轨迹

荧光屏上的映象是这些全部电子的亮点的轨迹，故所形成的映象如图所 2 示。由此可见，不可能得到比电子渡越时间 T 还短的建立时间的映象。当偏转板的长度为 5 cm，电子的加速电压为 1670V 时， T 值约为 2 ns，若以这时间换算成频带约为 175 MHz，从这点也能看出这种示波管是不适用于 200—300 MHz 示波器。欲减少这电子渡越时间有二种方法，一是减少偏转板的长度，二是通过提高加速电压来提高电子经过偏转板的速度。但这两种方法都会降低偏转灵敏度，故不宜采用。行波电场式偏转板的构造就是改善这缺点出现的。

如图 3 把偏转板等分成 N 段，并以延迟时间 $t_d = T/N$ 的延迟网路式地把它们连接起来，那末通过每一段的电子渡越时间就成为 T/N 。当电子从一段飞越另一段时，由于后一段的电场对前一段的电场迟后 T/N ，所以电子和电场的相位就相一致。这样可免去电子由一段飞越另一段的电子渡越时间的影响，而电子渡越时间仅为通过一段所需的时间即 T/N ，结果频带上限被提高了 N 倍（这里延迟网路的频率特性是假设为理想的）。

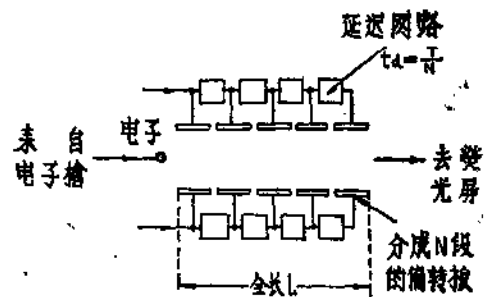


图 3 用延迟网路连接分段偏转板

假设电子的速度为 U ，电场在偏转板系的传播速度为 u ，定义 $V = U/u$ 的量。上述的情况是 $V = 1$ 的情况，当 $V \neq 1$ 时也有提高偏转系统的上限频率的效果。 V 在任意值的频率特性，从理论上可给出下式。

$$\frac{D}{D_0} = \frac{\sin \frac{\omega(1-V)}{2}}{\frac{\omega(1-V)}{2}} \quad V \neq 1$$

式中, D_0 是直流的偏转幅度, D 是 ω 的偏转幅度。这个频率特性和延迟网络的频率特性重迭成为荧光屏上的频率特性。

没有采用这种行波电场式示波管的示波器频带只能做到 100MHz, 超过 100MHz 频带的示波器全都采用这种示波管。扼要地说, 行波电场示波管就是偏转系统构成一个延迟网络, 其具体构造有如上述介绍的偏转板分段式的和如图 4 (a) 所示的螺旋导体式的。图 4 (b) 和 (c) 是偏转板分段式的例子, 其中 (b) 是把构成延迟网络的电感线圈装在示波管内, (c) 是从波分段的每一小块偏转板向管外引出连接端子, 它们都各具有各的优点。图 4 (a) 的构造比偏转板分段式的频率特性要好, 具有代表性的示波管性能示于表 1。

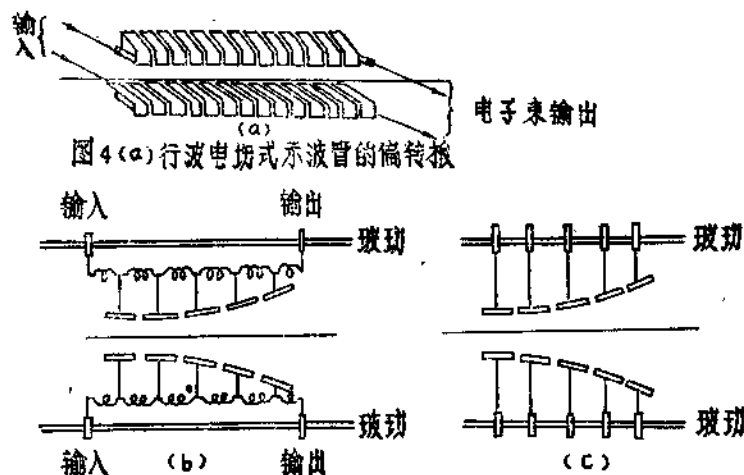


图 4 (b) (c) 行波电场示波管的偏转板

2.2 垂直放大电路

带宽 200—300MHz 的放大器的电路结构, 基本上与 100MHz 的没有多大差别。但电路器件的选择和布置, 须要非常细致, 又如寄生振荡和干扰等问题, 实际上随着频带的提高是需要高度的技术的。

如上述出现电子管式 100MHz 示波器后很长时间没有出现超过 100MHz 的产品, 而经过 9 年之久依靠晶体管电路才算突破了这个 100MHz 领域, 但突破后仅仅一年多的时间就出现了更进一步宽带化的产品, 其中示波管灵敏度的提高和晶体管的发展起了很大的作用。

用在示波器垂直放大电路的晶体管, 当以宽频带为目标时, 一方面要求其 f_T 值要高, 另一方面还得要求 f_T 值不随集电极电流而变化的。其中用在末级放大电路的晶体管, 因为需要足够的偏转示波管有效而积的输出电压, 所以应有相应的集电极电压和消耗功率的极限值。

表 2 是波用在 200—300MHz 带宽的末级以外放大器的具有代表性的新品种晶体管性能表。表 3 是末级用晶体管的性能表。

表 1

具有代表性示波管的性能表

型 号	H8129	D13-45GH	D13-50GH
厂 家	日 立	菲 律 南	菲 律 南
加 速 电 压	10/167KV	15/2.5KV	15/25KV
有 效 面 积	32×80mm ²	60×100mm ²	60×100mm ²
幕 面	圆 形	方 形	方 形
垂 直 轴	偏 转 系 统 的 抗 扰 度 (b)	3v/cm (c)	2v/cmm (a)
	偏 转 系 统 的 抗 扰 度 2×200Ω	—	2×150Ω
	建 立 时 间	—	4ns
水 平 轴 灵 敏 度	20v/cm	11v/cm	15v/cm
用 途	300MHz用	100~200MHz用	300~500MHz用

表 2

用于垂直放大电路 (除未级外) 的晶体管性能表

型 号	2SC272	V327	2N3570	2N4261	BFW30
生 产 厂 家	日 电	日 电	KMC	莫 托 拉	菲 律 南
外 壳	微 圆 盘 型	微 圆 盘 型	To-72	To-72	To-18
种 类	NPN 硅	NPN 硅	NPN 硅	NPN 硅	NPN 硅
BV _{ceo} (V)	25	20	30	15	20
BV _{ceo} (V)	12	12	15	15	10
I _c (mA)	20	50	50	30	50
P _c (W)	100	150	200	200	350
f _r (GHz)	1.0 最 小	2.0 最 小	1.5 最 小	2.0 最 小	1.0 最 小
C _{ob} (PF)	1.0 最 大	1.5 最 大	0.6 最 大	2.5 最 大	1.5 最 大

表 3

垂直放大电路的未级用晶体管性能表

型 号	2N3666	TA2761	BFW16
生 产 厂 家	RCA	RCA	菲 律 南
种 类	NPN 硅	NPN 硅	NPN 硅
外 壳	To-5	To-39	To-39
BV _{ceo} (V)	35	40	40
BV _{ceo} (V)	30	—	25
I _c (A)	0.4	0.4	0.15
P _c (W)	5	3.5	1.5(125℃)
f _r (GHz)	0.8 最 小	0.7 最 小	1.5 最 小
C _{ob} (PF)	3.0 最 大	3.0 最 大	4.0 最 大

2·3 延迟网路

为了能够观察脉冲波形的前沿部分，宽带示波器的垂直电路中需要插进延迟网路，随着频带的提高，延迟网路的电性能，形状尺寸，重量都要成为一个需要解决的问题。

作为延迟器件，目前的示波器几乎都采用平衡（即对称）螺旋导体式延迟线，其构造大体如图5所示。一般的来说，随着其形状小形化，单位延迟时间的高频损耗也要大起来，但为了减少高频损耗加大尺寸（尤其是外径），则单位长度的延迟时间就要减少。这样就必须采用外径大的，而长度较长的延迟线。

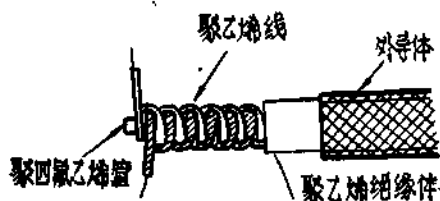


图5 平衡螺旋式延迟线

SS—211 采用了约2m新研制出来的，外径9mm，延迟时间约40ns/m，特性阻抗约 $2 \times 93 \Omega$ 的电缆。

这种电缆在电气上是平衡式的，适合于平衡式放大电路，但用于200MHz示波器已经是达到上限值了。同上述电缆相比，高频损耗较小的当然是同轴电缆，但同轴电缆没有平衡式的，要插入平衡电路必须要两条并列起来，并且还需要做细致的调整使两条同轴电缆的延迟

时间的差值能够比放大系统的建立时间小的多才行。因为这种电缆的单位长度的延迟时间小（4—5ns/m），如用5ns/m要延迟100ns，则需用两条20m的。这样尺寸、重量都要大，从产品的小形化角度考虑是难于采用的。但就200MHz的带宽来说，因具有优秀的频率特性，所以还是不可忽视的器件。最近研制出一种绝缘体用“发泡聚苯乙烯”制成的外径小，高频损耗小的同轴电缆。

3. 扫描电路

3·1 扫描电路应具备的性能

随着垂直轴电路的频率提高，扫描电路也需要相应的提高扫速。150MHz示波器的扫描时间最快的是50ns/cm，10倍扫描扩展时5ns/cm。当用5ns/cm的扫描时间观察200MHz的正弦波时，1公分显示1个周期的波形，基本上能满足观察需要。但要观察波形的建立时间或测量2个以上波形的时差时，希望具有更快的扫描时间。

为了适应这要求，SS—211型示波器的扫描时间做到10ns/cm，10倍扩展时1ns/cm。

为获得上述的快速扫描，扫描电路应具有下列性能：

- （1）闸门电路的响应要快，即加入触发信号后闸门开启的时间要短。
- （2）闸门开启后锯齿波产生电路的响应要快。
- （3）锯齿波产生电路的频率特性要好，并要求高速情况下所产生的锯齿波也要具有良好的直线性。

- （4）锯齿波电压达到某一定值后，关闭闸门的电路的响应要快。

若条件（1）、（2）没有被满足，那末插入垂直放大电路的延迟网路就需要具有更大的延迟时间，这对频率特性是很不利的。单从条件（1）来看，若闸门电路响应慢，将影响到同步性能。条件（4）不满足时，扫描线的长度将随扫速的提高会增加到不需要的长度，而所增加那一部分长度的直线性变坏。

SS—211的扫描电路基本上满足了上述条件，在最快扫描得到了如图6（A）、（B）、（C）所示的波形。下面作为扫描电路的一例，介绍其电路结构的概要。

3 · 2 快速扫描电路的一例

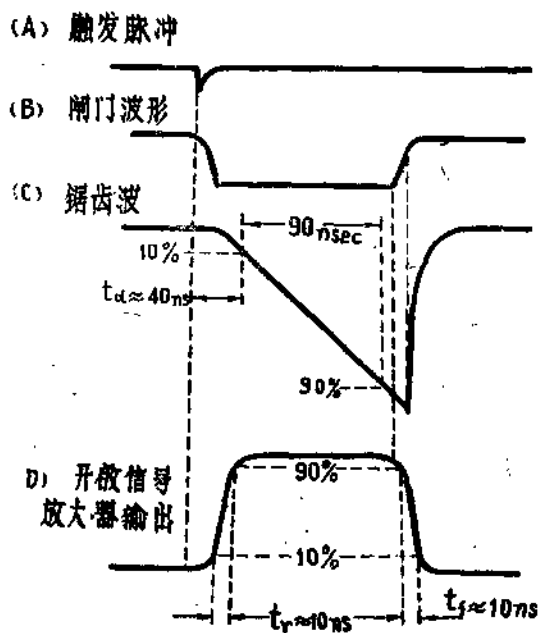


图 6 最高扫描(10ns/cm)的时间轴波形。

图 7 是 SS—211 示波器的扫描电路的基本结构图。

触发脉冲未加入前, 即扫描开始前的触发电路处于如下状态, 隧道二极管 D400 处于低电平, 晶体管 TR400 处于截止, 其集电极电位约 -5 V 。TR404 是射极跟随器, 二极管 D403 的负端接在其射极, 这二极管通过电阻 R_t 有电流流通。D403 的正端接在由 TR405, TR406 组成的放大器, 放大器的输出通过电容 C_t 反馈至输入而构成一密勒积分电路。密勒积分电路输出的一部分经过源跟随器供给水平放大器, 另一部分加入 TR408 的基极。TR408 和 TR409 组成一比较器, 其输出即 TR409 的集电极与 TR404 的基极之间用二极管 D415 连接起来。不扫描时, D415 处于导通状态, 密勒积分电路的输入与输出经 TR405→TR406→TR408→TR409→

D415→TR404→TR403→TR405 构成直流的负反馈回路。 R_t 和 C_t 是密勒积分电路的积分常数, 其数值用转换器可选择。当改变 R_t 值时, TR405, TR406 的输入电位随着而变并使输出电位也跟着变。但由于上述负反馈回路的作用, 密勒积分电路的输出电位将不会受到改变 R 值的影响而保持一定值。D417 的负载端接在 TR408 的射极。并通过 R_h 有电流流通。D417 的正端接在由 TR410, TR412 组成的比较器。比较器的输出即 TR412 的集电极接隧道二极管 D421。无扫描时 TR410 的门电位比 TR412 的基极电位要高的多, 故 TR410 截止, TR412 导通, 隧道二极管 D421 处于高电平状态。比较器的输出被接在 TR413 的基极, 由于 D421 处于高电平, 这个管是导通的, 其集电极电位大约为零伏, 故 R_{455} 上几乎没有电流。

在这样的状态下, 隧道二极管 D400 的负端即 (A) 点被加入负触发脉冲的瞬间, D400 的工作点移至高电平而 (A) 点跃变为负。由此, TR400 变为导通, (B) 点跃变为正。此时 D415 和 D403 都截止, TR405、TR406 组成的密勒积分电路将以 R 和 C 为积分常数开始动作, (D) 点的电位便开始直线下降, 促使 TR409 截止。由于 TR408 的射极跟随动作, (E) 点跟随 (D) 点做大致相同的电位变化。因 D417 是导通的, 故 (F) 点也跟 (D), (E) 点而相似地变化, 其电位也直线下降。此时 TR412 还处于导通 TR410 还处于截止状态, 当 (F) 点下降至某一电位 (设这位为 E_1) 时, TR410 变为导通而 TR412 为截止。从而, 隧道二极管 D421 转变为低电平, TR413 由导通变为截止。这样将使 (H) 点电位上升而通过 R_{455} 向 (A) 点注入电流。因为这电流使隧道二极管 D400 的正向电流减少, D400 便回复低电平, (A) 点电位又跃变为正。

当 (A) 点跃变为正时 TR400 就截止, (B) 点电位下降, D415 和 D403 都导通。当 D403 导通 (C) 点电位下降时, (D) 点电位将急速上升。此时 TR409 还是截止的, 所以 (E) 点的电位跟 (D) 点一样上升。但 (F) 点由于有电容负载 C_h 不能急速上升, 二极管 D417 便处于截止, (F) 点将以 $R_t C_t$ 的时间常数缓慢上升。当这 (F) 点电位上升至某一电位 (设这电位为 E_2) 时, 促使 TR410 截止 TR412 导通, D421 有电流流通其工作点移至高电平。从而 TR413 导通点 (H) 电位下降。若 (A) 点被加入一负触发脉冲, (A) 点就要回复到做负跃变的最初状态。另一方

至此，完成了一个周期的动作，图8表示图7电路主要部分的波形。

图 7 扫描电路的基本结构图

4. 水平放大电路

图 8 扫描电路(图7)的波形

如上述理由, 水平放大电路的关键问题几乎在于末级放大部分。由于需要较高的输出电压, 供给末级的电源电压也就高, 这就要求所用晶体管需具有高耐压。为了得到足够的频宽, 采用较低的末级负载电阻的做法是不实用的, 因这种做法会增加消耗功率, 末级晶体管需要集电极损耗大的, 所以应采取负反馈的办

如众所知，将直线倾斜电压（即锯齿波的直线部分）加于具有频带 f 的放大电路的响应，如图9所示将出现 $t_d \approx 1/2\pi f$ 的延迟（这里假设放大电路的特性与RC积分电路相似）。这个延迟将加大时间轴的总合延迟时间，这不仅使插入垂直放大电路的延迟网路的延迟时间需要加大，而且锯齿波输出的起始部分的线性也变坏。因此，希望水平放大电路的频带要尽可能的宽。

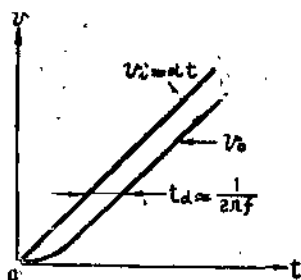


图 9 对线性电压的放大器响应