

关于石英晶体振荡器在老化过程中跳频的研究

张海利

河北远东通信系统工程有限公司

[摘要] 本文研究了石英晶体振荡器在老化过程中突然跳频的原因。为此,设计了一种精确测量谐振频率与激励电流关系的方法,并将该方法应用于恒温晶体振荡器。实验结果表明,改变晶体电流会导致谐振频率跳动,这种现象源于振荡电路产生的杂散振荡,电流变化导致的杂散振荡耦合到晶体谐振频率上。研究表明,在长期老化过程中激励电流的偏移会引起频率的跳动。

[关键词] 老化; 跳频; 杂散振荡

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.392

1 说明

石英晶体振荡器广泛应用于通信设备和测量仪器等电子设备中。为了获得较高的温度稳定性和低老化率,主要使用恒温晶体振荡器。老化是恒温晶振振荡器固有特性,也是衡量晶体振荡器的一个重要指标。随着上电时间的推移,晶体振荡器输出频率逐渐改变。正常情况下,频率变化是很小的,足以保证设备的正常运行。但是,有的晶体振荡器在长期使用过程中会产生偶然的频率跳动,频率的突然跳动会降低设备的可靠性。晶体振荡器的跳频可能是由环境温度的改变或振荡电路参数的变化引起的。

首先,环境温度的变化会引起恒温晶体振荡器输出频率的变化。此时晶体振荡器的电流会产生变化,晶振电流的变化而引起内部晶体激励电流微弱的跳动。假设上述情况的发生是导致输出频率跳动的的原因。

基于上述假设,这篇文章将对恒温晶体振荡器在长期老化中的频率跳动的的原因进行实验验证。第2节中介绍了实验的内容和过程。第3节对实验的结果进行说明和总结,随着晶体上电后电流的变化,晶体杂散电流引起的杂散振荡与晶体谐振频率耦合在一起,当杂散电流太大引起突变的杂散振荡时,输出频率就会发生跳动。

2 实验过程

A、根据基本振荡电路测量电路特性

图1显示的是考毕兹振荡电路的测试原理图。我们知道,集电极电压保持不变,且集电极和发射极之间的电路参数不变,则电路增益随三极管基极的偏置电位而变化。在忽略有源元器件非线性的影响下,基极偏置电位的变化可以使晶体内的电流产生变化。

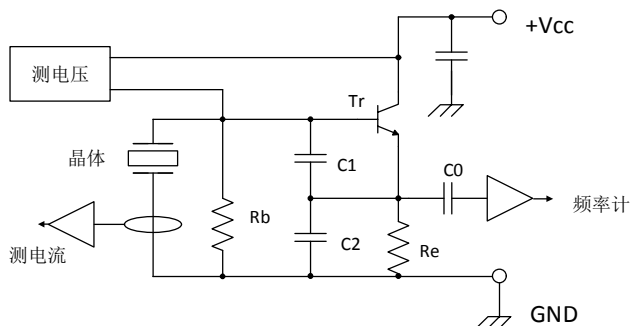


图1 振荡电路测试原理图

图2显示的是对图1电路的电流和偏置电位的测量结果。这些结果是通过保持集电极电压恒定和稍微改变基极偏置电压得到的。从图中可以看出晶体中的电流与偏置电压呈线性关系。实验说明通过改变偏置电压来轻微地、线性地改变流过晶体中的电流是可行的,这种方法可以用于测量晶体的频率与电流之间的关系。

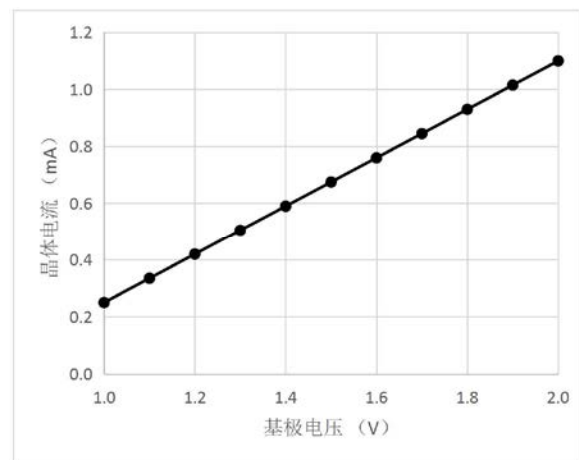


图2 对图1电路的测量结果

B、测试系统

图3是基于上述测量原理的测量系统框图。将晶体振荡器的输出频率进行倍频,采用外差检测方法可以检测到晶体振荡器频率的微小波动。偏置电位由可控电压源提供,测量每个电压值下的晶体电流和振荡频率。

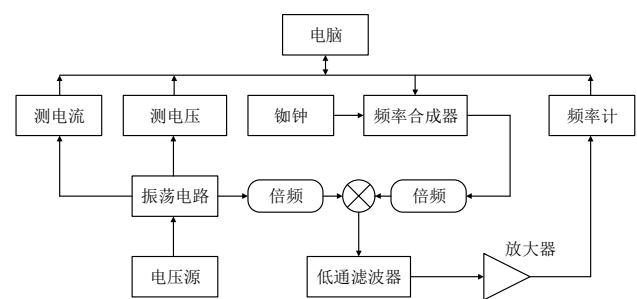


图3 测量系统框图

3 实验结果和分析

实验测量了100个样本,其中只有2只发生跳频现象,可以在实验中产生杂散振荡和谐振频率之间的耦合,其他的则无此现象。

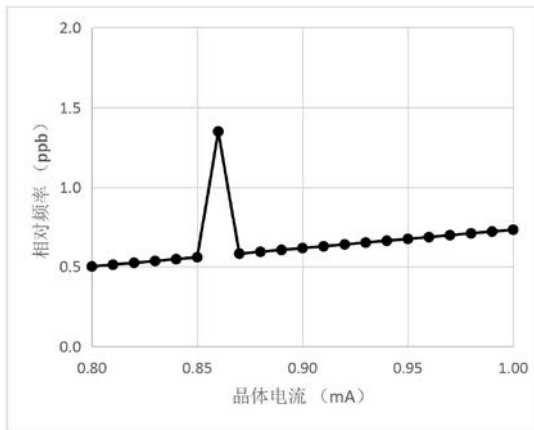


图4 发生跳频现象的晶振的测试结果

图4显示了其中1只产生跳频现象的晶振的测试结果，此晶振的频率在晶体电流0.86mA左右时跳动。为了确定该跳频是否由微弱的杂散振荡引起的，我们在保持晶体电流恒定在0.86mA和0.80mA的情况下测量了其频率温度特性。实验结果如图5和图6所示。从图中可以看到，当电流为0.86mA时，频率会发生跳变，但在0.80mA时没有跳变。对比发现，当电流为0.86mA时频率跳变是由附近的杂散振荡引起的。

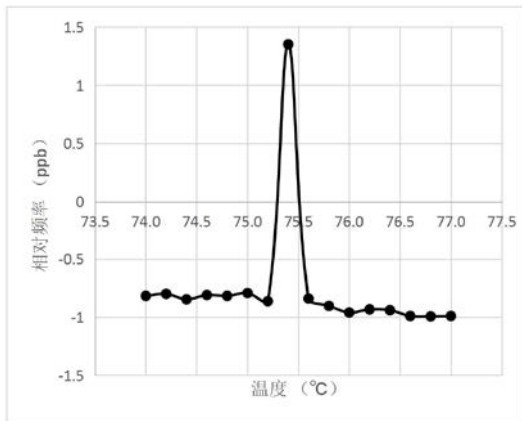


图5 发生跳频现象的晶振在晶体电流0.86mA时的温度特性

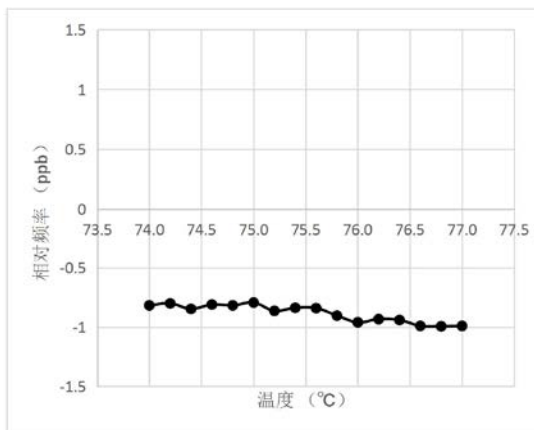


图6 发生跳频现象的晶振在晶体电流0.80mA时的温度特性
实验中的现象如果和恒温晶体振荡器长期老化中频率跳变的现象相同，那么在晶振上电一段时间后，引起频率跳变的电流应该会发生位移。因此，我们反复测试了这个晶振，

观察导致频率跳变的电流也会变化。图7显示了晶振加电时间内产生频率跳跃的电流值。从图中可以看出，随着晶振上电时间的延长，产生频率跳变的电流减小了。实验说明引起杂散振荡的电流随着晶振上电时间而变化。

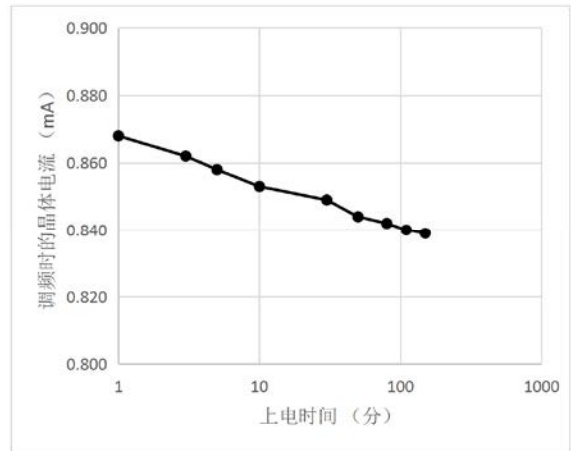


图7 晶振加电时间内产生频率跳跃的电流值

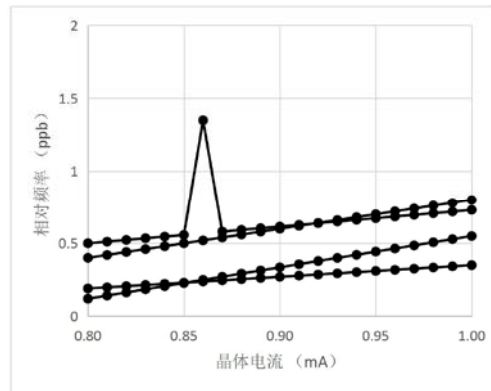


图8 4只晶振的测量结果

选取样本中其他3只未发生过频率跳变现象的晶振进行上述相同实验，与上1只的现象进行对比。此3只晶振未发生频率跳变现象。图8显示了4只晶振的测量对比结果。

4 结论

本文对恒温晶体振荡器中流过晶体的电流和晶体谐振频率进行了精确测量，以确定恒温晶体振荡器在长期老化过程中频率跳变的原因。实验结果表明，恒温晶体振荡器在长期老化中观察到的频率跳变是电流的“漂移”引起的杂散振荡和谐振频率耦合产生的。

参考文献

[1]王 洋, 李思敏. 关于恒温晶振频率跳变和低温不起振问题的研究[J]. 电子世界, 2017-11-08: 130-134
 [2]R.L.Filler and J.R.Vig, "Long-term aging of oscillators," IEEE Trans.Ultrason., Ferroelect., Freq.Contr., vol.40, pp.387-394, 1993
 [3]范义平. 一种振荡器停振的原因分析与解决方法[J]. 电讯技术, 2008-02-15: 102.
 [4]王振凯. 基于晶体谐振器等效参数的老化补偿研究与系统实现[D]. 西安: 西安电子科技大学. 2018