应对全球移动设备挑战的滤波器选择

Selecting Filters for Challenging Mobile Applications Worldwide

作者：Phil Warder, Nicolas Layus TriQuint Semiconductor 公司

随着全球 4G 网络的普及，对于应用在智能手机以及其他一些移动设备上的先进的滤波器技术有了更加强烈的需求。因此，对于这些设备的设计者来说，对于滤波器的选择成为了一个关键的考虑因素。随着 4G LTE 网络的发展以及现今 WiFi 的无所不在，智能手机必须支持更多射频频段。通过使用滤波器，每个移动设备中的这些通带能够被单独的分离出来以避免形成相互干扰。

虽然 3G 网络只使用了大约 5 个频段，但 4G 目前已经有超过 20 个 4G LTE 频段，并且将来将增至超过 40 个。尽管在单一智能手机中支持全世界所有的频段有些不切实际，但一个功能丰富的国际化移动设备也许至少要能过滤，传输并接收包括 2G、3G 和 4G 标准在内的多达 15 个频段的信息以及 WiFi，蓝牙和 GPS 频段信号。这样一个手机可能需要 30~40 个滤波器。这种情况很可能会在将来变得更加复杂：下一代高端智能手机可能包含 50 个甚至更多的滤波器。

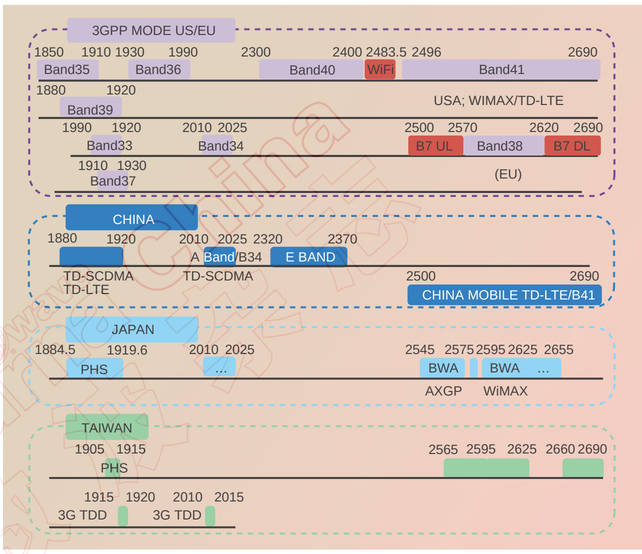


图 1. 全球 LTE-WiFi 的频段划分。

不同的国家和地区对于频段筛选的要求也不一样，各地所分配的频谱组成了全世界的 LTE 频段。更具有挑战性的是，许多频段相距很近，因此，对于滤波器的选择性有很高的要求。其中一个原因是全球对于频谱资源的需求导致各国政府重新划分存在的频谱；这常常导致新分配的频段与原有的频段及其接近，而这两个频段之间的防护频段常常很窄甚至不存在。

一些 LTE 频段很靠近无国际执照的，工业、科技、医疗领域使用的频段（2.4~2.5GHz），这些频段用于支持现有标准下的包括 WiFi，蓝牙和无线局域网等，如图 1。这些频段的信号被许多设备包括 PC 和无线电话使用，显得十分拥挤。因此，智能手机需要更先进的滤波器以支持 LTE-WiFi 的共存。

载波聚合技术：一种新的 4G LTE 技术能够使得分散的频谱碎片重新聚合成为更宽的单一信道以保证更高的信息率。由于这种技术，滤波器性能需求的复杂性将来会不断增加。

这种趋势总体反映出来的就是移动设备必须使用能够提供对于临近通带信号有很强抑制并且自身插损较小的带通滤波器来干扰信号。先进的声滤波器具有这些特性，并且是解决这些问题的一种有效方式。

本文将从不同地区诸如北美，欧洲和亚

洲的角度讨论关于 4G 滤波器所面临的挑战。我们将给出设计者们寻找的应对不同市场所需要的滤波技术。声滤波器一直在持续的发展以解决不断出现的一些难题：先进的体声波（BAW）和温度补偿声表面波（TC-SAW）滤波器能够解决一些移动设备严苛的滤波问题，并且成为推动 4G 全球化的一个重要动力。

滤波器技术综述

目前存在的一些声滤波器技术具有不同的性能，价格和封装技术。现今主要的选择就是声表面波（SAW）和体声波（BAW）技术。近来，温度补偿声表面波（TC-SAW）滤波器由于其出色的温度稳定性同样也在大力发展中。这些技术都能在相应适合的设备中提供低插损和高的带外抑制性。不同的技术能够适用于不同的范围的设备，如图 2 所示，本文会介绍这些技术。

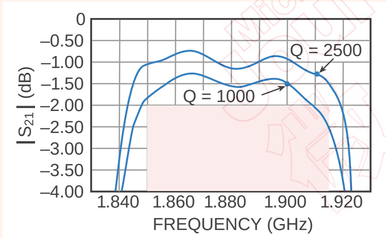
声表面波技术

声表面波技术（SAW）是一种广泛应用于 2G 和 3G 接收机前端，双工器以及滤波器中的成熟技术。声表面波滤波器可适用于可高达 1.9GHz 的频段，其中包含了 GSM 制式所在频段，CDMA 和 3G 频段。

声表面波滤波器一个重要的优势就是它价格低廉。此外，诸如晶圆级封装等技术被应用于缩小声表面波滤波器的体积，使得这种类型的滤波器和双工器能够集成在单一芯片上。由于智能手机包含了众多其他的功能，这个特性变得越来越重要。

声表面波滤波器的不足主要包括适合频段不够宽以及温度敏感性强。当频率高于 1GHz 时候，它的选择性就开始下降；到达 2.5GHz 附近，声表面波滤波器就只能适用于要求较低的一些设备上。同时，声表面波是十分热敏感的；一个声表面波滤波器的响应会随着温度的升高往低偏移大概 4MHz。当保护间隔带变得更窄，用户的设备指定能够用于较宽的温度范围（-35℃ ~+85℃）时，这个不足将

体声波滤波器的优势：低插损，高品质因数与陡峭的边沿



体声波滤波器相比于声表面波滤波器损耗更小，品质因数更高。这些特点意味着在具有挑战性的应用方面，甚至对于一些频段内任何一种滤波器技术，体声波滤波器往往是更好的选择。这里的图比较了相同频段内一个高品质因数体声波滤波器与低品质因数声表面波滤波器的效果。

很显然，体声波滤波器插损更小。但是，还有另外一个重要的区别，体声波滤波器的响应曲线边沿更加陡峭，而声表面波滤波器的响应曲线边沿更加圆滑。因此，边沿处二者损耗的差别变大。在中心频率 1.88 GHz，损耗相差 0.5 dB 左右，在通带下边沿 1.85 GHz，损耗相差 0.8 dB，在通带上边沿 1.915 GHz，损耗差别增加到 1dB。声表面波滤波器响应曲线圆滑的边沿对频带边缘通道造成很大的阻碍。实际上低品质因数的滤波器通带变得更窄。

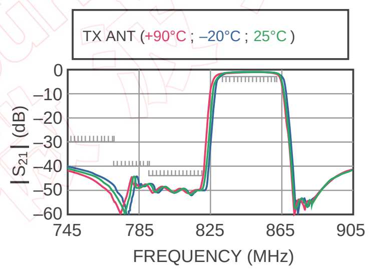
由于这种效果，窄带调制如 GSM（200KHz），CDMA（1.25MHz ）的通带边缘的损耗灵敏度最大，WCDMA 的损耗灵敏度则小一些。

除非使用温度补偿，不然温度漂移会使问题更加糟糕。在较高的温度，声表面波对应的响应向下漂移了高达 4MHz（接近体声波对应响应的两倍），从而使得频带高端的损耗差异额外增加了 1dB。

通过加宽低品质因数滤波器的响应曲线似乎可以改善插入损耗的问题，但是对附近干扰的选择性则降低。选择性的降低对于要求苛刻的滤波器而言是不能够接受的。

图 2. 不同应用下的相应滤波器技术。

温度补偿滤波器的重要性



由于现今频谱变的更拥挤以及通过高选择性实现插损最小化和确保对相邻通带的抑制，温漂已经成为一个重要的问题。

图中曲线说明了利用一个温度补偿声表面波发射端滤波器解决了一个困难的频段20双工器的滤波问题。这个设计中使用的温度补偿声表面波滤波器的温漂大体上是一个典型的SAW滤波器的一半。这个双工器必须在在频段20接收频段处满足一个传输路径上信号衰减的关键指标。如图所示，这个指标要求在频段20的接收频段即791-821MHz处至少要达到-45dB的衰减。

在25℃时，滤波器很容易满足这个要求，在接收频段以及上至822.3MHz这一范围内可以达到-45dB的衰减。在90℃时，这个衰减点下移了1.07MHz，但是在821.23MHz以下仍然可以达到-45dB，包括了整个频段20的接收频段，因此和指标保持一致。然而，一个没有温度补偿的声表面波滤波器将会温漂大约2倍之多—在90℃时温漂-2.14MHz。在这种情况下，-45dB的衰减点将会移动到820.36MHz处而滤波器将因此无法满足指标。

变得更加严重。

体声波技术

相比于声表面波滤波器，体声波滤波器具有更高的Q值，更低的插入损耗。由于具有体声波技术，制造具有高选择性和强带外抑制性的窄带滤波器成为了可能。这使得体声波技术成为解决许多严重的干扰问题的一种很好的选择。

体声波技术所呈现的优势能够存在高于1.5GHz以上的频段，这使得它和声表面波技术形成技术互补（声表面波技术在更低的频率上比较有效）。体声波技术能应用于高达6GHz以下的频率，并且它已经被应用在许多新的高于1.9GHz的LTE频段。而且，体声波技术同样可以用于构造LTE-WiFi共存滤波器。

由于体声波滤波器具有插损低的特性，使得它能够在一定程度上抵消其它与其连接的部件的高损耗以支持许多频段能够在单一只能手机上运行。除了能够提升信号接收性能，低损耗同样能够助于电池的使用寿命。体声波技术比较适用于上行和下行频带之间间隙极小以及紧密相邻信道间有衰减需求的设备。

温度补偿声表面波技术

对于一些高要求的设备，降低温度敏感性是十分关键的。这就包含了频段之间距离及其接近的情况。新的温度补偿声表面波（TC-SAW）技术使得制造高选择性滤波器的厂商能够解决这一难题。这些滤波器在温度变化的时候只会产生极小的甚至没有频偏，这样能够保证良好的对相邻频段的抑制以及极小的插入损耗。

温度补偿声表面波（TC-SAW）滤波器与声表面波滤波器适用于相同的频率范围——大约小于1.9GHz。对低温度敏感性使它成为更高规格3G、4GWCDMA双工器和滤波器制造的一种选择。例如，TriQuint公司将温度补偿声表面波（TC-SAW）技术应用于十分靠近美国公共安全频段的LTE第13频段（band 13）以及第20和第26频段的双工器之中。这种加强版的声表面波技术加工时会增加少许成本。

地区性考虑

不同地区频谱分配的差异性，特别针对用于LTE的频段，正在创造复杂的全球性频带分配和拼接工作。在不久之前，世界频谱分配图还相当的简单。主要的4个3G频段分别为1,2,5,8。在美国，通常使用频段2和5。另加的1和8频段用于支持其他国家地区的漫游。

而对于4G网络，情况就变得更复杂了；目前在频带划分上不同的地区甚至国家之间存在重大的分歧，而这种情况会随着更多的LTE频段的细分而变得更加严重。智能手机必须也当然会继续支持主要的2G和3G频段以及WiFi和蓝牙功能。在某些地区，这些频段为了LTE的进入而被重新划分，这同时也导致了对滤波需求的改变。例如，窄带的5MHz和10MHz的4G LTE频段就需要比3G的WCDMA要求有更尖锐的滤波特性的滤波器。

智能手机需要多种滤波器以支持LTE频分双工（FDD-LTE）和时分双工（TDD-LTE）技术所使用的频段，这就增加了滤波数量的要求。对每个LTE频分双工技术使用的频段，许多智能手机需要3个滤波器：一个双工器主要用于发射和接收路径，外加一个滤波器用作备用的接收路径。对每个LTE时分双工技术使

用的频段，智能手机一般需要至少 2 个滤波器。

由于制造一个能够工作在所有频段的手机是不切实际的，因此手机制造商往往会因地区，国家或者特定的区域运营商的网络来设计智能手机。手机还得包含一些额外的滤波器和其他部件以支持它在其他地区的漫游功能。这时，手机制造商常常需要选择手机需要额外能够支持的一些频段以保证一部手机能够在更多的国家使用。由于频谱分配的地区差异性，设计者们面临的挑战将因地而异。

北美

美国，日本和韩国正引领着世界 4G 网络的过渡和发展。据估计世界大约半数的 LTE 设备被销往美国。销往美国市场的一些特殊设备中的滤波器的要求会因为一些因素譬如此设备是用于特定的地区运营商网络还是多种网络而有所变化。

除了频段 2 和 5，主要的运行商正在使用一些频分双工技术涉及的频段，这段相当宽的频率范围包含有频段 4、13、17、25 和 26。当然，频段 2 和 25 需要使用体声波滤波器。一些小的对频段 12 比较有兴趣的运营商可能需要温度补偿声表面波滤波器。

相比于其他国家地区，在美国，WiFi 的共存问题将变得不那么严重。因为这个地区大部分 LTE 频段与 WiFi 使用的 2.4G 频段并不很靠近，因此，许多设备并不需要高性能的滤波器来分离 LTE 和 WiFi 信号。时分双工技术中需要应用高性能体声波滤波器的第 41 频段是一个例外。其他频段中需要具有高选择性的滤波器的有靠近美国公共安全频段的 13 号频段，这个频段的设备需要应用温度补偿声表面波滤波器。

欧洲

欧洲市场和北美市场存在巨大的差异。LTE 的推广的更加缓慢，并且在频段划分上也存在分歧。频段 3 最初是应用于 GSM 制式，在欧洲这一直是占有主要地位的 2G 技术所应用的频段，但是现在却必须被重新划分给 LTE 使用。此外，两个全新的频段 7 和 20 也将被指定给 LTE 使用。这就使得手机制造商制造欧洲市场的 4G 手机时候，要考虑支持所有这 3 个频段以支持其漫游功能。

频段 7 的使用对高性能体声波滤波器解决其与 WiFi 共存的问题提出了需要。由于频段 7 的传输频率与 2.4GHz 的 WiFi 频段仅相差 15MHz。频段 3 也需要应用体声波滤波器，然而频段 20 最好需要使用温度补偿声表面波滤波器。

在将来，欧洲也将会拍卖第 38 频段的频谱，这个频段位于频段 7 的发射和接收频段之间。如果设备需要

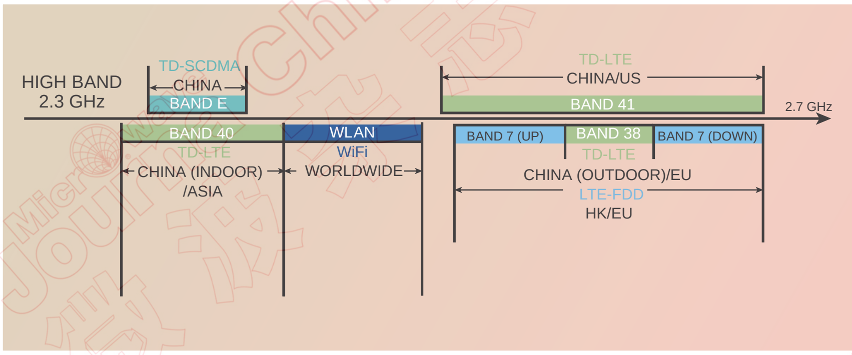


图 3. 中国的 WiFi 共存问题。

支持频段 7 和频段 38，那么一种高性能的体声波滤波器才能使其两者共存而不会相互干扰。

亚洲

亚洲几个不同地区市场的 LTE 频谱分配图十分繁杂。中国是一个拥有最大需求的潜在市场；其他国家也有不同程度的需求，尤其是日本和韩国，它们同美国一样，正在快速的推进 LTE 的发展。

中国

与美国使用频分双工技术不同，在中国，主要的 LTE 技术是时分双工技术。许多的 LTE 频段都在较高的频率，同时包括几个与 WiFi 频段比较接近。这种情况就造就了对能够使 WiFi 能与之共存的体声波滤波器的巨大需求。例如，WiFi 频段就恰好位于时分双工技术中的两个频段 40 和 41 之间。如图 3 所示，频段 40 与 WiFi 频段之间完全没有缺口，只有频段 41 与 WiFi 频段之间存在极小的空隙。

为了三个频段能够和谐的共存，我们就需要一个高性能的体声波滤波器。此外，同时也得权衡消费者使用的优先次序。好比要是支持全部的频段 40 则势必意味着要放弃部分 WiFi 的低频通道。亦或者如果 WiFi 是消费者的优先选择使用的，那么制造商可能就会选择支持全部的 WiFi 频段而放弃部分 40 频段。相比而言，频段 41 由于其与 WiFi 频段之间存在一定的防护频段，对应滤波器所面临的困难也会比较小。在中国，也存在一些地区差异，比如频段 7 和频段 38 就代替了在香港使用的频段 41。

韩国

由于高的智能手机使用率以及快速发展的 4G 网络使得韩国对滤波技术十分感兴趣。大约两千六百万的人口，有超过一半已经拥有了智能手机，此外，1500 百万的韩国人希望能在 2013 年底享受上 LTE 技术。

韩国为了使用 LTE 技术已经重新规划了频段 3 和 5 的使用，并且从今年开始，每部手机都将能支持频段 7。频段 26 同样也被指定使用，而这个频段需要使用温度补偿声表面波滤波器。尽管它和频段 5 有部分频率的重合，但是频段 26 还是存在部分频段 5 不包括的频率可以使用。频段 3 和 7 需要使用体声波滤波器；同时，对于能够避免与 WiFi 信号干扰的滤波器依然十分需要。

日本

日本的情况更加剧了地区频谱的复杂性。目前，频段 26、11 和 21 在日本比较常用。频段 41 也在使用，因此，需要能够分离 WiFi 信号的体声波滤波器。

其他亚太地区面临的挑战

在亚太地区，由于所谓的“数字红利”，使得滤波器面临另一种有趣的挑战。“数字红利”是随着模拟电视转向数字电视，传输效率提高后，其占用的 700MHz 的频段中将释放出一定数量的频谱以重新分配使用而产生的利益。而频段 28 正好在数字红利的频率范围内，这就导致需要有一对能够工作在这部分重复频率的双工器。

亚洲战略

手机制造商们所面临的问题是根据国家不同设计不同的手机还是设计一个能够在整个亚太区域使用的手机。中国无疑具有足够大的市场来消化只满足本国频谱要求的手机。韩国，介于其具有很高的 4G 用户比，使其成为另一个拥有自己独特手机的市场。印度是另一个巨大的潜在市场，尽管高昂的智能手机价格相对于印度人均收入将限制购买量；目前大部分的销售额集中在相对低端的手机上。

载波聚合

在各个当地的市场，分散的频谱对这些贪得无厌的高速无线数据网络供应商来说都代表着一种机会和挑战。载波聚合（CA）是 4G LTE-Advanced 技术标准中一种可以将不连续的频谱聚合成为一个高达 100MHz 的单一频道而提供更高的数据传输速率的一种技术。载波聚合将从 2014 年开始成为未来发展的一个主要趋势。不出意外，市场将引导 LTE 的资源配置，例如美国预计将是第一个使用载波聚合技术的国家。最初一些服务供应商可能更注重聚合较宽的分离开的频谱，这可能只需要一个同向双工器；然而，后面的推进可能会遇到更多需要高性能滤波器才能解决的问题。

封装和集成

由于智能手机能够支持越来越多数量的射频频段，将众多滤波器做个封装将能节省宝贵的基板面积。一些生产厂商应用不同的滤波器组合方式将多个滤波器固定在一个模块形成二合一的双工器，这样就能使得两个接收器能够同时独立的工作。晶圆级封装（WLP）是一种十分重要的能够减小体积的技术；它将逐渐被应用于体声波和声表面波滤波器的封装。不同的滤波器技术将被组合用于特殊的一些用途。对于一些更新的 LTE 频段，由于这些频段相对新，滤波器们很可能是简单的分离组件。这使得设计者们能够简单的将分离的 LTE “卫星”组件应用在现有的设计中，以促进地区 4G 的多样发展。■