

5G 应用中 PCB 材料选择

5G 蜂窝技术与以往的移动通信有许多技术差异，这些差异必将影响 PCB 及材料的应用和选择。5G 应用通常分为 6 GHz 以下频段和毫米波频段。最初部署大多基于低于 6GHz 的频段；然而，随着毫米波系统的开发，未来毫米波频段的应用会越来越多。

5G 的优势在于具有更高的数据传输速率和更低的延迟。数据速率可能达数百兆比特/秒，延迟将低于 20 毫秒。5G 技术的蓬勃兴起将使增强移动宽带（eMBB）、大规模物联网（MMTC）和超可靠低延迟通信（uRLLC）成为可能。与 5G 应用相关的 PCB 将具有更高的集成度和更多的功能，故对 PCB 的设计要求更高，电路材料的组合更广。

5G 技术可能会导致某些电路功能出现更多的 PCB 热量管理问题。PCB 产生的热量通常与插入损耗有关。基本上，具有较高插入损耗的电路将会产生更多的热量。一旦产生热量，将热量有效地引导到散热片结构进行散热很重要。此时 PCB 材料需要考虑的材料特性包括损耗因子和热导率。

低损耗的高频电路材料具有较低的插入损耗，因此产生的热量较少。这些高频电路材料通常是具有较低的损耗因子（Df），并且通常采用表面更光滑的铜箔。众所周知，铜箔表面粗糙度会影响插入损耗，而低轮廓或表面光滑的铜箔会产生较小的插入损耗。这里所说的铜箔表面粗糙度是指高频层压板基板与铜箔界面的铜箔表面粗糙度。

此外，人们对于层压板是否是低 Df 的判断不好把握，它非常依赖于 5G 系统中使用的电路类型。通常，高频层压板的 Df 应为 0.004 或更小。对于低于 6GHz 的 5G 应用来说，这是一个很好的通用 Df 值；但是在毫米波频率下，可能需要更低的 Df 值。

对于一些 5G 电路来说，另一个重要的电路材料特性是热导率。采用具有高导热率的高频层压板非常有利于 5G 应用的热量管理。一般来说，导热系数为 $0.50 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 的层压板被认为是良好的导热性能。有一些高频、低损耗的层压板具有该导热系数。然而，很少有低损耗的层压板具有更高的导热系数。

罗杰斯公司新近发布的一种材料——TC350™Plus 层压板实现了低损耗和高导热性的极佳组合。TC350 Plus 层压板在 10 GHz 下测试的 Df 为 0.0017，导热系数为 $1.24 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 。通常可用于对热量管理更敏感的 5G 功率放大器电路。此外，天线组件的馈线部分和其他等电路结构也可能存在热量管理问题。

5G 天线结构通常采用低损耗材料，Dk 值较低。与所有其他电路设计一样，有许多折衷方案，而天线电路通常使用具有较低的 Dk 的材料，获得更有效的辐射。考虑到许多因素，通常天线电路将使用 Dk 值约为 3 的电路材料。

罗杰斯公司的 RO4730G3™层压板适用于多种 5G 天线应用，因为其标称 Dk 为 3.0，在 10GHz 下测试时的 Df 为 0.0029，并且具有非常好的介电常数温度系数（TCDk）。TCDk 是 5G 天线应用的重要特性，因为这些电路可能将暴露于某个温度环境中。TCDk 是一种材料特性，它是材料 Dk 随温度变化而变化的特性，所有材料都具有这种特性。对于层压板，良好的 TCDk 值为 50 ppm/°C，该值接近零最理想。RO4730G3 层压板的 TCDk 值为 26ppm/°C。

在设计 5G PCB 应用电路时，需要考虑很多因素，例如材料特性以及与其他 PCB 使用材料间的相互作用。强烈建议在考虑 5G 应用所采用的高频材料时，与材料供应商紧密合作。