



Electromagnetic Simulation Software

# Wireless Insite Training (3.3) Chinese Version(Material)





- 这份教材欢迎任何有需要的用户索取，用户可以自由分享或是引用其内容

# 介绍REMCOM公司

- 发展简历
  - 成立于1994年
  - 总部位于美国宾州State College
  - 约35-40名员工
  - 开发与销售各种高频电磁模拟软体并提供技术支援
  - 透过与诸多代理商的合作展开全球布局与发展业务
  - 客户包括学界，商业单位以及各种政府机关



# REMCOM 公司软件产品一览

产品一览	
	运用FDTD演算法之三维时域全波仿真软件，可用于各种天线设计，各种无线通信相关产品之设计工作，进阶版本也支援生物电磁相关计算，同时可用于材料以及包含物理光学等许多电磁相关之研究
 Wireless Insite	运用射线追踪算法发展之无线电波传播仿真软件，可以用于预测传播路径，涵盖范围，计算吞吐量 and 接收功率等许多工作，并支持5G/MIMO规格之相关应用建模
 XGTD	运用射线追踪算法发展之电大尺寸平台仿真软件，可用于远场辐射，雷达截面积(RCS)，或是电磁兼容等相关研究，活跃于天线配置，电大尺寸平台设计等应用
 Wavefarer	结合射线追踪算法以及近场传播模型技术之雷达仿真软件，应用频率范围高达79GHz以上，可以建立汽车等动力机械动态运动场景加以模拟，评估雷达配置于动力机械上之后在环境中的工作特性



# 仿真计算的概念和效益

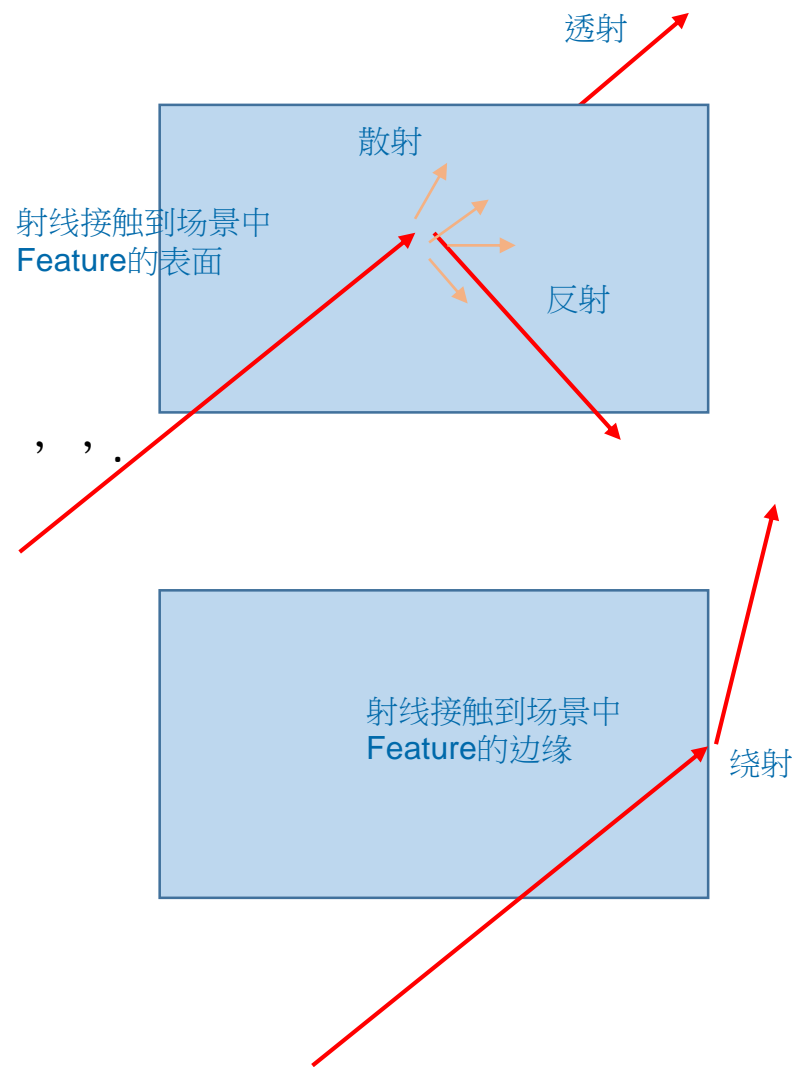
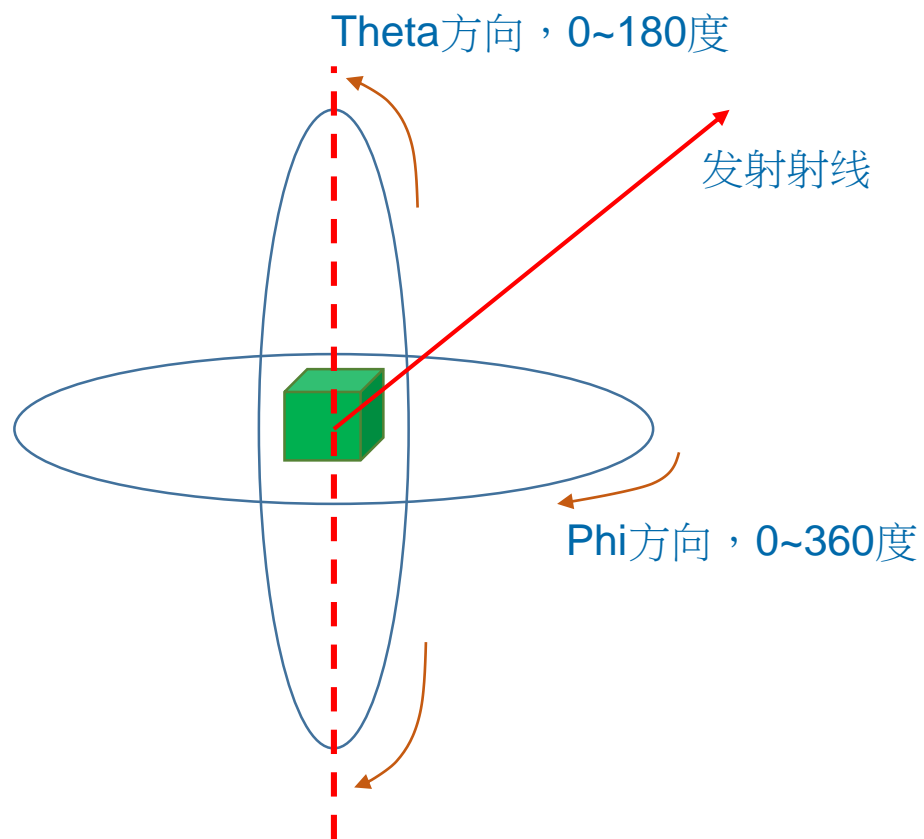
- 仿真计算可以节省时间，减少制作原型样品所需的时间和耗费的原料，降低研发工作的成本
- 仿真计算可以快速地进行各种试误和修正工作的循环
- 用于仿真的模型可以重复使用，稍作修改或是使用其中一部分就可建立新的模型用于其他专案
- **GPU**加速技术可以大幅降低仿真所需时间，增加其实用性
- 在许多产业仿真计算已经成为工业标准，重要性与日俱增



# 浅谈射线追踪算法

- **Wireless Insite** 所采用的射线跟踪算法(**Ray Tracing**)是一种透过再三维空间中建立路径，并且透过这些路径和接触面的互动来计算物理量变化的数学方法。
- 使用**Ray Tracing**的算法引擎有**X3D**，**Full-3D**，**Urban Canyon**以及**Vertical Plane**，其中**X3D**采用**GPU**加速，**Full-3D**是使用**CPU**的传统计算引擎，**Urban Canyon**多用于室外，**Vertical Plane**多用于长距离场景。
- 射线由**TX**产生，依照**Theta**及**Phi**方向的间隔设定打出，然后接触到个别物体表面之后，产生各种互动，一直到在允许的互动次数之内到达**RX**为止。
- 路径是否有效会由到达之后的功率来判定，并且用户可以选择要显示多少条路径。

# 浅谈射线跟踪算法





# 建立一个用于Wireless Insite的仿真场景

- 建立用于Wireless Insite的场景会包含几个要素

1. 地形，建筑物，室内设计结构，各种物体等环境特征
2. 发射器及接收端口，以及配合运用之天线和载波
3. 材料模型和材料参数
4. 包含用户拟分析之区域范围的算法模型(Study area)
5. 由发射器和接收端口所组合而成的通讯系统

- 使用者需要准备的资讯和事前规划

1. 地理地形图，建筑物或是室内规划或是特定须考量的物体等环境资讯
2. 确认是否可以直接使用软体内建的材料库或有一个材料清单以及所需的材料参数
3. 根据使用的天线及载波，会需要有天线的参数或是载波的波形频率等资讯
4. 依据经验或特殊需求，考虑选用算法模型或对其进行的特殊设定或调整
5. 厘清需要取得的输出资讯有哪些



# Wireless Insite 3.3 : Materials



# Material：材料的观念

- Wireless Insite的仿真场景中，射线接触物体的表面，接着发生反射, 透射，绕射，散射等现象的同时也消耗能量，产生多段路径，一直到到达接收端为止。
- 射线接触物体的表面，会发生的行为跟物理现象，是由材料特性决定，所谓的材料(Material)在Wireless Insite代表的是对路径或能量损耗的影响，而不是描述特定均质物体的物理特性。
- 材料的影响观念上可以理解为两个阶段，第1个阶段是射线接触到了一个表面(Surface)，第2个阶段是软件去判断材料对路径造成的影响以及对讯号的能量造成的影响。
- Wireless Insite 中的材料，是用特定数学模型来描述一个面(Surface)的物理特性，唯一的例外是植被类型feature的材料，这一类材料代表的是一个区域
- 模型中在同一个位置的一个表面，可以透过材料的配置，变成多层不同材料组合成的复杂材料
- 用户建立了逼真的模型后可以进一步调整以及配置材料,让模型更贴近真实的状况

# Material :材料的观念，

- Wireless Insite软件自带材料数据库，建模时软件会同时将材料配置于用户建立或导入的feature，一个feature通常会由多个表面(Surface)构成，每一个表面都可以配置不同的材料
- 依照材料特性以及仿真的需要，Wireless Insite将材料分成数个不同种类.
- Wireless Insite 用不同数学模型描述不同种类材料, 不同种类材料在跟射线接触时会有不同的行为，对路径造成不同的影响, 比方说有的材料不会发生透射，功率损耗等计算方式也不尽相同，数学部分的细节和公式，用户可以在，Reference Manual第10章找到，这一份教材的重点在操作和应用，故不详加叙述
- 用户可以依照建模的需要, 或讯号频率等条件,并依照现场状况或是经验考虑合理的物理现象来选择正确的材料种类并且视需要调整参数
- 用户也可以建立自定义的材料来使用,细节可以参考Reference Manual附录 F 一节

# Material : 材料的种类

- Wireless Insite 3.3.3 版之中，材料分为两大类别，分别是植被与非植被类型的材料，前者可以用于绝大多数的Feature，后者仅能用于植被。
- 非植被类型材料，一共有7种，同时包含两种额外衍生出来的蒙蒂卡罗(Monte Carlo)材料。
- 蒙蒂卡罗材料中的Multi-Material材料，代表的是一个表面可能由多种不同的材料不均匀的分布所构成，因而用一个随机性质的数学模型来描述射线在这个平面上可能接触到不同材料的现象。
- 蒙蒂卡罗材料中的Variable Parameter材料，代表的是介电系数，厚度，粗糙度等参数，可能会以均匀(uniform)分布或是正态(normal)分布的方式变化的材料。
- 植被类型的材料，實務上用户通常可以直观选用最接近场景中的植被的那一种材料，也可以简化为造成信号衰竭的区域现象，同时用户需注意在X3D以及Full-3D两种传播模型中认定方式不同

# Material : 材料的种类

- 非植被类型材料，包括以下7种。
- **Dielectric Half-Space** :这种材料不会有透射的现象,透射系数为0，反射系数可以随着频率以及入射角而改变，最常见的是City 类别的大楼外墙还有 Terrain，定义这种材料需要的参数包括，介电系数，导电度，表面粗糙度还有厚度。
- **Layered Dielectric** : 这是一种用有限厚度的多层材料构成的材料类别，可以想象成多层板材，每一层可以是不同的物质，厚度也可以不一样，定义这种材料需要的参数包括，介电系数，导电度，表面粗糙度还有厚度，仿真时会假设电磁波必然先接触第1层且从第1层入射。
- **PEC Backed Layer** : 这种材料在概念上是由一层介电材料，还有第2层完美导体（PEC）所构成的两层材料，仿真时会假设电磁波必然先接触第1层的介电材料且从第1层入射，然后接触到第2层的完美导体，所以不会发生透射，透射系数为0，定义这种材料需要的参数包括介电材料层的介电系数，导电度，表面粗糙度还有厚度，以及完美导体层的厚度。

# Material : 材料的种类

- **Constant Coefficient** :这种材料的参数不会随着入射角和频率而改变, 可以对不同极化方向设定个别的参数.
- **PEC** : 即为所谓完美导体, 这种材料会完全反射能量不会发生透射, 透射系数为0, 定义这种材料需要的是厚度和表面粗糙度,在损耗几乎可以忽略时, 可以用来近似模型中的良好导体
- **Free Space** :就是所谓的自由空间, 使用这种材料的表面在模型中会是透明的, 电磁波会完全透射, 不发生任何反射
- **User Defined : Wireless Insite**允许用户建立自定义的材料, 材料的反射系数以及透射系数等参数可以随着频率或入射角改变, 用户可以用表格的方式定义这些信息建立特定的材料, 在仿真时Wireless Insite会去读取用户输入的表格, 必要时进行内插来修正参数。



# Material : 材料的种类

- Wireless Insite 3.3.3支持 4 种植被材料数学模型, 分别是: Complex Permittivity, Lossy dielectric, Attenuation, BioPhysical这4种。
- 软件自带的材料库里面的植被材料为Attenuation, BioPhysical这两种.
- Attenuation类别的植被材料采用一个比较简单的方式去计算植被覆盖范围内讯号随距离的衰竭。
- BioPhysical类别的植被材料, 考虑到植物的种类以及分布状况等条件, 用比较复杂的数学模型对信号做修正。

# Material :材料库和常用材料

- Wireless Insite 3.3.3自带的材料库,包含多种常见的建材, 地板, 地面, 土地, 植被, 以及数种常见的通用材料
- 当一个材料配置到一个表面(Surface)上的时候, 这个材料的参数或是数学模型, 会变成这个表面的属性的一部分, 而不再跟材料库有任何关联,所以不会影响到材料库里面的原始数据.
- 建立feature时, 软件会自动配置默认的材料, 用户可以依照需要调整
- Feature建立后, 用户同样可以视需要对各种feature以及表面的材料进行配置或修改
- 用户可以参考教材的建模之章的教学来更改每一个平面的材料



# Material :材料库和常用材料

- 是否为使用中之材料

使用中：Yes

未使用：No

- 材料的种类

- 材料的名称

- 使用这个材料的feature名称及类型

- 是否发生散射(Diffuse Scattering)现象?

发生散射：显示散射模型

不考虑发生散射：None

无散射可能：N/A

In-use	Type	Description	Feature	Diffuse Scattering Model	Notes
Yes	One-layer dielectric	Concrete	1F [Floor plan]	None	
Yes	One-layer dielectric	Brick	1F [Floor plan]	None	
Yes	One-layer dielectric	Concrete	1F [Floor plan]	None	
Yes	Free space	Freespace	1F [Floor plan]	N/A	
Yes	One-layer dielectric	Glass 2.6GHz	1F [Floor plan]	None	
Yes	PEC	Metal	1F [Floor plan]	None	
Yes	One-layer dielectric	ITII Glass 2.4 GHz	1F [Floor plan]	None	

Type	Description	Location	Notes
Dielectric half-space	Asphalt_1GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\Asphalt_1GHz....	
One-layer dielectric	Brick	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\Brick.mtl	
One-layer dielectric	Concrete	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\Concrete.mtl	
Biophysical	Dense deciduous forest, in Leaf	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\Dense deciduo...	
Biophysical	Dense deciduous forest, out of leaf	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\Dense deciduo...	
Attenuation	Dense foliage	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\Dense foliage...	
Biophysical	Dense Pine Forest	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\Dense pine for	

- 材料种类

- 材料的名称

- 材料库文档所在磁盘位置,

# Material :材料库和常用材料

Type	Description	Location
One-layer dielectric	Glass	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\Glass.mtl
One-layer dielectric	ITU Glass 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\ITU Glass 2.4 ...
One-layer dielectric	ITU Glass 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\ITU Glass 28 ...
One-layer dielectric	ITU Glass 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\ITU Glass 3.5 ...
One-layer dielectric	ITU Glass 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\ITU Glass 39 ...
One-layer dielectric	ITU Glass 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\ITU Glass 5 G...
One-layer dielectric	ITU Glass 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.0.4\materials\ITU Glass 60 ...
One-layer dielectric	Glass	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.3\materials\Glass.mtl
One-layer dielectric	ITU Glass 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.3\materials\ITU Glass 2.4 G...
One-layer dielectric	ITU Glass 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.3\materials\ITU Glass 28 G...
One-layer dielectric	ITU Glass 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.3\materials\ITU Glass 3.5 G...

Material filter:

- 透过输入关键字，搜寻特定材料

Layered dielectric properties [Read-only]

Short description:

Dielectric layers:

Layer #	Description	Permitti...	Conductivity	Thickness
1		6.270	0.01221	0.00300...

Color:

DS Enabled ☐

- 鼠标连击两次，可以打开窗口，在唯读的模式下浏览材料的信息

# Material :材料库和常用材料

- 软件中的常用或默认材料

City类别Feature的常用或默认材料

名称	种类	Permittivity	Conductivity (S/m)	Thickness (m)
混凝土 (Concrete)	Layered Dielectric	7	0.015	0.3
砖头(Brick)	Layered Dielectric	4.44	0.001	0.125
木材(Wood)	Layered Dielectric	5	0	0.03
玻璃(Glass)	Layered Dielectric	2.4	0	0.003
沥青(Asphalt)	Dielectric Half-Space	5.72	5e-4	N/A

- 常用于大楼外墙以及屋顶，沥青经常用于马路。

Floorplan类别Feature的常用或默认材料

名称	种类	Permittivity	Conductivity (S/m)	Thickness (m)
多层墙壁，第1层及第3层(Layered drywall)	Layered Dielectric	2.8	0.001	0.013

- 常用于房屋内部隔间墙壁。

# Material :材料库和常用材料

- 软件中的常用或默认材料

常用或默认的地形地貌材料				
名称	种类	Permittivity	Conductivity (S/m)	Thickness (m)
泥土(Wet Earth)	Dielectric Half-Space	20	0.02	N/A
乾泥土(Dry Earth)	Dielectric Half-Space	4	0.001	N/A
干燥沙地(Dry Sand)	Dielectric Half-Space	4	0.0002	N/A
淡水(Fresh Water)	Dielectric Half-Space	81	0.22	N/A
海水(Sea Water)	Dielectric Half-Space	81	20	N/A



- 可以用来描述各种地形地貌或者是水面。

其他常用或默认材料			
名称	种类	反射系数	透射系数
自由空间 (Free Space)	Free Space	0	1
完美吸收体 (Perfect Absorber)	Constant Coefficient	0	0

# Material :材料库和常用材料

常用或默认的植被材料

名称	种类	Permittivity	Conductivity (S/m)	Thickness (m)
带有叶子的茂密阔叶林 (Dense Deciduous Forest In Leaf)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
带有叶子的稀疏阔叶林 (Sparse Deciduous Forest In Leaf)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
落叶的茂密阔叶林(Dense Deciduous Forest Out of Leaf)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
落叶的稀疏阔叶林(Sparse Deciduous Forest Out of Leaf)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
茂密的针叶林(Dense Pine Forest)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
稀疏的针叶林(Sparse Pine Forest)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A
草地 (Grass)	BioPhysical	N/A	N/A	N/A

- 植被代表的是一个区域对电磁波的能量损耗的状况，而非代表特定材料在一个平面上对射线的效应。
- **Wireless Insite** 会透过用户输入的信息换算出一个相当的植被的介电系数等参数，用于计算植被区域的消耗能量相关计算。
- 用户可以直接选择最接近现实中场景状况的植被来使用，如果用户有相关的信息也可以自行修改植被材料的参数。
- 分布在一个范围之内内的植物有在现实中有很多随机性，植被材料是一种观念上用来近似这种环境因素的材料，而不是真的要反映出一片叶子或一根草的介电系数。

# Material :材料库和常用材料

- Wireless Insite 材料库提供一些在不同的工作频率下参数会有变化的材料供用户选用，其资讯基本上是来自于ITU数据库。
- 材料名称后面会有一个代表频率的标注，如”ITU Ceiling board 2.4 GHz”。
- 用户可以直接就对应的频率来选择材料即可。

常用的 Wi-Fi 频段材料

	2.4GHz		5GHz	
材料名称	相对介电系数	导电度(S/m)	相对介电系数	导电度(S/m)
混凝土(Concrete)	5.31	0.066221437	5.31	0.119959271
干燥墙壁(Dry Wall)	2.94	0.021552391	2.94	0.036228401
木材(Wood)	1.99	0.012011805	1.99	0.026378732
玻璃(Glass)	6.27	0.01221435	6.27	0.02930827
天花板(Ceiling Board)	1.5	0.001384547	1.5	0.003252009
地板 (Floorboard)	3.66	0.014365084	3.66	0.038735631
完全干燥地面 (Very Dry Ground)	3	0.001362146	3	0.008659557
中等干燥地面 (Medium dry Ground)	13.74263889	0.145818416	12.77009884	0.482379843
潮湿地面 (Wet Ground)	21.1366793	0.468129353	15.75916683	1.215492448

# Material :材料库和常用材料

常用的 5G/ 毫米波频段材料				
	28 GHz		60 GHz	
材料名称	相对介电系数	导电度(S/m)	相对介电系数	导电度(S/m)
混凝土(Concrete)	5.31	0.483829146	5.31	0.896666691
干燥墙壁(Dry Wall)	2.94	0.122593378	2.94	0.210221831
木材(Wood)	1.99	0.167171345	1.99	0.3783732
玻璃(Glass)	6.27	0.228667481	6.27	0.567431997
天花板(Ceiling Board)	1.5	0.024132019	1.5	0.058569453
地板 (Floorboard)	3.66	0.397453894	3.66	1.11333046
完全干燥地面 (Very Dry Ground)	3	0.3	3	0.75
中等干燥地面 (Medium dry Ground)	5.7	6.5	4.3	14
潮湿地面 (Wet Ground)	5.7	9.5	4.3	15

- 相对介电系数(Relative Permittivity)对于频率较为稳定，导电度的变化较大。



# Material : 建立与编辑

- 用户可以从Wireless Insite的材料库中选用需要的材料，并且依照需要修改参数。
- 材料一旦跟feature产生链接就脱离跟材料库的关系变成那个 feature或是表面(surface)属性的一部份。
- 用户也可以从头开始建立新材料，自行选择材料的种类并填入参数。

Images

Features

Materials

Waveforms

Antennas

Transmitters / Receivers

Study areas

Comm. systems

Out

In use	Type	Description	Feature	Diffuse Scattering Model
Yes	One-layer dielectric	Concrete	Material Test Room [Floor plan]	None
Yes	One-layer dielectric	Brick	Material Test Room [Floor plan]	None
Yes	One-layer dielectric	Concrete	Material Test Room [Floor plan]	None

</

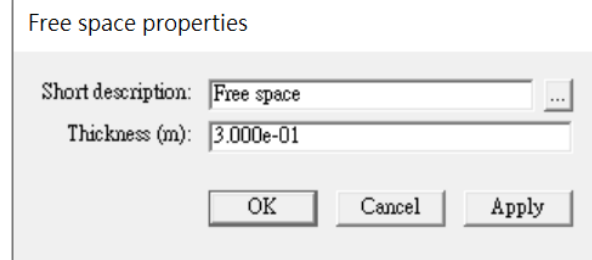
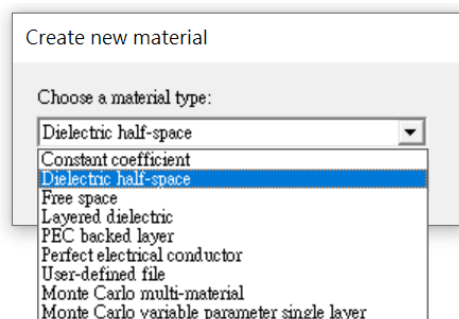
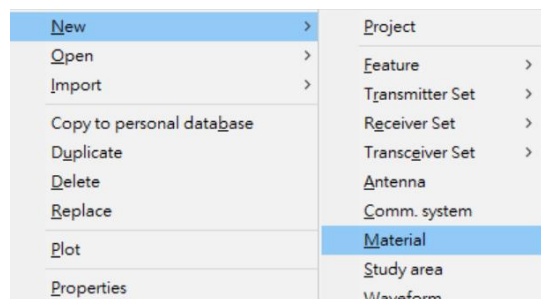
- 已经和Feature配合起来的材料。

与材料配合的Feature  
之名称和种类

材料库中的原始数据

# Material : 建立与编辑

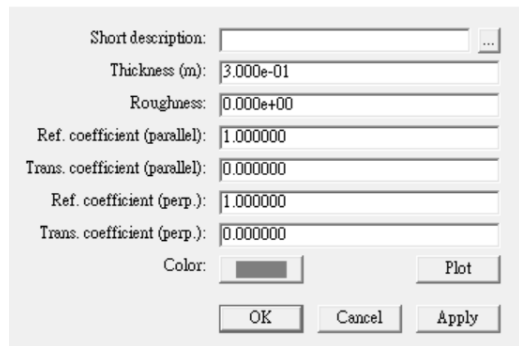
- 建立各种不同类型材料，以及所需填写的信息



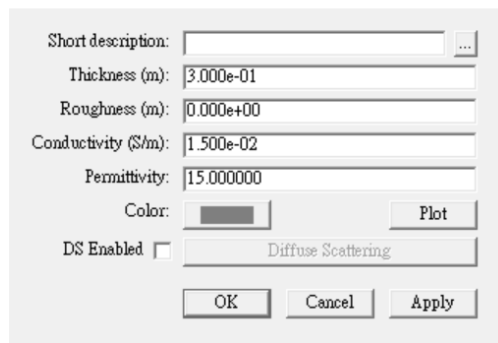
- 鼠标右键选单之中选择, New->Material

- 在菜单中选择要建立的材料种类。

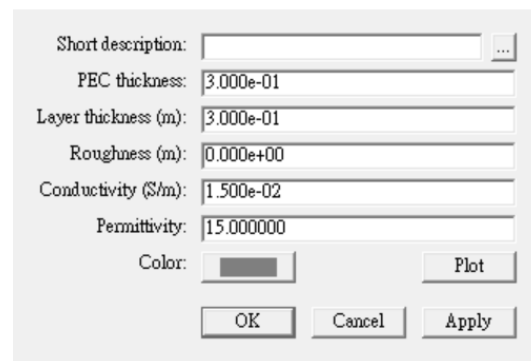
Constant coefficient properties



Dielectric half-space properties



PEC backed layer properties



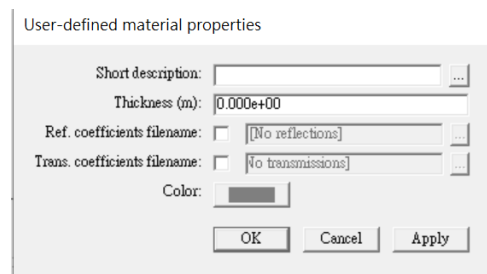
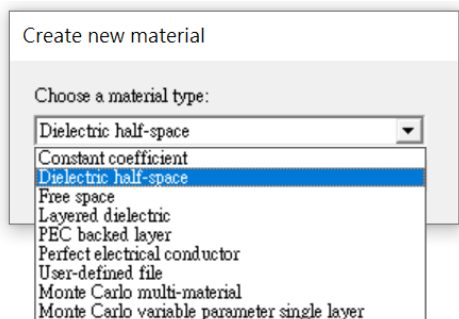
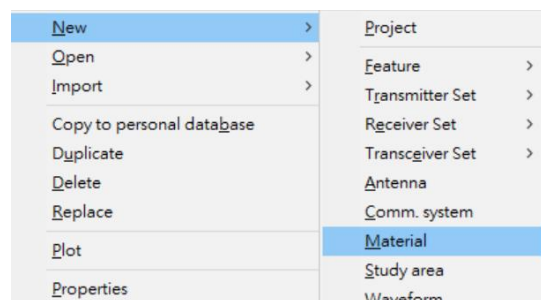
- 参数不随频率以及入射角而变的材料

- 不会发生透射的dielectric half-space类型材料。

- 具有PEC底层的双层材料。

# Material : 建立与编辑

- 建立各种不同类型材料，以及所需填写的信息

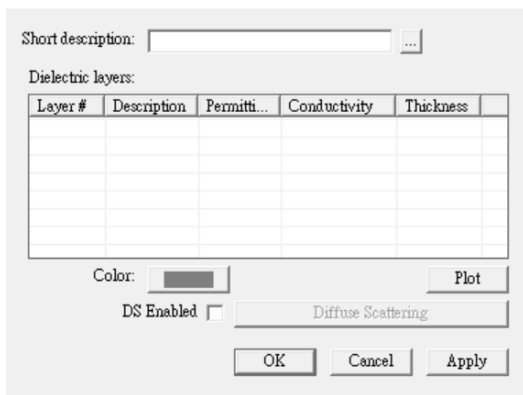


- 鼠标右键选单之中选择, New->Material

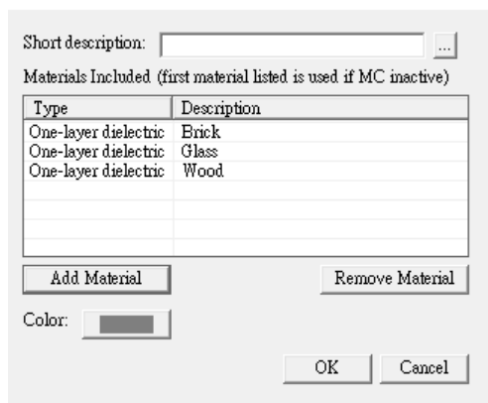
- 在菜单中选择要建立的材料种类.

- 用户自定的材料

Layered dielectric properties



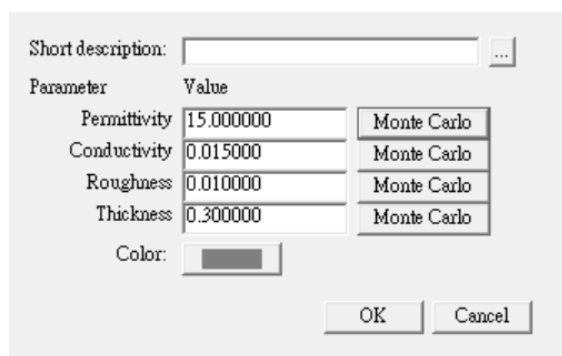
Monte Carlo Multi-Material Properties



PEC properties



Monte Carlo variable-parameter single layer material pr...



- 多层介电材料

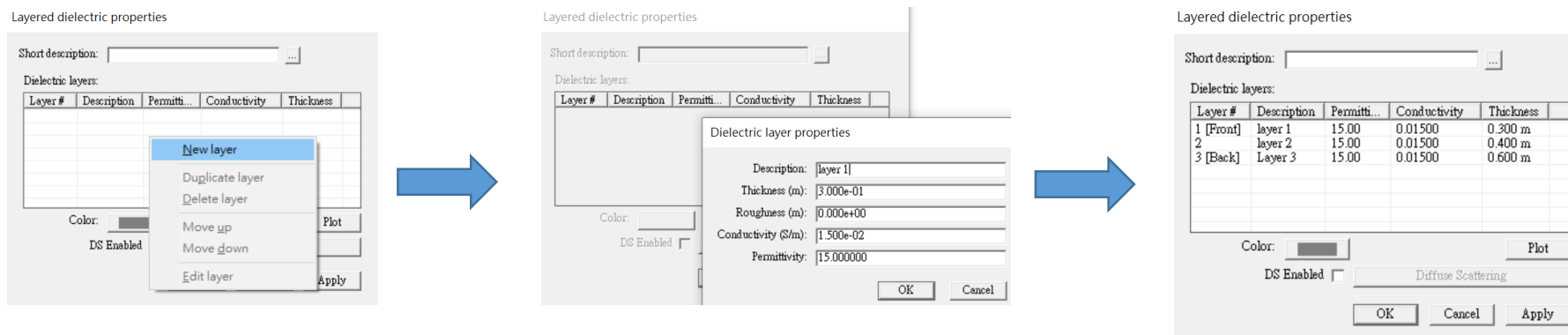
- 多种材料构成的蒙蒂卡罗材料

- 完美导体PEC

- 参数会变化的蒙迪卡罗材料

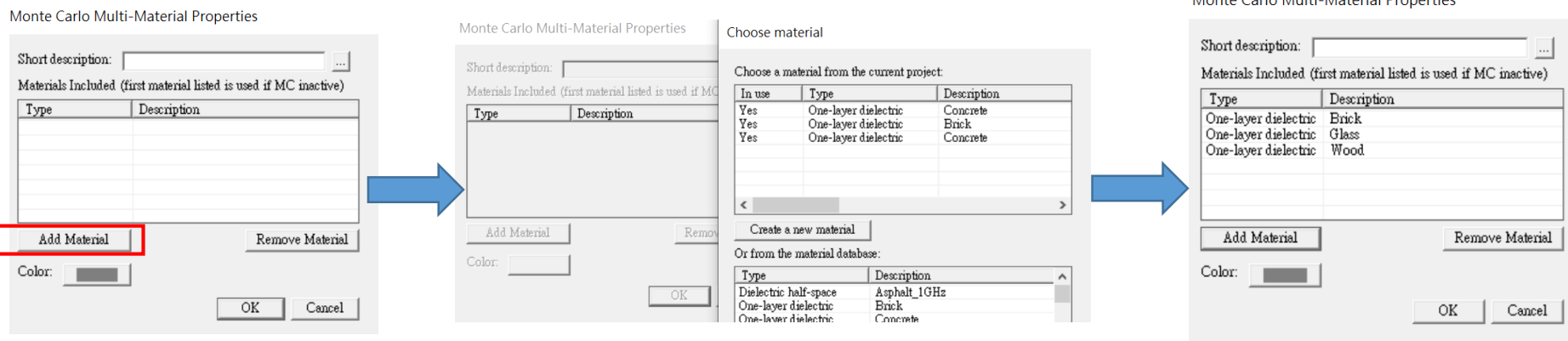
# Material：建立与编辑

- 建立多层介电材料的流程



- 按下鼠标右键，在菜单中选择New layer
- 填入各层材料的参数
- 用户视需要加入各层材料并且命名，完成建立材料，射线入射会接触标示着Front的第1层

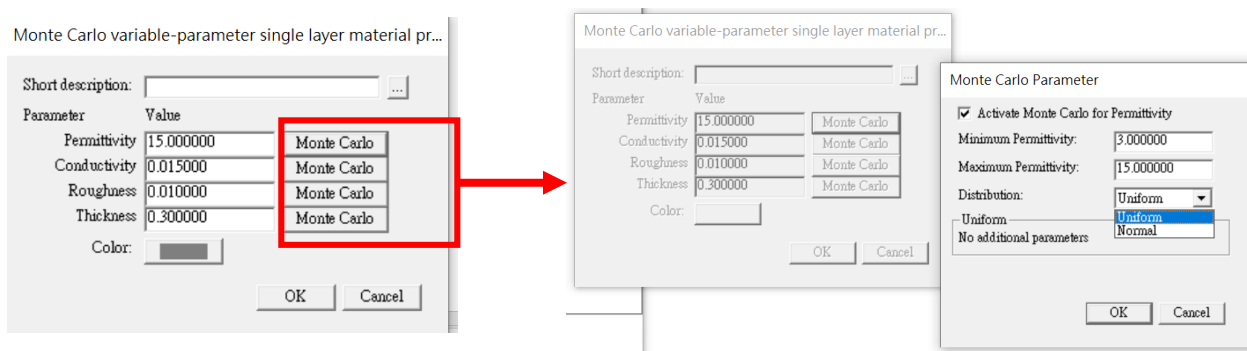
- 建立多种类复合蒙蒂卡罗材料的流程



- 按下Add Material按钮，开始添加材料
- 从清单中选择要使用的材料
- 完成配置
- 射线在接触到使用这类材料的表面之后，会依照机率分布来决定接触到的是哪一种材料。
- 如果Studyarea中的Monte Carlo 选项没有开启，射线接触到使用这个材料的表面时，就会视为接触到清单中的第1种材料。

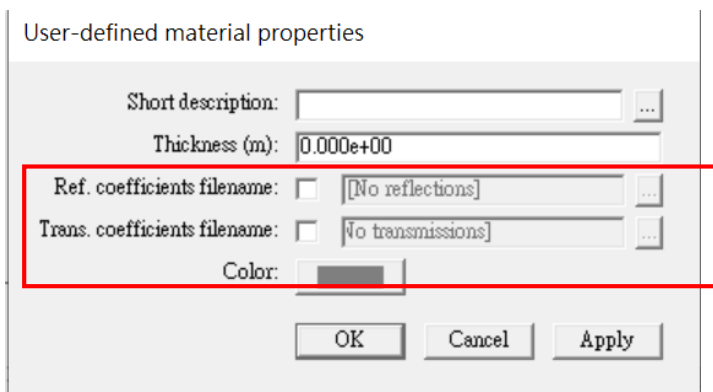
# Material：建立与编辑

- 建立参数变化型蒙迪卡罗材料



- Monte Carlo Variable Parameter Material这一类材料的参数，会随着几率分布而变化。
- 建立这种材料之后，可以针对介电系数，导电率，粗糙度以及厚度，设定参数变化跟分布的方式。
- 按下Monte Carlo按钮之后，在跳出的窗口勾选Activate Monte Carlo for.... 选项就可以开始进行编辑。

- 设定用户自定类型材料

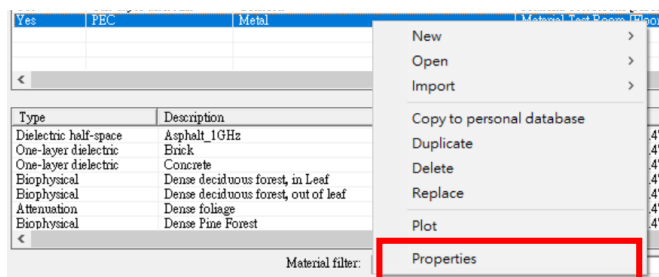


- 建立材料之后，输入名称以及厚度
- 如果材料要有反射还有透射的现象，勾选方块之后就需要导入描述材料参数的文档

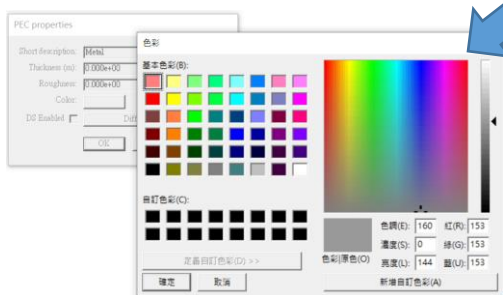
# Material : 建立与编辑

- 用户制定类型的材料，要额外输入反射系数和透射系数文档来描述材料在不同入射角，或是工作频率的行为。
- 这些文档都是txt格式，用户可以自行手动编写其内容.
- 在文档中关于入射方向等与坐标有关的部分，X3D跟Full-3D这两个算法引擎的定义方式不同，用户必须要注意才能正确撰写给这两个引擎使用的材料文档
- 文档内部信息的细节用户可以在软件自带的说明书(Reference Manual)之中的附录F一节找到.

# Material : 设定与配置

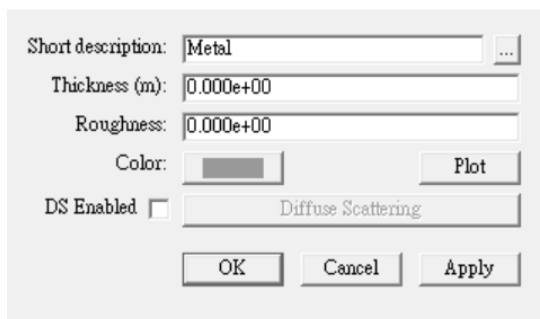


- 鼠标左键连击两次或是在右键菜单中选择 Properties



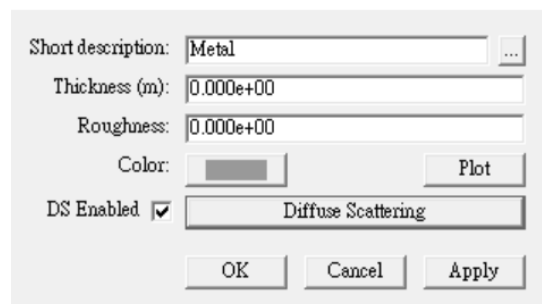
- 按下Color按钮可以改变这个材料的颜色便于在场景中标注出来

PEC properties

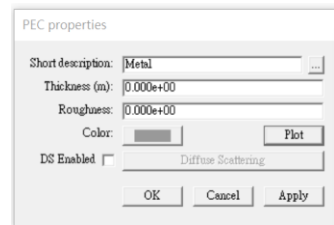


- 打开材料参数窗口, 可以进行各种调整

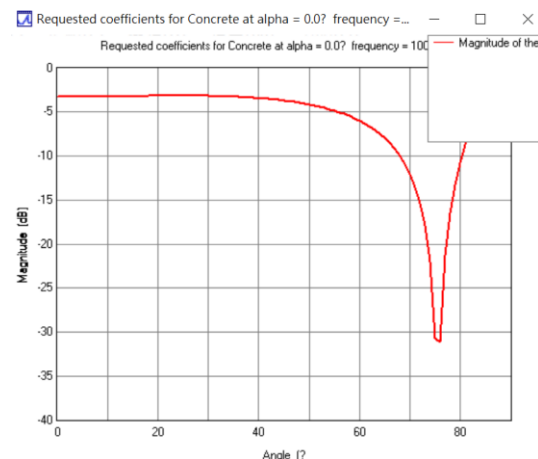
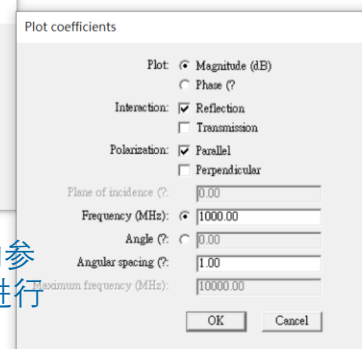
PEC properties



- 勾选DS Enabled 可以开启散射选项, 让射线在接触到这个材料的时候会发生散射的现象

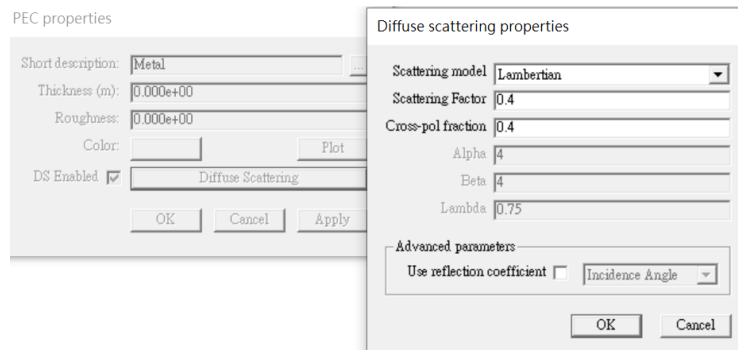


- 按下Plot按钮可以对材料的参数之于频率或角度等关系进行绘图

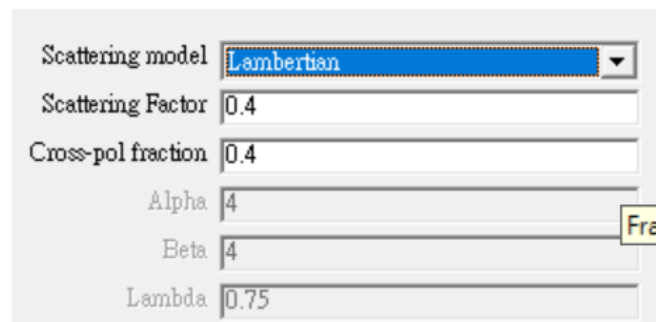




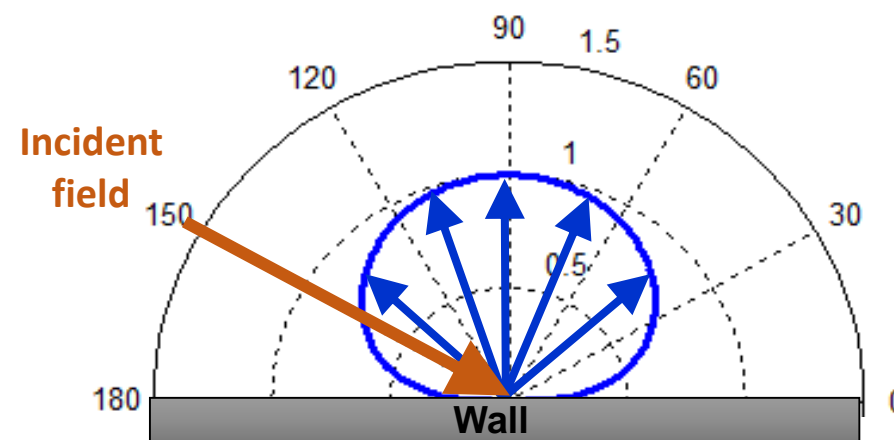
# Material : Diffuse Scattering



Diffuse scattering properties



- Lambertian模型: 均匀的朝向每一个方向发生散射.



- Diffuse Scattering 配置的窗口有三种散射模型可以选择
- Lambertian : 均匀的朝向每一个方向发生散射.
- Directive : 朝向反射的前进方向发生散射
- Directive with Back Scatter : 朝向反射前进的方向发生散射, 同时也朝反方向发生散射

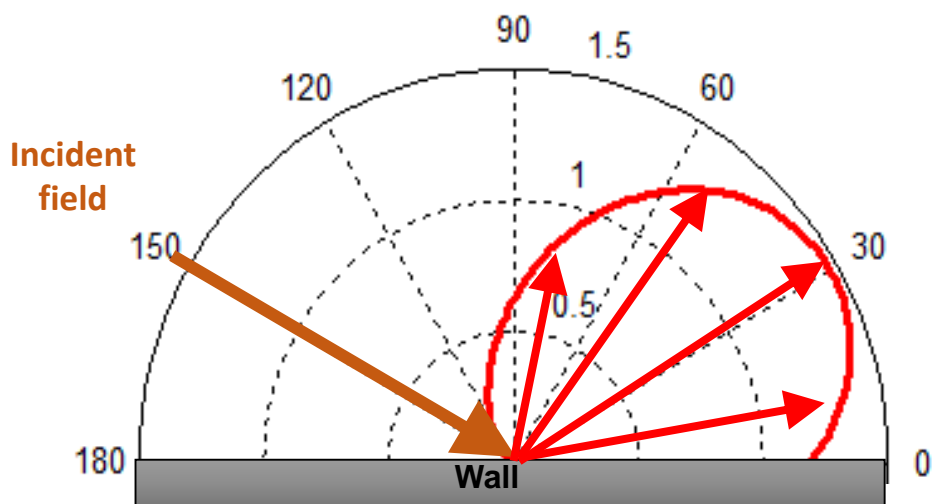
- Scattering Factor : 代表入射的电磁场能量发生散射的比例, 范围从 0 到1, 软件的默认数值为 0.4
- Cross-pol Fraction : 代表散射的功率发生交叉极化的部份相对于入射电磁场的比例, 范围从0到1, 软件的默认数值为 0.4

# Material :Diffuse Scattering

Diffuse scattering properties

Scattering model	Directive
Scattering Factor	0.4
Cross-pol fraction	0.4
Alpha	4
Beta	4
Lambda	0.75

- Directive模型：朝向反射的前进方向发生散射



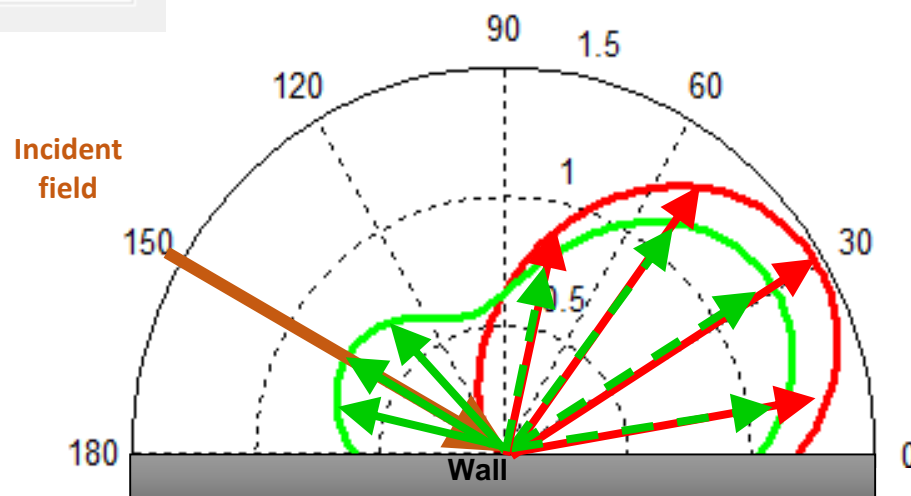
- Scattering Factor：代表入射的电磁场能量发生散射的比例，范围从 0 到1，软件的默认数值为 0. 4
- Cross-pol Fraction：代表散射的功率发生交叉极化的部份相对于入射电磁场的比例，范围从0到1，软件的默认数值为 0. 4
- Alpha：代表往前方散射的波束的宽度，数值范围从 1~10，默认值为4

# Material :Diffuse Scattering

Diffuse scattering properties

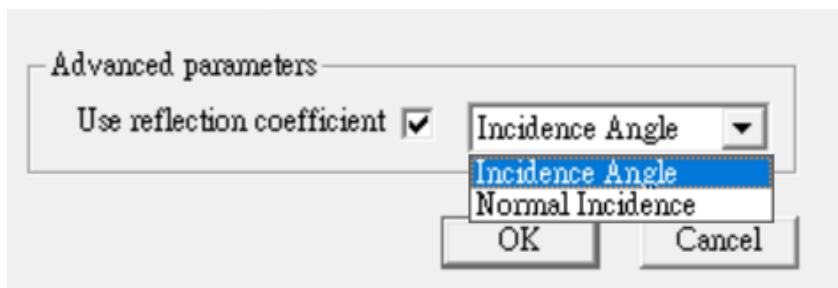
Scattering model	Directive with Backscatter
Scattering Factor	0.4
Cross-pol fraction	0.4
Alpha	4
Beta	4
Lambda	0.75

- Directive with Backscatter 模型：朝向反射的前进方向发生散射,同时朝反方向也发生散射



- Scattering Factor：代表入射的电磁场能量发生散射的比例，范围从 0 到1，软件的默认数值为 0. 4
- Cross-pol Fraction：代表散射的功率发生交叉极化的部份相对于入射电磁场的比例，范围从0到1，软件的默认数值为 0. 4
- Alpha :代表往前方散射的波束的宽度，数值范围从 1~10，默认值为4
- Beta :代表往后方散射的波束的宽度，数值范围从 1~10，默认值为4
- Lambda :代表往前与往后散射的两个波束的功率比例，数值范围从0~1，默认值为0.75

# Material :Diffuse Scattering



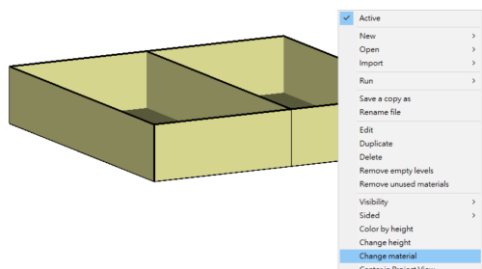
- 这个进阶选项被启用时，软件会将镜面反射的功率密度的一部分分配到散射
- 这个选项会降低发生散射之后的路径在反射部分的功率密度，如果发生透射，则透射部分的功率密度不变
- Incidence Angle：使用射线的入射角度来计算反射系数
- Normal Incidence :将入射方向视为该平面的法线方向来计算反射系数，

,

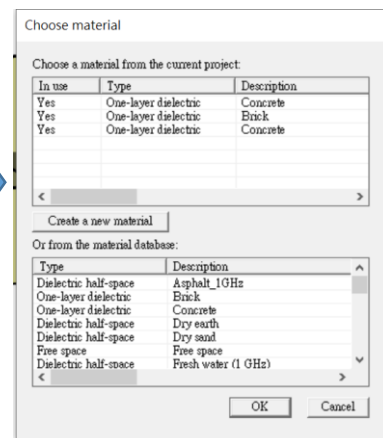
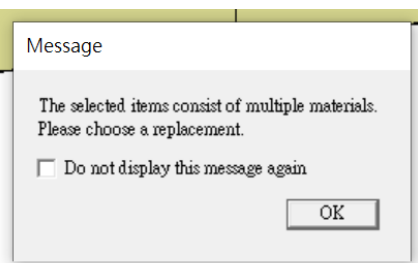
- 在现实环境中散射现象有其随机性，也跟现场的状况有关，用户在选择散射模型以及填写相关参数时，可能需要跟量测数据进行比较，来求得最准确的结果
- 散射的计算需要配合X3D StudyArea 里面的 Diffuse Scattering选项,一个模型里，必须同时有会发生散射的材料，并且在X3D StudyArea 里面要打开Diffuse Scattering选项,才会发生散射
- 散射的计算较为复杂，所以会让仿真的时间变长

# Material : Feature 相关配置

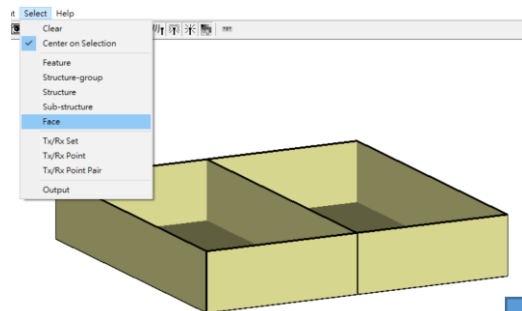
- 选择一个feature, 接着在右键菜单中选择 Change Material



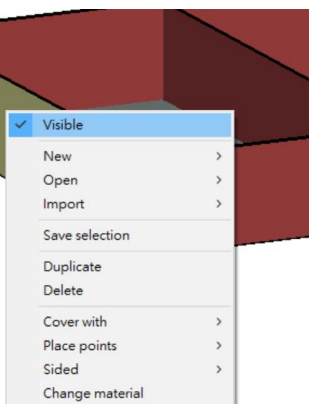
- 信息方块提醒用户改变材料可能会影响整个, Feature



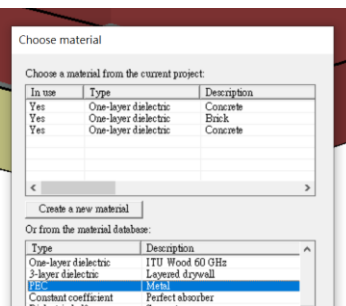
- 选取要使用的材料, 并完成修改



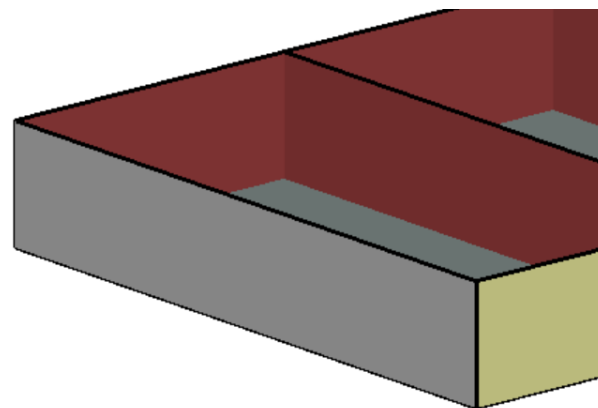
- 在Select选单中选择Face



- 用鼠标点选要改变材料的Face,再从右键菜单选择, Change Material



- 选择要在该平面上使用的材料



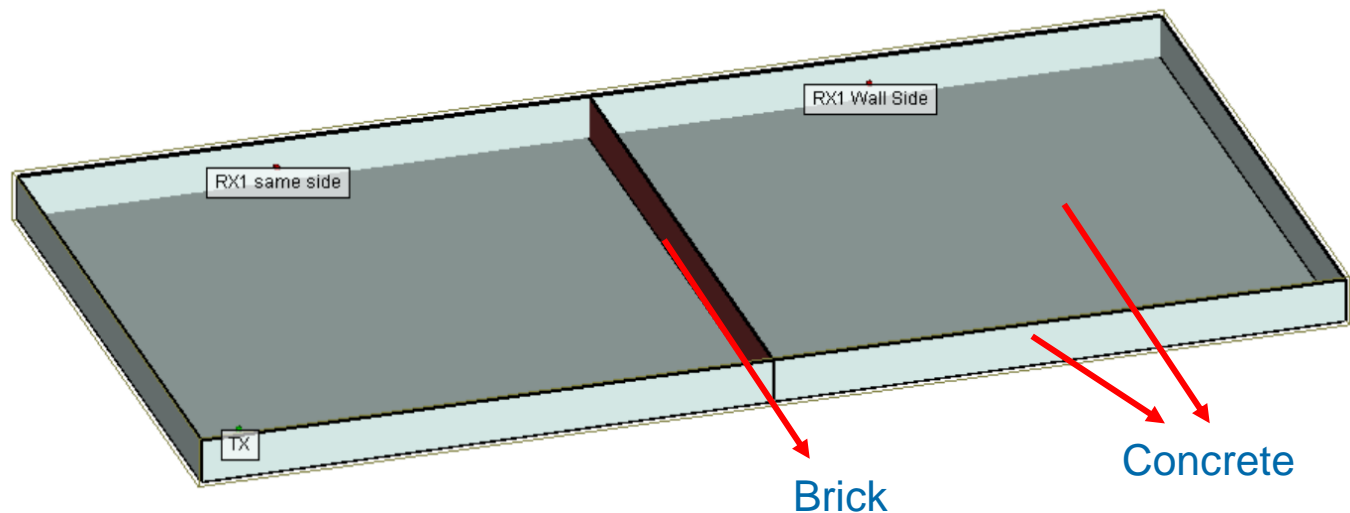
- 完成更改材料, 并且可以在 Project View窗口确认



# Material :材料对仿真的影响

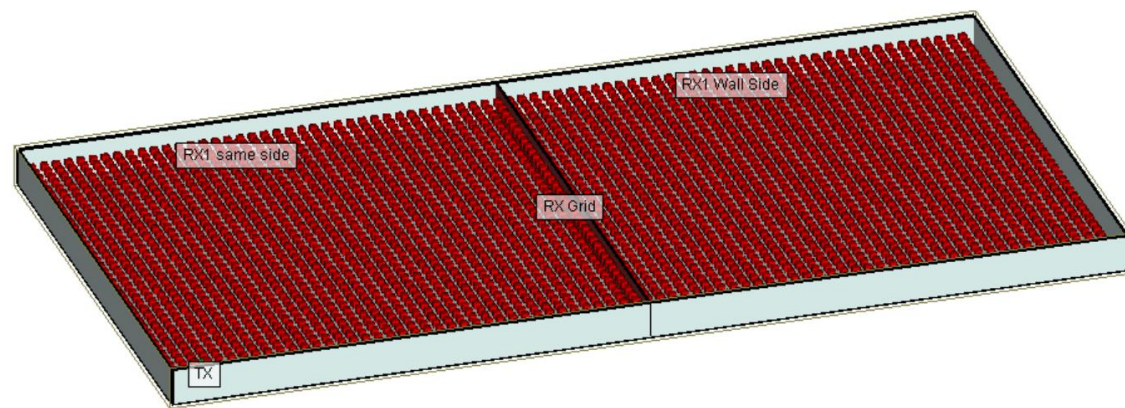
- 材料(Material)作为一个表面(Face)的属性，会最直接的影响到接触到这个表面的射线路径接下来会如何发展, 如是否发生透射或是散射
- 一个表面的材料，也会影响到接触到这个表面的路径会被消耗多少能量，进而影响接收功率等仿真结果.
- 植被类型的材料，会影响到通过植被区域的路径，大量消耗其能量.
- 以下使用范例来说明，不同的材料对路径以及仿真结果的影响

# Material :材料对仿真的影响



- 进行不同材料效果比较仿真的房间，长78米宽40米，高度为三米。
- 标准的对照组，地板，外墙，屋顶，皆为混凝土，只有中间的隔间墙是使用砖块建构的砖墙。

- 共有一个发射器(TX)，至于左下角，另外有两个点状的接收器(RX),位于房间中央的隔间墙两侧各一个,主要用来演示路径以及透射。
- 同时在房间内放置一个接收器阵列，每隔一公尺一个接收器单元，布满整个房间，用来演示整体接收功率，在不同位置的差异。





# Material :材料对仿真的影响

- 以下列出在范例之中使用的材料

名称	参数	名称	参数
标准对照组，材料为砖头 Brick	Permittivity : 4.44 Conductivity : 0.001 S/m Thickness : 0.125 m	PEC Backed Layer PEC底层多层材料	第1层 Permittivity : 4.44 Conductivity : 0.00125 S/m Thickness : 0.3 m 第2层 PEC
Free Space, 自由空间, 无隔 间墙	无	Constant Coefficient 恒定参数材料	厚度 : 0.3 m 粗糙度 : 0.02 法向反射系数 : 0.7 法向透射系数 : 0.4 切线方向反射系数 : 0.7 切线方向反射系数 : 0.4
PEC	完美导体	Dielectric Half-Space 柏油 (Asphalt)	Permittivity : 5.72 Conductivity : 0.00005 Thickness : 0.3 m 粗糙度 : 0

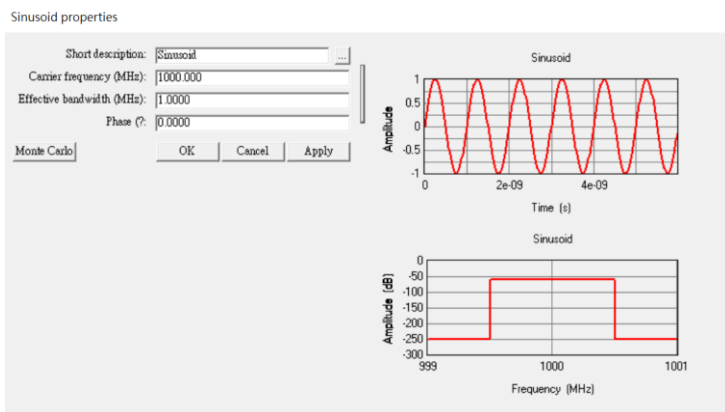
# Material :材料对仿真的影响

- 以下列出在范例之中使用的材料

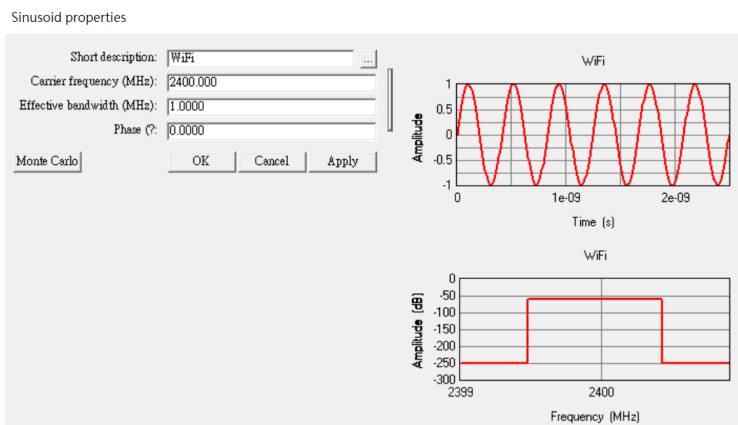
名称	参数	名称	参数
多材料构成之蒙蒂卡罗材料	1. Concrete 2. Brick 3. Glass 4. Wood	参数变化型蒙蒂卡罗材料	Permittivity : 15 Conductivity : 0.015 S/m Thickness : 0.3 m 粗糙度 : 0.01
植被	Dense deciduous forest, in Leaf 茂密的阔叶林, 未落叶		

# Material :材料对仿真的影响

- 仿真计算条件

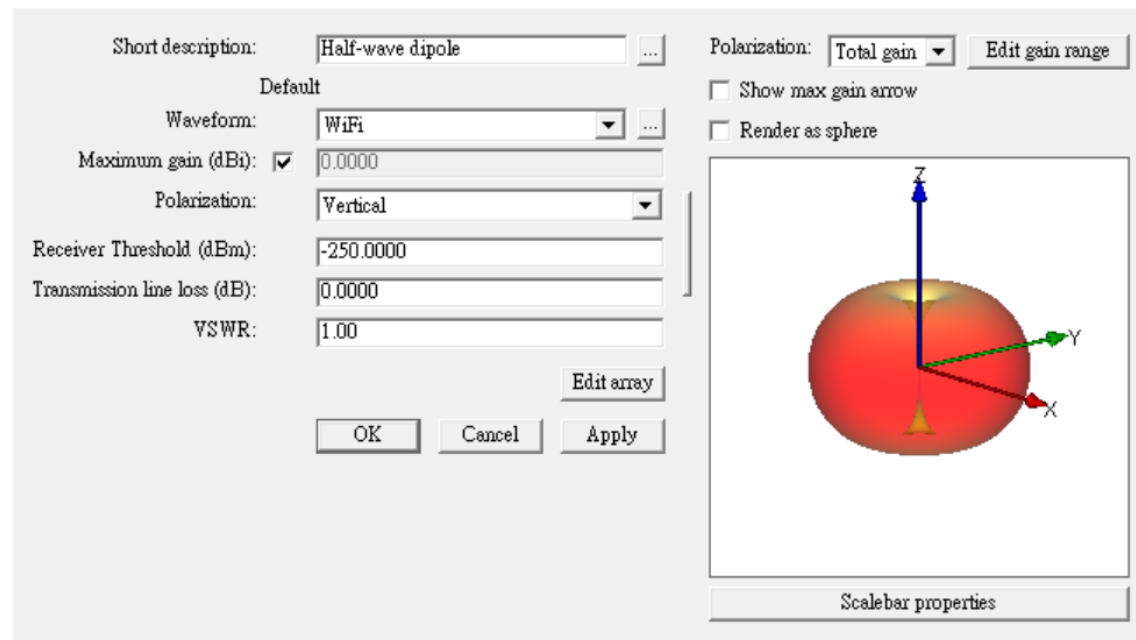


- 隔间墙模型采用之载波波形, 1GHz正弦波



- 植被模型采用之载波波形, 2.4GHz正弦波

Half-wave dipole antenna properties



- 所有天线一律采用默认之半波偶极天线

# Material :材料对仿真的影响

- 仿真计算条件

- 选择X3D传播模型, 运用GPU加速

Study area properties

Short description: Study area 1

Propagation model: X3D

Default

Ray spacing (?): ☒ 0.2500

Number of reflections: ☒ 6

Number of transmissions: ☐ 2

Number of diffractions: ☒ 1

Include Terrain Diffractions: ☐

CPU Threads: 4

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage attenuation (dB/m): 1.000

APG Enabled: ☐

MC Enabled: ☐

MPE Enabled: ☐

Diffuse Scattering Enabled: ☐

Ray Casting Limits

Partitioning and Queuing

Atmosphere

APG Acceleration

Monte Carlo

MPE

Diffuse Scattering

Output Requests

Boundary

OK Cancel

- 沿Theta以及Phi方向每0.25度发出一条射线
- 一条路径最多6次反射
- 一条路径最多2次透射
- 一条路径最多1次绕射

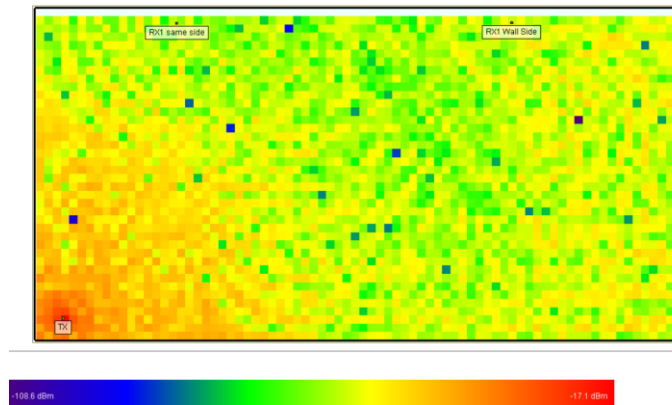
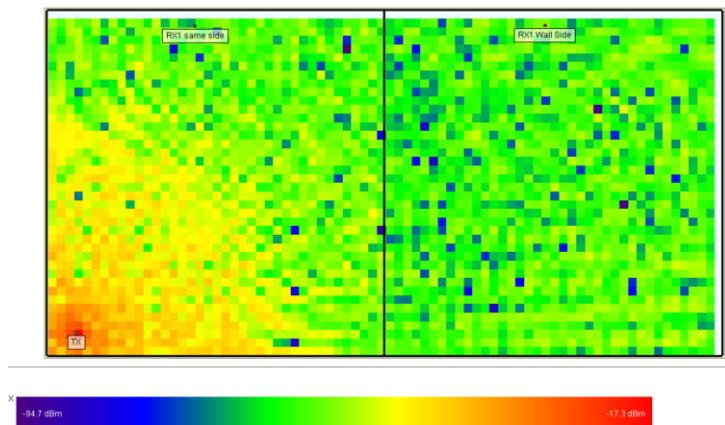
- 植被类材料计算使用的是Weissberger Model

- 需要考虑散射时勾选并加以调整设定

- 需要使用蒙地卡罗材料时勾选, 并作必要之调整

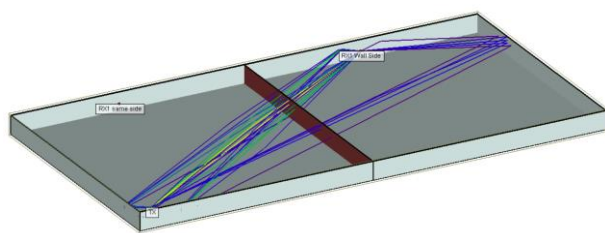
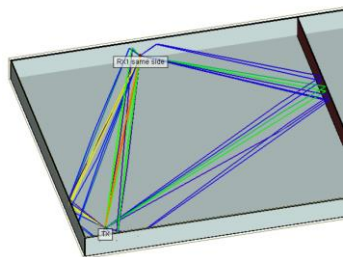
# Material :材料对仿真的影响

- 仿真结果比较



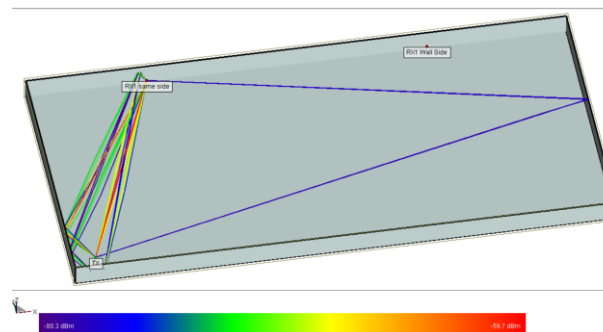
- Free Space 组接收功率

- 标准组接收功率

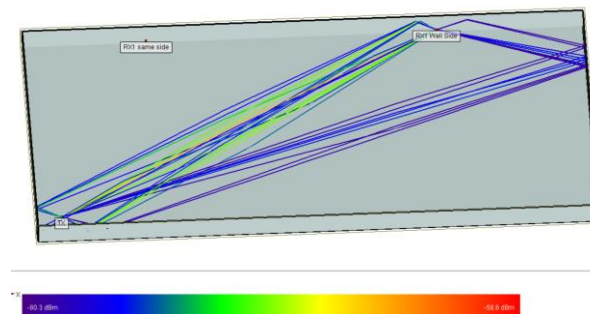


- 标准组RX1路径

- 标准组RX2路径



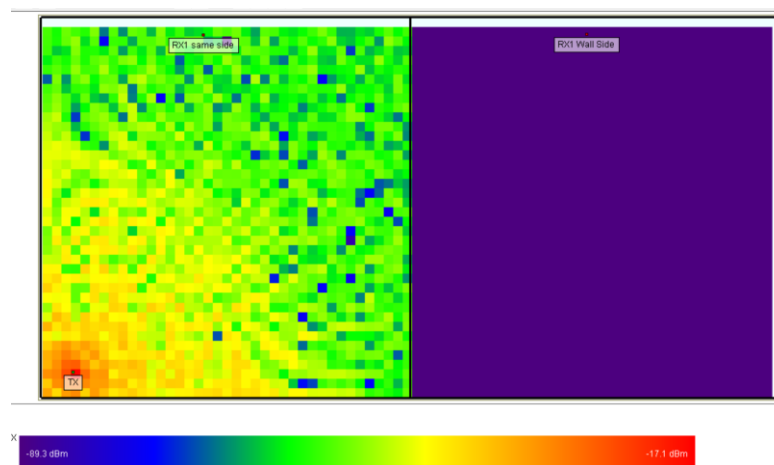
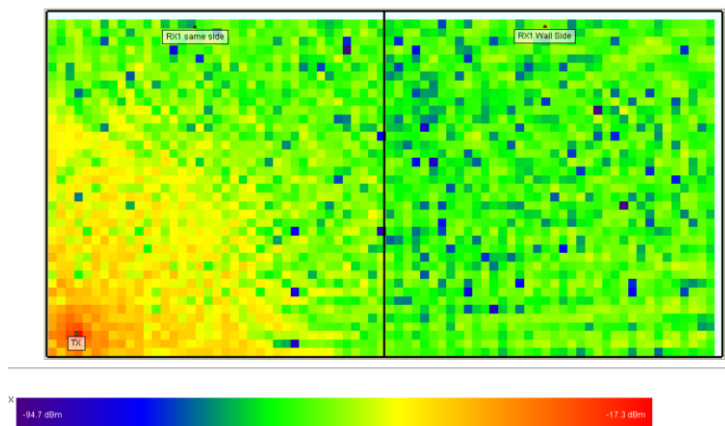
- Free Space 组RX1路径



- Free Space组RX2路径

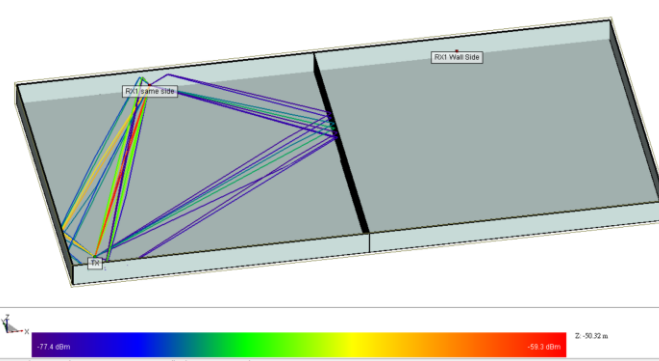
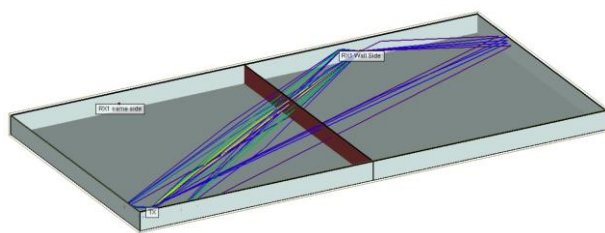
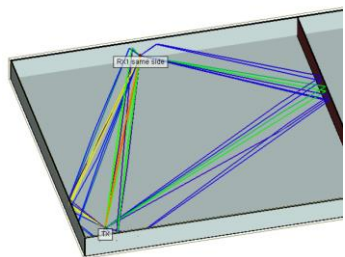
# Material :材料对仿真的影响

- 仿真结果比较



- Dielectric half space组接收功率
- 无透射，墙壁另一侧无信号

- 标准组接收功率



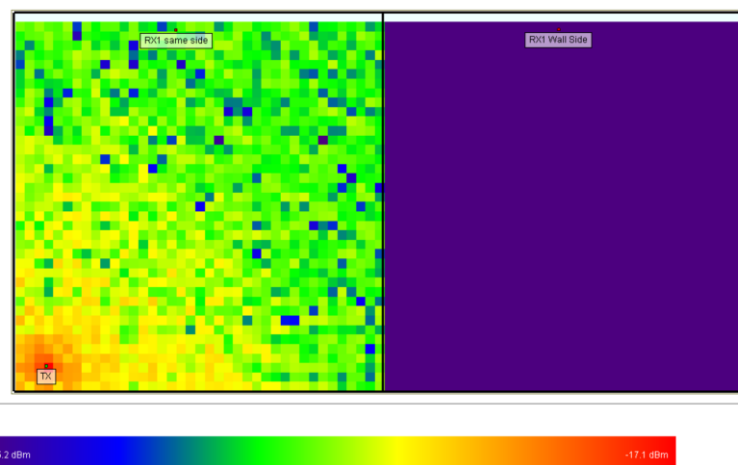
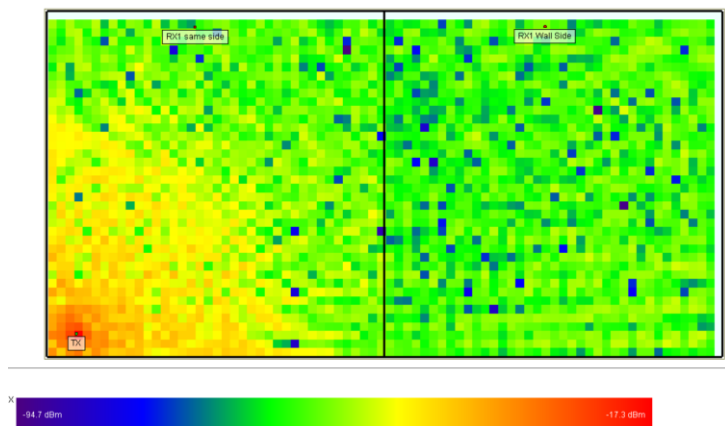
- 标准组RX1路径

- 标准组RX2路径

- Free Space 组RX1路径
- 无透射，至RX2无路径

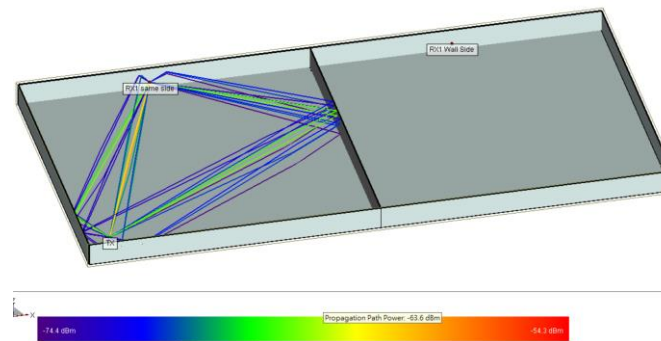
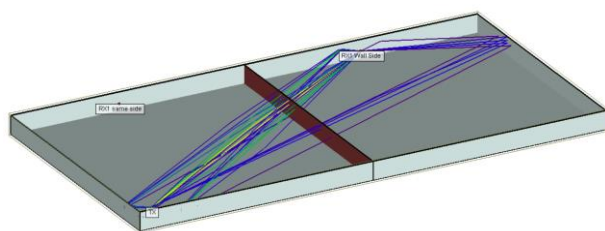
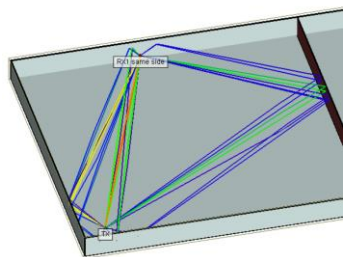
# Material :材料对仿真的影响

- 仿真结果比较



- PEC组接收功率
- 无透射，墙壁另一侧无信号

- 标准组接收功率



- 标准组RX1路径

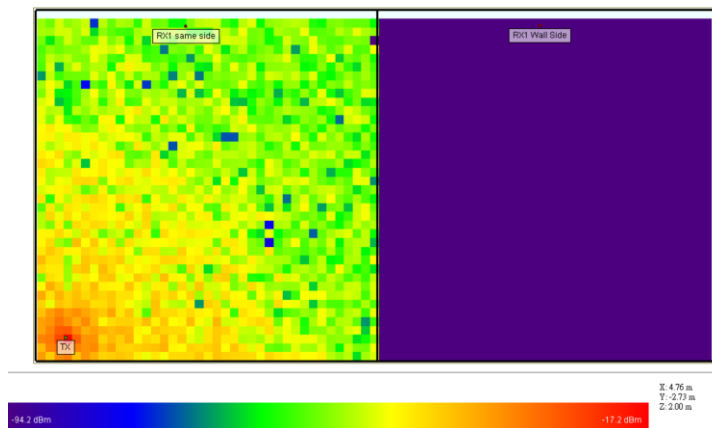
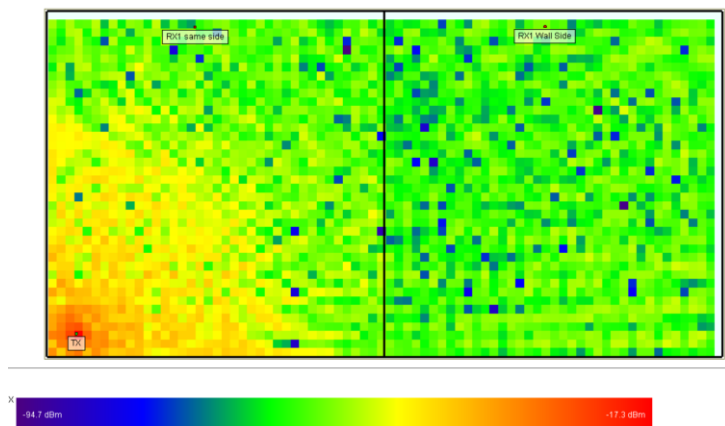
- 标准组RX2路径

- PEC组RX1路径
- 无透射，至RX2无路径



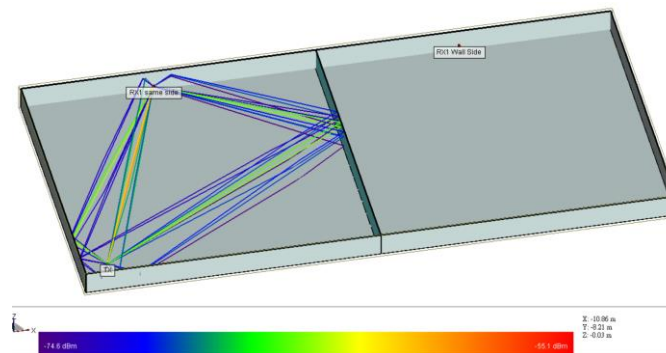
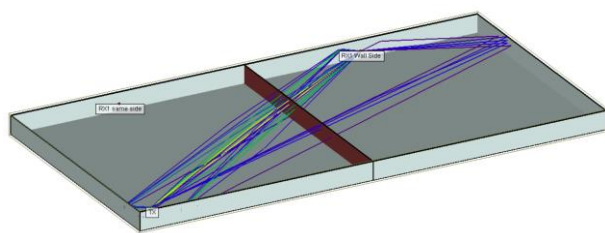
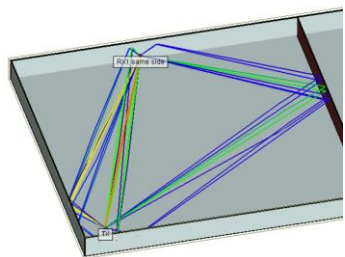
# Material :材料对仿真的影响

- 仿真结果比较



- PEC Backed layered 组接收功率
- 无透射, 墙壁另一侧无信号

- 标准组接收功率



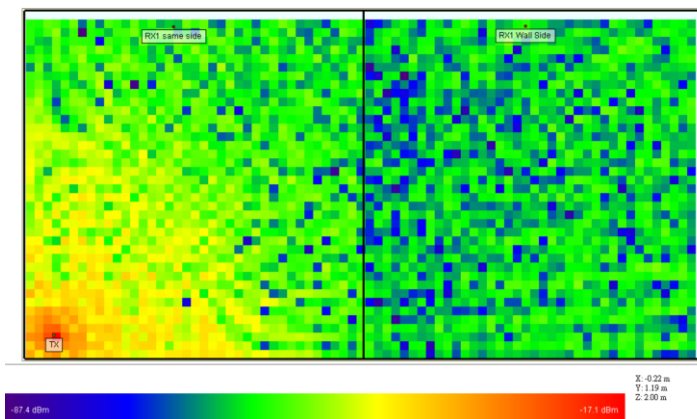
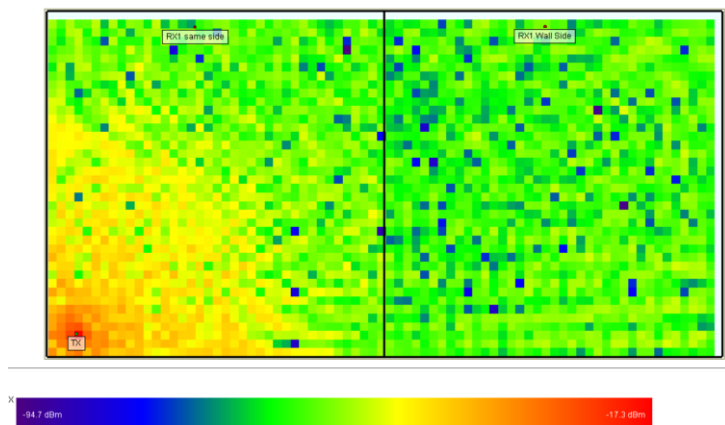
- 标准组RX1路径

- 标准组RX2路径

- PEC Backed layer 组RX1路径
- 无透射, 至RX2无路径

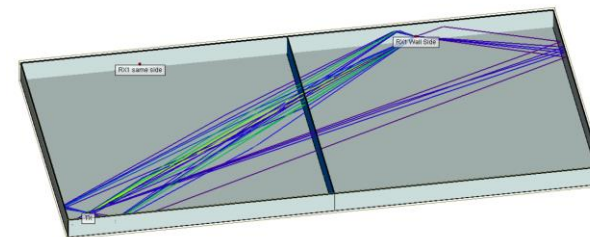
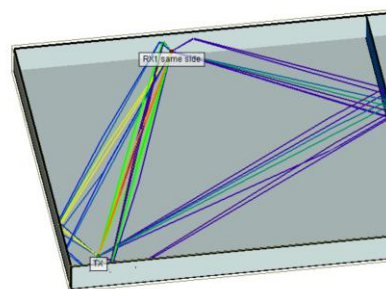
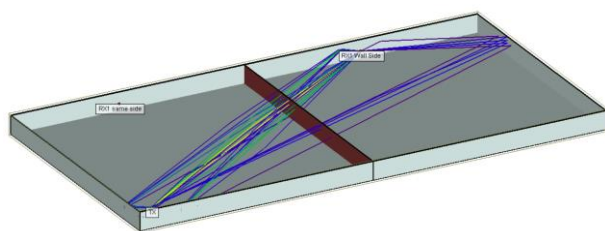
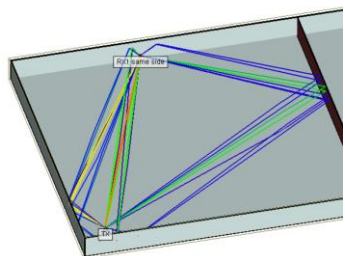
# Material :材料对仿真的影响

- 仿真结果比较



- Constant Coefficient 组接收功率

- 标准组接收功率



- 标准组RX1路径

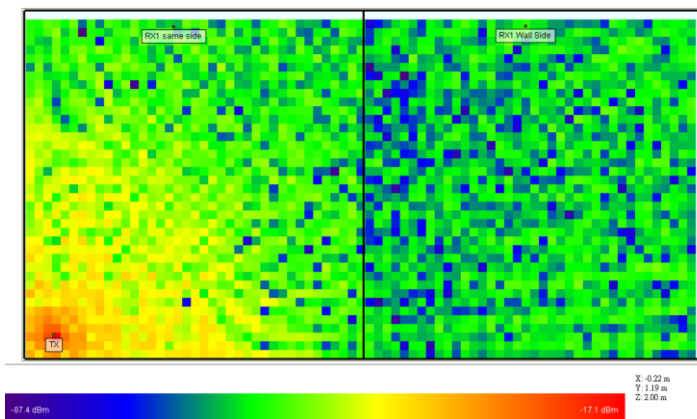
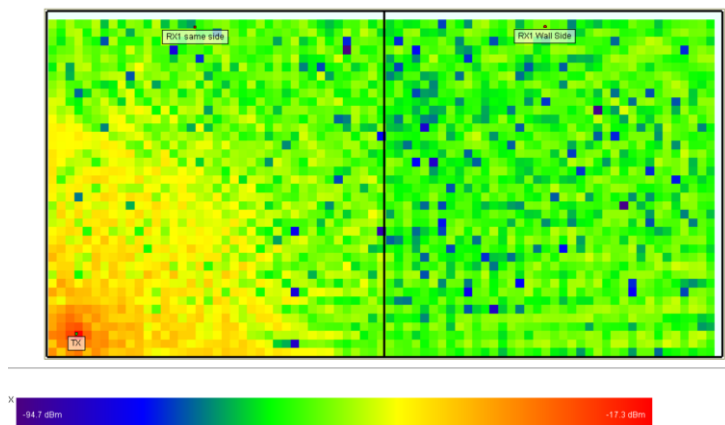
- 标准组RX2路径

- Constant Coefficient 组RX1路径

- Constant Coefficient RX2路径

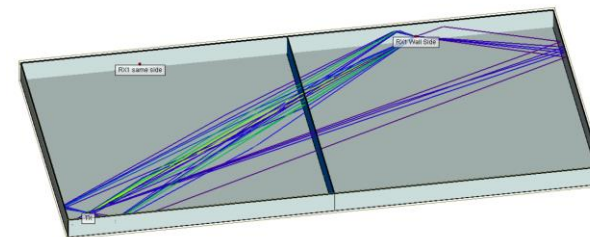
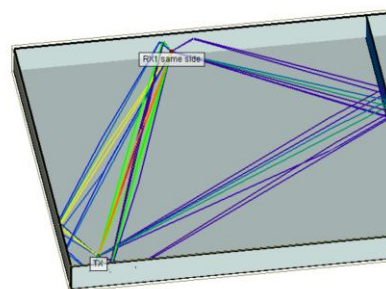
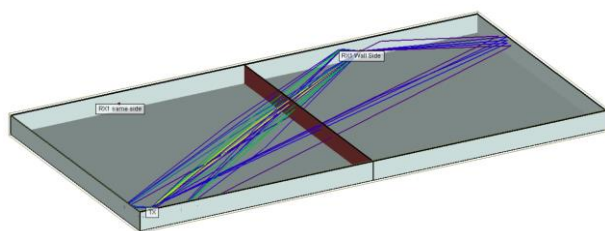
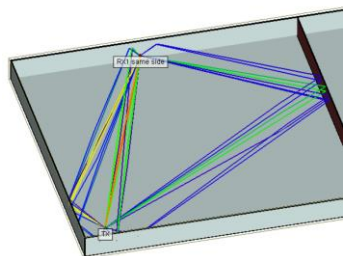
# Material :材料对仿真的影响

- 仿真结果比较



- Constant Coefficient 组接收功率

- 标准组接收功率



- 标准组RX1路径

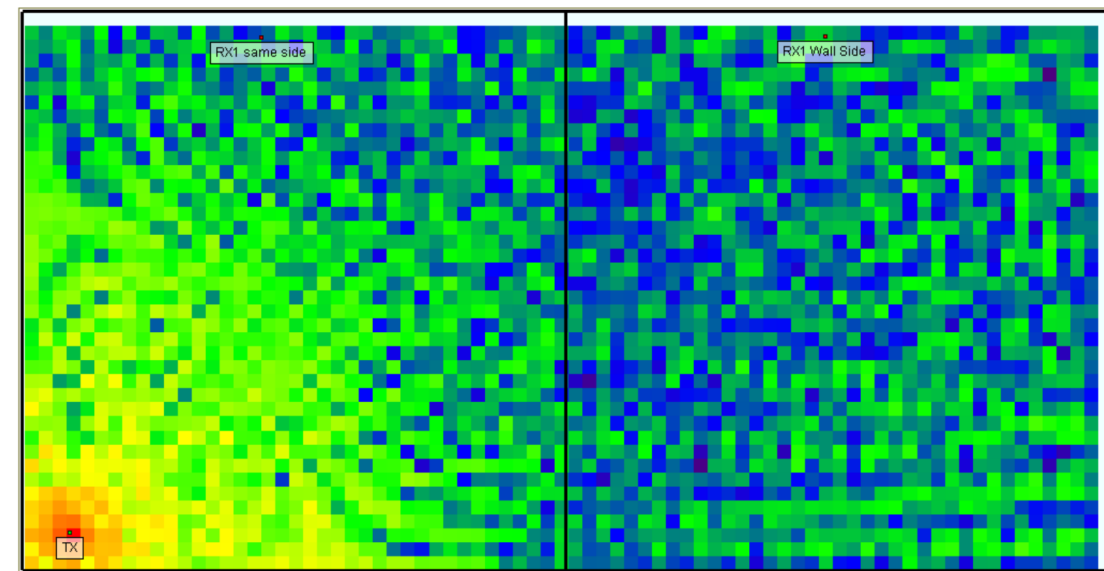
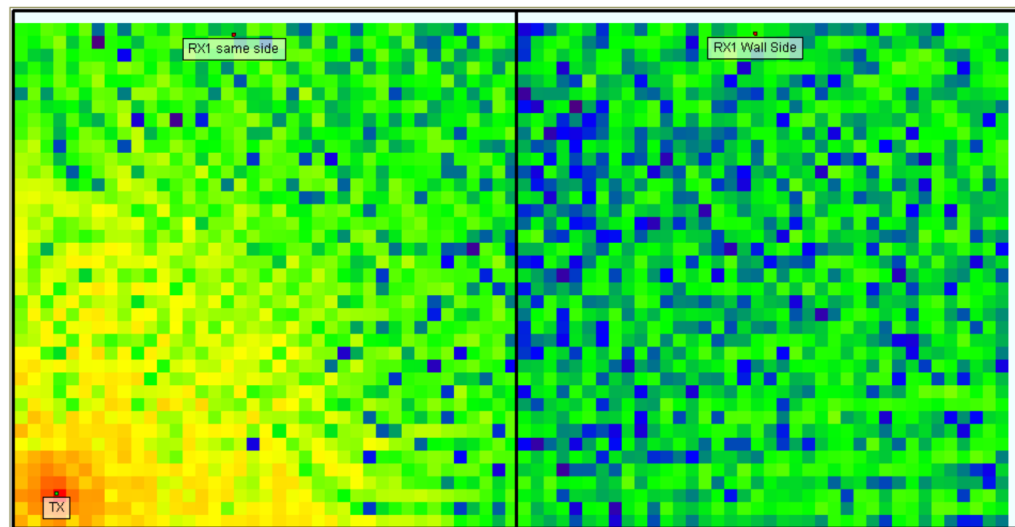
- 标准组RX2路径

- Constant Coefficient 组RX1路径

- Constant Coefficient RX2路径

# Material :材料对仿真的影响

仿真结果比较: 多材料构成之多层蒙蒂卡罗材料接收功率分布

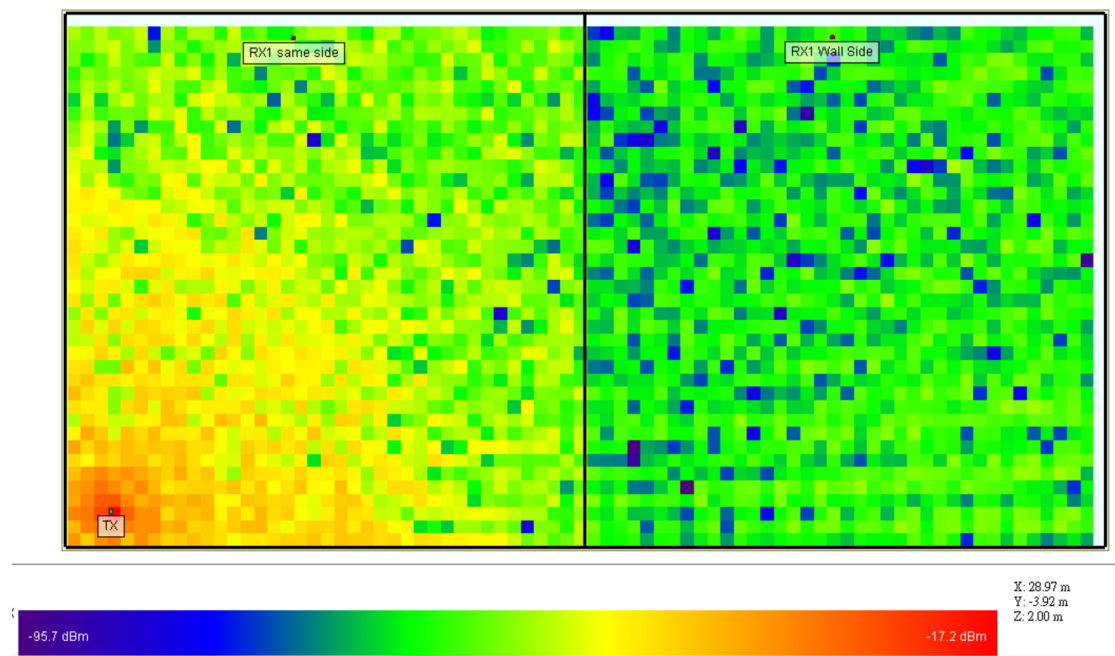


- 关闭蒙迪卡罗材料功能，以第1层材料为代表，整面墙壁视为混凝土材质

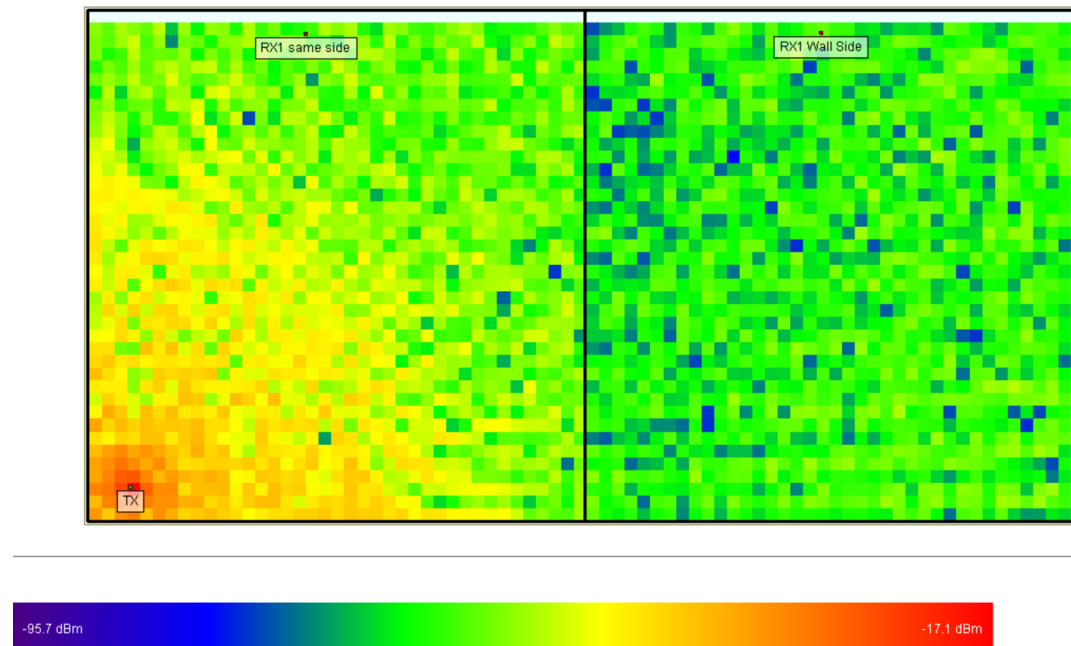
- 开启蒙迪卡罗材料功能，墙壁被视为有混凝土砖头玻璃木材等4种材料分布的一个平面

# Material :材料对仿真的影响

仿真结果比较: 多材料构成之参数变化型单层蒙蒂卡罗材料接收功率分布



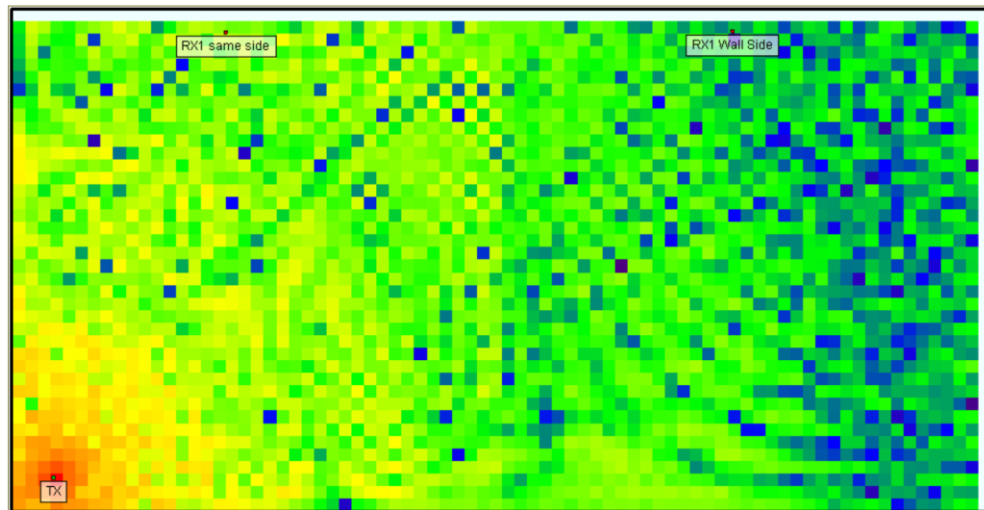
- 关闭蒙迪卡罗材料功能，介电系数等参数不变化.



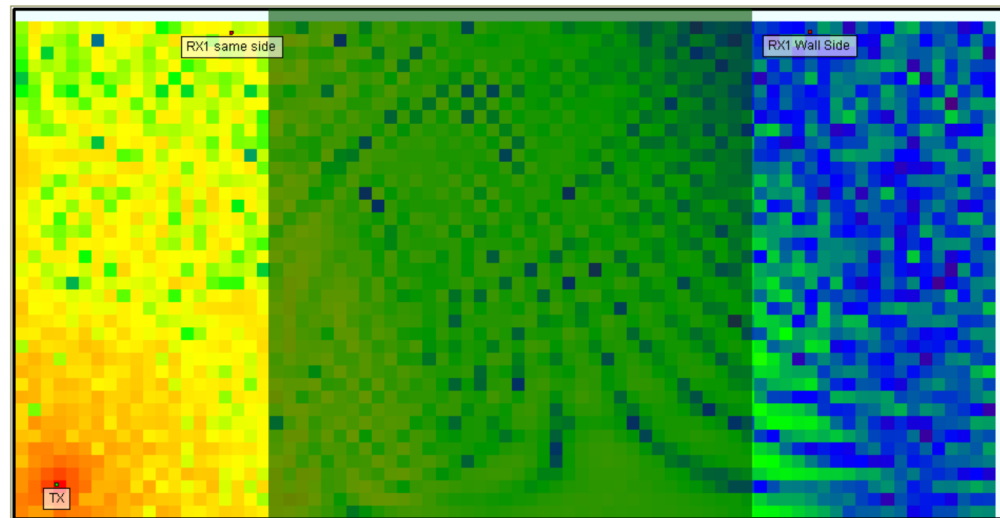
- 开启蒙迪卡罗材料功能，介电系数等参数会随着蒙迪卡罗功能设定的分布方式变化

# Material :材料对仿真的影响

- 仿真结果比较(植被，带树叶的茂密落叶林)
- 使用X3D算法模型时，会使用X3D本身自带的植被算法模型来计算，而不使用植被材料本身的参数，因而不同的植被材料参数会被忽略
- 使用Full-3D算法模型时，就会使用材料本身的参数进行计算



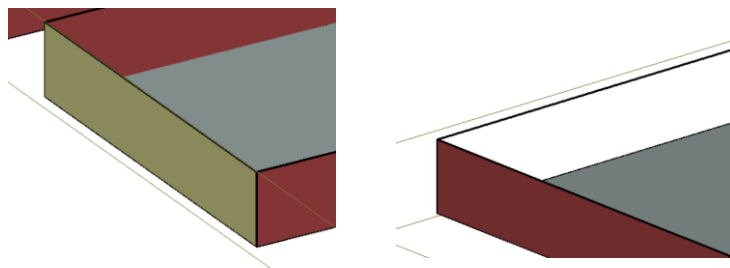
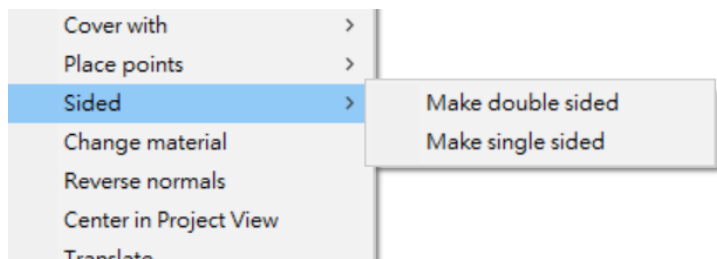
- 标准组接收功率, 2.4GHz信号



- 植被组接收功率, 2.4GHz 信号
- 植被明显的造成遮蔽

# 心得

- 材料在决定选用之后会成为模型Surface的参数。
- 射线在接触模型表面之后，材料会决定路径接下来的发展以及消耗的能量。
- 现实世界中的建材等材料种类，质量等变化都很大，并且难以在一个面上面都是均质分布，因此几乎不可能建立完全参数相同并准确的材料模型在巨观的模型场景中使用，使用在场景中的材料参数是作为一个代表值来使用。
- 可以将一个平面设定成single sided,这样一面是Freespace另一面则是原本设定的材料，可以用于特殊场合





# 联系方式

- REMCOM 公司网站：[www.remcom.com](http://www.remcom.com)
- 中国总代理：实密国际贸易 (上海)
  - 服务项目：咨询及对国内客户报价和销售
  - <http://www.schmidt-ssc.com/remcom/>
  - 邮箱：[christinama@schmidt.com.tw](mailto:christinama@schmidt.com.tw)
  - 电话：**13524674000 或 18411033831**
  - Wechat ID：CAEsoftware0822
  - Q群名称：REMCOM仿真软件信息
  - QQ群号：439531441
- 大中华区总代理：旭好有限公司
  - 服务项目：咨询及技术支持，国内客户报价销售由实密国际贸易(上海)负责
  - [www.qi-well.com](http://www.qi-well.com)
  - 邮箱 [minson@qi-well.com](mailto:minson@qi-well.com)