

Wireless Insite (4.0)

教程 简体中文版第四章 材料

- 这份教材欢迎任何有需要的用户索取，并且可以自由分享或是引用其内容
- 这份教材基于实际操作及作者的经验，尽可能写的浅显易懂不要太严肃，让读者能愉快的学习软件

Wireless Insite 4.0 材料设置

材料设置：Wireless Insite材料的观念

- 在Wireless InSite仿真场景中，所有环境特征都会被剖分成许多平面，经重建后在场景中呈现。
- 仿真场景中的材料是这些大小不一的平面的属性，它决定了电磁波与这些平面接触后可能产生的物理现象及能量损耗。
- 用户在建立环境特征时，Wireless InSite会同时对环境特征的局部或全部表面附加材料属性；用户导入的CAD文档所建立的环境特征也会被自动赋予默认材料，之后用户可自行修改材料种类或参数。
- 仿真场景中的所有表面，无论其大小或形状，都必须设置材料属性。若未完整设置，则无法进行仿真。通常这一工作大部分由软件自动完成，用户只需检查材料选用是否恰当，并修改参数即可。
- 除了蒙地卡罗材料之外，Wireless Insite 会默认所有表面皆为均质材料，每一个位置作为作用点，材料参数都相同

材料设置：Wireless Insite材料与射线跟踪算法的关系

- 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/漫反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，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

材料设置：Wireless Insite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环境特征(feature)，一个环境特征通常会由多个表面(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，有的材料不会发生透射，功率损耗等计算方式也不尽相同，数学相关的细节和公式，用户可以在，原文说明书(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,细节可以参考原文说明书(Reference Manual)附录 F 一节

Material : 材料的种类

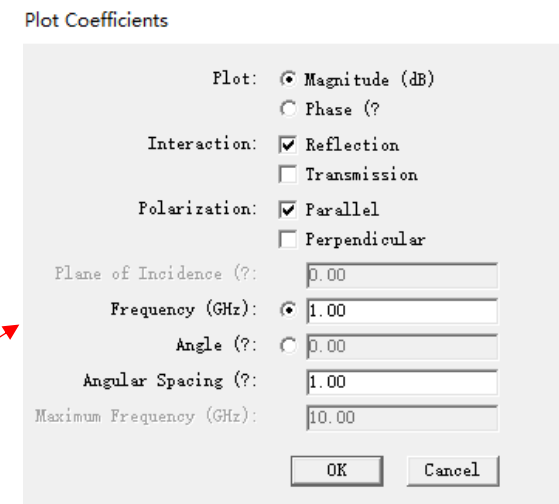
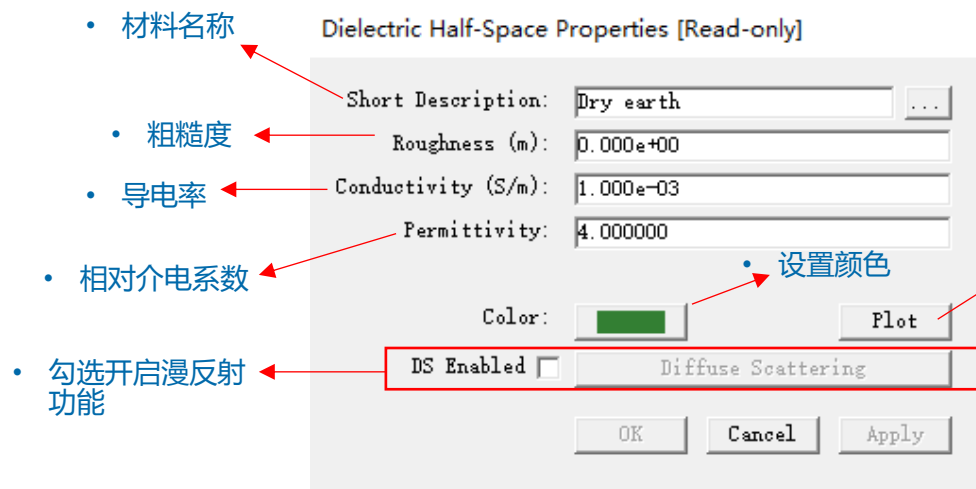
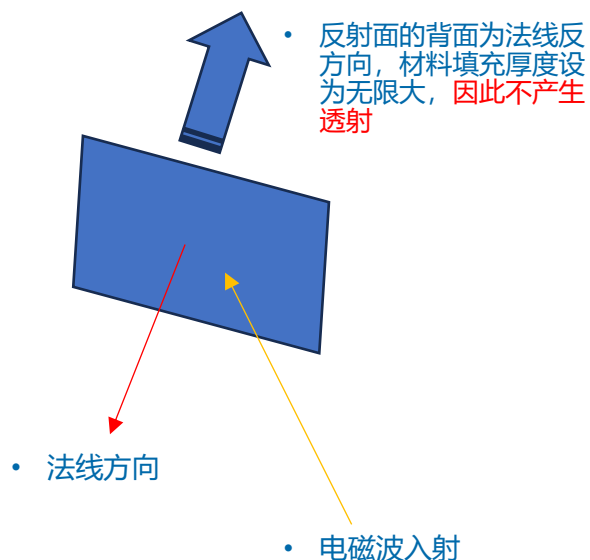
- Wireless Insite 的材料分为两大类别，分别是植被与非植被类型的材料(或称为生物材料，attenuation)，前者可以用于绝大多数环境特征，后者仅能用于植被。
- 非植被类型材料，一共有9种，包含两种额外衍生出来的蒙特卡罗(Monte Carlo)材料。
- 蒙特卡罗材料中的Multi-Material材料，代表的是一个表面可能由多种不同的材料不均匀的分布所构成，因而用一个随机性质的数学模型来描述射线在这个平面上可能接触到不同材料的现象。
- 蒙特卡罗材料中的Variable Parameter材料，代表的是介电系数，厚度，粗糙度等参数，可能会以均匀 (uniform) 分布或是正态(normal)分布的方式变化的材料。
- 无论用户选择针叶林或阔叶林等哪种植被，X3D传播模型会把所有的植被视为同一种概念化的衰减阻尼(attenuation)，传播路径穿透这种阻尼填充的区域会承受较多额外的损耗
- 材料数据库中的针叶林或阔叶林等植被材料其特性差异只在用户使用Full 3D 传播模型的时候呈现出来，用X3D的话这些材料对传播的影响则无差异

Material : 材料的种类

名称	特性
Constant Coefficient	参数不随入射角变化, 如完美吸波材料(Perfect Absorber)
Dielectric Half-Space	可以视为假设材料厚度为无限大, 不发生透射
Engineered Surface	EES材料, 用于智能反射面
Free Space	自由空间, 如打开的门洞
Frequency Dependent Layered Dielectric	参数随频率变化的多层材料
Layered Dielectric	多层介电材料
Perfect Electrical Conductor	完美导体, 可用于指代场景中金属材料
PEC Backed Layer	PEC底层材料, 最底层为PEC的多层材料, 不发生透射
User-Defined	用户自定义材料
Biophysical	主要为用于旧版Full 3D传播模型的草丛或阔叶林等植被材料
Attenuation	主要为用于新版传播模型X3D 的植被材料

Material : 半空间介电材料(Dielectric Half-Space)

- 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，最常见的是建筑物轮廓(City)类别的大楼外墙还有地形(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，**不发生透射**。



- 绘制材料参数曲线图 (Plot material parameter curve)

Material : 多层材料

- Layered Dielectric : 这是一种用有限厚度的多层材料构成的材料种类，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，发生反射时以第一层的参数做计算。

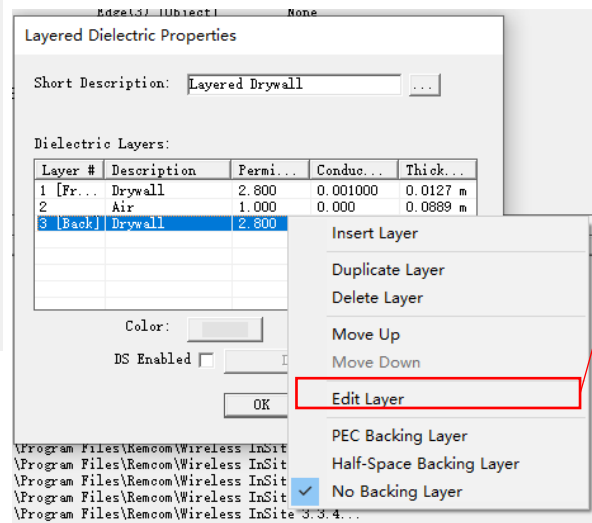
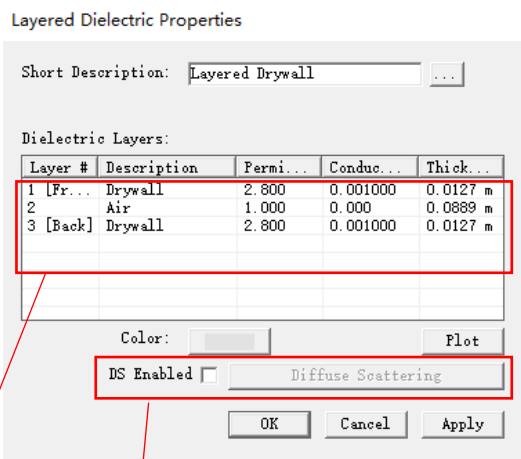
• 电磁波入射

• 电磁波透射

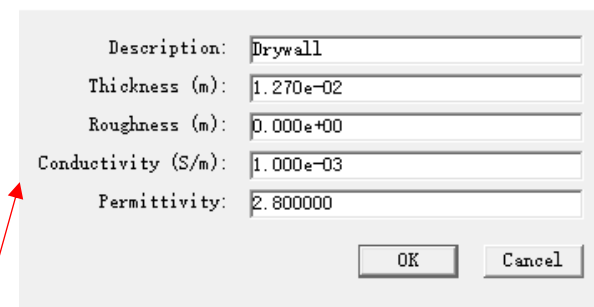
• 多层材料叠合

• 各层不同材料列表

• 勾选开启漫反射功能



Dielectric Layer Properties



- 选择Edit Layer 打开设置窗口，对该层材料参数进行编辑
- 可以修改名称，厚度，粗糙度，导电率，相对介电系数

• 打开右键菜单进行编辑

Material : 多层材料

- Layered Dielectric

Dielectric Layer Properties

Description: New Layer
Thickness (m): 3.000e-01
Roughness (m): 0.000e+00
Conductivity (S/m): 1.500e-02
Permittivity: 15.000000

OK Cancel

- 选择Insert Layer 添加新材料层
- 在弹出窗口设置材料参数及新材料层名称

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3	New Layer	15.00	0.01500	0.300 m
4 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

- 设置完成后, 新添加一层材料

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK

Insert Layer
Duplicate Layer
Delete Layer
Move Up
Move Down
Edit Layer
PEC Backing Layer
Half-Space Backing Layer
☒ No Backing Layer

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
4 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

- 选择Duplicate Layer复制一层
- 新材料层会有完全相同的参数叠加在前面

Material : 多层材料

- Layered Dielectric

Dielectric Layer Properties

Description: New Layer
Thickness (m): 3.000e-01
Roughness (m): 0.000e+00
Conductivity (S/m): 1.500e-02
Permittivity: 15.000000

OK Cancel

- 选择Insert Layer 添加新材料层
- 在弹出窗口设置材料参数及新材料层名称

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3	New Layer	15.00	0.01500	0.300 m
4 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK Cancel Apply

- 设置完成后, 新添加一层材料

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

OK

Insert Layer
Duplicate Layer
Delete Layer
Move Up
Move Down
Edit Layer
PEC Backing Layer
Half-Space Backing Layer
☒ No Backing Layer

Layered Dielectric Properties

Short Description: Layered Drywall

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thick...
1 [Fr...	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
2	Air	1.000	0.000	0.0889 m
3	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m
4 [Back]	Drywall	2.800	0.001000	0.0127 m

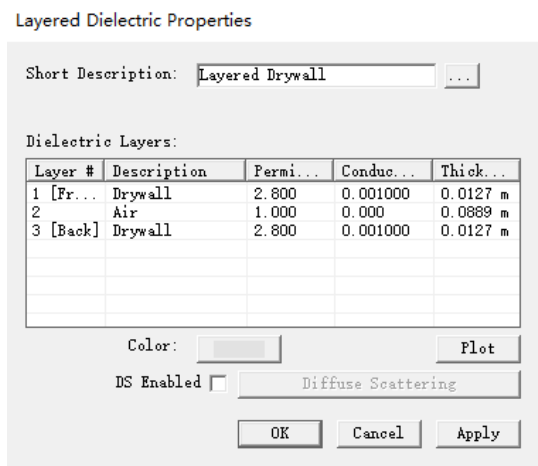
Color: Plot

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

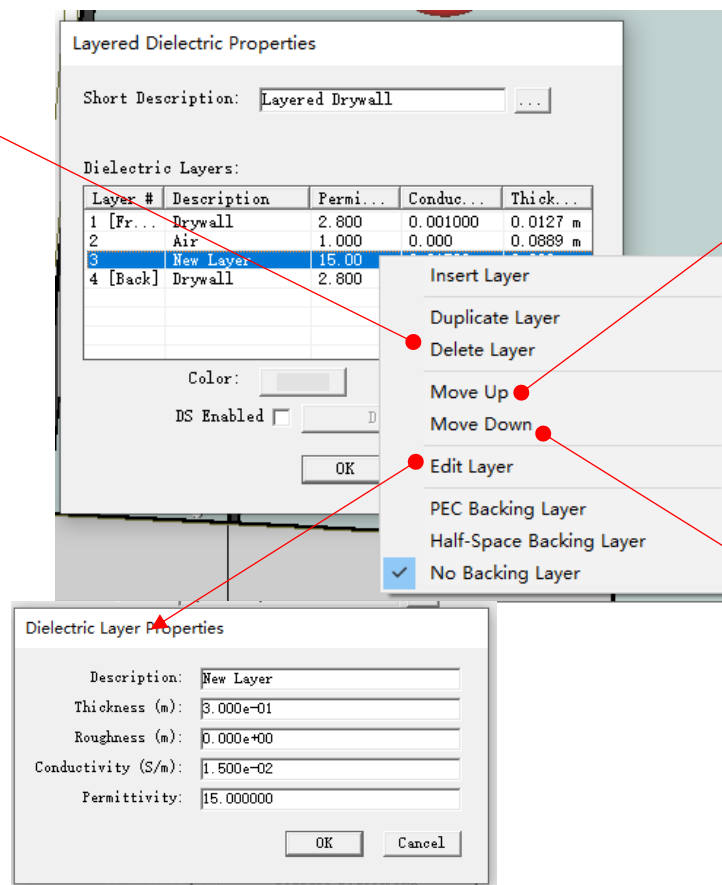
OK Cancel Apply

- 选择Duplicate Layer复制一层
- 新材料层会有完全相同的参数叠加在前面

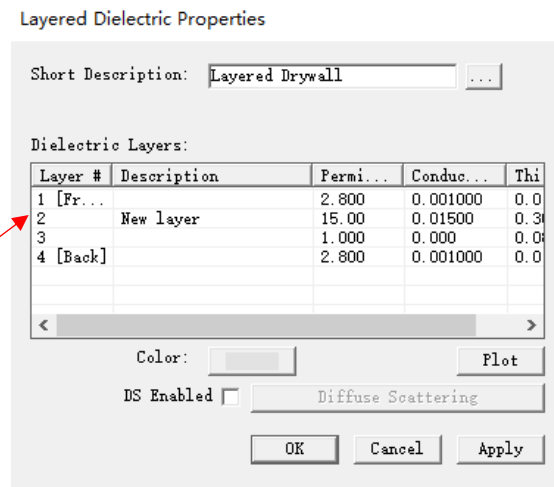
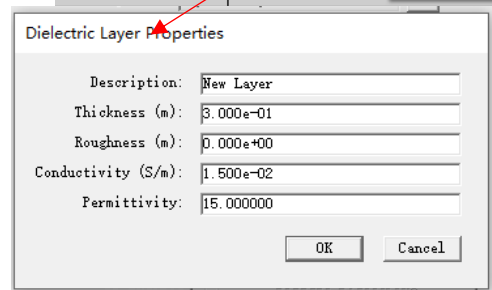
Material : 多层材料



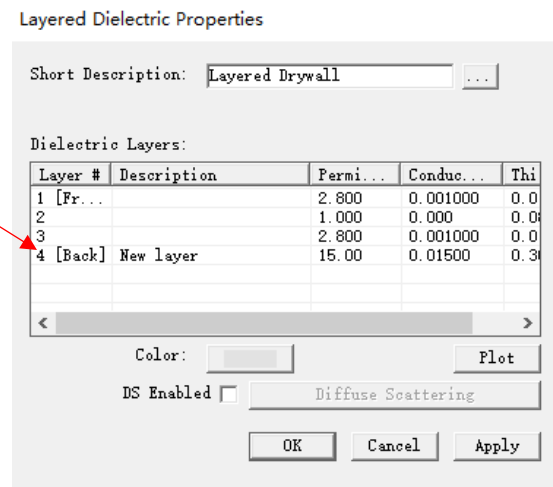
- 删除稍早添加的材料层，恢复成三层材料



- 编辑用户选择的材料层的材料参数

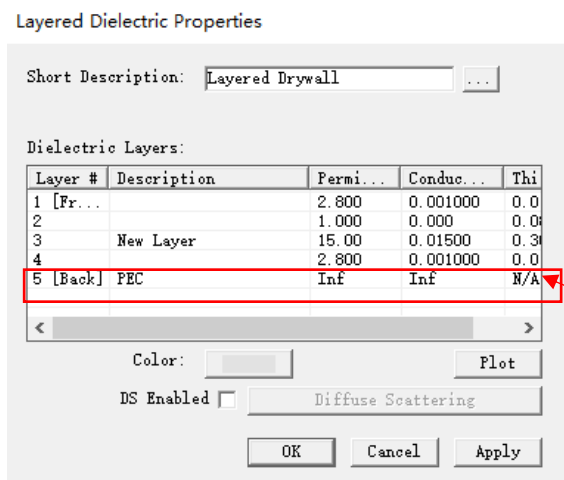


- 将新添加的材料层顺序上移

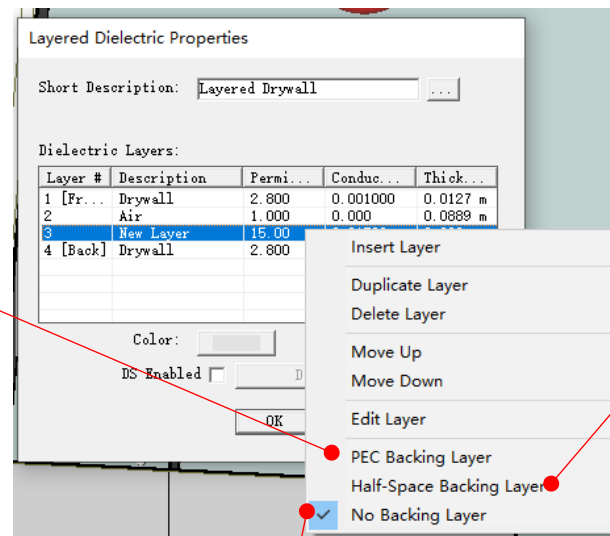


- 将新添加的材料层顺序下移

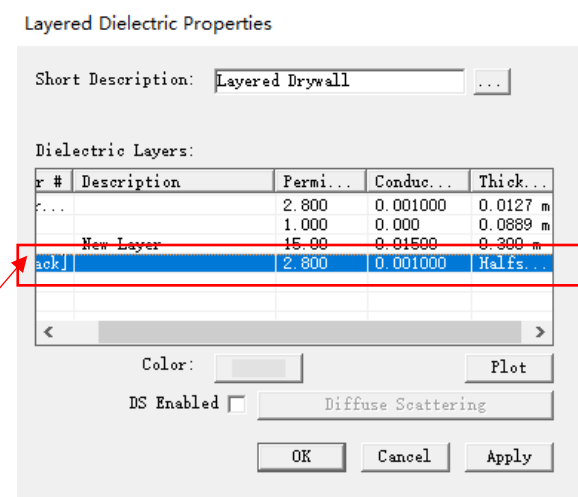
Material : 多层材料



- 在多层材料的最底层添加一层PEC材料, 起到阻挡透射的作用
- 额外添加一层材料



- 不设置PEC或Dielectric Half Space背板层



- 将最底层的材料类型改为不透射的 Dielectric Half Space, 不发生透射
- 不额外添加一层材料

Material : Constant Coefficient 材料

- 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.

Constant Coefficient Properties

Short Description: constant coeff ...

Thickness (m): 3.000e-01

Roughness: 0.000e+00

Ref. Coefficient (Parallel): 1.000000

Trans. Coefficient (Parallel): 0.000000

Ref. Coefficient (Perp.): 1.000000

Trans. Coefficient (Perp.): 0.000000

Color: 

Plot

OK Cancel Apply

Plot Coefficients

Plot: ☒ Magnitude (dB)
☐ Phase (?)

Interaction: ☒ Reflection
☐ Transmission

Polarization: ☒ Parallel
☐ Perpendicular

Plane of Incidence (?): 0.00

Frequency (GHz): ☒ 1.00
☐ 0.00

Angle (?): 0.00

Angular Spacing (?): 1.00

Maximum Frequency (GHz): 10.00

OK Cancel

- 厚度
- 粗糙度
- 水平方向反射系数/透射系数分量
- 铅锤方向反射系数/透射系数分量
- 设置代表这个材料的颜色, 便于识别
- 绘制材料参数曲线图

Material : 完美导体PEC

- PEC :设置为此材料的表面可视为理想电导体,所有能量均被其反射。透射系数为零,参数包括粗糙度和厚度。在仿真中需要良导体且损耗不重要时,通常可将此材质用作近似处理,可以用来代表不特定金属材料,不发生透射。

The image shows two dialog boxes from a software interface. The 'PEC Properties' dialog on the left has fields for 'Short Description' (Metal), 'Thickness (m)' (0.000e+00), 'Roughness' (0.000e+00), and 'Color' (blue). It also has a 'Plot' button and a 'Diffuse Scattering' section with a 'DS Enabled' checkbox. The 'Plot Coefficients' dialog on the right has a 'Plot' section with 'Magnitude (dB)' selected, an 'Interaction' section with 'Reflection' checked, a 'Polarization' section with 'Parallel' checked, and several frequency and angle parameters. Red arrows point from Chinese annotations to specific elements in both dialogs.

• 厚度

• 粗糙度

• 设置代表这个材料的颜色, 便于识别

• Diffuse Scattering漫反射选项, 勾选则这个材料会发生漫反射

Plot Coefficients

- 绘制材料参数曲线图

Material : PEC Backed Layer

- PEC Backed Layer :该材料由平面波在有限厚度介质层（其后为理想导电层）上的反射系数和透射系数定义。场始终假定入射到介质层，而非入射到PEC层。透射系数为零。该材料所需的参数包括：介电常数、电导率、粗糙度、介质层厚度以及PEC层厚度，其中PEC层厚度仅用于显示目的，不会发生透射。

$$R_{\perp} = \pm \left| \frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} \right|$$

- 参数必须为实数，因此除整体负号外，不能包含相位信息。
- 用户可以对前面的介电材料层设置参数，底层的PEC是固定存在的，用户不需做额外设置

PEC Backed Layer Properties

Short Description: PEC Backed Layer

Layer Thickness (m): 3.000e-01

Roughness (m): 0.000e+00

Conductivity (S/m): 1.500e-02

Permittivity: 15.000000

Color: 

Plot

OK Cancel Apply

Plot Coefficients

Plot: ☒ Magnitude (dB)
☐ Phase (?)

Interaction: ☒ Reflection
☐ Transmission

Polarization: ☒ Parallel
☐ Perpendicular

Plane of Incidence (?): 0.00

Frequency (GHz): ☒ 1.00

Angle (?): ☐ 0.00

Angular Spacing (?): 1.00

Maximum Frequency (GHz): 10.00

OK Cancel

• 厚度

• 粗糙度

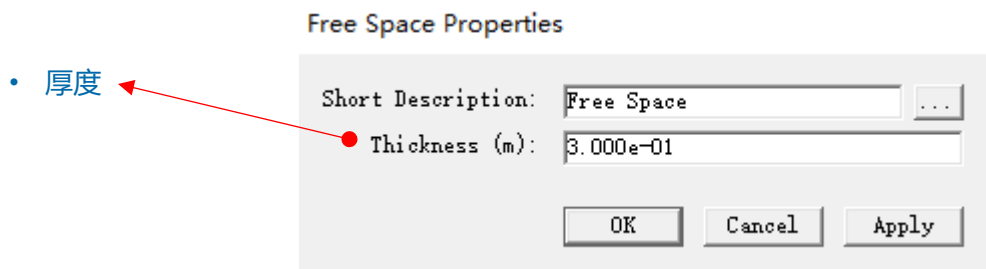
• 电导率及相对介电系数

• 设置代表这个材料的颜色，便于识别

• 绘制材料参数曲线图

Material : Free Space 自由空间

- Free Space : 此类型材料反射系数为零, 两种偏振态的透射系数均为1。
- 设置为此材料的表面会变成透明
- 可以用于特殊建模需求, 如完美吸波材料, 打开的门洞等等



Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

- 这个材料是一种多层复合材料，包含多个材料层，每一层都有其厚度和自身的电磁特性。
- 每一层的电磁特性可以定义为均匀(Uniform)，即参数不随频率改变，也可以将电磁特性定义为采样(Sampled)类型，此时需要为每一层定义一个频率表及每一个频点对应的介电常数和电导率。
- 材料中的最后一层可以定义为半空间电介质(Dielectric Half Space)，或完美导体(PEC)，就不会发生透射了。
- 表面粗糙度仅赋予最外层，镜面散射可以定义为均匀(Uniform)类型，即输入一个值并用于所有频率；也可以定义为采样(Sampled)的，此时可以定义一个频率表每个频点相应的粗糙度值，也可以设置为漫反射(Diffuse Scattering)材料。
- **Wireless InSite 的 X3D 传播模型支持频率相关的分层介电材料，使用这种材料在Study Area的传播模型必须选X3D**
- 这种材料使得频率扫描以及对多个发射频率的支持能够更轻松、更准确地进行模拟。

Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description: ...

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer	0.3 m

Scattering

Scattering Method:

Type:

Frequency Dependent Surface Roughness:

Frequency	Roughness

Color:

Plot

OK Cancel Apply

- 材料层及材料参数设置区块

- 散射参数设置区块

- 设置代表这个材料的颜色，便于识别

New Layer

Duplicate Layer

Delete Layer

Move Up

Move Down

PEC Backing Layer

Half-Space Backing Layer

☒ No Backing Layer

- 打开右键菜单进行编辑

Plot Coefficients

Plot: ☒ Magnitude (dB)
☐ Phase (?)

Interaction: ☒ Reflection
☐ Transmission

Polarization: ☒ Parallel
☐ Perpendicular

Plane of Incidence (?):

Frequency (GHz): ☒ 1.00

Angle (?): ☐ 0.00

Angular Spacing (?):

Maximum Frequency (GHz):

OK Cancel

- 绘制材料参数曲线图

Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description:

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer	0.3 m

Scattering

Scattering Method:

Type:

Frequency Dependent Surface Roughness:

Frequency	Roughness

Color:

New Layer

Duplicate Layer

Delete Layer

Move Up

Move Down

PEC Backing Layer

Half-Space Backing Layer

☒ No Backing Layer

- 选择设置底层材料
- PEC Backing Layer: 添加PEC材料为底层
- Half-Space Backing Layer: 将最底层设为半空间介质
- 不额外设置底层择选 No Backing Layer

Layer Properties

Layer Name:

Thickness (m):

Type:

Permittivity:

Conductivity (S/m):

- Type栏位选择Uniform时, 在此设置导电率及相对介电系数

• 厚度

Type:

Permittivity:

Conductivity:

Layer Properties

Layer Name:

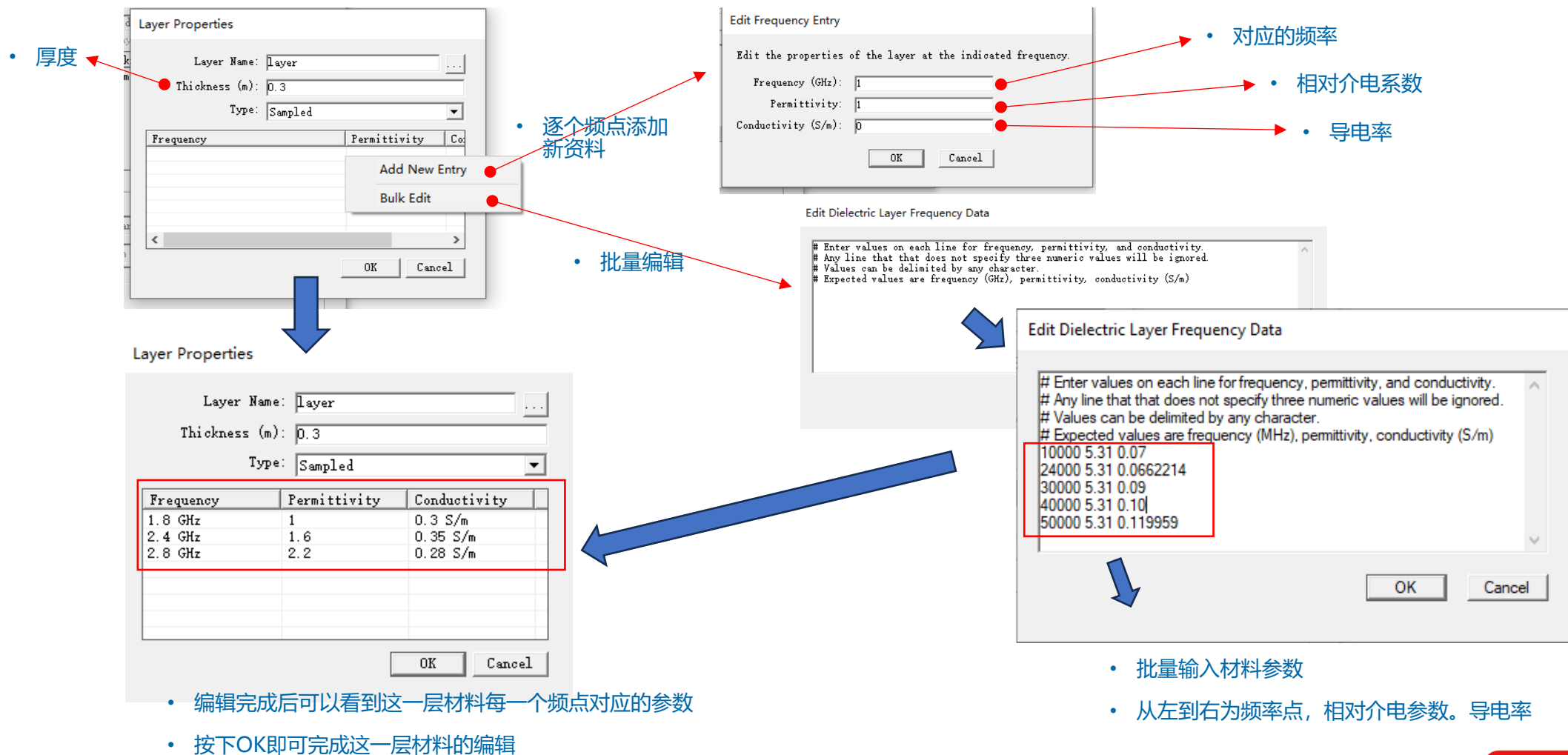
Thickness (m):

Type:

Frequency	Permittivity	Conductivity

- Type栏位选择Sampled, 依照频率设置对应不同频点的参数

Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials



Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

- 选择散射模式，有镜面散射及漫反射两种

- 镜面散射有两种模式，用粗糙度来区分
- Uniform是粗糙度不随频率改变维持固定数值
- Sampled是指(等效)粗糙度随频率改变，每个频点有一个对应数值

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description: Frequency dependent layered ...

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer1	0.3 m
layer2	0.3 m

Scattering

Scattering Method: Specular Scattering Loss

Type: Uniform

Uniform Roughness (m): 0

Color: [Dark Gray]

Plot

OK Cancel Apply

编辑后，两层材料材料层出现在表单上

Scattering Method: Specular Scattering Loss

Type: Diffuse Scattering

在菜单选择 Diffuse Scattering，设置为漫反射表面

Scattering Method: Diffuse Scattering

Diffuse Scattering Properties

Scattering Model: Lambertian

Scattering Factor: 0.4

Cross-Pol Fraction: 0.4

Alpha: 4

Beta: 4

Lambda: 0.75

Advanced Parameters

Use Reflection Coefficient ☐ Incidence Angle

OK Cancel

设置不同的漫反射模式

设为Uniform时,一致的粗糙度数值

设置标注的材料颜色

Material : Frequency Dependent Layered Dielectric Materials

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description: Frequency dependent layered ...

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer1	0.3 m
layer2	0.3 m

Scattering

Scattering Method: Specular Scattering Loss

Type: Uniform

Uniform Roughness (m): 0

Color: [Color Picker]

Plot

OK Cancel Apply

Type: Sampled

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description: Frequency dependent layered ...

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer1	0.3 m
layer2	0.3 m

Scattering

Scattering Method: Specular Scattering Loss

Type: Sampled

Frequency Dependent Surface Roughness:

Frequency	Roughness

Color: [Color Picker]

Plot

OK Cancel Apply

Edit Frequency Entry

Edit the surface roughness at the indicated frequency.

Frequency (GHz): 1

Roughness (m): 0

OK Cancel

• 每一个频点个别输入对应的(等效)粗糙度

Add New Parameter

Bulk Edit

Edit Surface Roughness Frequency Data

Enter values on each line for frequency and roughness.
Any line that does not specify two numeric values will be ignored.
Values can be delimited by any character.
Expected values are frequency (GHz), roughness (m)

Color: [Color Picker]

Plot

OK Cancel

Frequency Dependent Layered Dielectric Properties

Short Description: Frequency dependent layered ...

Frequency Dependent Dielectric Layers:

Layer	Thickness
layer1	0.3 m
layer2	0.3 m

Scattering

Scattering Method: Specular Scattering Loss

Type: Sampled

Frequency Dependent Surface Roughness:

Frequency	Roughness
2.4 GHz	0.00018 m
3.3 GHz	0.00026 m

Color: [Color Picker]

Plot

OK Cancel Apply

• 右键点击打开菜单, 输入参数

• 完成编辑, 以表单形势列出材料参数

• 批量输入材料参数

• 从左到右为频率点, (等效)粗糙度

Material : Monte Carlo Multi-Material 多材料蒙地卡罗材料

- 多材料蒙特卡罗模型允许用户是Wireless Insite 的一种特殊材料类型，这种材料为一组现有材料构成，用户定义这些现有材料为均匀分布，可用于评估一个多种随机分布可能材料构成的面对传播造成的影响。
- 列表中列出的第一种材料将视为默认材料，如果没有在Study Area启用蒙地卡罗功能，则视为该材料。
- 在将蒙特卡罗材料分配给场景中的任何平面或场景特征之前，用户需先行创建该材料。
- 用户需要在Study Area启用蒙特卡罗功能，此材料模型才会生效，在将蒙特卡罗材料分配给场景中的任何几何体之前，先行创建该材料。
- 多材料蒙地卡罗模型的材料清单**不支持**以下几种材料：
 - Free Space
 - 植被材料
 - 用户自定义材料
 - 另一种蒙地卡罗材料

Material : Monte Carlo Multi-Material 多材料蒙地卡罗材料

- 建立多材料蒙地卡罗模型材料的流程

Monte Carlo Multi-Material Properties

Short Description:

Materials Included (First Material Listed Is Used If MC Inactive)

Type	Description

Add Material Remove Material

Color:

OK Cancel

Monte Carlo Multi-Material Choose Material

Short Description:

Materials Included (First Material Listed Is Used If MC Inactive)

Type	Description

Add Material

Color:

Choose a Material From the Current Project:

In Use	Type	Description	Geometry	Diffuse Scattering...	Notes
Yes	One-Layer Dielec...	Concrete	Untitled Floor Plan ...	None	
Yes	4-layer dielectric	Layered Drywall	Untitled Floor Plan ...	None	
Yes	Constant Coeffic...	test	Untitled Floor Plan ...	N/A	
No	PEC	Metal	constant coefficient...	None	
Yes	Constant Coeffic...	constant coeff	constant coefficient...	N/A	
Yes	PEC	Metal	PEC [Object]	None	
No	Constant Coeffic...	constant coeff	PEC [Object]	N/A	

Create a New Material

Or From the Material Database:

Type	Description	Location	Notes
Dielectric Half-S...	Asphalt 1GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
One-Layer Dielectric	Brick	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
One-Layer Dielectric	Concrete	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
Biophysical	Dense deciduous forest, in Leaf	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
Biophysical	Dense deciduous forest, out of leaf	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
Attenuation	Dense foliage	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	
Biophysical	Dense Pine Forest	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4...	

OK Cancel

- 使用中材料
- 材料库的材料

- 按下Add Material按键, 开始添加材料
- 从使用中材料(上方栏位)或材料库的材料选择要使用的材料
- 也可以建立新材料作为其中一层

Monte Carlo Multi-Material Properties

Short Description:

Materials Included (First Material Listed Is Used If MC Inactive)

Type	Description
One-Layer Di...	Brick
One-Layer Di...	Concrete
One-Layer Di...	Glass

Add Material Remove Material

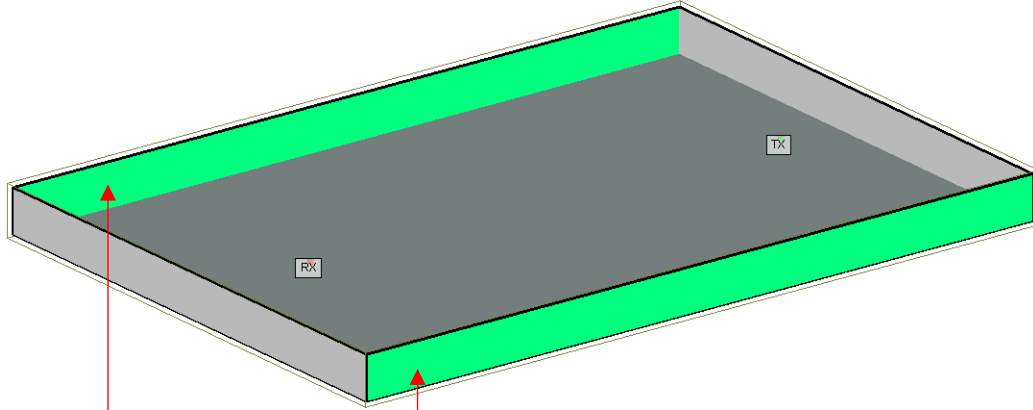
Color:

OK Cancel

- 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Study area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 : Monte Carlo Multi-Material 多材料蒙地卡罗材料



Monte Carlo Multi-Material Properties

Short Description: Monte Carol Multi material ...

Materials Included (First Material Listed Is Used If MC Inactive)

Type	Description
One-Layer Di...	Brick
One-Layer Di...	Concrete
One-Layer Di...	Glass
One-Layer Di...	Wood

Add Material Remove Material

Color:

OK Cancel

- 两面墙壁使用蒙地卡罗材料

- 使用砖，混凝土，玻璃，木材等四种材料构成蒙地卡罗材料

Study Area Properties

Short Description: Monte Carol Multi Material ...

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 8

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☒ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

Boundary

OK Cancel

- 勾选MC Enabled启用蒙地卡罗相关功能
- 传播模型必须选择X3D,同时勾选激活蒙地卡罗，蒙地卡罗材料才会起作用

Monte Carlo Properties

☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 10

OK Cancel

- 按下Monte Carlo按键设置迭代次数

Monte Carlo Properties

☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 10

Randomizer Seed: 436889312

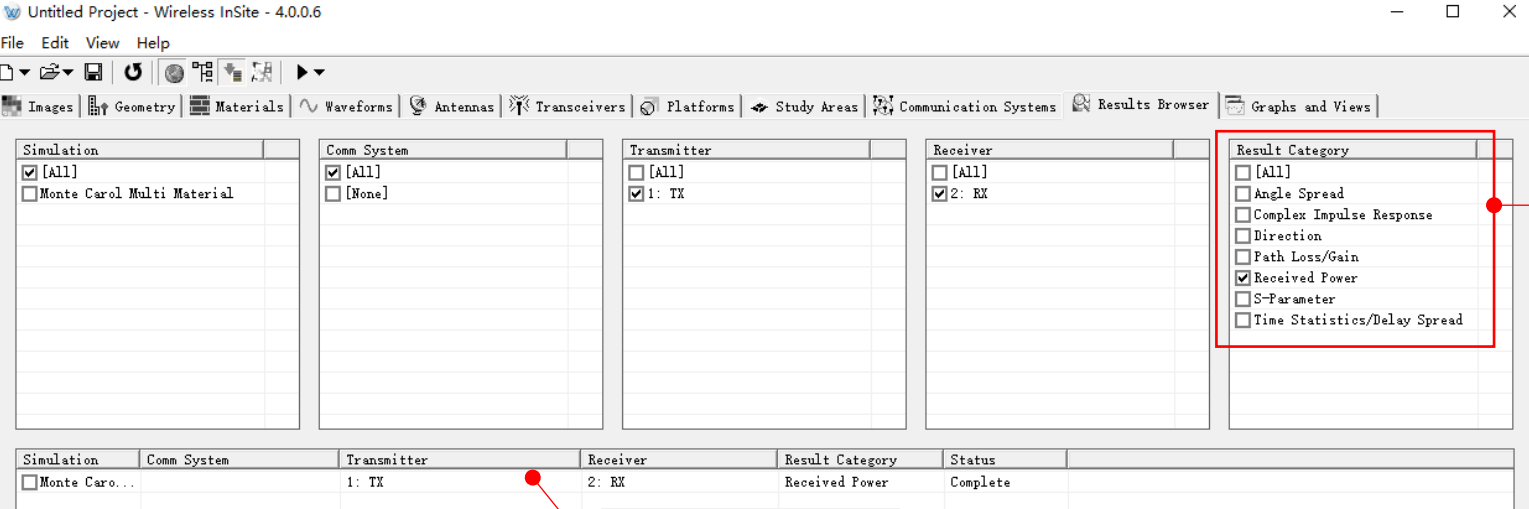
Generate New Seed

Restore Default Seed

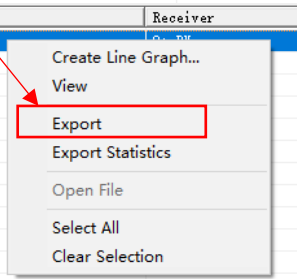
OK Cancel

- 展开设置窗口进行随机化种子相关设置

Material : Monte Carlo Multi-Material 多材料蒙地卡罗材料



- 仿真场景中有蒙地卡罗材料，同时传播模型启用蒙地卡罗功能后仿真输出会由于蒙地卡罗模型而产生变化
- 由于蒙地卡罗模型的关系，不会提供路径数据输出



	A	B	C	D	E
1	# TX --> RX				
2	# inst	tx pt	rx pt	rcvd pwr (dBm)	rcvd pwr phs (deg)
3	1	1	1	-55.1389	-27.8039
4	2	1	1	-86.807	33.3554
5	3	1	1	-56.6087	-38.7382
6	4	1	1	-58.5695	73.6311
7					

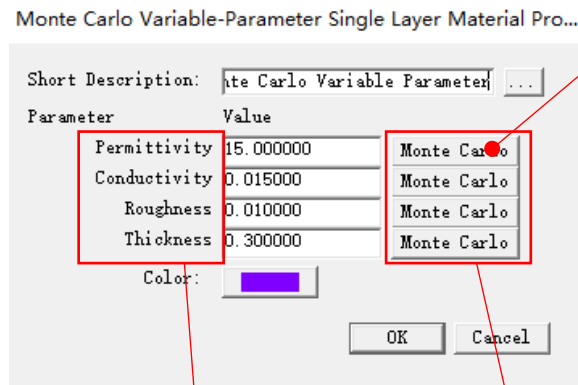
- 用户可以将输出导出为csv文档

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡罗可变参数材料

- 这个材料类别允许用户为材料的介电特性（介电常数和电导率）、厚度和粗糙度定义均匀分布或正态分布。
- 这些参数可以独立变化，也可单独或相互组合地进行调整。
- 为参数定义分布之前，必须通过勾选 “Activate Monte Carlo...” 来启用 Monte Carlo 功能。
- 勾选后，相关设置将变为可用状态，并可在 “均匀(Uniform)” 或 “正态(Normal)” 之间进行选择。
- 无论选择哪种分布，都需要确认参数的最小值和最大值。如果使用正态分布，则还必须指定均值和标准差。
- Study Area 的蒙地卡罗功能必须勾选，此材料设置才能生效

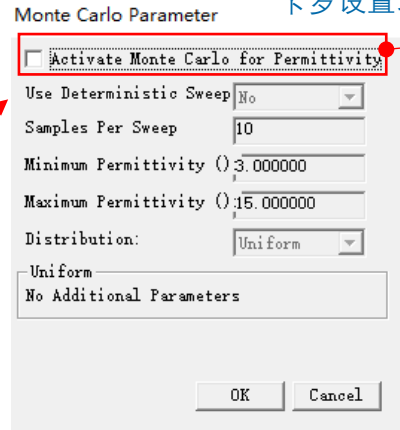
Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡罗可变参数材料

- 建立蒙地卡罗可变参数材料

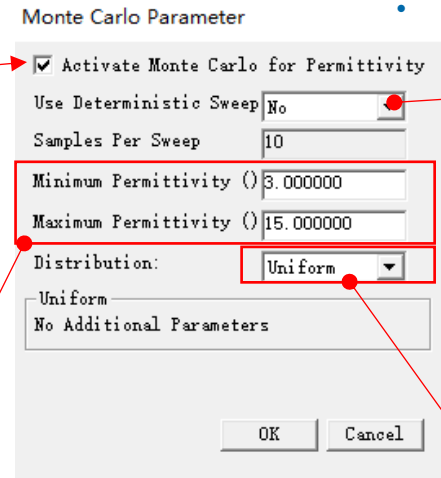


- 介电系数，导电率，粗糙度，厚度一共四个参数可以设为可变
- 用户可以都设置为可变或只挑选其中几个做设置
- 未激活蒙地卡罗功能的参数就会直接使用用户输入的数值

- 按下Monte Carlo按键，进入参数设置

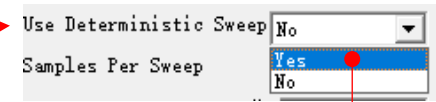


- 勾选后启用蒙地卡罗设置功能

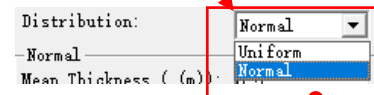
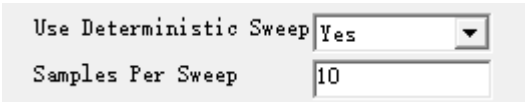


- 设置参数最大值及最小值

- 分布方式可以在uniform跟normal之间切换

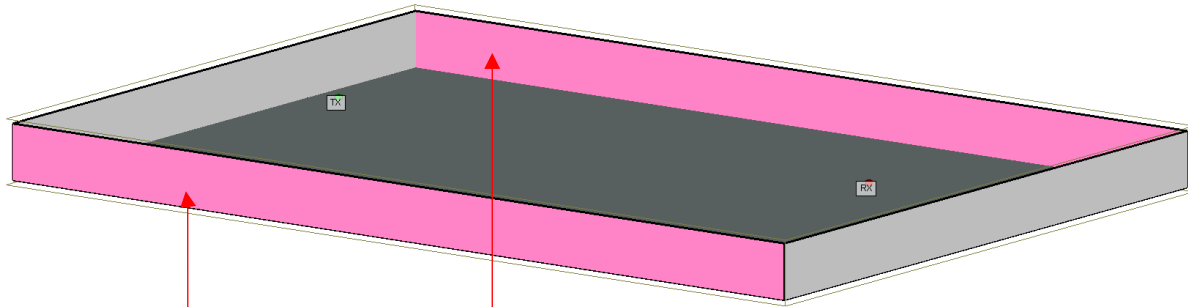


- Use Deterministic Sweep菜单选择Yes，启用确定性参数扫描
- 之后Samples per Sweep栏位用户可以自行填写样本数



- 选择normal，则需要再填入平均值及标准差

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡罗可变参数材料



Monte Carlo Variable-Parameter Single Layer Material Pro...

Short Description: 2 variables

Parameter	Value		
Permittivity	15.000000	Monte Carlo	MC
Conductivity	0.015000	Monte Carlo	MC
Roughness	0.010000	Monte Carlo	
Thickness	0.300000	Monte Carlo	

Color:

OK Cancel

- 两面墙壁使用蒙地卡罗材料

- 使用选择导电率跟加系数作为蒙地卡罗材料的可变参数

Study Area Properties

Short Description: Monte Carlo Multi Material

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 8

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☒ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

Boundary

OK Cancel

- 勾选MC Enabled启用蒙地卡罗相关功能
- 传播模型必须选择X3D,同时勾选激活蒙地卡罗, 蒙地卡罗材料才会起作用

Monte Carlo Properties

☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 10

OK Cancel

- 按下Monte Carlo按钮设置迭代次数

Monte Carlo Properties

☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 10

Randomizer Seed: 436889312

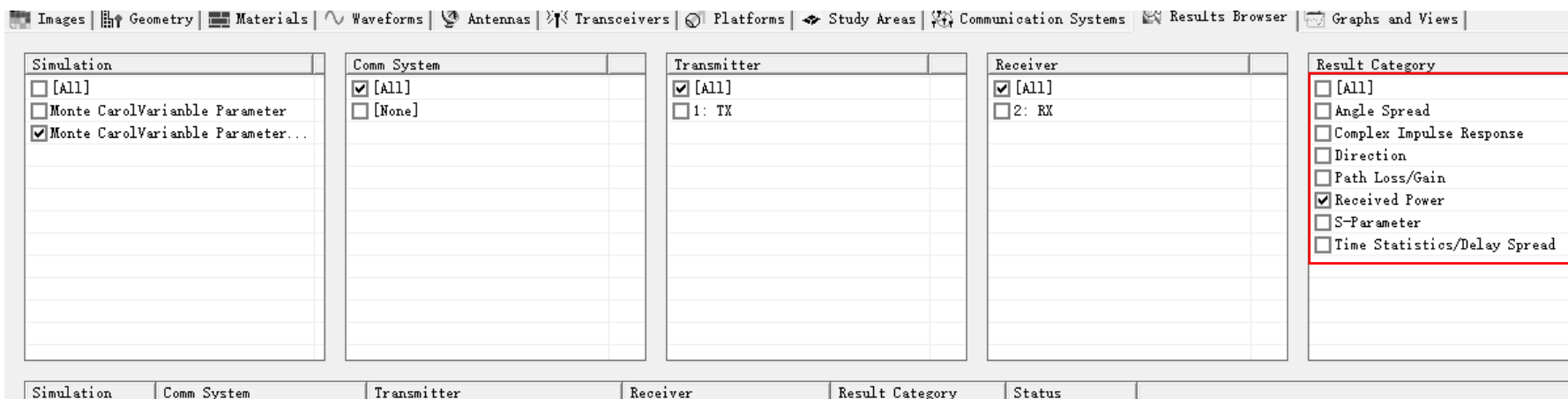
Generate New Seed

Restore Default Seed

OK Cancel

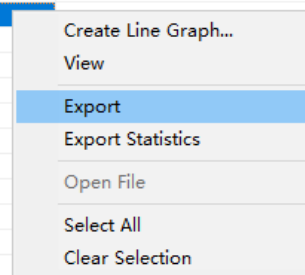
- 展开设置窗口进行随机化种子相关设置

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡罗可变参数材料



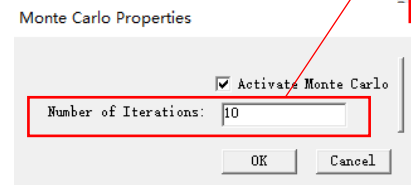
- 仿真场景中有蒙地卡罗材料，同时传播模型启用蒙地卡罗功能后仿真输出会由于蒙地卡罗模型而产生变化
- 由于蒙地卡罗模型的关系，不会提供路径数据输出

Simulation	Comm System	Transmitter	Receiver	Result Category	Status
☒ Monte Carlo...		1: TX	2: RX	Received Power	Complete



- 用户可以将输出导出为csv文档

A	B	C	D	E
# TX --> RX				
# inst	tx pt	rx pt	rcvd pwr (dBm)	rcvd pwr phs (deg)
1	1	1	-57.7233	13.1278
2	1	1	-56.5772	-13.1886
3	1	1	-73.4999	-47.8247
4	1	1	-57.6572	-38.2795
5	1	1	-64.4703	-58.6324
6	1	1	-62.3918	-55.4762
7	1	1	-71.0071	100.09
8	1	1	-62.471	65.7419
9	1	1	-57.5455	-32.7859
10	1	1	-62.0514	76.8066



- 输出数据例数与迭代数相关
- 迭代10次则输出10例

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡罗可变参数材料

Study Area Properties

Short Description: Monte Carol Multi Material ...

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 8

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☒ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

Boundary

OK Cancel

A	B	C	D	E	F
# TX --> RX					
# inst	tx pt	rx pt	rcvd pwr (	rcvd pwr (	
1	1	1	-62.4878	-55.3033	
2	2	1	-65.4607	4.9793	
3	3	1	-62.4878	-55.3033	
4	4	1	-55.5674	-43.6811	
5	5	1	-55.5674	-43.6811	
6	6	1	-55.6765	-26.1461	
7	7	1	-60.2009	112.854	
8	8	1	-55.6765	-26.1461	
9	9	1	-95.6527	-65.1551	
10	10	1	-95.6527	-65.1551	

- Study Area中设置迭代10次
- 仿真输出输出10例

Monte Carlo Properties

☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 10

OK Cancel

Study Area Properties

Short Description: Monte Carol Multi Material ...

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 8

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☒ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

Boundary

OK Cancel

A	B	C	D	E
# TX --> RX				
# inst	tx pt	rx pt	rcvd pwr (	rcvd pwr (
1	1	1	-67.0072	27.7965
2	2	1	-59.4459	-42.3737
3	3	1	-56.7974	-27.1129
4	4	1	-55.0725	-4.42302
5	5	1	-60.3784	-48.5093
6	6	1	-77.4818	26.817
7	7	1	-57.1382	-34.8658
8	8	1	-72.5679	-3.17654
9	9	1	-58.7855	-38.5326
10	10	1	-57.4372	-38.5234
11	11	1	-72.8121	98.9206
12	12	1	-61.3641	-52.6781
13	13	1	-57.2617	-15.9809
14	14	1	-58.4869	27.617
15	15	1	-54.9488	11.0868
16	16	1	-55.6565	5.87734
17	17	1	-56.0757	-11.3194
18	18	1	-68.347	-90.7191
19	19	1	-58.1061	29.9112
20	20	1	-56.2902	-17.4834

- Study Area中设置迭代20次
- 仿真输出输出20例

Monte Carlo Properties

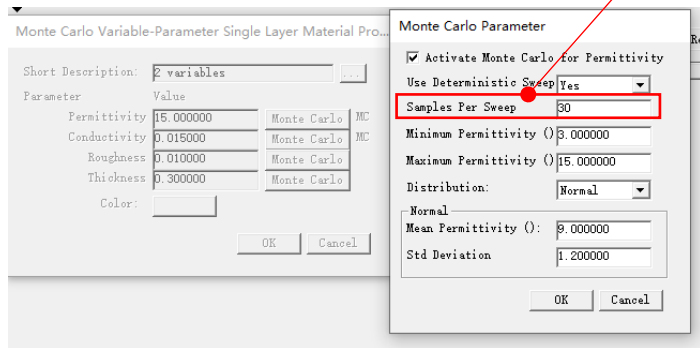
☒ Activate Monte Carlo

Number of Iterations: 20

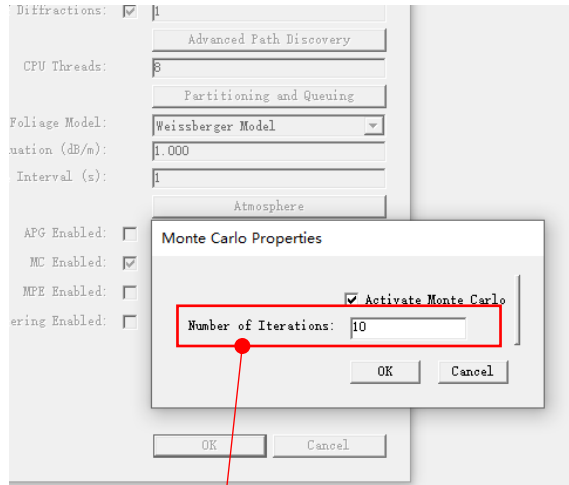
OK Cancel

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡罗可变参数材料

- 每次扫描样本设为30个



- 选择Use Deterministic Sweep(确定性参数扫描)需要填写每一次的样本数量
- Study Area迭代次数也要一并调整
- 如果Study Area的迭代次数未正确设置, 仿真时会反馈警告信息



- 迭代次数设为10次

```
Start Time: 14:41:52 7/22/2026

wibatch version 4.0.0.6 - r93101
Built with Microsoft Visual Studio 1900
Built with Qt 4.8.7
Using Qt 4.8.7

2026.07.22 14:41:52.147 Hostname: MSI (pid: 37116)
2026.07.22 14:41:52.148 Set working directory: D:/Sandbox/Monte Carlo Variable Parameter simple ro
2026.07.22 14:41:52.160 ?? ?? 22 14:41:52 2026

2026.07.22 14:41:52.320 OptiX Runtime version = 60801
2026.07.22 14:41:52.320 CUDA Runtime version = 9.2
2026.07.22 14:41:52.320 CUDA Driver version = 11.4
2026.07.22 14:41:52.320 GPU device #0: [NVIDIA GeForce RTX 3060 Laptop GPU], 8.6 capability, 30 to

2026.07.22 14:41:52.346 Initializing X3D model

2026.07.22 14:41:52.364 Added 0 route and 0 snapshot platforms.
2026.07.22 14:41:52.364 Processing geometry (8 CPU threads)
2026.07.22 14:41:52.364 Loaded geometry: ./basic room.X3DGeometry.cache

2026.07.22 14:41:52.364 Generating transmitter and receiver sets
2026.07.22 14:41:52.365 Auto Collection Radius = 0.269777m
2026.07.22 14:41:52.378 Generating Monte Carlo scenarios
WARNING: 2026.07.22 14:41:52.378 Could not sample - "numberOfRuns" too small.
2026.07.22 14:41:52.378 numberOfRuns = 10
2026.07.22 14:41:52.378 Expected runs = 300
2026.07.22 14:41:52.378 Generating random scenarios instead.

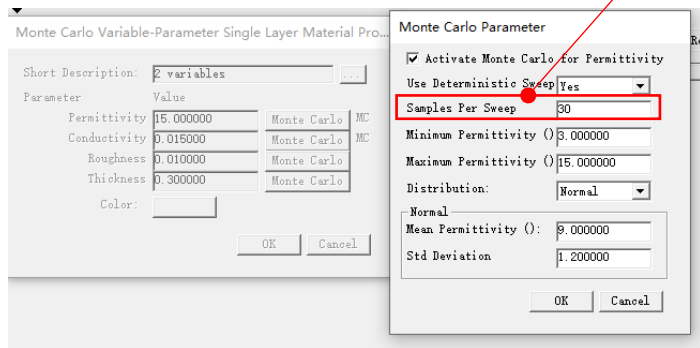
2026.07.22 14:41:52.383 Starting X3D ray tracing for Tx set 1, point 1 (point 1 of 1 total)

2026.07.22 14:41:52.384 Using 1 GPU ray tracer (8 CPU threads)
2026.07.22 14:41:52.464 Model parameters:
2026.07.22 14:41:52.464 Reflections: 6
```

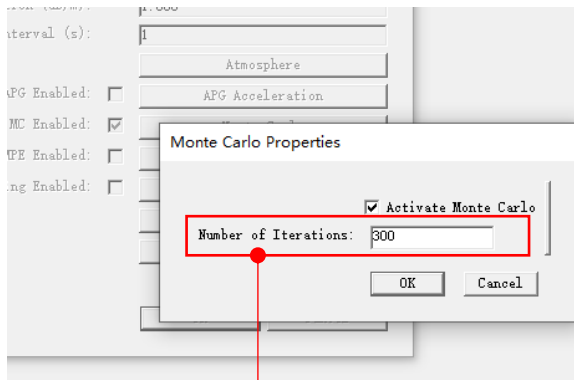
- 软件反馈迭代次数不足, 需要300次才能产生30个样本

Material : Monte Carlo Variable Parameter Material 蒙地卡罗可变参数材料

- 每次扫描样本设为30个



- 选择Use Deterministic Sweep(确定性参数扫描)需要填写每一次的样本数量
- Study Area迭代次数也要一并调整
- 如果Study Area的迭代次数未正确设置, 仿真时会反馈警告信息



- 迭代次数设为300次

Start Time: 15:18:13 7/22/2026

wibatch version 4.0.0.6 - r93101
Built with Microsoft Visual Studio 1900
Built with Qt 4.8.7
Using Qt 4.8.7

2026.07.22 15:18:13.431 Hostname: MSI (pid: 36896)
2026.07.22 15:18:13.431 Set working directory: D:/Sandbox/Monte Carol Variable Parameter simple room
2026.07.22 15:18:13.445 ?? ?? 22 15:18:13 2026

2026.07.22 15:18:13.580 OptiX Runtime version = 60801
2026.07.22 15:18:13.580 CUDA Runtime version = 9.2
2026.07.22 15:18:13.580 CUDA Driver version = 11.4
2026.07.22 15:18:13.580 GPU device #0: [NVIDIA GeForce RTX 3060 Laptop GPU], 8.6 capability, 30 total

2026.07.22 15:18:13.605 Initializing X3D model

2026.07.22 15:18:13.624 Added 0 route and 0 snapshot platforms.
2026.07.22 15:18:13.624 Processing geometry (8 CPU threads)
2026.07.22 15:18:13.625 Loaded geometry: ./basic room.X3DGeometry.cache

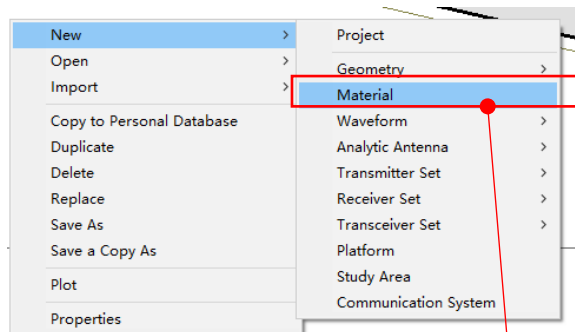
2026.07.22 15:18:13.625 Generating transmitter and receiver sets
2026.07.22 15:18:13.626 Auto Collection Radius = 0.269777m
2026.07.22 15:18:13.638 Generating Monte Carlo scenarios
2026.07.22 15:18:13.638 Generating 300 sampled scenarios.

2026.07.22 15:18:13.652 Starting X3D ray tracing for Tx set 1, point 1 (point 1 of 1 total)

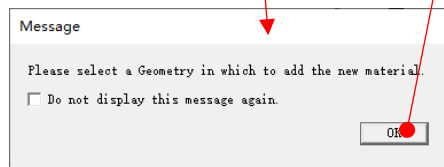
2026.07.22 15:18:13.652 Using 1 GPU ray tracer (8 CPU threads)
2026.07.22 15:18:13.749 Model parameters:
2026.07.22 15:18:13.749 Reflections: 6
2026.07.22 15:18:13.749 Transmissions: 0
2026.07.22 15:18:13.749 Diffractions: 1
2026.07.22 15:18:13.750 Refractions: , None

- 迭代次数足够, 需要300次才能产生30个样本
- 软件不产生警告信息, 仿真正常运作

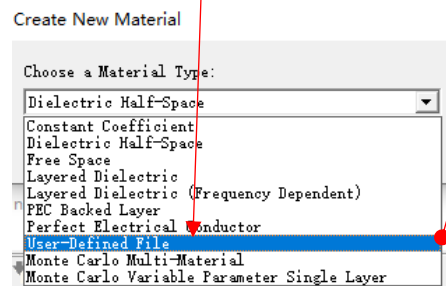
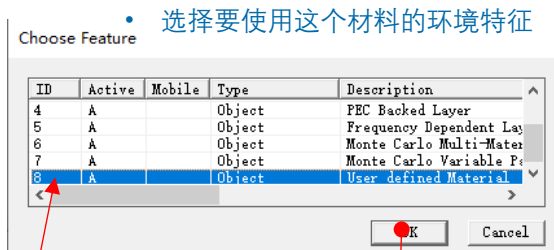
Material : User Defined Material 用户自定义材料



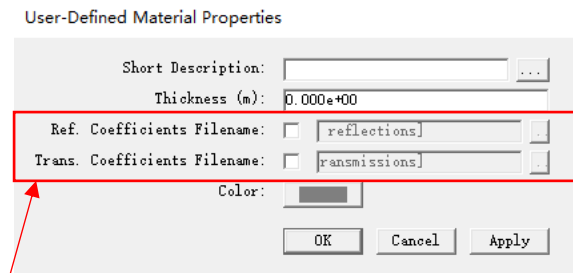
- 打开右键菜单选择New-Material，建立新材料



- 打开右键菜单选择New-Material，建立新材料



- 新建材料类型选择User-Defined Material



- 导入参数文档，完成建立材料

- 当用户需要使用特殊材料，无法使用软件提供的模板建立材料数据模型时，就可以采取导入数据文档的方式建立自定义材料
- 用户可以依照Wireless Insite 原文说明书的建议格式生成反射系数及透射系数材料数据文档，导入后即可建立自定义材料
- 用户自定义材料在使用上存在一定限制，仿真及建模时需要注意

Material : User Defined Material 用户自定义材料

反射/透射系数文件

- 用户定义材料的反射系数和透射系数必须分别存储在单独的文件中。
- 这些文档都是txt格式，用户可以自行手动编写其内容。
- 每个文件都包含描述数据表示方式及格式的参数,反射/透射系数文件的格式如下：

```
begin_<parameters>
  reflection <or> transmission
  frequency_min 1e+09
  frequency_max 2e+09
  frequency_inc 1e+09
  alpha_min 0
  alpha_max 90
  alpha_inc 45
  beta_min 0
  beta_max 90
  beta_inc 10
  magandphase <or> realandimag
  magnitude dB <or> linear
  phase degrees <or> radians
  side 1 <or> rotation 90
end_<parameters>
```

```
begin_<frequency> 1 GHz
  begin_<plane> 0 Degrees
    0 0.375 0 0.25 0
    10 0.375 0 0.25 0
    ...
    90 0.265 0 0.17 0
  end_<plane>
  begin_<plane> 45 Degrees
    0 0.358 30 0.315 30
    ...
    90 0.26 30 0.23 30
  end_<plane>
  begin_<plane> 90 Degrees
    ...
  end_<plane>
end_<frequency>
begin_<frequency> 2 GHz
  begin_<plane> 0 Degrees
  end_<plane>
  ...
  begin_<plane> 90 Degrees
  end_<plane>
end_<frequency>
```

Material : Foliage植被材料

- **Wireless InSite** 中的植被材料并非用于描述树木、花草等具体植物个体，而是将其填充至用户划定的三维空间区域内。当传播路径经过该区域时，其能量会在穿过程中随距离增加而逐步消耗。
- **Wireless InSite** 的植被不会具体模拟传播路径在植被覆盖范围内因枝干或树叶产生的反射、绕射等现象，而是假定路径直线穿透该空间区域，并从另一侧穿出。
- 若植被覆盖区域的某个面与墙壁或地面接触，或覆盖范围内存在其他物体的反射面，则传播路径可能在该区域内因接触这些反射面而发生反射或绕射。此时，损耗等相关物理量的计算将基于该反射面的材料参数，而非植被材料的参数。
- 不同传播模型因算法差异，即使都支持在场景中使用植被，其套用材料的方式也不尽相同。
- **X3D 传播模型将所有植被等同对待，视为一种随前进距离逐渐增加衰减的特殊材料（Attenuation类别材料）；而 Full3D 及部分其他传播模型则支持树林、草皮等不同种类的植被材料(Biophysical 类别材料)。**
- 当场景中同时存在树林、草皮等不同种类植被材料的环境特征时，X3D 传播模型会使用 Study Area 中“衰减 (Attenuation)”选项所填入的参数值，统一覆盖所有这些植被材料的原有参数。
- 材料数据库中Full3D支持的 **Biophysical** 类别材料建议配合频率2GHz以下的信号进行仿真

Material : Foliage植被材料 (X3D 传播模型)

- X3D 支持两种植被建模方式: Weissberger 模型与简易衰减模型。
- 可通过下拉菜单切换所选模型
- 选择简易衰减模型时需另外输入单位为dB/m的植被衰减参数

Study Area Properties

Short Description: TRX Test ...

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 8

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): dB/m

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Study Area Properties

Short Description: WEISSBERGER ...

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 8

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☐ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

Boundary

OK Cancel

- 选Weissberger Model, 不需填写模型参数

Study Area Properties

Short Description: 1dBm ...

Propagation Model: X3D

Default

Ray Spacing (?): ☒ 0.2500

Number of Reflections: ☒ 6

Number of Transmissions: ☒ 0

Number of Diffractions: ☒ 1

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 8

Partitioning and Queuing

Foliage Model: dB/m

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☐ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result Requests

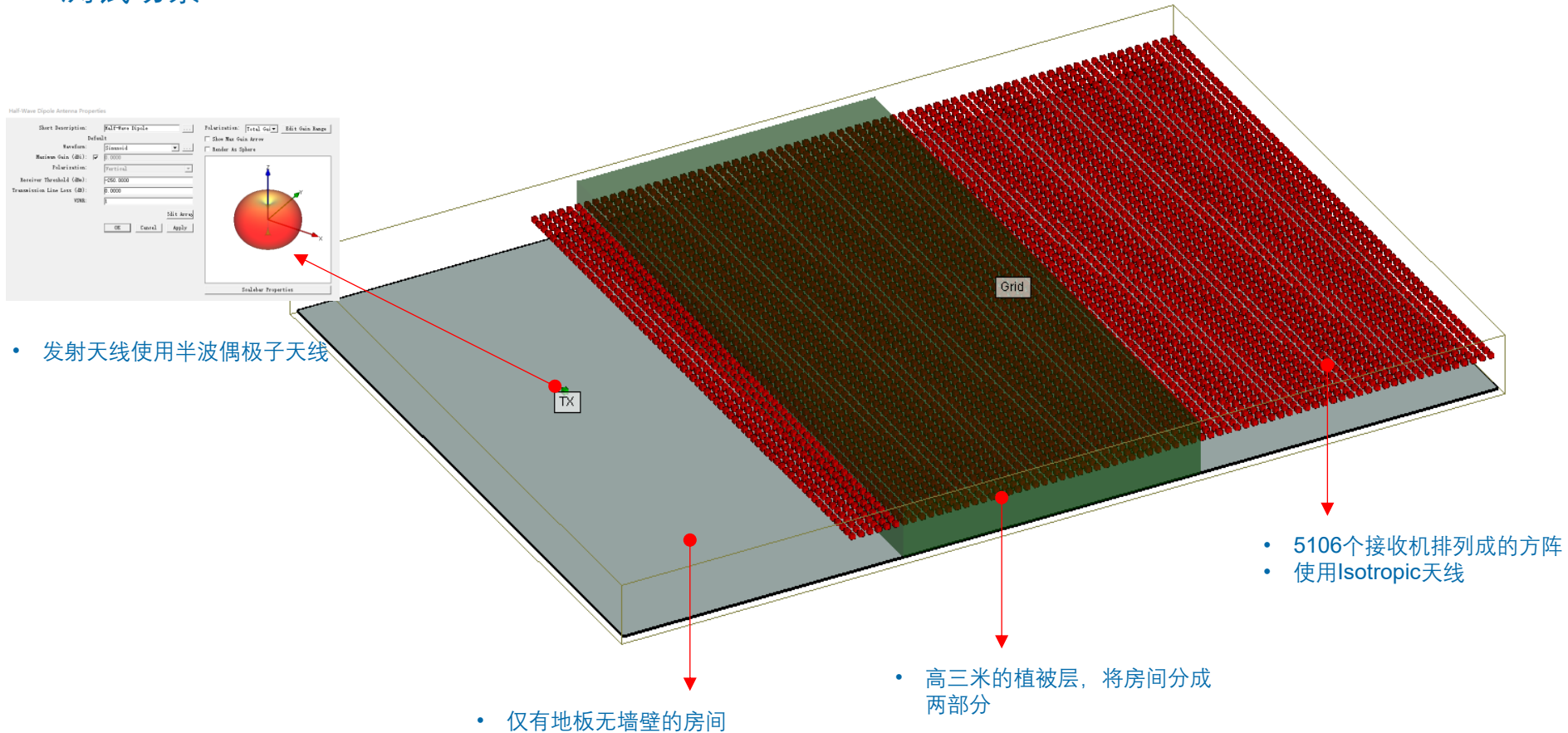
Boundary

OK Cancel

- 选dB/m模型, 需要用户填写一个跟距离相关的衰减值

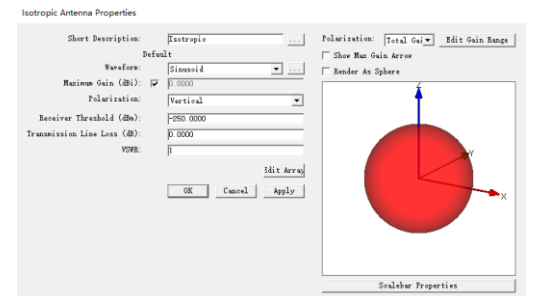
Material : Foliage植被材料 (X3D 传播模型)

- 测试场景



- 发射天线使用半波偶极子天线

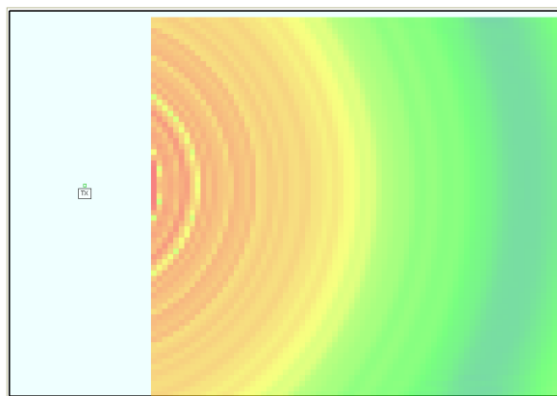
- 5106个接收机排列成的方阵
- 使用Isotropic天线



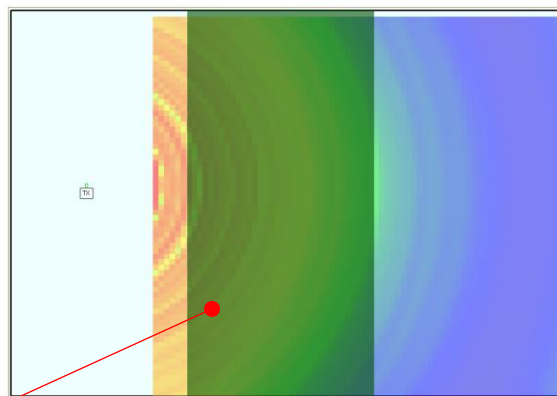
- 仅有地板无墙壁的房间

- 高三米的植被层，将房间分成两部分

Material : Foliage植被材料 (X3D 传播模型)

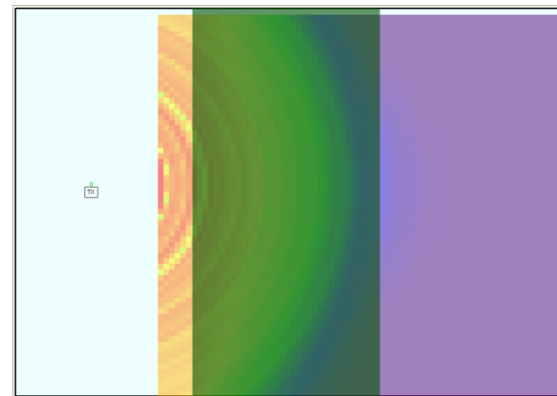


- 对照组, 空房间, 无植被

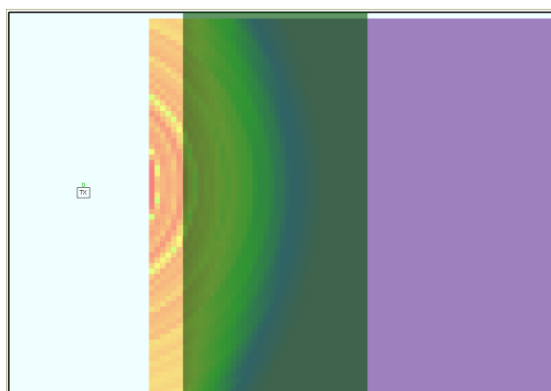


植被

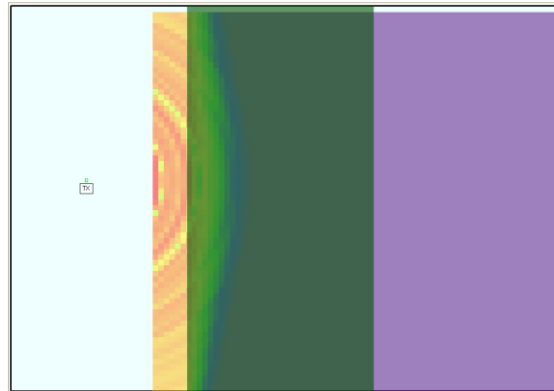
- 选择 Weissberger Model



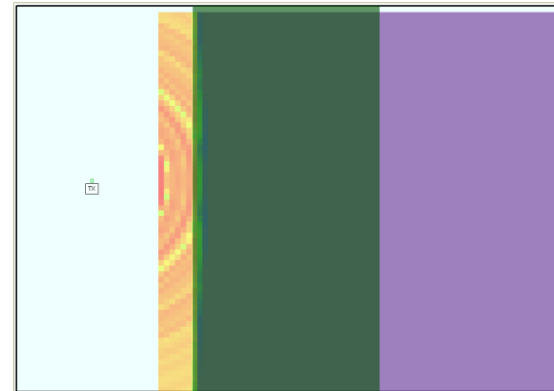
- 选择 dB/m, 数值填写1dB/m



- 选择 dB/m, 数值填写2dB/m



- 选择 dB/m, 数值填写5dB/m

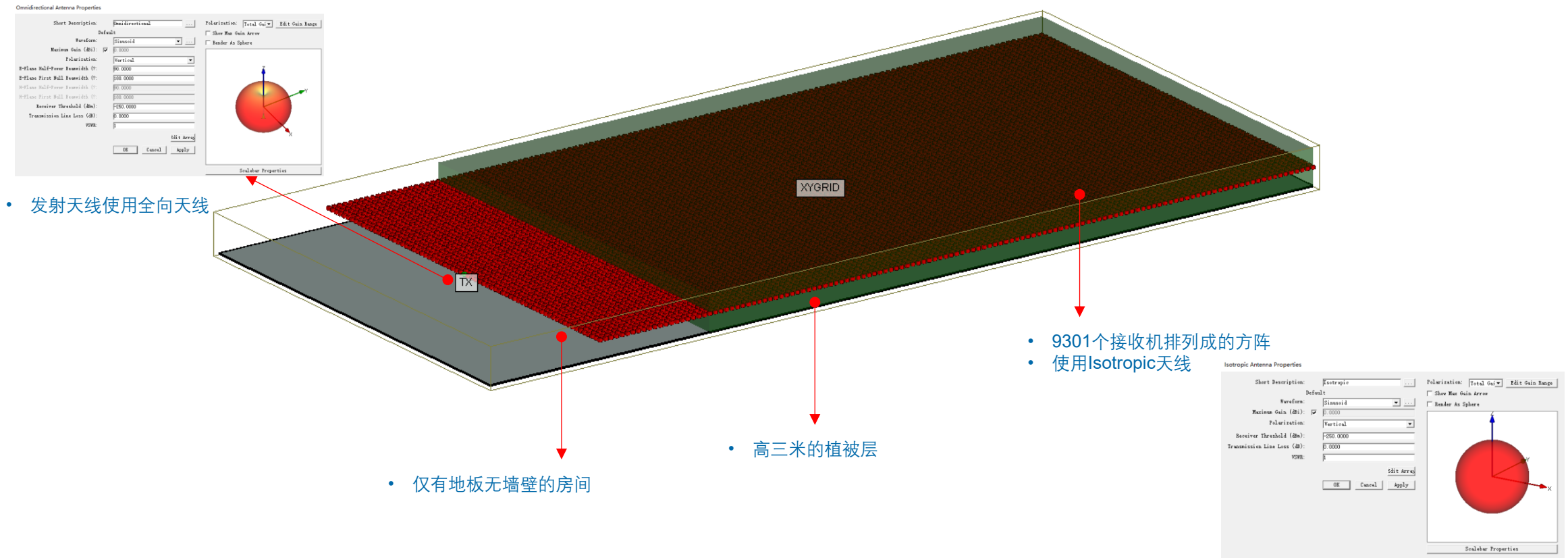


- 选择 dB/m, 数值填写20dB/m

-80.0 dBm

-41.3 dBm

Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 类别, Full 3D 传播模型)



Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 类别, Full 3D 传播模型)

- BioPhysical类别材料设置窗口

Input

Data Type: **Grass Parameters**

Blade Radius (m): 0.002000

Blade Length (m): 0.460000

Blade Density / Area: 900.000000

Blade Angle 1 (?): 0.000000

Blade Angle 2 (?): 45.000000

- 草丛模型参数输入界面

Input

Data Type: **Attenuation**

Attenuation (dB/m): 1.100000

Frequency (GHz): 0.869000

Theta (?): 90.000000

Polarization: ☐ Horizontal ☒ Vertical

- Attenuation模型参数输入界面

Tree Parameters

physical Properties

Short Description: Dense Deciduous Forest, In 1 ...

Theta (?): 90.000000

Input

Data Type: **Tree Parameters**

Leaf Radius (m): 0.050000

Leaf Thickness (m): 0.000500

Leaf Density: 250.000000

Leaf Angle 1 (?): 0.000000

Leaf Angle 2 (?): 180.000000

Branch Radius (m): 0.019000

Branch Length (m): 0.500000

Branch Density / Vol: 2.500000

Branch Angle 1 (?): 0.000000

Branch Angle 2 (?): 90.000000

- 输入参数有三种材料模型可以选择
- 每一种材料模型需要填入的参数不同
- 默认为树木(Tree Parameters)
- 选择一个最贴近环境特征的材料模型来使用

Permittivity Model

Model: **Frequency Dependent**

Branch Static Conductivity: 0.390000

Branch Permittivity: 20.000000

Leaf Static Conductivity: 0.390000

Leaf Permittivity: 26.000000

Waveform: **[1 GHz] - Sinusoid**

Effective Permittivity (V): 1.012969 - j 0.004295

Effective Permittivity (H): 1.018707 - j 0.006320

Attenuation (V) (dB/m): 0.388394

Attenuation (H) (dB/m): 0.569978

Recalculate

Color:  Plot

OK Cancel Apply

Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 类别, Full 3D 传播模型)

- BioPhysical类别材料设置窗口

Biophysical Properties

Short Description: Dense Deciduous Forest, In I ...

Theta (?): 90.000000

Input

Data Type: Tree Parameters

Leaf Radius (m): 0.050000

Leaf Thickness (m): 0.000500

Leaf Density: 250.000000

Leaf Angle 1 (?): 0.000000

Leaf Angle 2 (?): 180.000000

Branch Radius (m): 0.019000

Branch Length (m): 0.500000

Branch Density / Vol: 2.500000

Branch Angle 1 (?): 0.000000

Branch Angle 2 (?): 90.000000

Permittivity Model

Model: Frequency Dependent

Branch Static Conductivity: 0.390000

Branch Permittivity: 20.000000

Leaf Static Conductivity: 0.390000

Leaf Permittivity: 26.000000

Waveform: [1 GHz] - Sinusoid

Effective Permittivity (V): 1.012969 - j 0.004295

Effective Permittivity (H): 1.018707 - j 0.006320

Attenuation (V) (dB/m): 0.388394

Attenuation (H) (dB/m): 0.569978

Recalculate

Color: [Green]

Plot

OK Cancel Apply

Frequency Dependent

Constant

Frequency Dependent

Permittivity Model

Model: Constant

Branch Permittivity: 20.000000 - j 7.000000

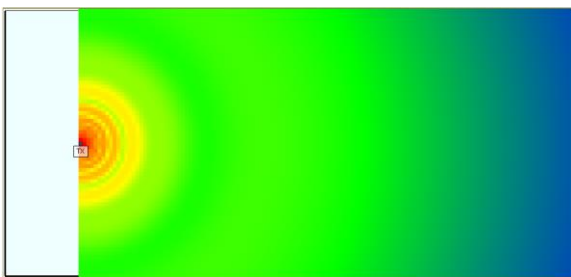
Leaf Permittivity: 26.000000 - j 7.000000

- 选择介电系数模型
- 可以选择常数或随频率变化

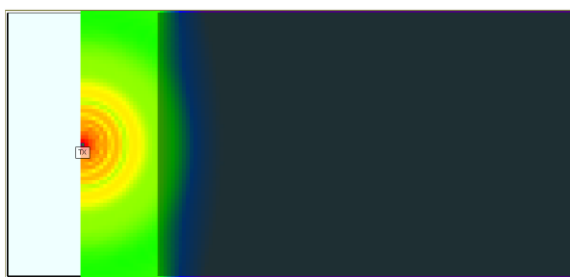
- 设置好输入参数模型及介电系数模型后再选择对应的信号频率

- 按下Recalculate重新计算调整后的介电系数及损耗值，完成生物材料的设置/调整

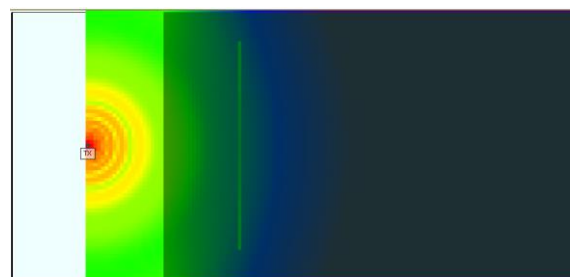
Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 类别, Full 3D 传播模型)



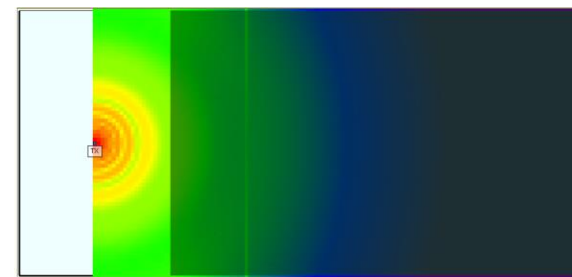
- 对照组, 空房间, 无植被



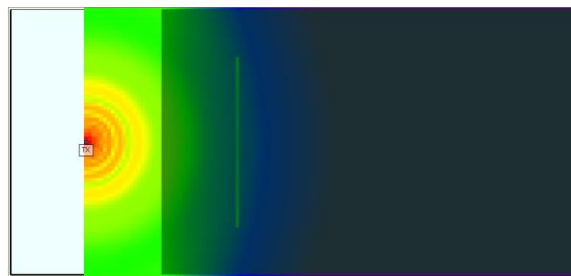
- 材料设为Grass



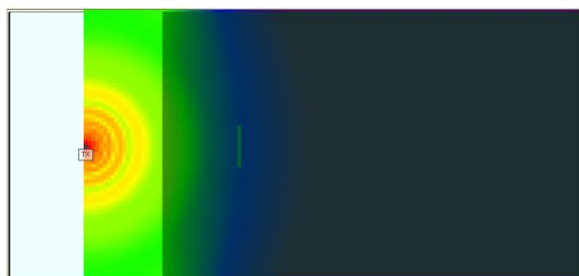
- 材料设为Dense Deciduous Forest, In Leaf,(树叶茂盛,茂密的阔叶林)



- 材料设为Dense Deciduous Forest, out of Leaf,(落叶后的茂密的阔叶林)



- 材料设为Dense Foliage,(密集植被)

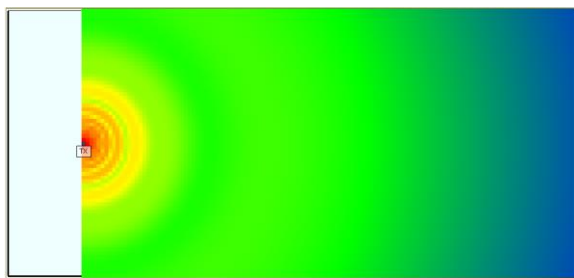


- 材料设为Dense Pine Forest,(密集针叶林)

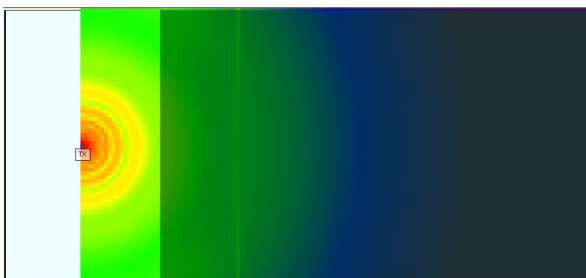
-80.0 dBm

-24.8 dBm

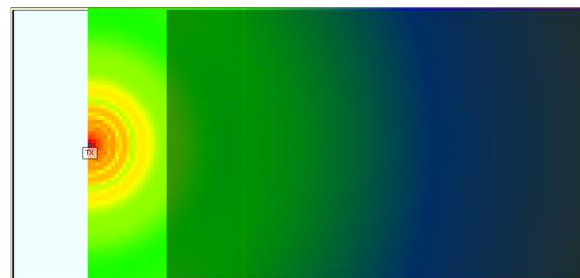
Material : Foliage植被材料 (BioPhysical 类别, Full 3D 传播模型)



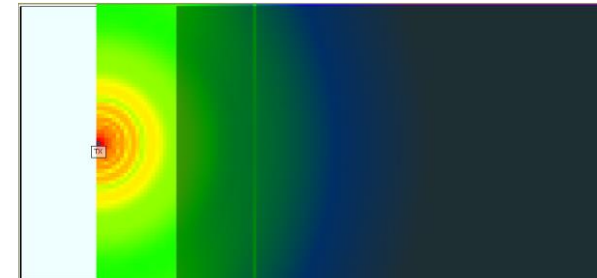
- 对照组, 空房间, 无植被



- 材料设为Sparse Deciduous Forest, In Leaf,(树叶茂盛,稀疏的阔叶林)



- 材料设为Sparse Deciduous Forest, out of Leaf,(落叶后的稀疏的阔叶林)



- 材料设为Sparse Pine Forest,(稀疏针叶林)

-80.0 dBm

-24.8 dBm

Material :材料库和常用材料

- Wireless Insite 4.0自带的材料库,包含多种常见的建材, 地板, 墙壁, 地面, 土地, 植被, 以及多种常见的通用材料
- 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.
- 建立环境特征(Feature)时, 软件会自动配置默认的材料, 用户可以依照需要调整
- 环境特征 (Feature)建立后, 用户同样可以视需要对各种整个环境特征或单一平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	规格	单位	数量	备注
1. 钢筋	Φ12	m	100	
2. 钢筋	Φ14	m	150	
3. 钢筋	Φ16	m	200	
4. 钢筋	Φ18	m	250	
5. 钢筋	Φ20	m	300	
6. 钢筋	Φ22	m	350	
7. 钢筋	Φ25	m	400	
8. 钢筋	Φ28	m	450	
9. 钢筋	Φ32	m	500	
10. 钢筋	Φ36	m	550	
11. 钢筋	Φ40	m	600	
12. 钢筋	Φ45	m	650	
13. 钢筋	Φ50	m	700	
14. 钢筋	Φ55	m	750	
15. 钢筋	Φ60	m	800	
16. 钢筋	Φ65	m	850	
17. 钢筋	Φ70	m	900	
18. 钢筋	Φ75	m	950	
19. 钢筋	Φ80	m	1000	
20. 钢筋	Φ85	m	1050	
21. 钢筋	Φ90	m	1100	
22. 钢筋	Φ95	m	1150	
23. 钢筋	Φ100	m	1200	
24. 钢筋	Φ105	m	1250	
25. 钢筋	Φ110	m	1300	
26. 钢筋	Φ115	m	1350	
27. 钢筋	Φ120	m	1400	
28. 钢筋	Φ125	m	1450	
29. 钢筋	Φ130	m	1500	
30. 钢筋	Φ135	m	1550	
31. 钢筋	Φ140	m	1600	
32. 钢筋	Φ145	m	1650	
33. 钢筋	Φ150	m	1700	
34. 钢筋	Φ155	m	1750	
35. 钢筋	Φ160	m	1800	
36. 钢筋	Φ165	m	1850	
37. 钢筋	Φ170	m	1900	
38. 钢筋	Φ175	m	1950	
39. 钢筋	Φ180	m	2000	
40. 钢筋	Φ185	m	2050	
41. 钢筋	Φ190	m	2100	
42. 钢筋	Φ195	m	2150	
43. 钢筋	Φ200	m	2200	
44. 钢筋	Φ205	m	2250	
45. 钢筋	Φ210	m	2300	
46. 钢筋	Φ215	m	2350	
47. 钢筋	Φ220	m	2400	
48. 钢筋	Φ225	m	2450	
49. 钢筋	Φ230	m	2500	
50. 钢筋	Φ235	m	2550	
51. 钢筋	Φ240	m	2600	
52. 钢筋	Φ245	m	2650	
53. 钢筋	Φ250	m	2700	
54. 钢筋	Φ255	m	2750	
55. 钢筋	Φ260	m	2800	
56. 钢筋	Φ265	m	2850	
57. 钢筋	Φ270	m	2900	
58. 钢筋	Φ275	m	2950	
59. 钢筋	Φ280	m	3000	
60. 钢筋	Φ285	m	3050	
61. 钢筋	Φ290	m	3100	
62. 钢筋	Φ295	m	3150	
63. 钢筋	Φ300	m	3200	
64. 钢筋	Φ305	m	3250	
65. 钢筋	Φ310	m	3300	
66. 钢筋	Φ315	m	3350	
67. 钢筋	Φ320	m	3400	
68. 钢筋	Φ325	m	3450	
69. 钢筋	Φ330	m	3500	
70. 钢筋	Φ335	m	3550	
71. 钢筋	Φ340	m	3600	
72. 钢筋	Φ345	m	3650	
73. 钢筋	Φ350	m	3700	
74. 钢筋	Φ355	m	3750	
75. 钢筋	Φ360	m	3800	
76. 钢筋	Φ365	m	3850	
77. 钢筋	Φ370	m	3900	
78. 钢筋	Φ375	m	3950	
79. 钢筋	Φ380	m	4000	
80. 钢筋	Φ385	m	4050	
81. 钢筋	Φ390	m	4100	
82. 钢筋	Φ395	m	4150	
83. 钢筋	Φ400	m	4200	
84. 钢筋	Φ40			

使用这个材料的环境特征名称及类型

- 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

Materials list:

Name	Type	Description	Geometry	Diffuse Scattering	Notes
Concrete	One-Layer Dielectric	Concrete	Untitled Floor Plan [Floor Plan]	None	
Dense Deciduous Forest, In Leaf	Biophysical	Dense Deciduous Forest, In Leaf [Foliage]	Dense Deciduous Forest In Leaf [Foliage]	N/A	
Grass	Biophysical	Grass	Grass [Foliage]	N/A	
Dense Deciduous Forest, out of Leaf	Biophysical	Dense Deciduous Forest, out of Leaf [Foliage]	Dense Deciduous Forest Out of Leaf [Foliage]	N/A	
Dense Foliage	Attenuation	Dense Foliage	Dense Foliage [Foliage]	N/A	
Dense Pine Forest	Biophysical	Dense Pine Forest	Dense Pine Forest [Foliage]	N/A	
Grass	Biophysical	Grass	GRASS2 [Foliage]	N/A	
Sparse Deciduous Forest, In Leaf	Biophysical	Sparse Deciduous Forest, In Leaf [Foliage]	Sparse Deciduous Forest In Leaf [Foliage]	N/A	
Sparse Deciduous Forest, out of Leaf	Biophysical	Sparse Deciduous Forest, out of Leaf [Foliage]	Sparse Deciduous Forest out of Leaf [Foliage]	N/A	
Sparse Pine Forest	Biophysical	Sparse Pine Forest	Sparse Pine Forest [Foliage]	N/A	

Material Database:

Type	Description	Location	Notes
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Medium dry earth 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
Dielectric Half-Space	ITU Wet earth 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Wood 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	

使用中材料区

材料数据库区

- 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

The screenshot shows the EFT software's material library interface. The main window displays a table of materials with columns for Type, Description, Location, and Notes. A context menu is open over the selected material 'ITU Wood 28 GHz', showing options: 'Add to Geometry...', 'Remove From Database', 'Material Properties', 'Database Properties', and 'Plot'. Red arrows point from Chinese annotations to these options and other parts of the interface.

Annotations and their corresponding actions:

- 在材料库中选择一个材料，打开鼠标右键菜单 (Select a material in the material library and open the right-click context menu)
- 从材料库中删除 (Delete from the material library) - points to 'Remove From Database'
- 将所选材料添加到使用中材料 (Add the selected material to the materials in use) - points to 'Add to Geometry...'
- 打开材料参数窗口 (Open the material parameter window) - points to 'Material Properties'
- 绘制材料参数曲线图 (Plot the material parameter curve) - points to 'Plot'
- 设置材料数据库文档，添加或删除纳入材料库的数据库文档 (Set the material database document, add or delete the database document included in the material library) - points to 'Database Properties'

Database Properties

The Following Directories Will Be Scanned:

Active	Location
☒	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.4\materials
☒	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.3.5\materials
☒	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 3.4.4\materials
☒	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0\materials [Default locat...

Buttons: Add, Edit, Remove, Set As Default

Default Location Where New Entries Are Stored:
C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0\materials

Close

Plot Coefficients

Plot: ☒ Magnitude (dB) ☐ Phase (?)

Interaction: ☒ Reflection ☐ Transmission

Polarization: ☒ Parallel ☐ Perpendicular

Plane of Incidence (?): 0.00

Frequency (GHz): 1.00

Angle (?): 0.00

Angular Spacing (?): 1.00

Maximum Frequency (GHz): 10.00

Buttons: OK, Cancel

Layered Dielectric Properties [Read-only]

Short Description: ITU Wood 28 GHz

Dielectric Layers:

Layer #	Description	Permi...	Conduc...	Thi
1	Untitled dielectr...	1.990	0.1672	0.0

Color: [Color Picker]

DS Enabled ☐ Diffuse Scattering

Buttons: Plot, OK, Cancel, Apply

Material :材料库和常用材料

- 软件建模使用的常用或默认材料

City类别环境特征的常用或默认材料

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类别环境特征的常用或默认材料

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) 需配合使用Full 3D传播模型	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。
- 以上材料需配合**Full3D**传播模型使用，建议频率范围**2GHz**以下

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这，其资讯基本上是来自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，导电率的变化较大。

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。
- 材料一旦跟配置给建筑物或物体等环境特征就脱离跟材料库的关系，变成那个环境特征或是表面(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 Geometry Materials Waveforms Antennas Transceivers Platforms Study Areas Communication Systems Results Browser Graphs and Views					
In Use	Type	Description	Geometry	Diffuse Scattering...	Notes
Yes	One-Layer Dielec...	Concrete	Untitled Floor Plan [Floor Plan]	None	
No	Dielectric Half-...	ITU Wet earth 39 GHz	Untitled Floor Plan [Floor Plan]	None	
Yes	Biophysical	Dense Deciduous Forest, In Leaf	Dense Deciduous Forest In Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Grass	Grass [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Dense Deciduous Forest, out of Leaf	Dense Deciduous Forest Out of Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Attenuation	Dense Foliage	Dense Foliage [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Dense Pine Forest	Dense Pine Forest [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Grass	GRASS2 [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Sparse Deciduous Forest, In Leaf	Sparse Deciduous Forest In Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Sparse Deciduous Forest, out of Leaf	Sparse Deciduous Forest out of Leaf [Foliage]	N/A	
Yes	Biophysical	Sparse Pine Forest	Sparse Pine Forest [Foliage]	N/A	

与材料配合的环境特征之名称和种类

- 已经和环境特征配合起来或是纳入仿真项目中的材料。

Type	Description	Location	Notes
12-layer dielectric	Lunar Regolith 10 m Depth 2% Metal...	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
12-layer dielectric	Lunar Regolith 10 m Depth 10% Meta...	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Ceiling board 60 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Concrete 2.4 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Concrete 28 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Concrete 3.5 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	
One-Layer Dielectric	ITU Concrete 39 GHz	C:\Program Files\Remcom\Wireless InSite 4.0.0...	

材料库中的原始数据

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 早期 Wireless InSite 将墙壁等表面假设为：
 - 光滑表面
 - 质地均匀
- 该假设带来的便利包括：射线在表面任意位置接触到的材料参数相同及不会因表面粗糙度额外消耗能量，便于简化仿真计算，但现实环境远非如此理想，即便是高质量建材表面，仍存在细微起伏，绝非绝对平滑。
- 解决方法：引入漫反射机制作为连接散射与反射的桥梁，使仿真结果更接近现实世界
- 漫反射定义：融合散射与反射两种物理现象的作用机制
 - 粗糙表面包含大量细小碎微平面
 - 波面接触后分裂为多个小波面，向多个方向反射产生散射
 - 散射消耗大量能量，扣除消耗后，剩余能量沿镜面反射方向继续传播
- 本质为将粗糙表面对电磁波的影响整体纳入考虑

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 漫反射(Diffusing Scattering)相关设置分布在 两个维度：
 - **材料**：定义支持漫反射的材料,并开启漫反射功能，并赋予场景中的环境特征或平面
 - **传播模型**：传播模型必须支持漫反射机制，且用户需在模型中启用该功能，因此**必须选用X3D传播模型，同时用户电脑需要有CUDA兼容GPU(游戏卡即可，不需要高价的计算卡)**
- 触发条件：
 - **射线接触使用漫反射材料的平面时，才会在该交互点发生漫散射**
 - 能量消耗依据用户设定的漫反射模式计算
 - 相较于普通镜面反射，漫反射会消耗更多能量
- 纳入漫反射机制后的仿真优势：
 - 更真实地反映非光滑表面对传播的影响
 - 仿真结果更贴近现实世界
 - **可在不添加几何体复杂细节的情况下，计算出考虑此效应的近似结果**
- 核心价值： 以较低建模成本，获得更高精度的仿真结果
- 可能显著增加仿真时间，大型场景或允许交互次数较高的场景，使用时可能需考虑优化模型

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)模型的学术背景

- 基础模型: Degli-Esposti (2007)
- 补充修改: 该团队 2011 年后续工作中关于交叉极化的修正
- 核心概念:
 - 电磁波从建筑表面向各个方向散射
 - 不仅限于镜面反射
 - 遵循称为“漫反射”的随机过程
- 实现方式:
 - 镜面反射的菲涅耳系数 $\times$ 折减因子
 - 该因子考虑了漫反射功率

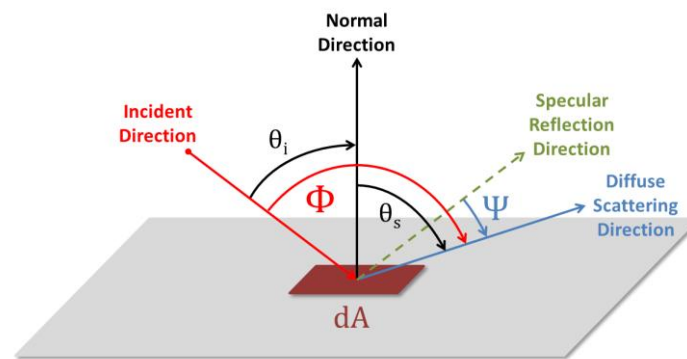
Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)模型的学术背景

- 从表面散射出去而非沿标准镜面方向反射的功率比例，由漫散射系数 S 定义，其表达式如下：

- $$S = \frac{|E_S|}{|E_i|}$$

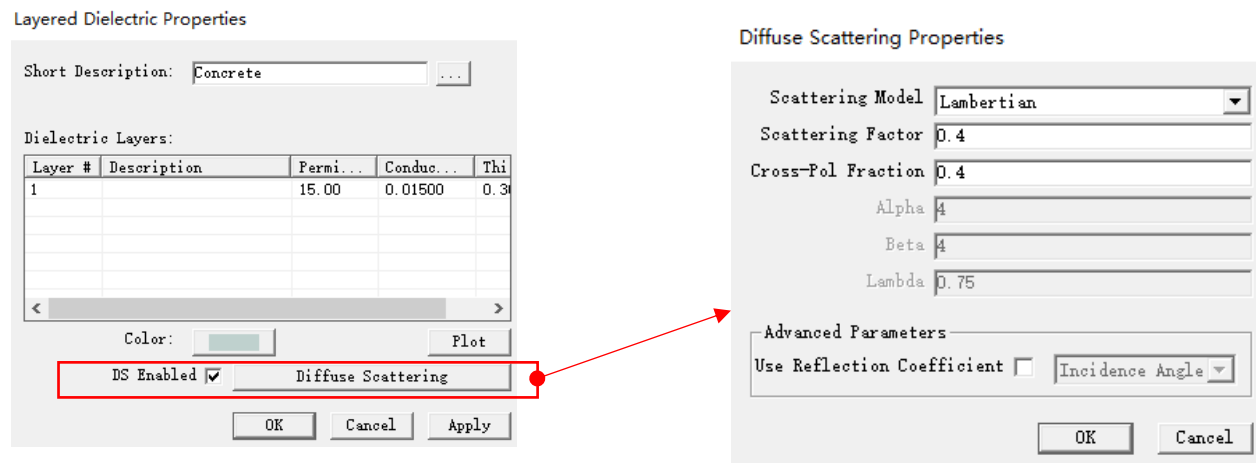
- 或者采用另一种定义方式：

- $$S = \frac{|E_S|}{|E_R|}$$



- 其中 E_S 为漫散射场， E_i 为入射电场， E_R 为在不存在漫散射时平滑表面应有的反射场。
- 在第一种定义中，漫散射功率密度从入射场中分流
- 第二种定义中，漫散射功率密度从反射场中分流，漫散射功率同时取决于 S 和镜面反射系数 Γ 。
- Wireless InSite 允许用户在定义材料的漫散射属性时，通过高级参数 (Advanced Parameter) 选择 S 的表达式。
- 软件默认采用第一种涉及 E_i 的表达式，依据在于，散射是由粗糙几何结构引起的，其中可能包含结构物或附着物体，在许多情况下，散射效应并不直接与介电常数和电导率等常规材料特性相关联。

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

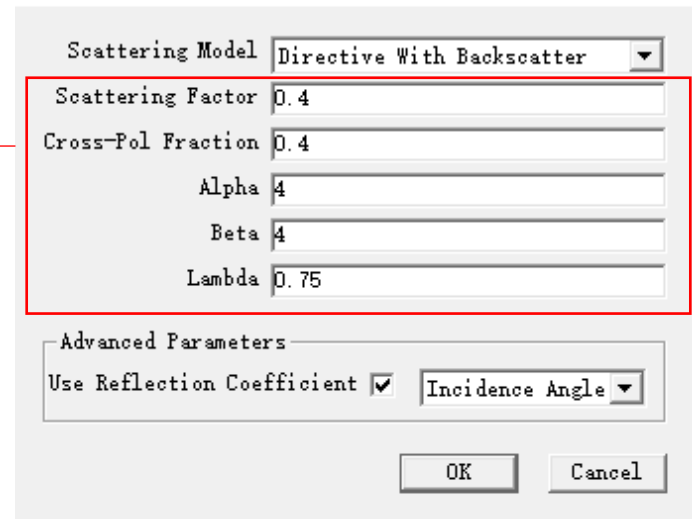


- 开启材料参数设置窗口，如果这个材料支持漫反射就会有DS Enabled选项，勾选后使用这个材料的平面就支持发生漫反射(传播模型需选择X3D,并启用传播模型的漫反射功能)
- 按下Diffuse Scattering按键，可以进入漫反射模式设置窗口
- Diffuse Scattering 配置的窗口有三种散射模型可以选择
- Lambertian : 均匀的朝向每一个方向发生散射.
- Directive : 朝向反射的前进方向发生散射
- Directive with Back Scatter : 朝向反射前进的方向发生散射, 同时也朝反方向发生散射

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 散射因子 (Scattering Factor, S) 入射电场中被漫散射的比例。有效取值范围为 0 (无漫反射) 到 1 (全部漫反射)。 S^2 为入射功率密度中被漫反射的比例。
- 交叉极化分数 (Cross-pol fraction, K_{xpol}) 漫反射功率中相对于入射射线极化方向发生交叉极化的比例。有效取值范围为 0 到 0.5。
- Alpha (α) 一个介于 1 到 10 之间的整数值, 用于控制前向波瓣的形状。增大 Alpha 会使波瓣变窄。该参数仅在使用定向 (Directive) 模型或带后向散射的定向漫反射 (Directive with Backscatter Diffuse Scattering) 模型时适用。
- Beta (β) 一个介于 1 到 10 之间的整数值, 用于控制后向散射波瓣的形状。增大 Beta 会使波瓣变窄。该参数仅在使用带后向散射的定向漫反射 (Directive with Backscatter Diffuse Scattering) 模型时适用。
- Lambda (Λ) 前向波瓣与后向散射波瓣之间的功率混合比例。增大 Lambda 会将更多功率分配至前向。有效取值范围为 0 到 1。该参数仅在使用带后向散射的定向漫反射 (Directive with Backscatter Diffuse Scattering) 模型时适用。

Diffuse Scattering Properties



Scattering Model	Directive With Backscatter
Scattering Factor	0.4
Cross-Pol Fraction	0.4
Alpha	4
Beta	4
Lambda	0.75

Advanced Parameters	
Use Reflection Coefficient	☒ Incidence Angle

OK Cancel

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 朗伯模型 (Lambertian Model)

- 朗伯模型是一种简单模型，其中漫反射集中于散射表面的法线方向，与 $\cos(\theta_s)$ 成正比。由单个积分点引起的接收天线处（视距路径）的散射场幅值表达式为：

$$|\vec{E}_s|^2 = \left(\frac{KS\Gamma}{r_i r_s} \right)^2 \frac{\cos \theta_i \cos \theta_s}{\pi} dA$$

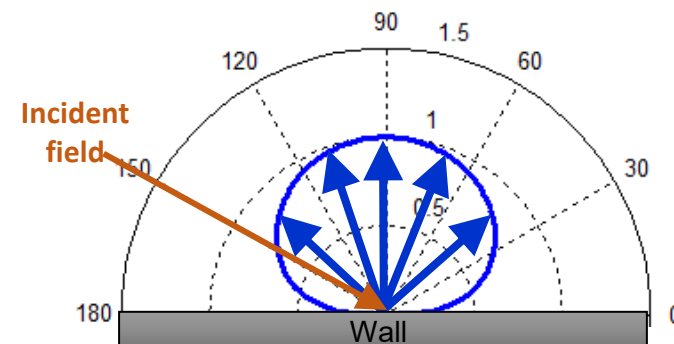
- dA 为积分过程中表面微元的面积；
 - Γ 为镜面反射系数（幅值），当采用 S 的第二种定义时使用该系数，若采用第一种定义则 Γ 设为 1。
- 当表面处于发射机视距范围内时，因子 K 定义如下：

$$K = \sqrt{\frac{ZG_{Tx}P_{Tx}}{2\pi}}$$

- G_{Tx} 为发射机在入射到该表面的路径方向上的增益；
 - P_{Tx} 为发射机的辐射功率。
- 对于更为一般的情况，即入射到表面的路径可能不在视距范围内时，上式可简化为：

$$K = E_i r_i$$

- 其中 E_i 为表面处入射场的幅值， r_i 为从发射机到该表面传播的距离。



- Lambertian模型: 以法线方向为中心均匀朝向每一个方向发生散射。

Diffuse Scattering Properties

Scattering Model	Lambertian
Scattering Factor	0.4
Cross-Pol Fraction	0.4
Alpha	4
Beta	4
Lambda	0.75
Advanced Parameters	
Use Reflection Coefficient	☐ Incidence Angle
OK Cancel	

- 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 : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 定向模型 (Directive Model)

- 这个模型产生一个以镜面反射方向为中心的漫散射功率前向波瓣。
- 可调整数参数 α ，用于决定波瓣的窄度—— α 值越大，波瓣越窄。 $|E_s|^2$ 的表达式需要进行归一化处理，该归一化取决于 α 和 θ_i 的取值，具体通过以下因子实现：

- 设 Ψ 为镜面反射方向与漫散射方向之间的夹角，积分项 I_j 定义如下：

$$I_j = \frac{2\pi}{j+1} \left[\cos \theta_i \sum_{w=0}^{j-1} \binom{2w}{w} \frac{\sin^{2w} \theta_i}{2^{2w}} \right]$$

- 其中 I_j 对 j 从 0 到 α 的取值进行计算。归一化因子为 F_α ：

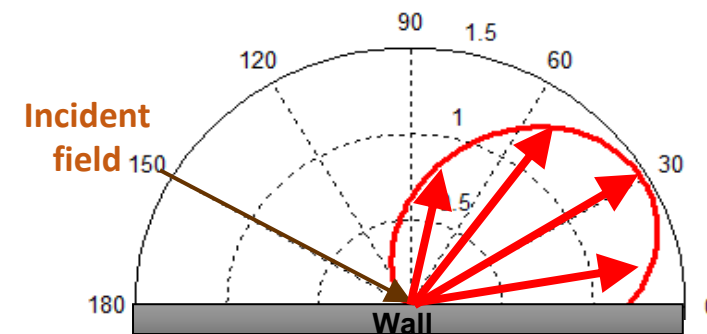
$$F_\alpha = \frac{1}{2\alpha} \sum_{j=0}^{\alpha} \binom{\alpha}{j} I_j$$

- 括号内上下排列整数的表达式为组合函数：

$$\binom{n}{m} = \frac{n!}{m!(n-m)!}$$

- 每个积分点处的散射贡献值为：

$$|E_s|^2 = \left(\frac{KSI}{r_i r_s} \right)^2 \frac{\cos \theta_i}{F_\alpha} \left(\frac{1 + \cos \Psi}{2} \right)^\alpha dA$$



- Directive模型：朝向反射的前进方向发生散射

Diffuse Scattering Properties

Scattering Model	Directive
Scattering Factor	0.4
Cross-Pol Fraction	0.4
Alpha	4
Beta	4
Lambda	0.75
Advanced Parameters	
Use Reflection Coefficient	☐ Incidence Angle
OK Cancel	

- 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 : 漫反射 (Diffuse Scattering)

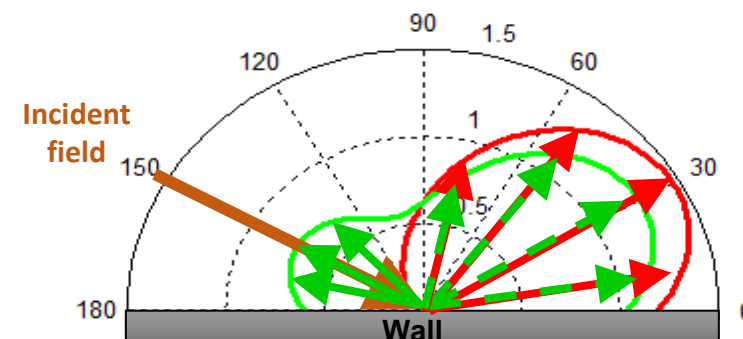
- 后向散射模型 (Backscatter Model)

- 该模型与定向模型类似，不同之处在于它允许漫后向散射，且后向散射具有与前向漫散射相同的波瓣数学形式。
- 前向波瓣中的功率占比为 Λ ，后向散射波瓣中的功率占比为 $(1 - \Lambda)$ 。后向散射波瓣的宽度参数为 β ，后向散射方向（即入射方向的反方向）与漫散射方向之间的夹角为 Φ 。

- 复合漫散射场的表达式为：

$$|\vec{E}_s|^2 = \left(\frac{KST}{r_i r_s}\right)^2 \frac{\cos \theta_i}{\Lambda F_\alpha + (1 - \Lambda) F_\beta} \left[\Lambda \left(\frac{1 + \cos \Psi}{2}\right)^\alpha + (1 - \Lambda) \left(\frac{1 + \cos \Phi}{2}\right)^\beta \right] dA$$

- 当 $\Lambda = 1$ 时，所有功率均沿前向散射，该模型退化为前向散射模型，即模型 2。需要注意的是， β 可以与 α 相等，也可以不等。



- 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

Diffuse scattering properties

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

- 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

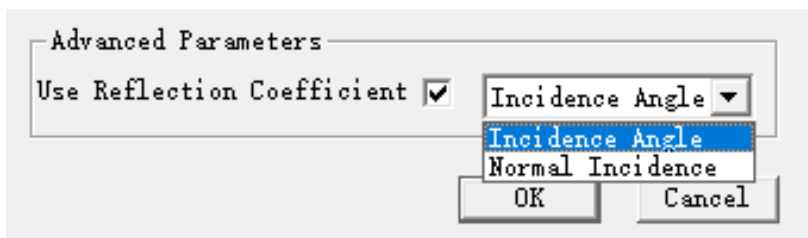
Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

- 同极化与交叉极化项 (Co-Polarized and Cross-Polarized Terms)
- 在文献中, 作者做出了一个简化假设, 即漫散射功率的一半与反射场的极化方向同极化, 另一半为交叉极化。
- 这一思路可以推广为漫散射功率中同极化部分和交叉极化部分各自的占比因子, 相应的因子分别为 K_{xpol} 和 $K_{copol} = 1 - K_{xpol}$ 。在定义了该交叉极化因子后, 散射电场可表示为:

$$\vec{E}_S = \left[\sqrt{1 - K_{xpol}} |\vec{E}_S| \right] \hat{i}_{copol} + \left[\sqrt{K_{xpol}} |\vec{E}_S| \right] \hat{i}_{xpol}$$

- 其中 $\hat{i}_{copol}$ 为镜面反射所产生的极化矢量, $\hat{i}_{xpol}$ 为与之正交的极化矢量 (即交叉极化项)。

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)



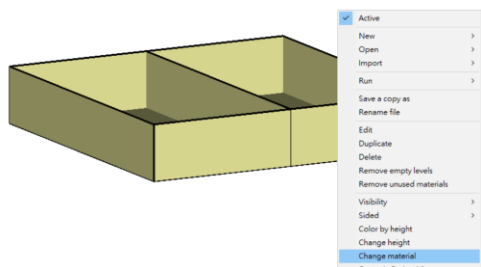
- **高级参数 (Advanced Parameters)** 此选项建议仅由对漫反射模型有深入理解的用户修改这些参数，通常仅在特殊场景下使用。
- **使用反射系数 (Use reflection coefficient)** 默认处于停用状态。停用时，漫反射材料会将指定比例 (S^2) 的入射功率密度分流到漫散射中，这会同时降低镜面反射功率密度和透射功率密度（如果存在透射的话）
- 启用后，指定比例 (S^2) 的反射功率密度将被分流到漫散射中，而透射功率密度保持不变。需要注意的是，对于大多数材料而言，启用此选项会减少漫散射功率的总量。启用后，还有两个附加选项可供选择：
 - **入射角 (Incidence Angle)** 使用入射射线对应的反射系数
 - **法线角 (Normal Angle)** 使用法线入射条件下的反射系数进行计算

Material : 漫反射 (Diffuse Scattering)

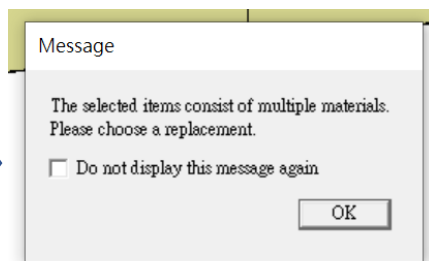
- 在现实环境中散射现象有其随机性，也跟现场的状况有关，用户在选择散射模型以及填写相关参数时，可能需要跟量测数据进行比较，来求得最准确的结果
- 散射的计算需要配合X3D StudyArea 里面的 Diffuse Scattering选项，一个模型里，必须同时有会发生散射的材料，并且在X3D StudyArea 里面要打开Diffuse Scattering选项,才会发生散射
- 散射的计算较为复杂，所以会让仿真的时间变长

,

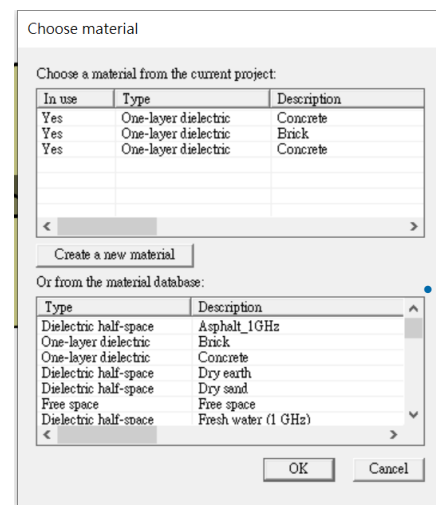
Material : 环境特征相关配置



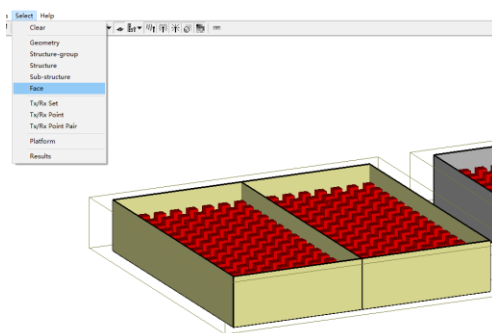
- 选择一个环境特征(Feature), 接着在右键菜单中选择 Change Material



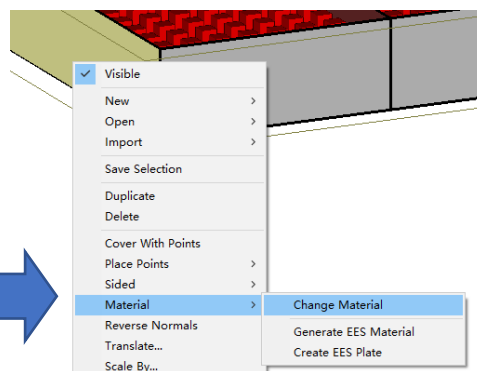
- 信息方块提醒用户改变材料可能会影响整个, 环境特征(Feature)



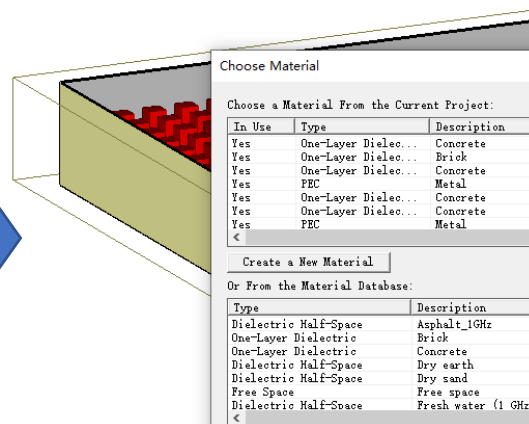
选取要使用的材料, 并完成修改



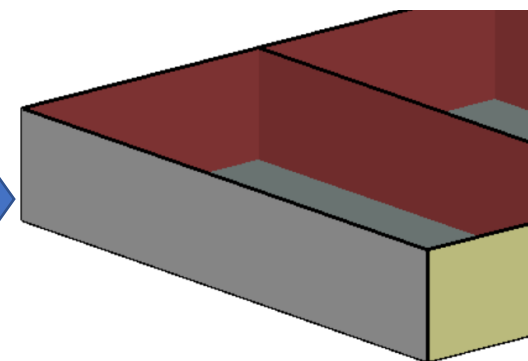
- 在Select菜单中选择Face



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



- 选择要在该平面上使用的材料

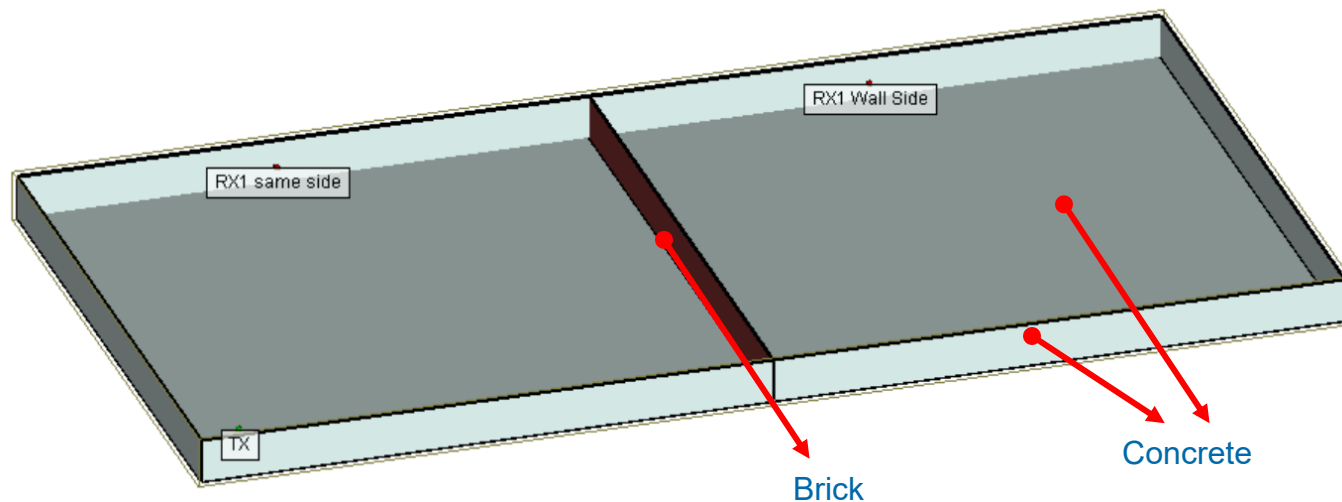


- 完成更改材料, 并且可以在Geometry View窗口确认

Material :材料对仿真的影响

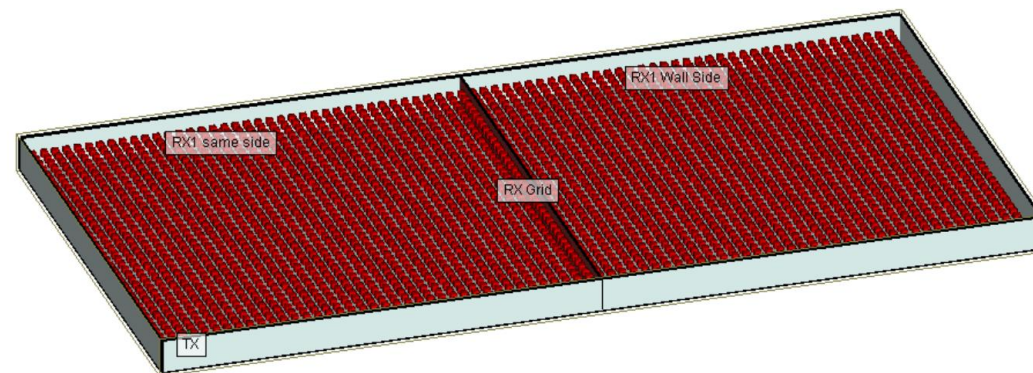
- 材料(Material)作为一个表面(Face)的属性, 会最直接的影响到接触到这个表面的射线路径接下来会如何发展, 如是否发生透射或是散射
- 一个表面的材料, 也会影响到接触到这个表面的路径, 会被消耗多少能量,进而影响接收功率等仿真结果.
- 植被类型的材料, 会影响到通过植被区域的路径, 大量消耗其能量.
- 以下使用范例来说明, 不同的材料对路径以及仿真结果的影响

Material :材料对仿真的影响



- 共有个发射器(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.

- 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。



Material :材料对仿真的影响

- 以下列出在案例中使用的材料

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

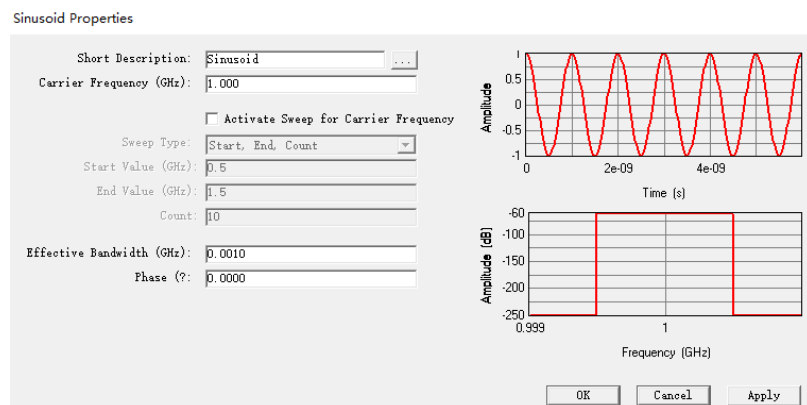
Material :材料对仿真的影响

- 以下列出在范例之中使用的材料

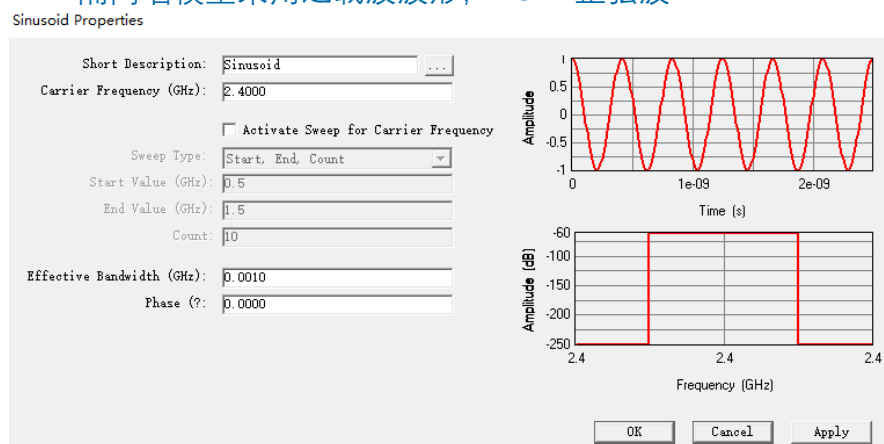
名称	参数	名称	参数
多材料构成之蒙蒂卡罗材料	1. Concrete 2. Brick 3. Glass 4. Wood	参数变化型蒙蒂卡罗材料	Permittivity : 15 Conductivity : 0.015 S/m Thickness : 0.3 m 粗糙度 : 0.01
植被	Dense deciduous forest, in Leaf 茂密的阔叶林, 未落叶		

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



Half-Wave Dipole Antenna Properties

Short Description: Half-wave dipole ...

Default

Waveform: Sinusoid ...

Maximum Gain (dBi): ☒ 0.0000

Polarization: Vertical

Receiver Threshold (dBm): -250.0000

Transmission Line Loss (dB): 0.0000

VSWR: 1

Edit Array

OK Cancel Apply

Polarization: Total Gain Edit Gain Range

☐ Show Max Gain Arrow

☐ Render As Sphere

Scalebar Properties

- 所有天线一律采用默认之半波偶极天线

- 植被模型采用之载波波形, 2.4GHz正弦波

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

Advanced Path Discovery

CPU Threads: 4

Partitioning and Queuing

Foliage Model: Weissberger Model

Foliage Attenuation (dB/m): 1.000

Mobility Platform Time Interval (s): 1

Atmosphere

APG Enabled: ☐ APG Acceleration

MC Enabled: ☒ Monte Carlo

MPE Enabled: ☐ MPE

Diffuse Scattering Enabled: ☐ Diffuse Scattering

Result 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

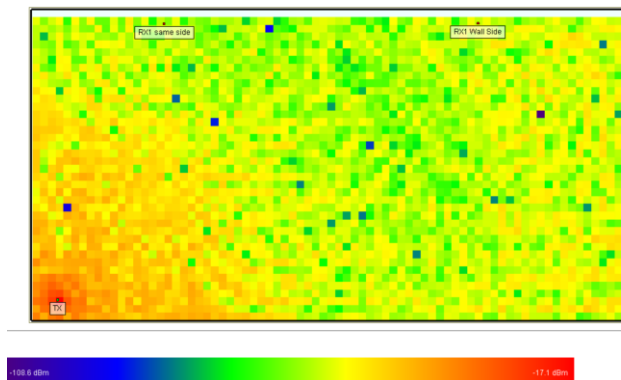
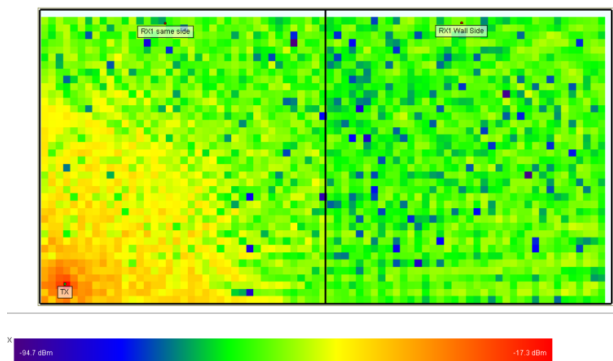
- 植被类材料计算使用的是 Weissberger Model

- 需要使用蒙特卡罗材料时勾选，并作必要之调整

- 需要考虑散射时勾选并加以调整设定

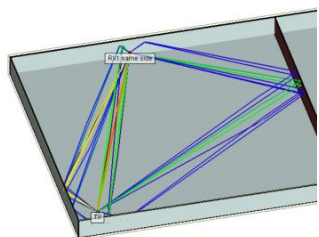
Material :材料对仿真的影响

- 仿真结果比较

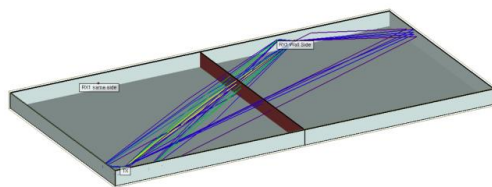


- Free Space 组接收功率

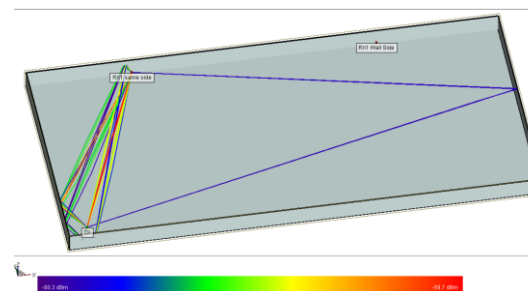
- 标准组接收功率



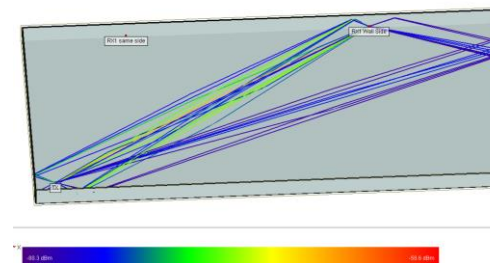
- 标准组RX1路径



- 标准组RX2路径



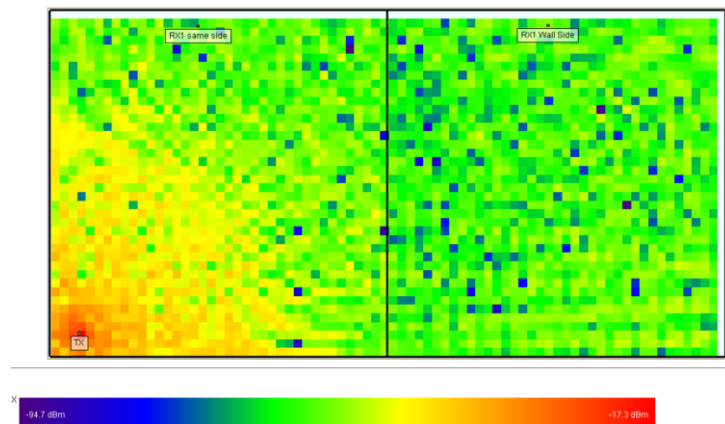
- Free Space 组RX1路径



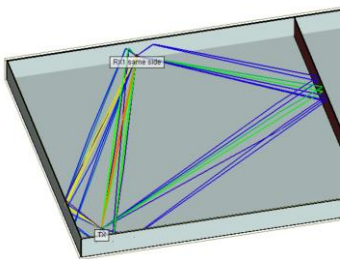
- Free Space组RX2路径

Material :材料对仿真的影响

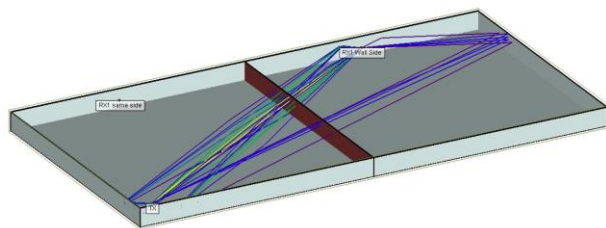
- 仿真结果比较



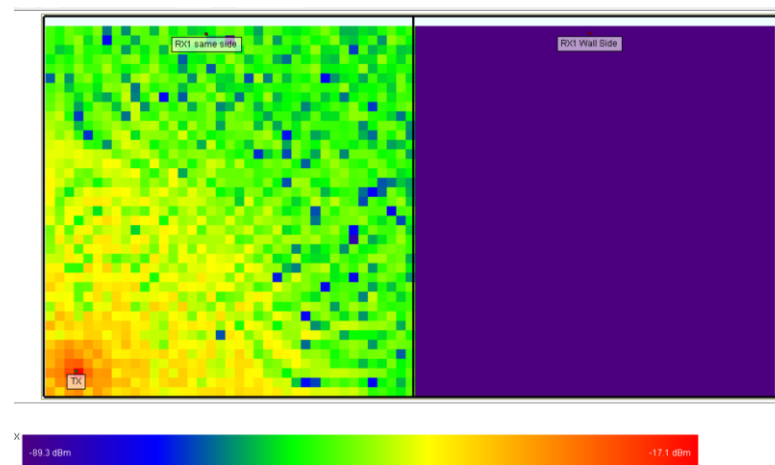
- 标准组接收功率



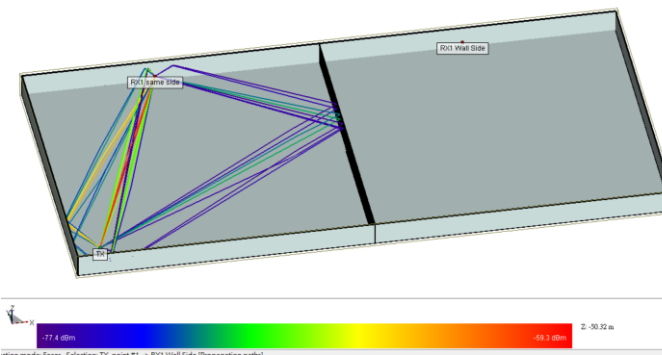
- 标准组RX1路径



- 标准组RX2路径



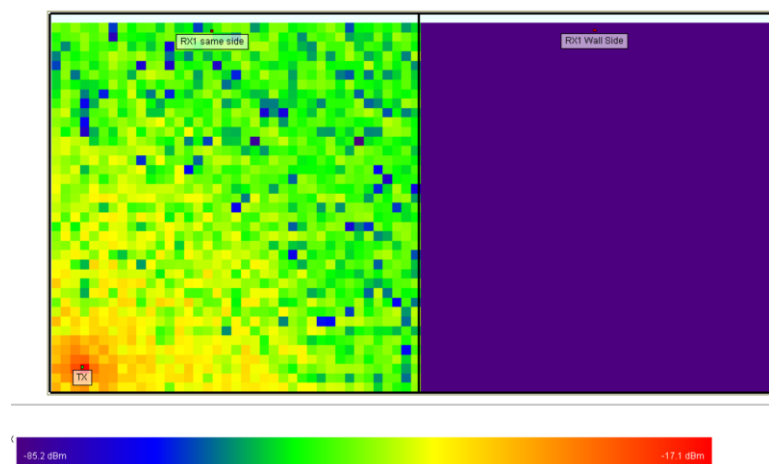
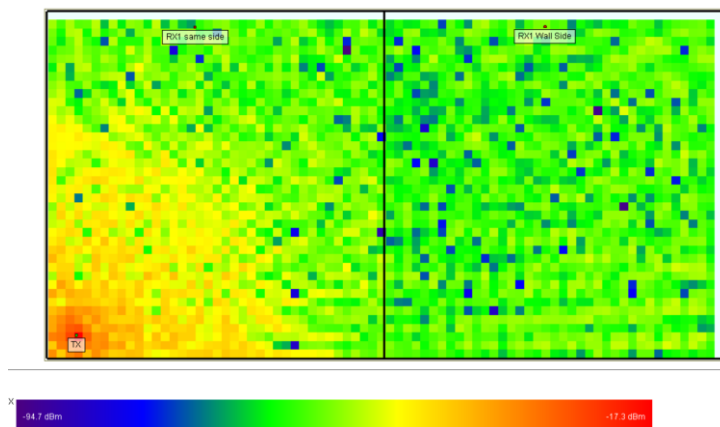
- Dielectric half space组接收功率
- 无透射，墙壁另一侧无信号



- Free Space 组RX1路径
- 无透射，至RX2无路径

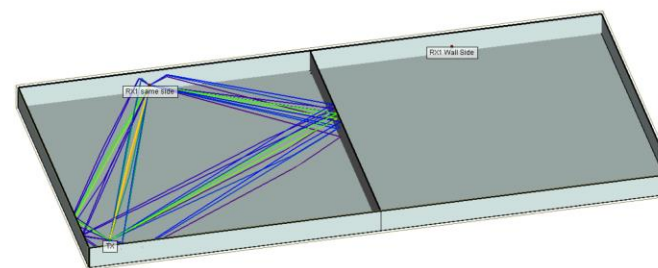
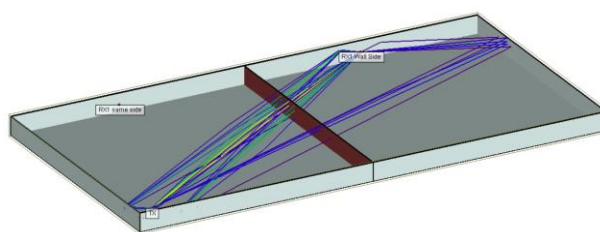
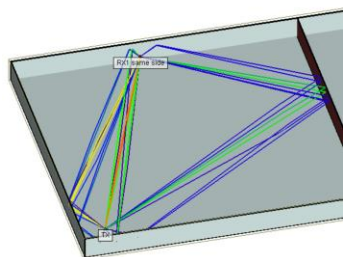
Material :材料对仿真的影响

- 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

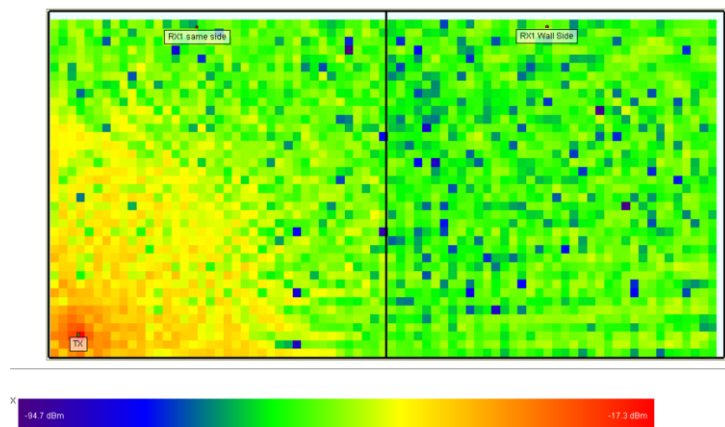
- 标准组RX2路径



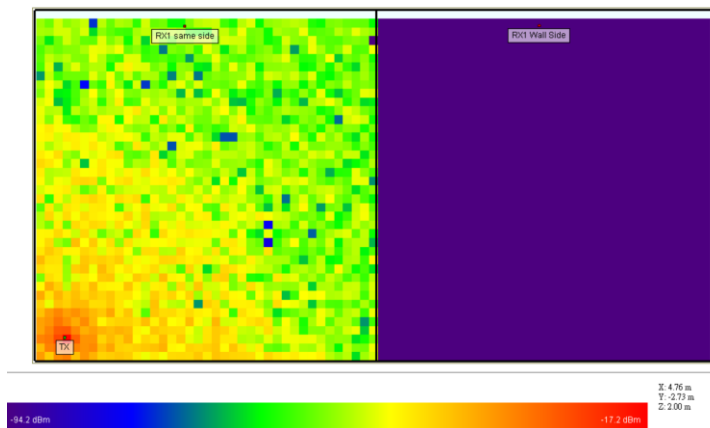
- PEC组RX1路径
- 无透射，至RX2无路径

Material :材料对仿真的影响

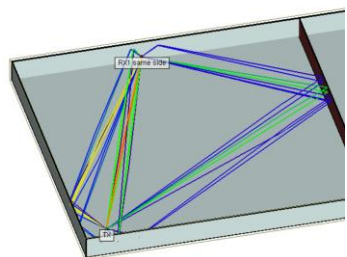
- 仿真结果比较



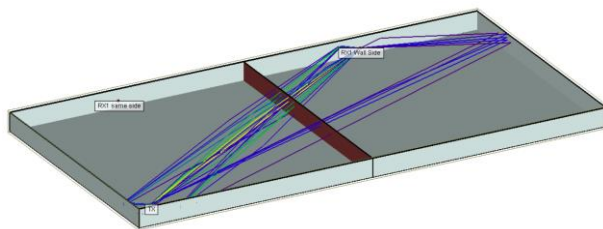
- 标准组接收功率



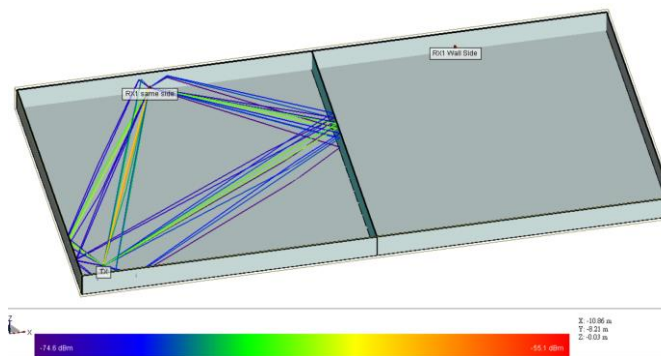
- PEC Backed layered 组接收功率
- 无透射，墙壁另一侧无信号



- 标准组RX1路径



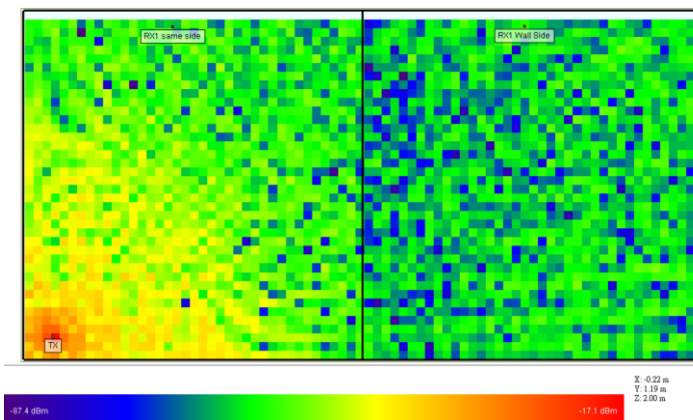
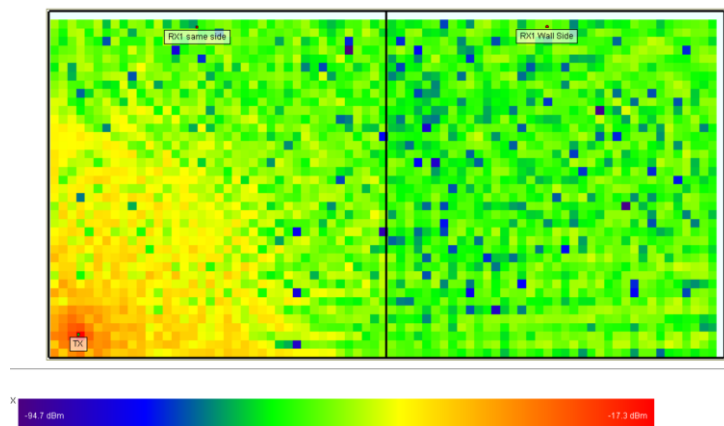
- 标准组RX2路径



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

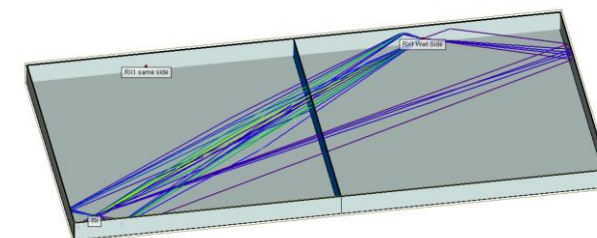
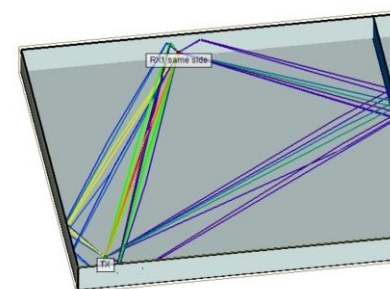
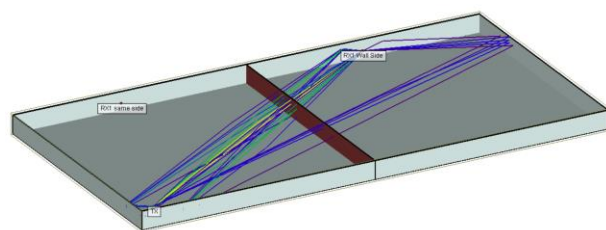
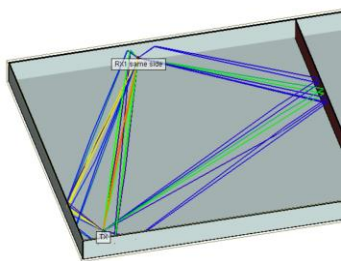
Material :材料对仿真的影响

- 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

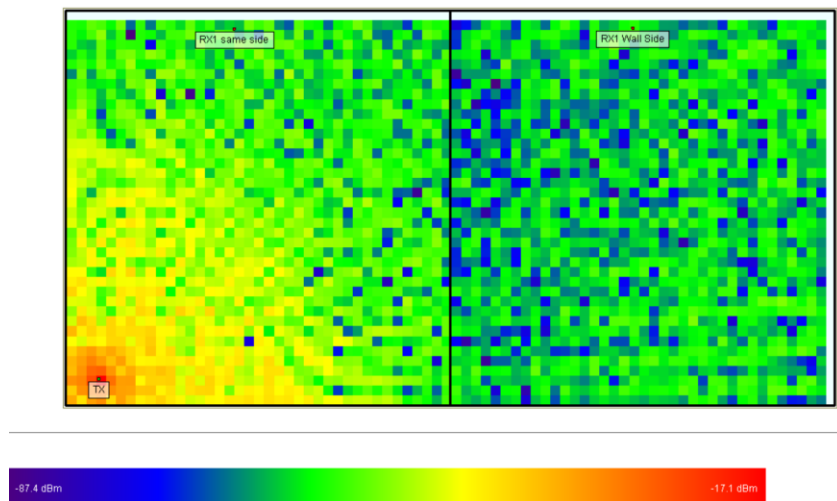
- 标准组RX2路径

- Constant Coefficient 组RX1路径

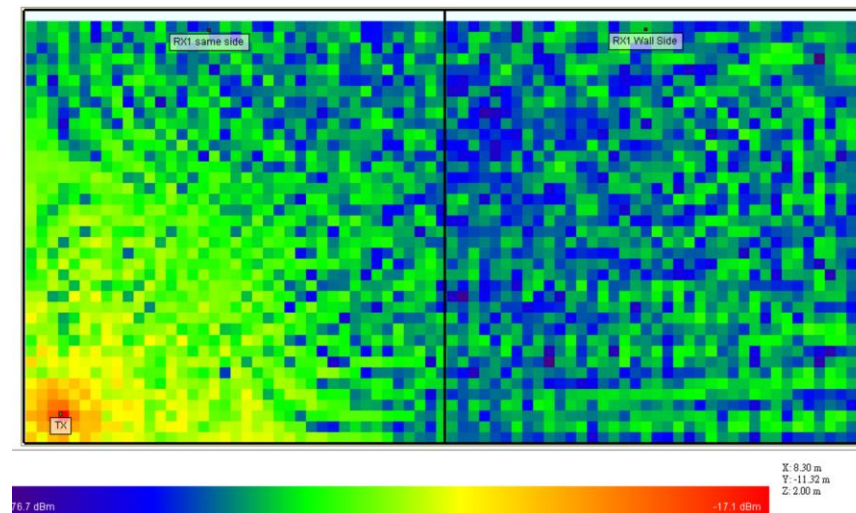
- Constant Coefficient RX2路径

Material :材料对仿真的影响

- 仿真结果比较: 多材料构成之多层蒙蒂卡罗材料接收功率分布



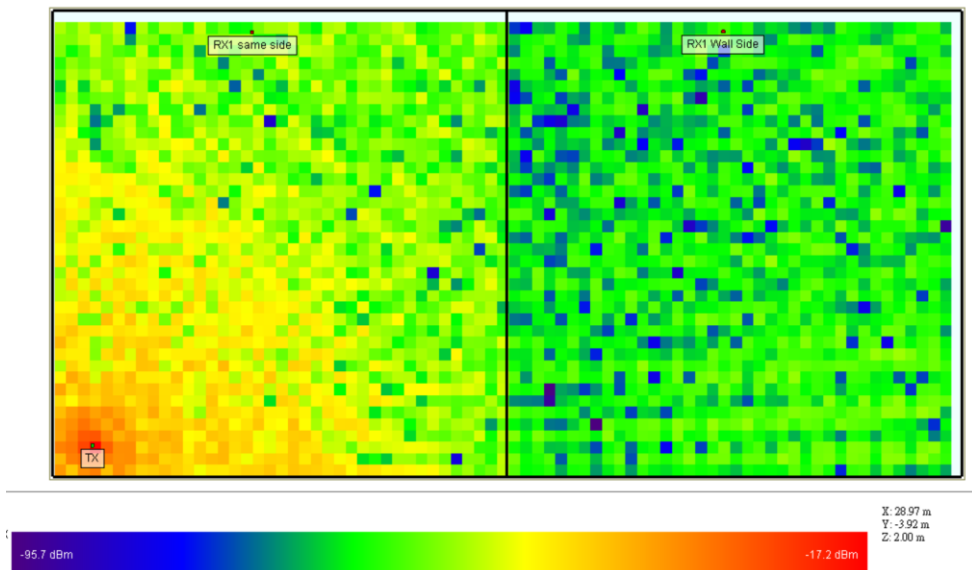
- 关闭蒙迪卡罗材料功能，以第1层材料为代表，整面墙壁视为混凝土材质



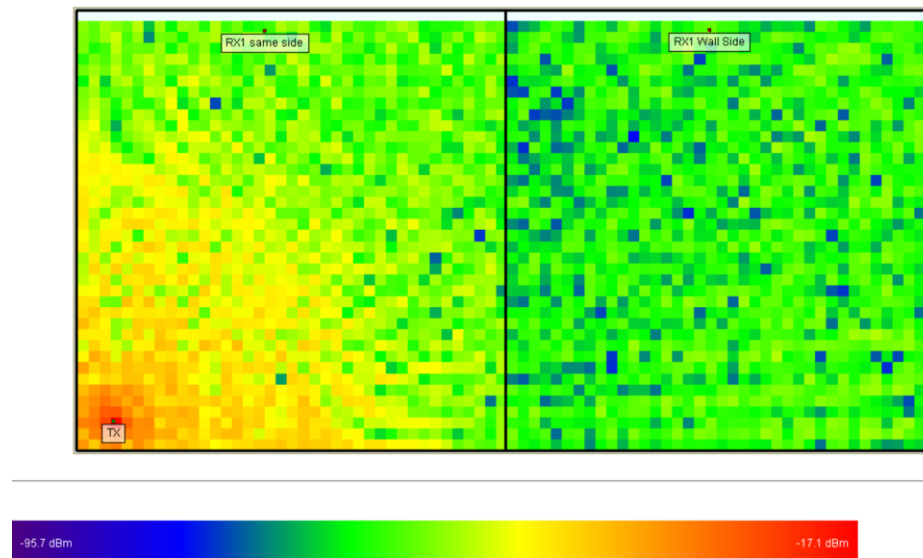
- 开启蒙迪卡罗材料功能，墙壁被视为有混凝土砖头玻璃木材等4种材料分布的一个平面

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



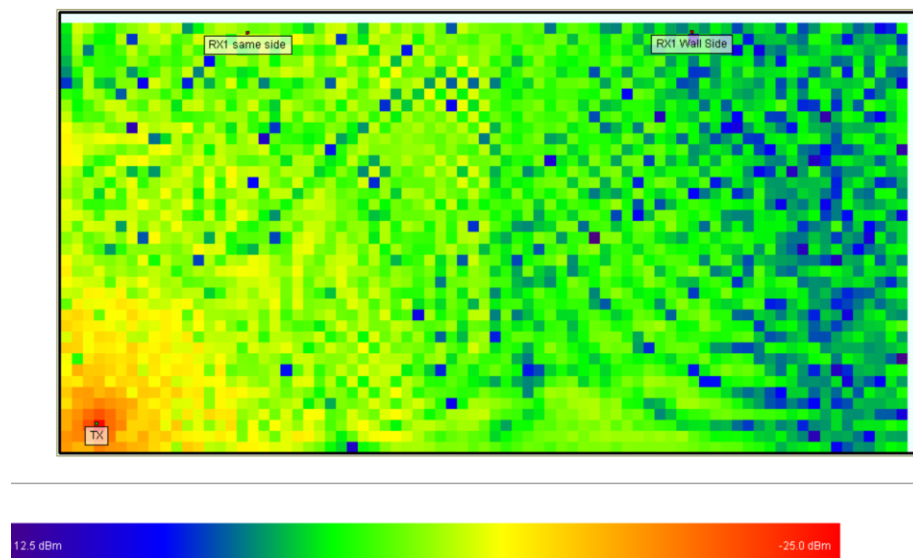
- 关闭蒙迪卡罗材料功能，介电系数等参数不变化.



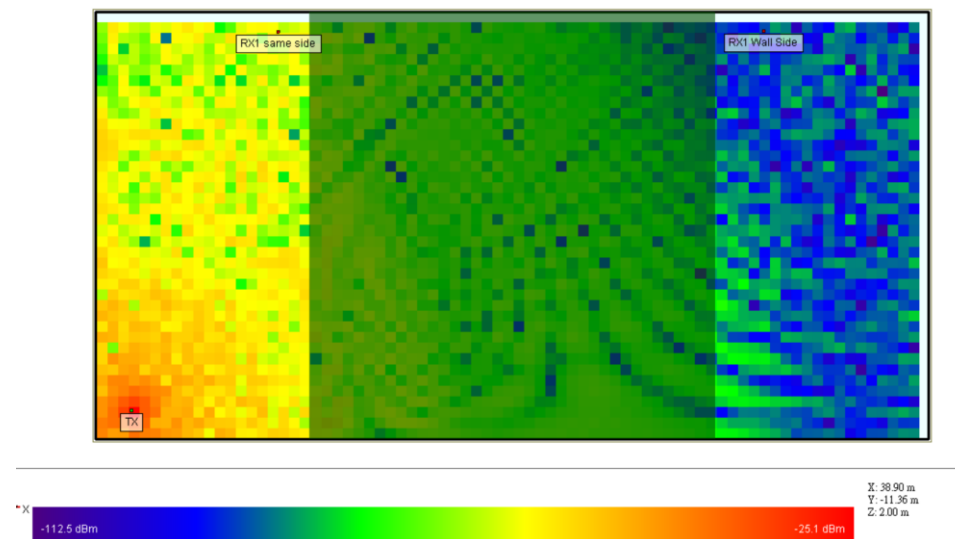
- 开启蒙迪卡罗材料功能，介电系数等参数会随着蒙迪卡罗功能设定的分布方式变化

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



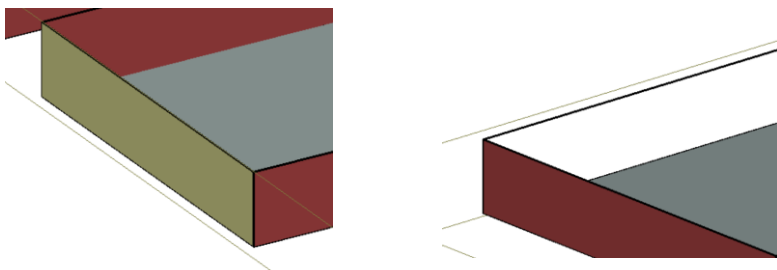
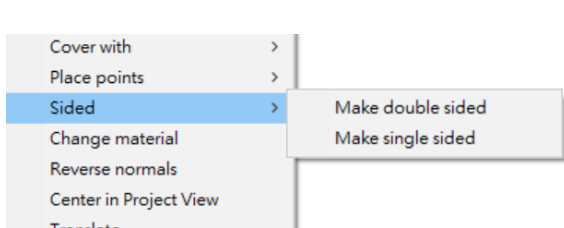
- 标准组接收功率, 2.4GHz信号



- 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平面(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，设为single sided时从有填充材料的方向入射的波会接触到有材料填充的实体平面，从另一侧入射的波则会直接穿透Free Space



联系方式

微信公众号：Remcom仿真仿真世界



QQ群：REMCOM仿真软件技术支持
QQ群号：994349133

Wechat ID : CAEsoftware0822

手机号
+ 86 13061673257 李先生
+ 86 13524674000 马小姐