



Electromagnetic Simulation Software

XFDTD Training (Version 7.8)

Hand-On Walk Through

Outline

1. 介绍REMCOM公司，背景，专业与产品
2. 仿真的概念和效益以及XFDTD演算法原理
3. 运用XFDTD进行研发的工作流程与所需资源整合
4. XFDTD Overview
5. 建立和操作几何模型与导入CAD文件
6. 在XFDTD建立与运用各种材料
7. XFDTD中网格的概念以及如何操作和调整
8. 激励源，电路器件与波型
9. 运用Sensor收集仿真计算的结果



Outline

10. 建立和控制仿真
11. 检视计算结果与后处理
12. 在XFDTD中进行SAR的计算
13. XFDTD中的巨集与脚本
14. 其他功能

介绍REMCOM公司

- 发展简历

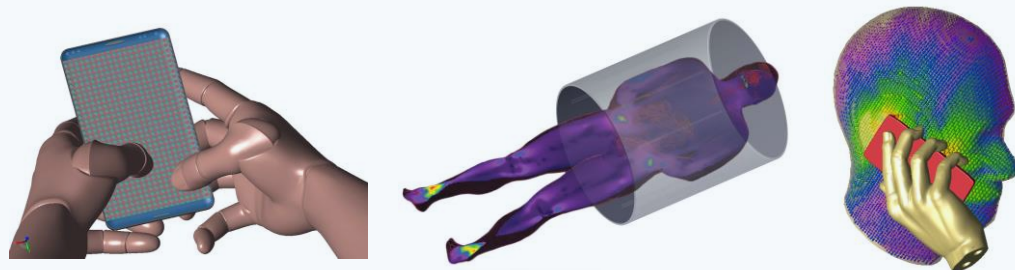
- 成立于1994年
- 总部位于美国宾州State College
- 约35-40名员工
- 开发与销售各种高频电磁仿真软件并提供技术支持
- 透过与诸多代理商的合作展开全球布局与发展业务
- 客户包括学界，商业单位以及各种政府机关



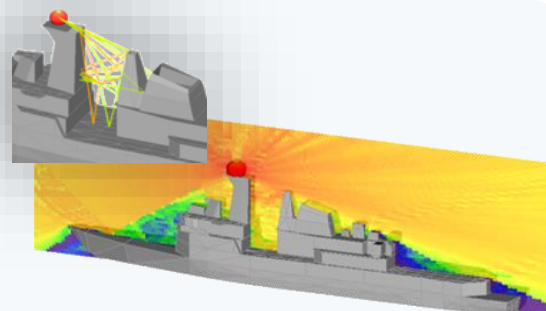
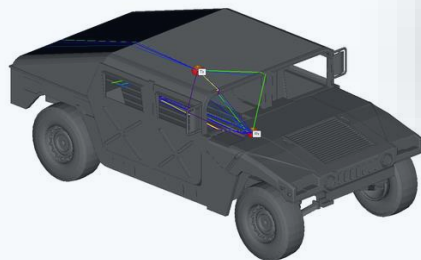
介绍REMCOM公司



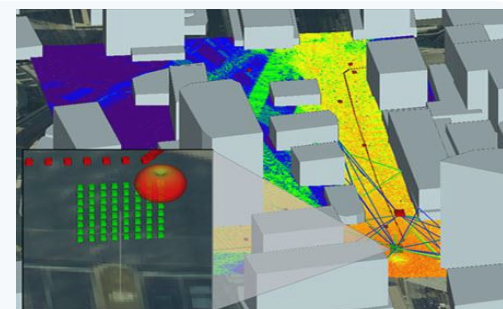
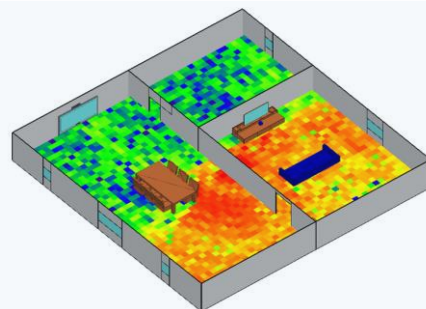
三维全波时域仿真软件，可用于
天线设计，电磁辐射，医疗设备
开发以及生物电磁应用



适合用于电大尺寸平台的天线辐
射和RCS的仿真



可用于进行毫米波以及各种不
同频率/波长的讯号在室内，市
区以及更大范围的地形的传播
路径预测以及信道分析



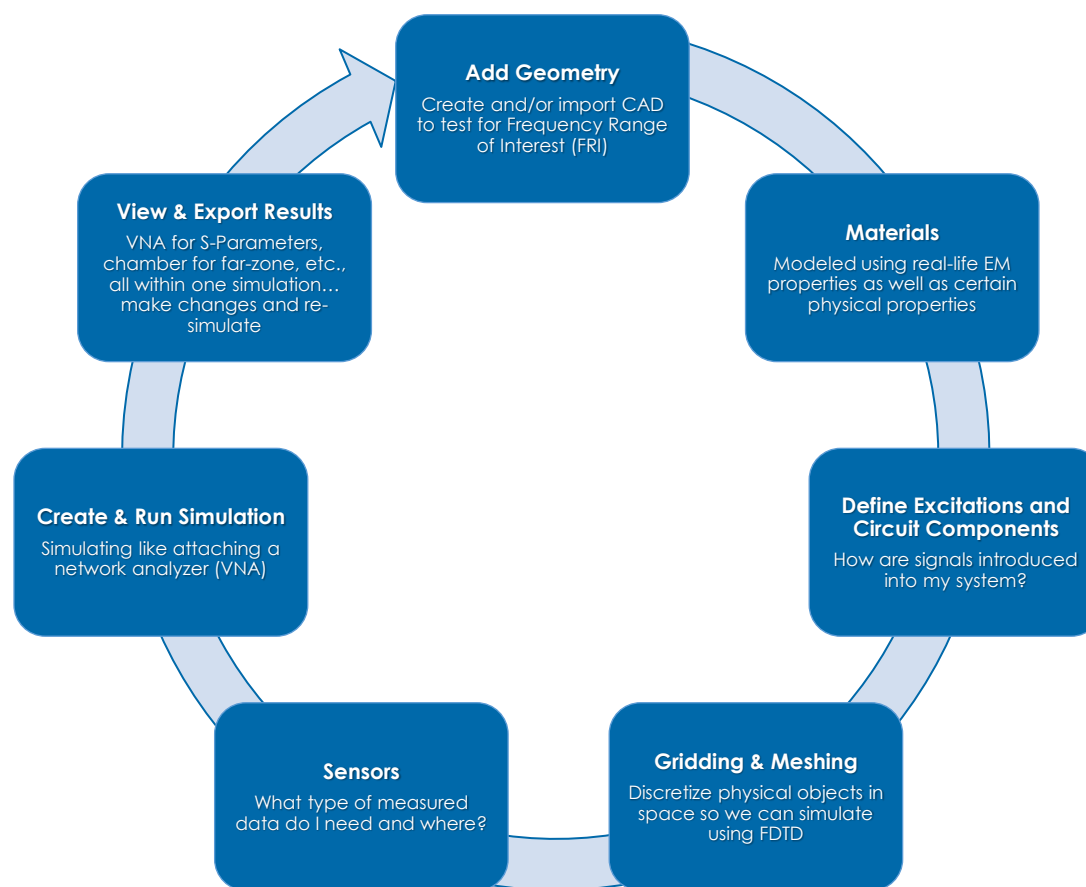
模拟计算的概念和效益

- 仿真可以节省时间，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项目
- 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

建立一个用于XFDTD的模型

- 建立用于XFDTD计算的模型会包含几个要素
 1. 几何模型/零件图形
 2. 各种电器元件，port和匹配等等
 3. 材料模型和材料参数
 4. 网格
 5. 收集各种数据的Sensor
- 使用者需要准备的信息和事前规划
 1. 需要准备好零件清单，要清楚地知道一个模型里有哪些零件，甚么性质和功能
 2. 要有一个材料清单以及所需的材料参数
 3. 厘清需要取得的数据有哪些

XFDTD的工作流程



XFtdt Overview

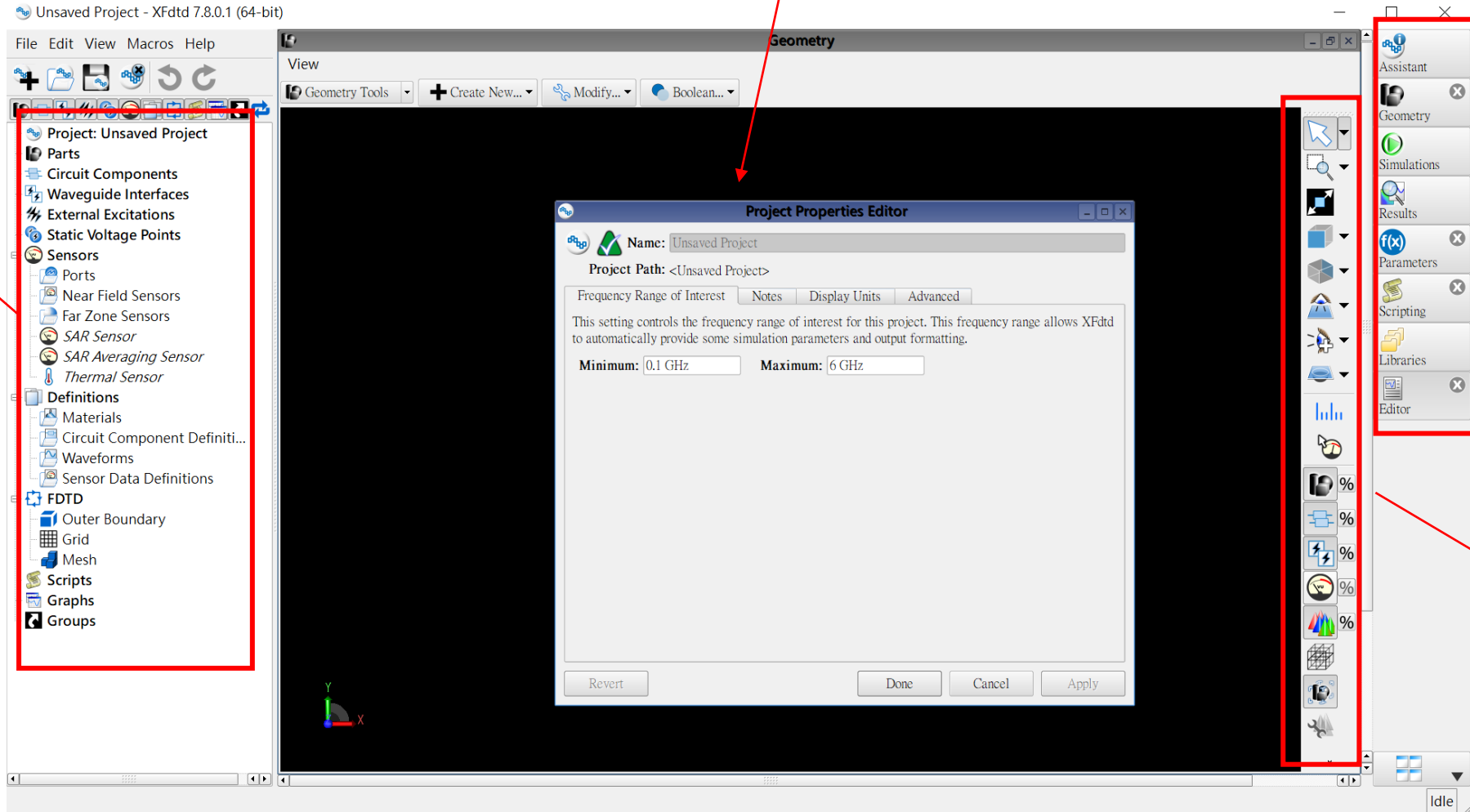
- XFtdt可以安装于Windows或是Linux作业系统，两者均提供可以操作的GUI
- XFtdt的三维工作环境要正常显示需要OpenGL相容的显示芯片，所以建议用户挑选有独立显卡的计算机为佳，并将驱动更新到最新版本
- XFtdt的计算在使用CUDA相容GPU的时候会有最好的效能，因此建议客户挑选Nvidia CUDA相容的显示卡或GPU，有少数可能有相容性问题，或是刚上市太新的卡则不一定支援，建议和代理商或是REMCOM咨询
- XFtdt的计算效能较为倚重显存带宽和时脉，显卡或GPU在这方面的性能指标可以参考，但影响计算效能的原因很多，硬体规格不是绝对的
- 主板内存自然越多越好，固态硬盘对于效能也会有帮助

XFtdt Overview

- XFtdt的默认显示画面

显示和作图区域

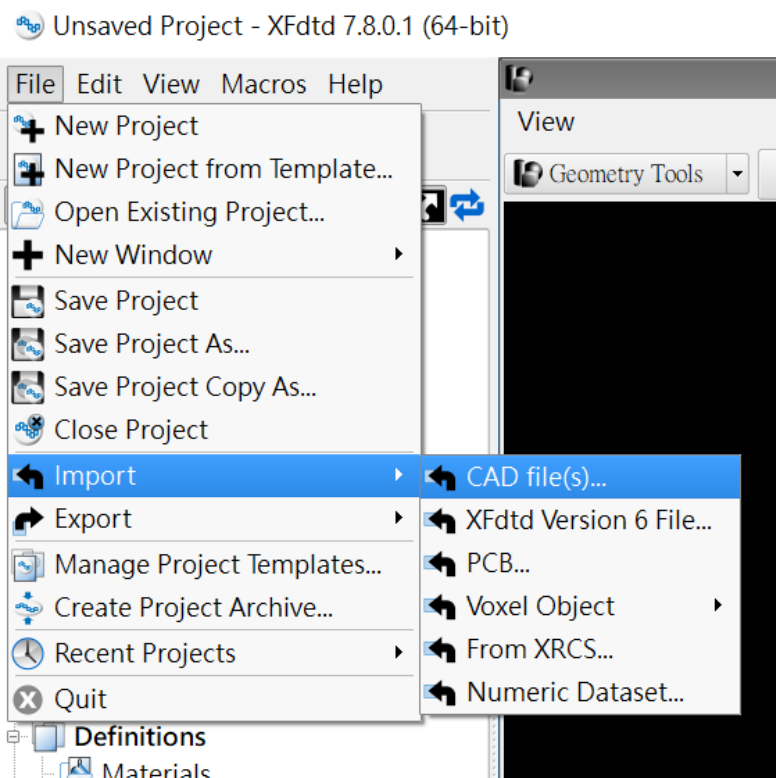
Project Tree
树状的显示和分类整个模型里面的各种构成元素



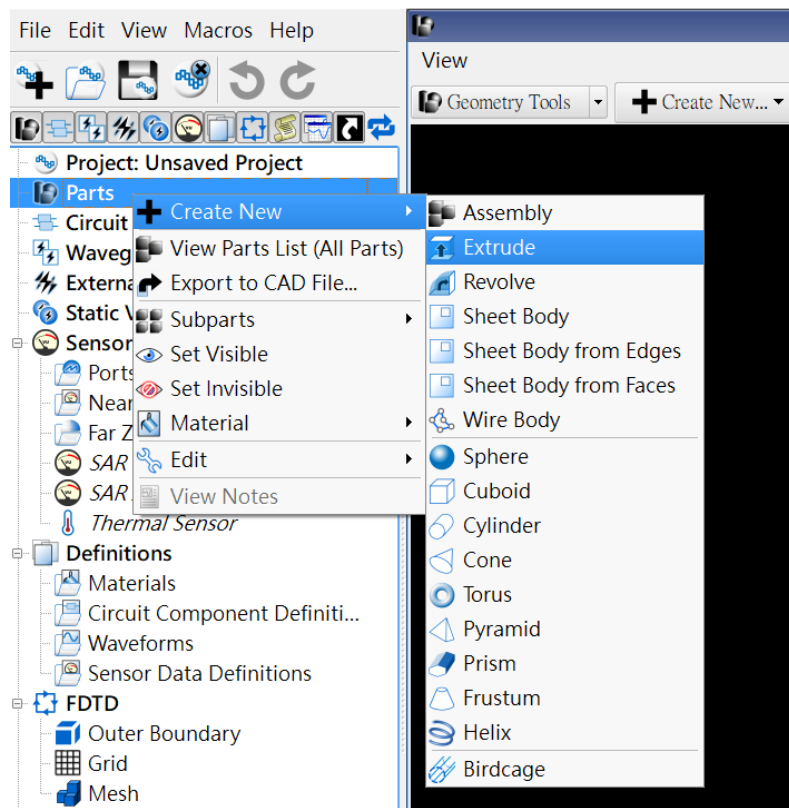
各种功能键和快捷键

建立和操作几何模型与导入CAD文件

- XFtdt可以透过导入和用户自行绘制两种方式来作图

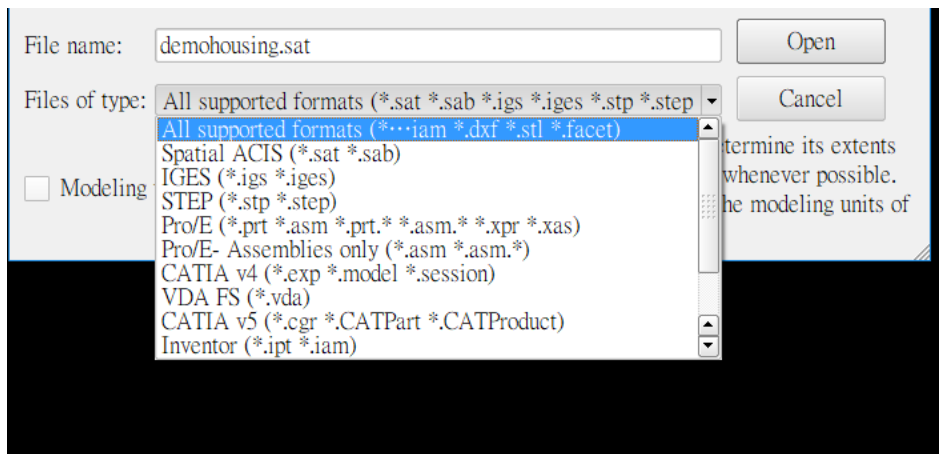


- 导入CAD图档

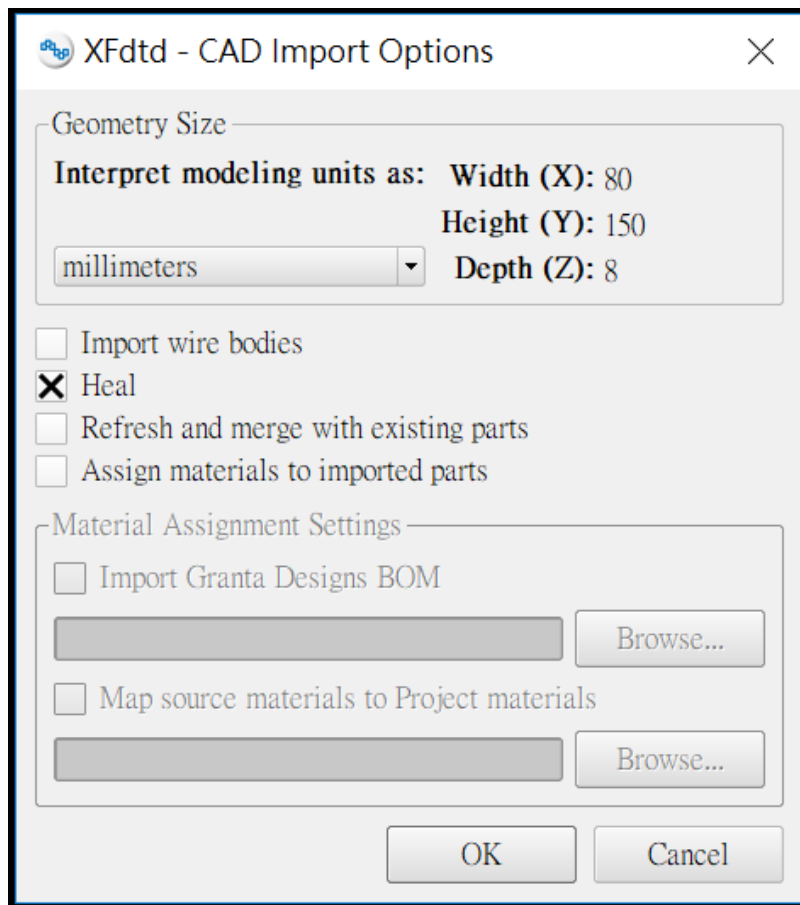


- 绘制几何图形

建立和操作几何模型与导入CAD文件

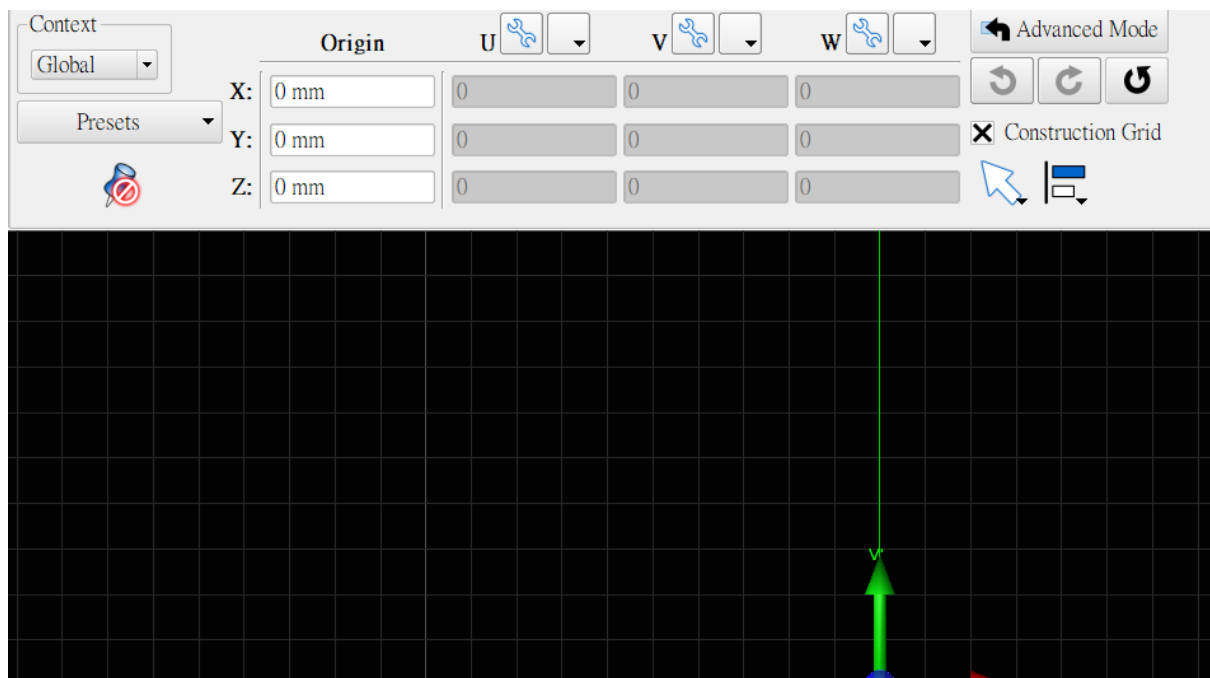


- 选择支援的格式并导入CAD文件

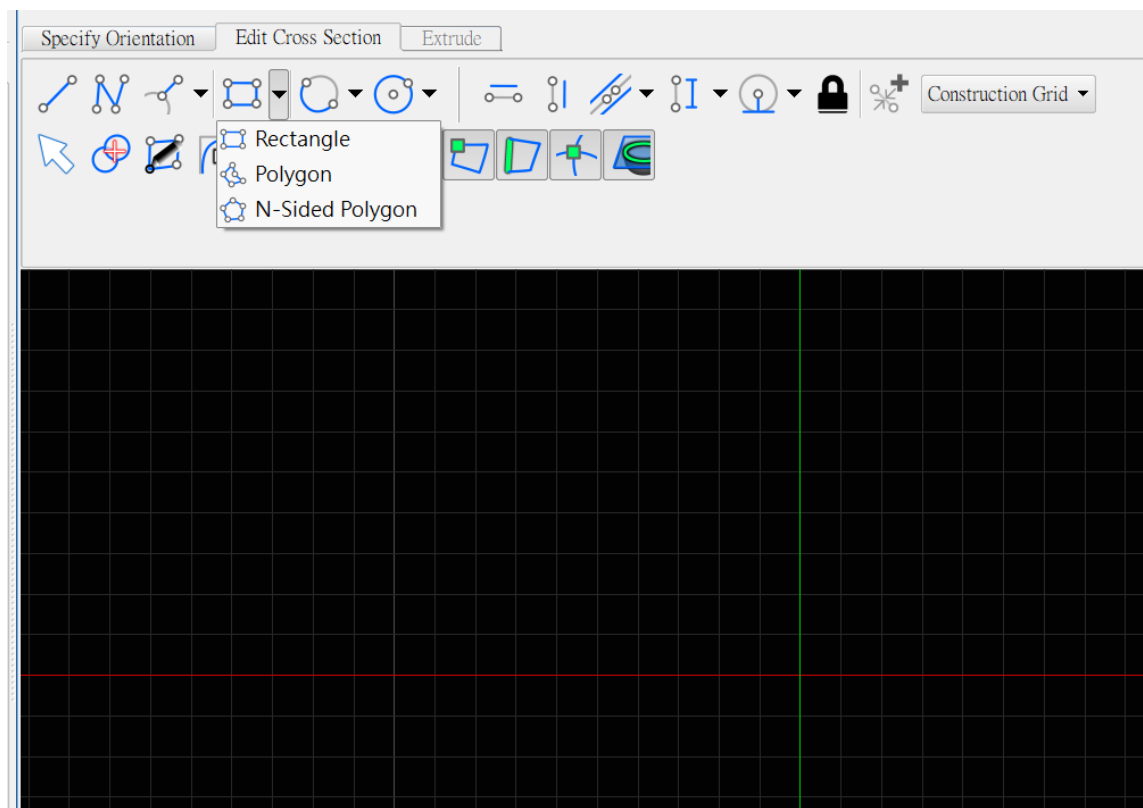


- 依照需要进行前处理

建立和操作几何模型与导入CAD文件



- 调整作图的基本面

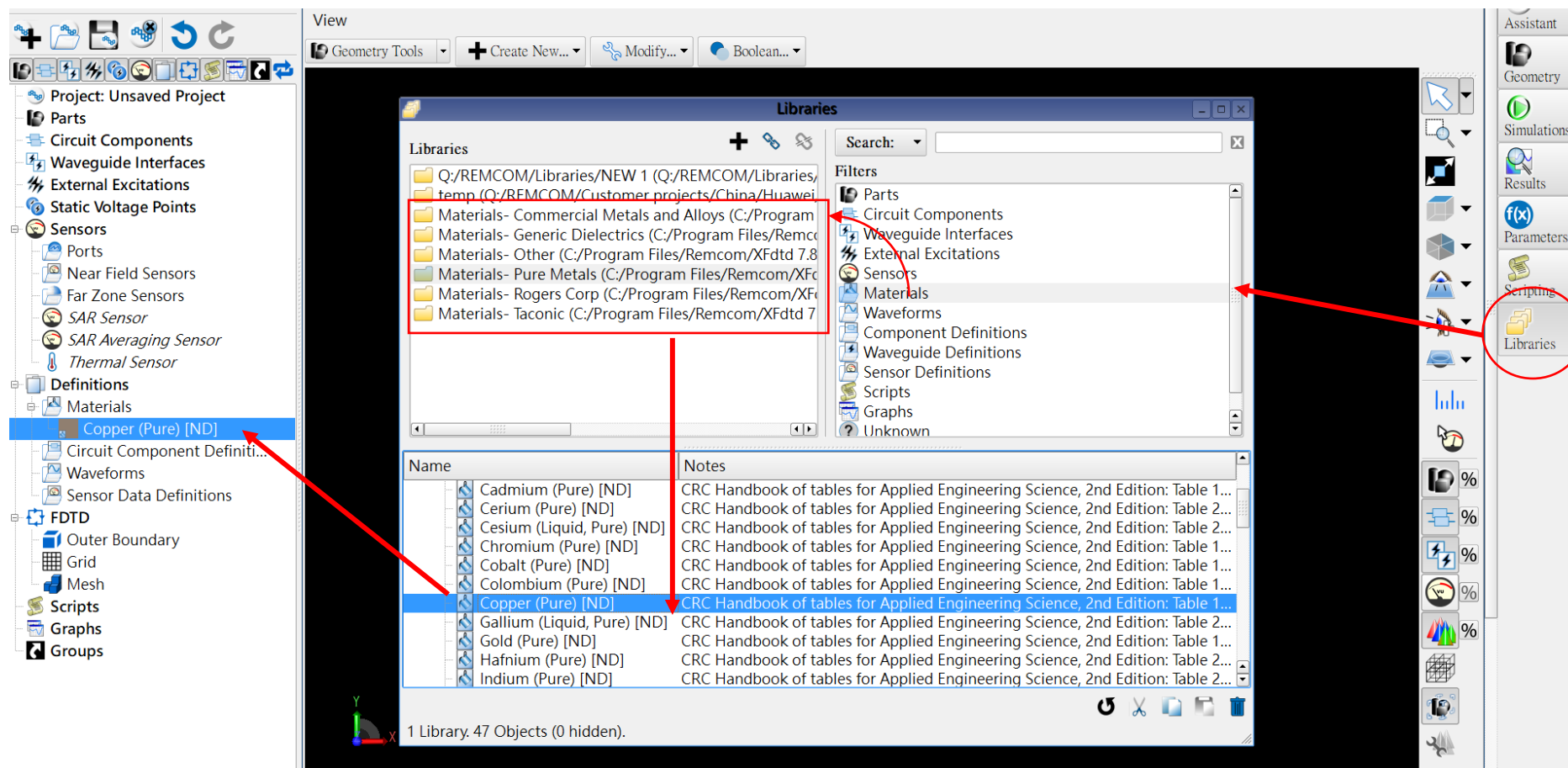


- 绘制或编辑图形

在XFtdt建立与运用各种材料

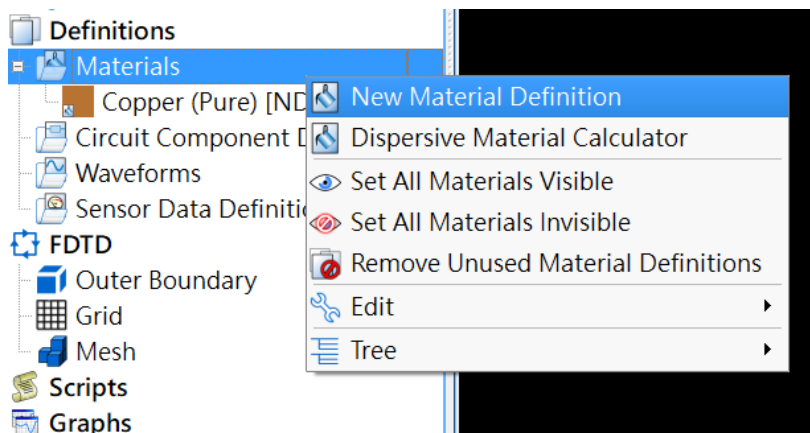
- 在XFtdt中几何模型绘制或导入后一开始是被视为没有指定材料的自由空间
- 用户必须要指定材料给零件才能产生网格并进行计算
- 材料可以是用户自行建立或是从软件的数据库导入
- 可以依照需求建立多种复杂的材料并且建立客制化的资料库多个用过网路分享使用

在XFDTD建立与运用各种材料

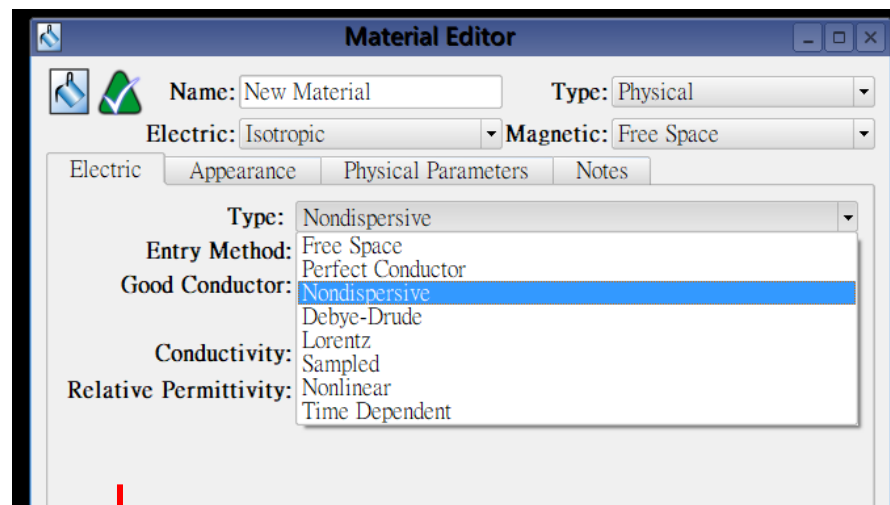


- 从Library中选择材料并用拖曳的方式加入project tree

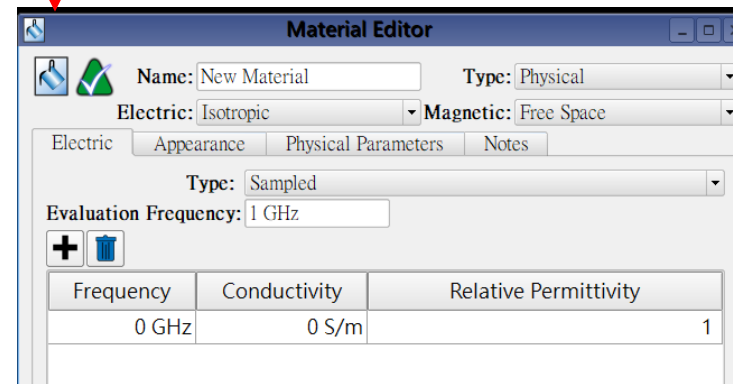
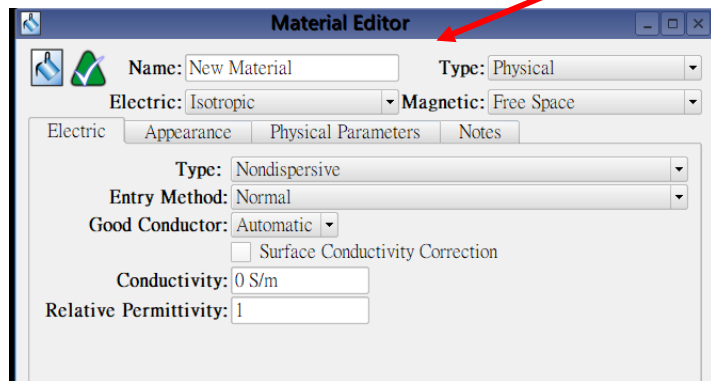
在XFDTD建立与运用各种材料



- 选择建立新材料



- 选择描述和定义材料的方式

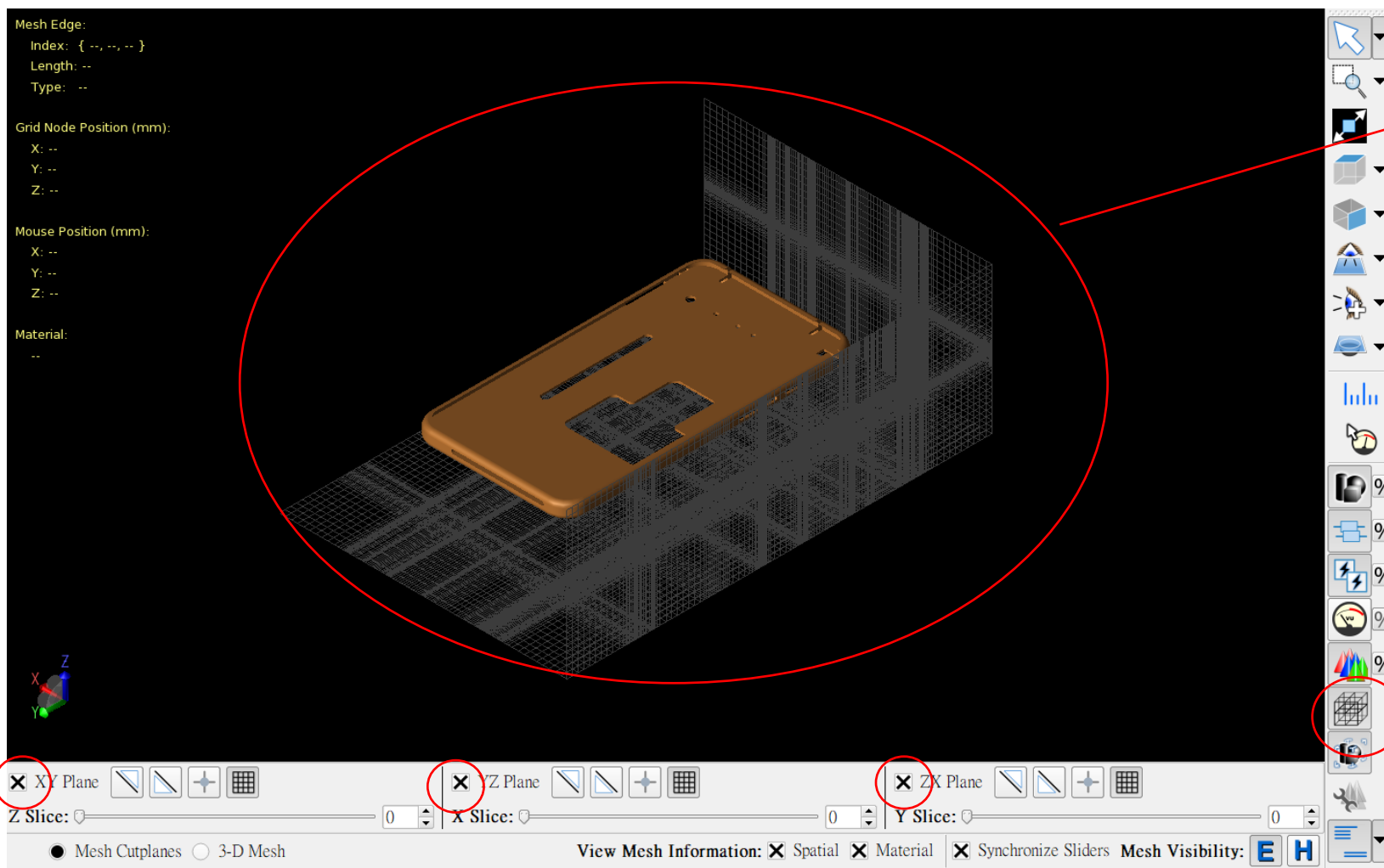


- 依据选择描述和定义材料的方式填入参数

XFDTD中网格的概念以及如何操作和调整

- 在XFDTD所有的计算实际上是发生在网格上，必须存在有效的网格才能进行计算
- 软件会依据几何物件的轮廓和几何特征等因素来产生网格
- 用户可以使用软体的PrOGrid Project Optimized Gridding来自动建立adaptive特性的网格(建议)或完全手动剖分
- 材料的导电度(conductivity)和介电系数(relative permittivity)特性会影响到网格的剖分以及优先度
- 网格必须精确地描述模型，避免偏移和变形才能得到较为精确的计算结果

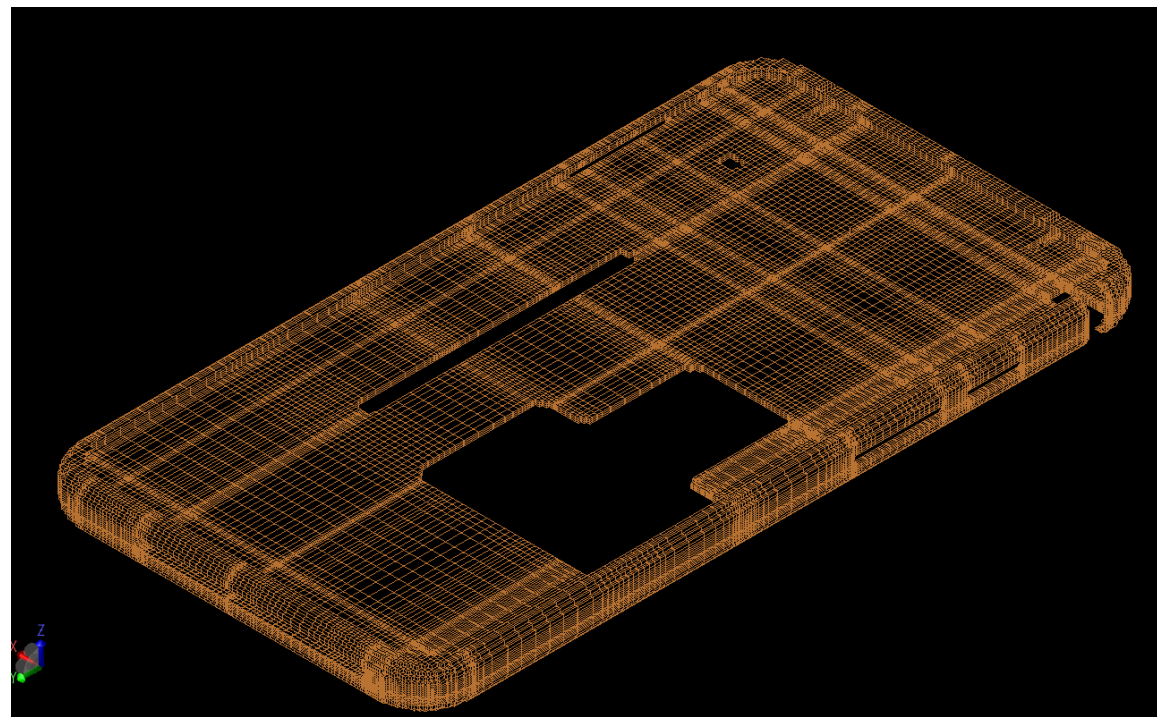
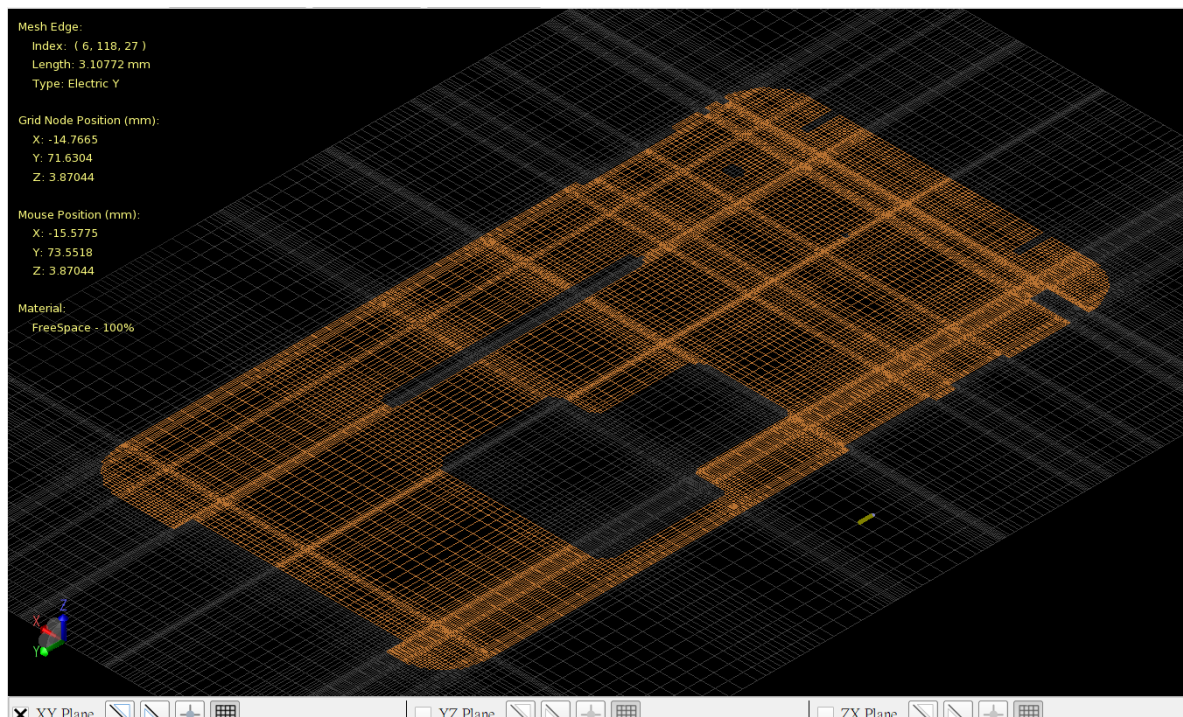
XFDTD中网格的概念以及如何操作和调整



以六个面建立起来的箱型空间内部叫做near field，在这个空间内部有网格，时域的FDTD计算也在里面进行，过了这个边界就叫做Farzone

选择mesh view可以检视网格

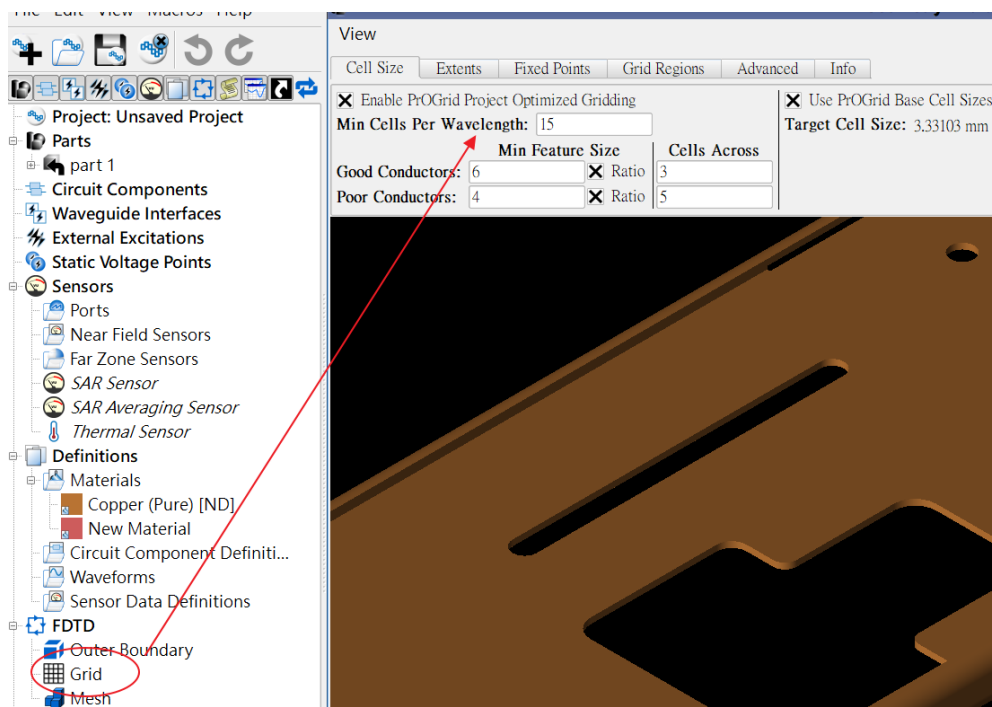
XFDTD中网格的概念以及如何操作和调整



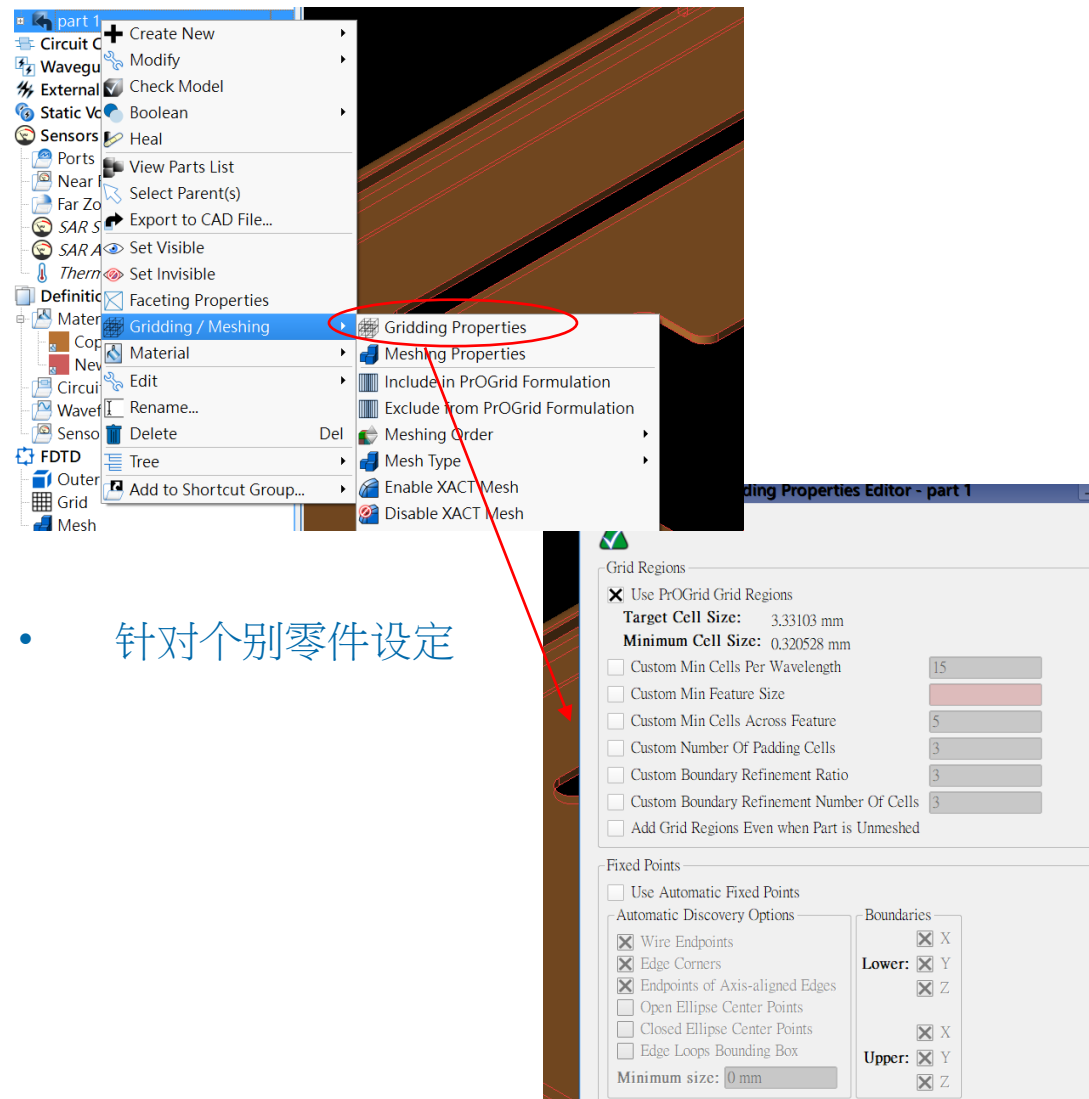
- 用户可以透过二维或是三维的方式查看网格，检查网格是否准确的描述几何模型，或是找出偏移变形等现象

XFDTD中网格的概念以及如何操作和调整

- FDTD算法数学上必须符合库仑条件才能进行稳定的计算产生可靠的结果
- XFDTD 中网格的最长边不得大于十分之一波长
- 用户可以全局性的作设定或是针对单一零件做个别调整



- 全局性的调整

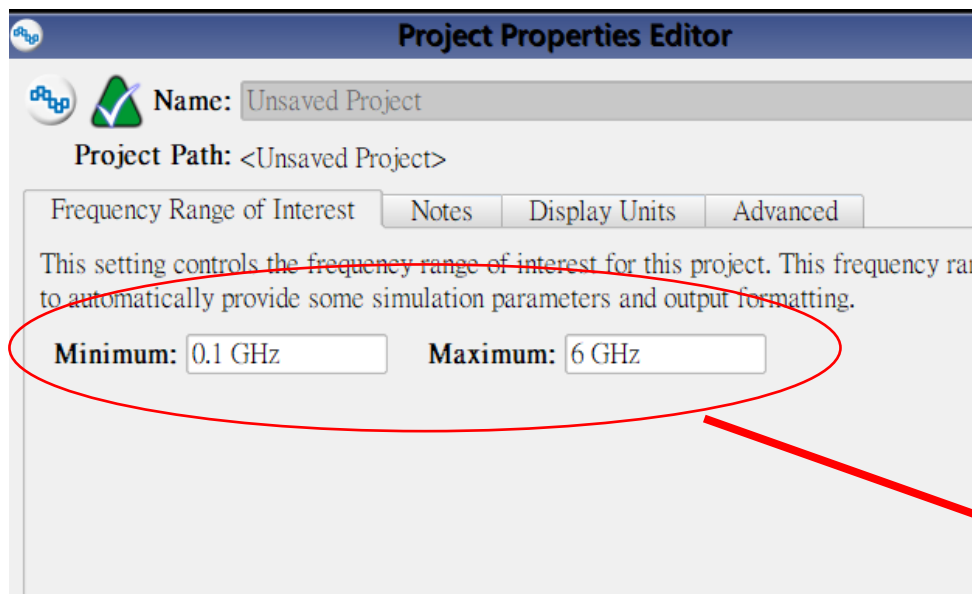


- 针对个别零件设定

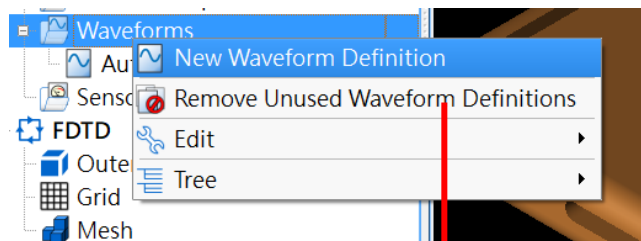
激励源，电路器件与波型

- XFDTD中需要有能量的来源激发系统响应，可以是系统内部的某个port或是波导，或是从外部来的平面波或是Gaussian Beam
- 消费性电子产品一般会使用discrete source (port)或者是wave guide为多
- Port的匹配电路器件数量没有特别限制
- 作为能量来源的port等激励源会同时需要指定发射的载波波型和频率，可以是一个broadband的脉冲或是正弦波，也有只能使用正弦波的状况
- 由于波长和网格分辨率相关，所以载波频率高或是broadband的计算频率范围较高，网格会需要较高的分辨率因而使用的内存也会变多

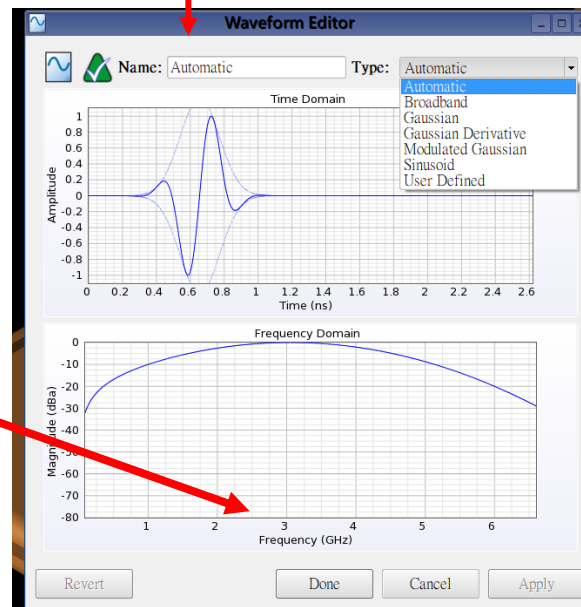
激励源，电路器件与波型



- 进入XFDTD时或是可以透过选单开启project Property Editor设定仿真计算的频率范围或频点
- 频率范围会反映在broadband的脉冲讯号以及扫频范围上

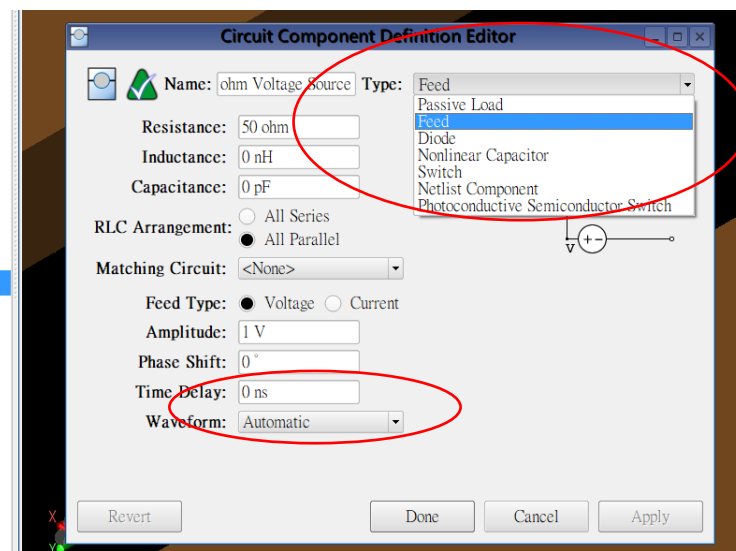
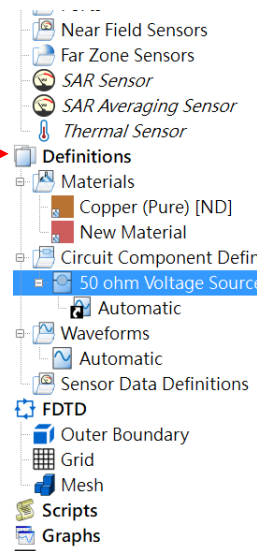
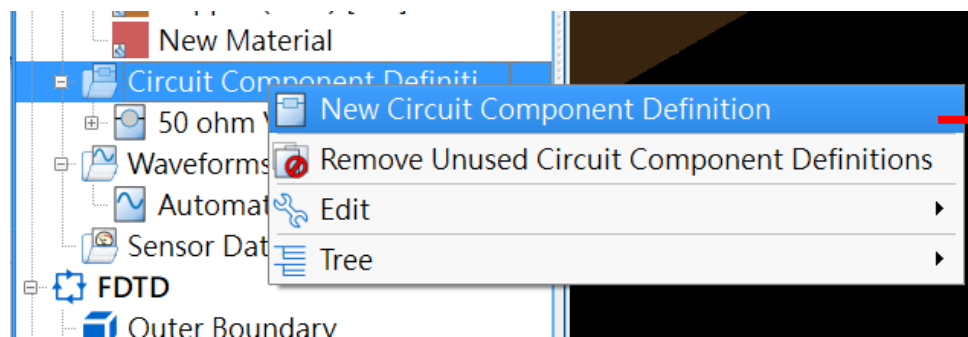


- 在project tree建立新的波型

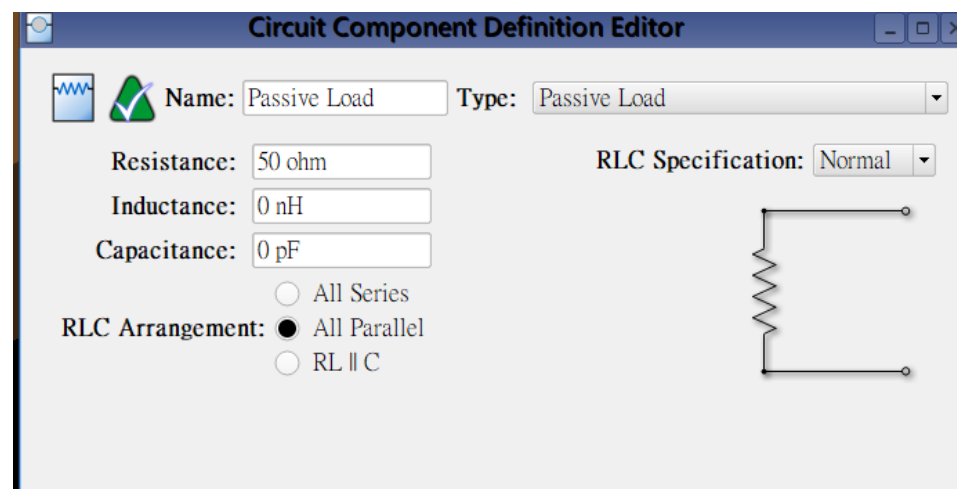


- 选择讯号类型或调整参数

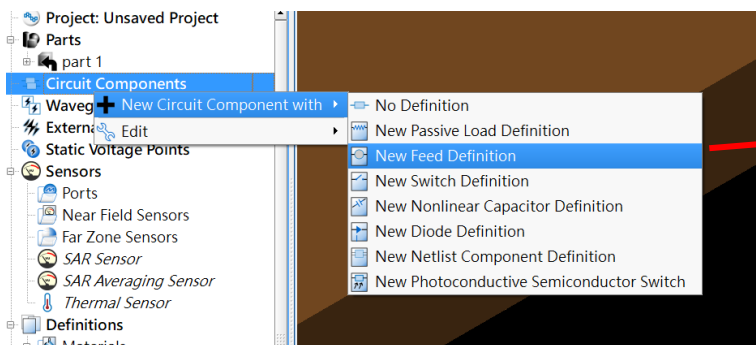
激励源，电路器件与波型



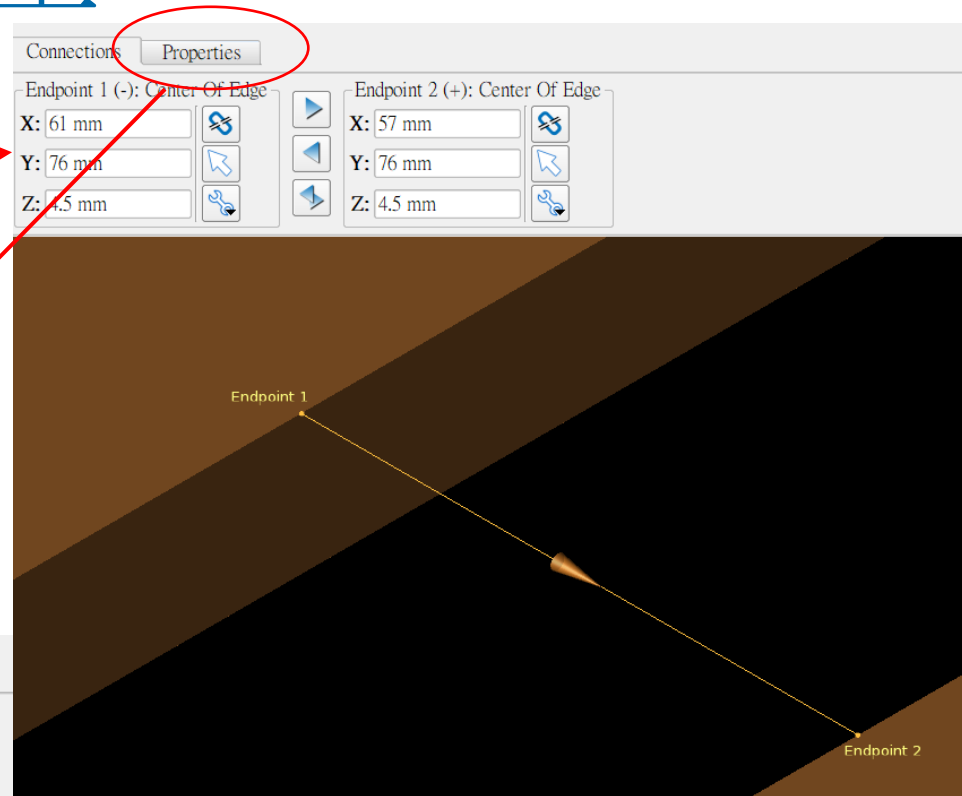
- 在XFtdtd中可以依照需要建立或导入各种电路器件的模型
- 作为波源的器件需要同时指定搭配的波型，也可以进一步的指定一个匹配电路模型



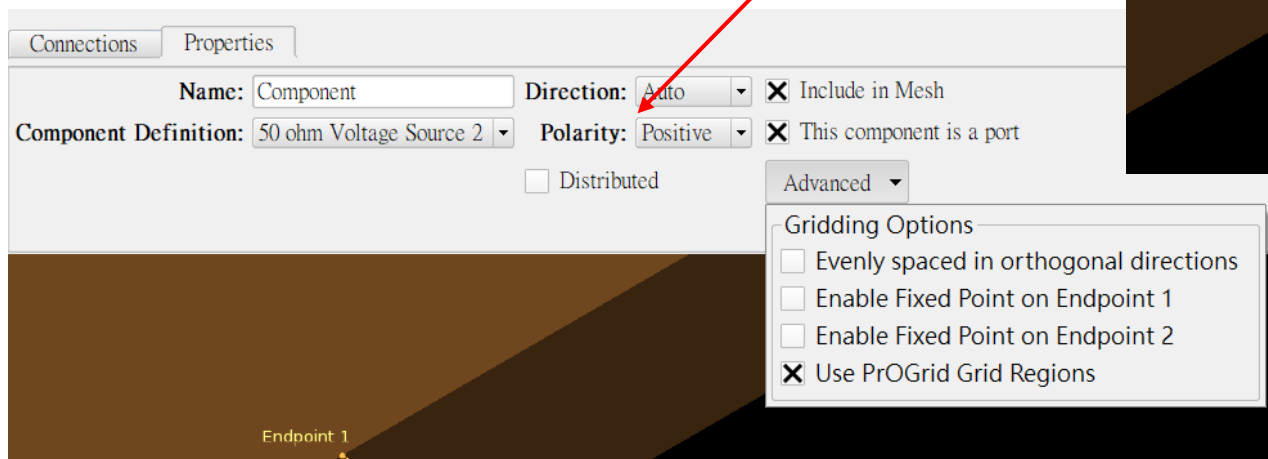
激励源，电路器件与波型



- 建立一个新的激励源(port)
- 如果波型和电路模型并未设定，就会自动产生预设的波型和电路模型来搭配



- 指定位置

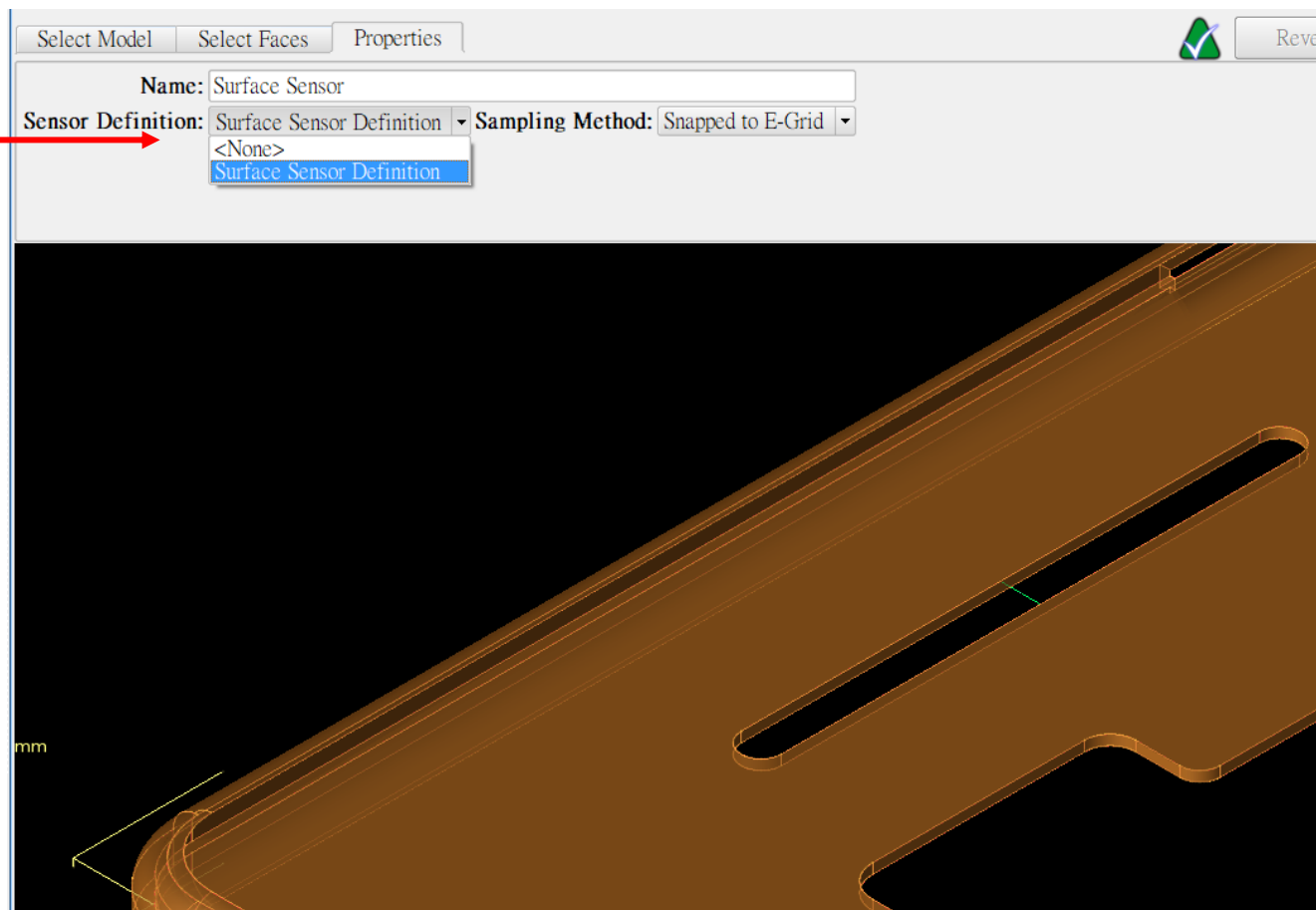
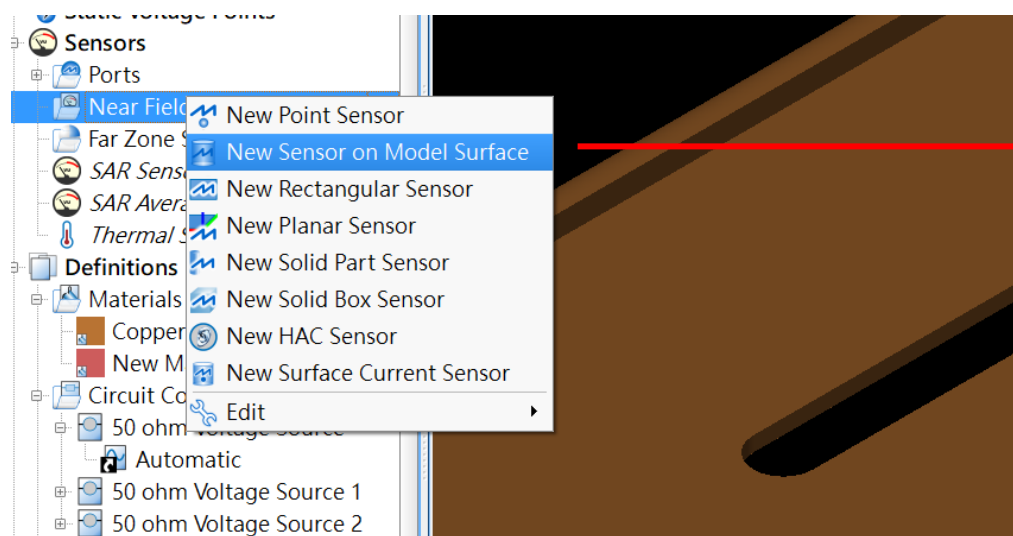


- 指定搭配的电路器件模型，设定极性，方向和网格相关设定

运用Sensor收集仿真的结果

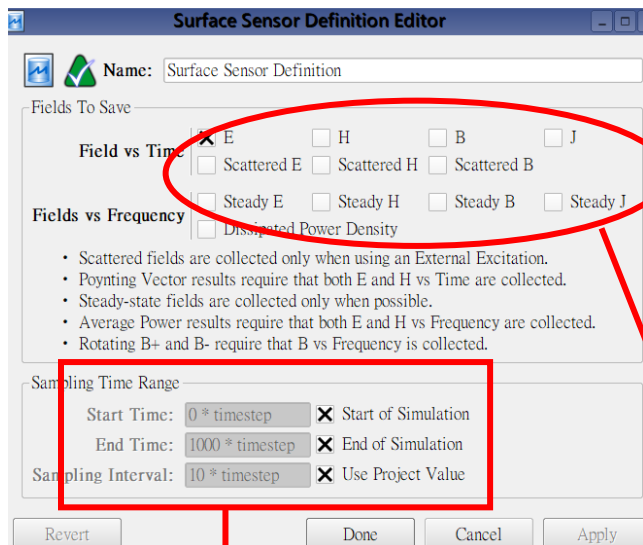
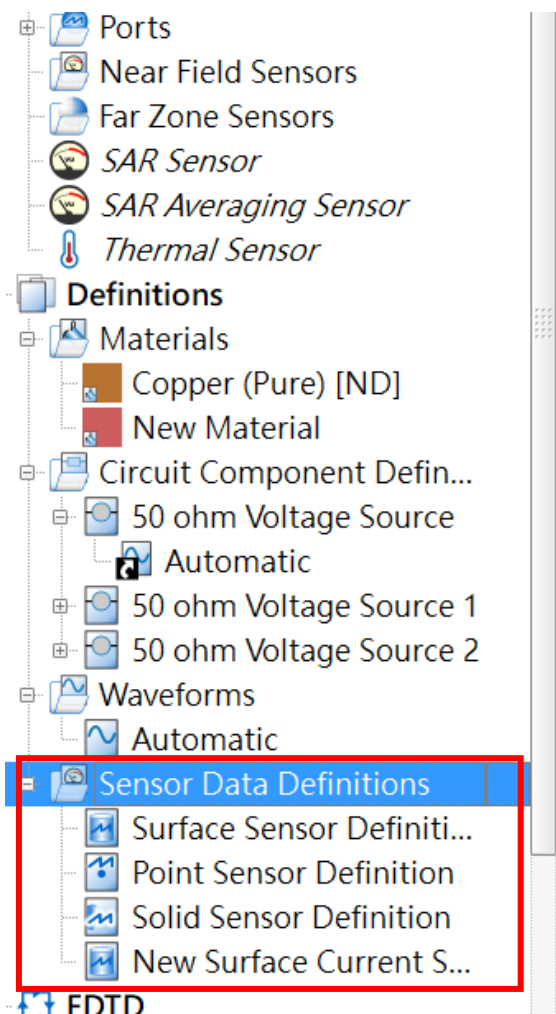
- 在XFDTD中可以透过设定Sensor来收集数据，在计算完成之后进行观测和必要的后处理
- Sensor有分为近场(Near field)，和远场(Farzone)，前者可以收集时域的观测随时间变化的物理量如电场电流，后者收集稳态数据，可以用于观测辐射场形
- Port等电路器件会自带一个point sensor在模拟计算之后提供这个电路元件相关的输出，如S11等
- XFDTD另外有特殊用途的Sensor，如SAR，HAC，或是Thermal Sensor，可以用于不同用途的特殊计算，不过也可能需要材料等方面的配合

运用Sensor收集仿真的结果

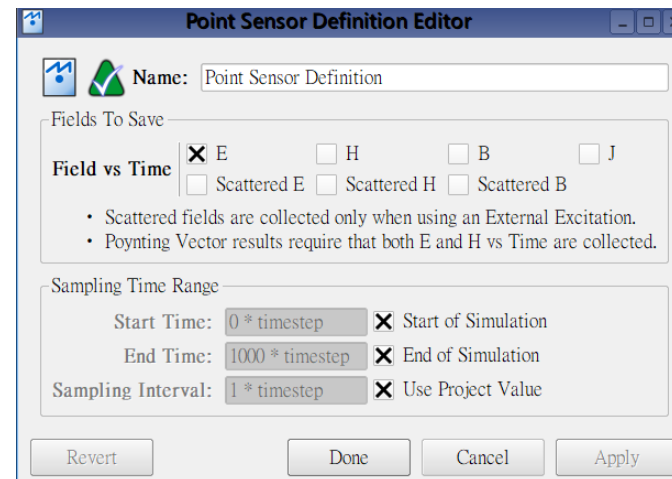


- 选择Sensor的种类
- 进一步作位置或是工作特性的配置

运用Sensor收集仿真的结果

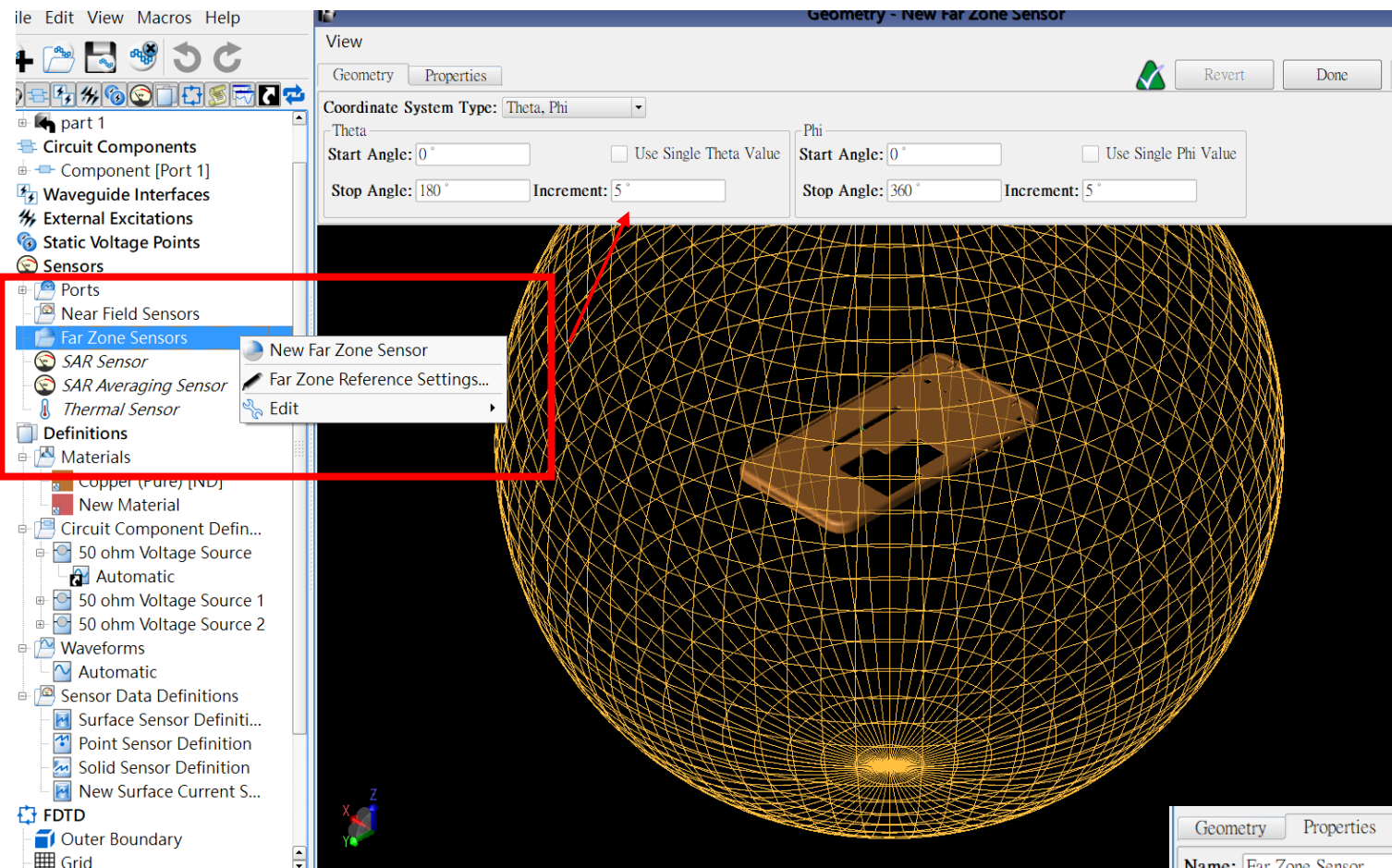


- 设定撷取数据的时间间隔和时段长度

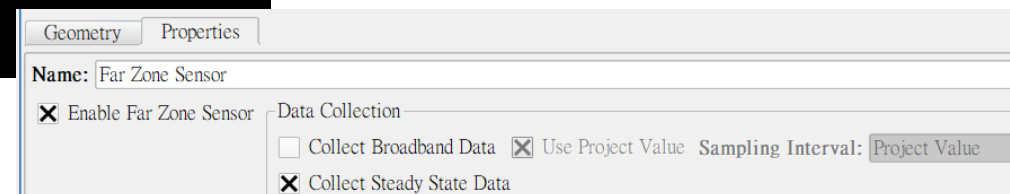


- 设定要撷取的物理量
- 有的物理量只存在于稳态或是特定的激励源

运用Sensor收集仿真的结果



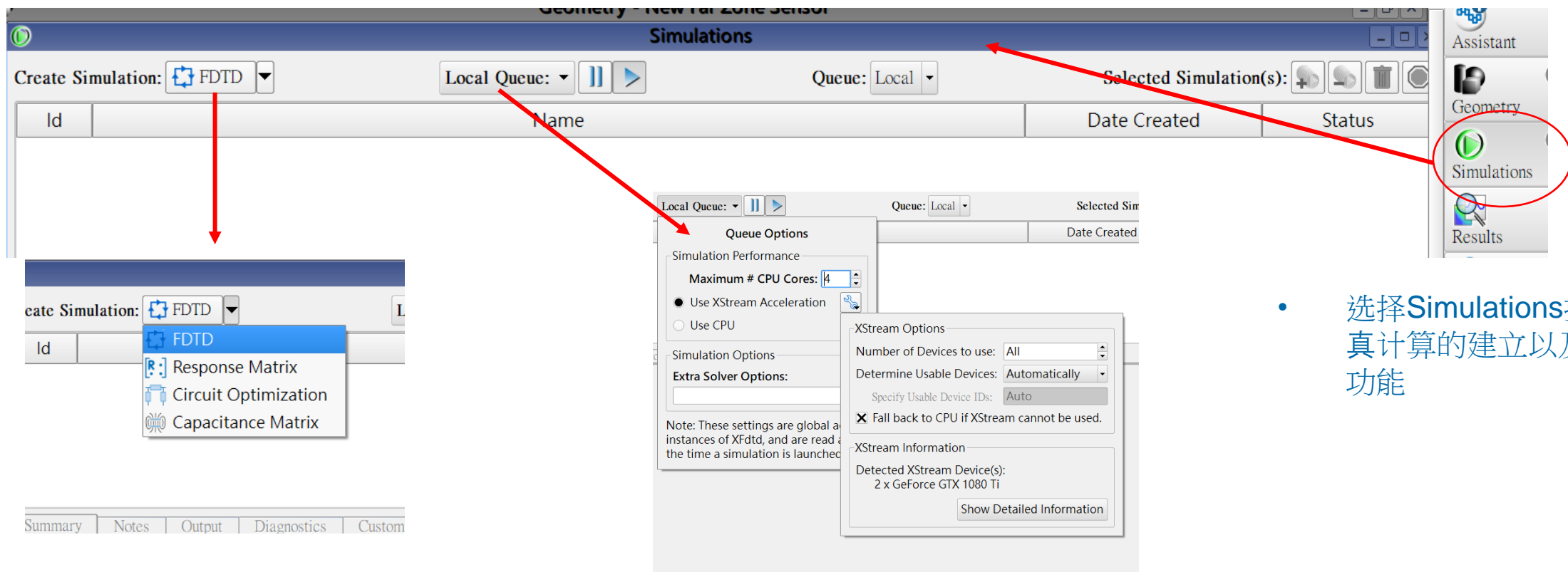
- 透过设定Farzone Sensor可以收集远场辐射增益等稳态数据
- 可以设定Farzone Sensor的范围节省硬盘空间
- 可以透过设定让Farzone Sensor收集broadband的数据



建立和控制仿真

- 在设定计算时XFtd提供用户很高的弹性，包括要使用甚么硬件资源，做计算或是做哪一种计算
- 可以配合将尺寸或频率等物理量参数化一次计算扫过多组不同的参数组合
- 可以设定在多个特定频点撷取稳态资料，一次收集整个频段的多个工作点数据
- 可以透过收敛条件的设定节省计算时间

建立和控制仿真

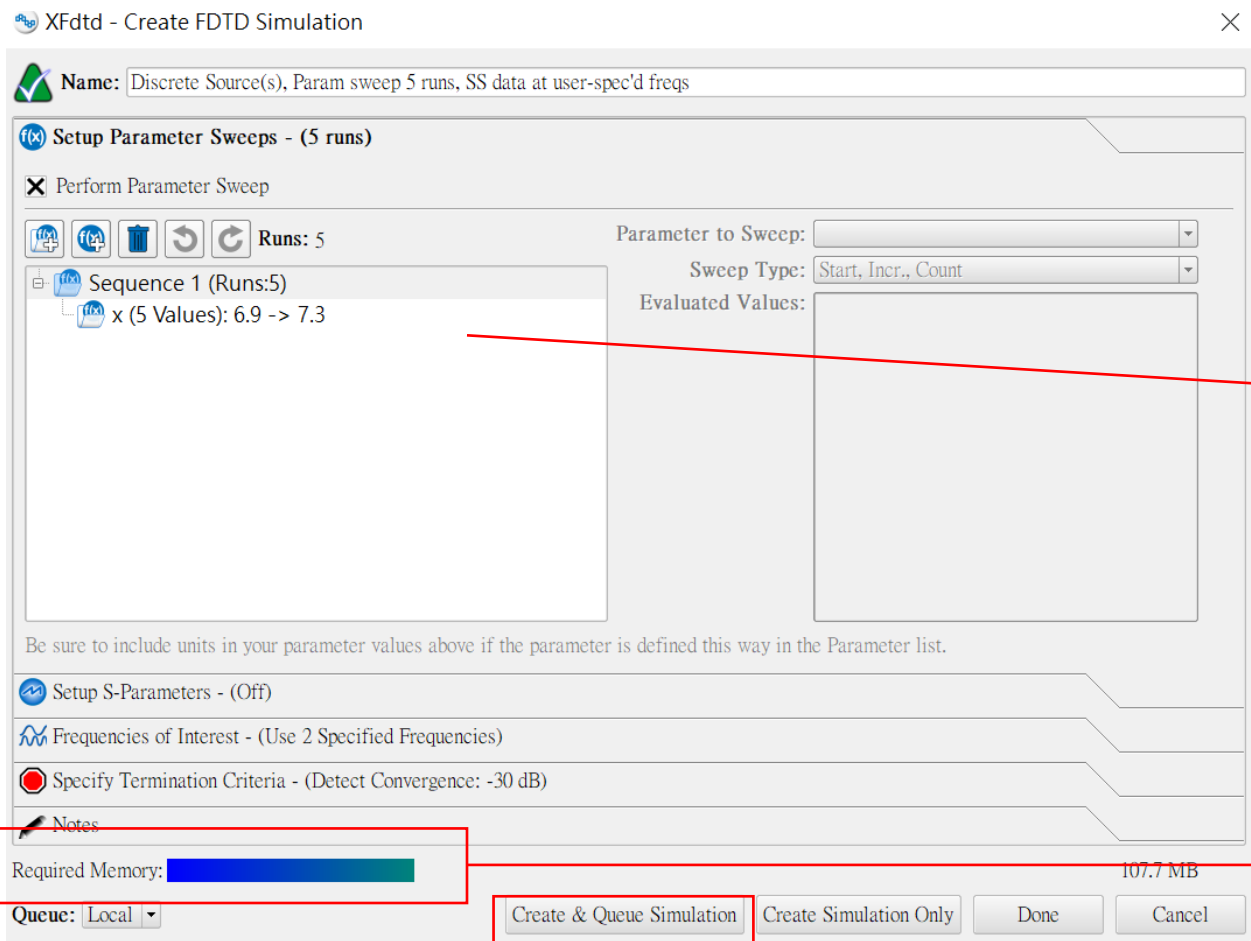


- 选择要使用的**Solver**，一般的计算就选择**FDTD**

- 选择要用来做计算的硬件资源，**CPU**的核心数以及**GPU**

- 选择**Simulations**打开仿真计算的建立以及控制功能

建立和控制仿真



- 设定模型中的参数变化的范围和方式，参数的数量无上限

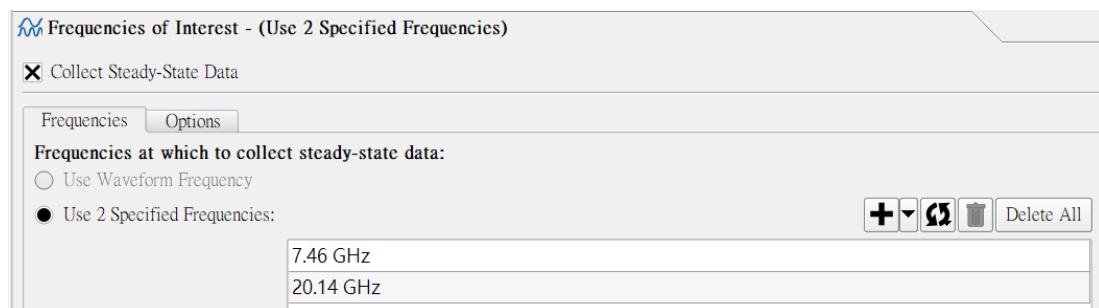
- 使用内存预估

- 完成设定，开始计算

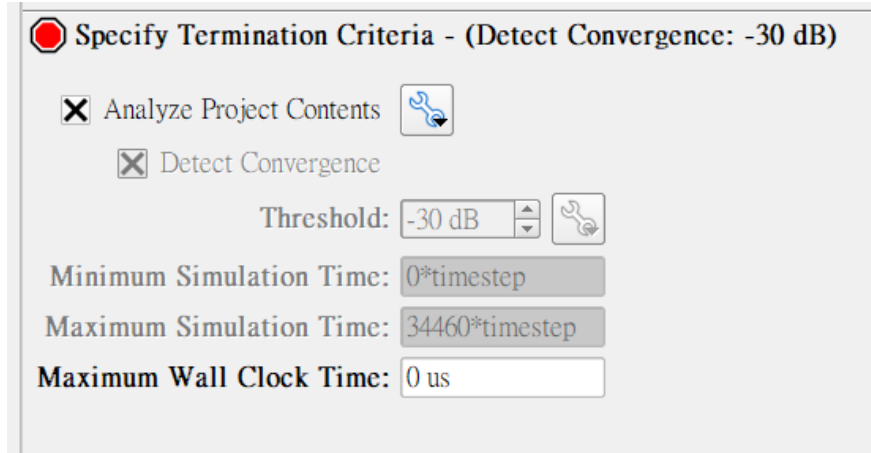
建立和控制仿真



- 设定是否计算S参数，有多个port的时候，选择启用S参数的计算就会一次开启一个激励源做计算，如果选择不做S参数的计算就会同时激发所有的port



- 设定收集稳态数据的频点，数量没有上限，但是频点必须在模型设定的频率范围之内



- 在XFDTD中收敛指的是能量离开有网格存在并进行模拟计算的空间，穿透边界离开系统，因而不和系统内的材料起反映，物理量变化降低到稳定的程度
- XFDTD透过评估残留在系统中的能量来判别收敛的程度
- 到达收敛值的门槛之后就会停止计算做后处理
- 设定高收敛值会大幅提高计算所需时间，但不一定是必要的，一般常见在-20dB到-40dB

建立和控制仿真

```
Summary Notes Output Diagnostics Custom Output
Output log for simulation 000007
-----
XFdsolver Version 7.7.1.1 (64-bit) (XStream:CUDA)

Hostname is HOME1
Estimated total system RAM requirements for CPU-based simulation(s): 107.7 MB
Estimated total system RAM requirements for XStream simulation(s): 83.1 MB
Estimated total device RAM requirements for XStream simulation(s): 57.9 MB
Simulation written with XFds 7.7.1.1 (64-bit)
Processing input file 'project.xsim'
Obtaining license... license obtained!
Base working directory is: Q:\REMCOM\XF tutorial projects\Tutorial patch array.xf\Simulations\000007
Working directory changed to: 000007\Run0001
Reading ftd-setup and geometry files ...
Executing with 1 thread (4 for supported features).
FDTD Timestepping license obtained.
Initializing parameters ...
Initializing XStream (CUDA) FDTD Accelerator for calculation...
Status updates will occur no more than every 5 second(s) (fixed-time algorithm)
Executing simulation with 2 XStream (CUDA) Accelerators [ 0 1 ].
Time stepping beginning. Maximum non-convergent time step will be 34460.

* Time and percent estimates are based on the maximum number of time steps

Percent      Time step      Convergence (dB)      Time
Complete     Current/Max    Current/Target         Elapsed/Max Remaining
-----
0.00%        1 / 34460     0.00 / -30.00         0s / 0s
0.84%        290 / 34460   0.00 / -30.00         5s / 9m, 49s
1.77%        610 / 34460   0.00 / -30.00        11s / 10m, 10s
2.61%        899 / 34460   0.00 / -30.00        16s / 9m, 57s
3.47%       1197 / 34460   0.00 / -30.00        21s / 9m, 43s
4.46%       1538 / 34460   0.00 / -30.00        26s / 9m, 16s
.....
```

- XFds会提供模型的系统诊断以及计算进度资讯
- 使用者可以查看计算使用哪一种和多少资源
- 如果发生了错误和不正常的现象，也可以在讯息中得知

检视仿真结果与后处理

- 根据模型和计算的各种不同配置，XFDTD可以提供多种不同的时域和频域结果
- 使用者可以在Result介面将这些结果用各种不同的方式分类检索，找到自己需要的数据
- 也可以检索多个不同模型的仿真结果相互比较
- 计算结果可以检视数值，绘图，观测时域的场形变化，或是用多种不同的格式导出

检视仿真计算结果与后处理

The screenshot shows a software interface with four filter columns: Simulation Number, Sensor Type, Sensor, and Result Type. Below these is a table of results with columns: Result Type, Sensor, Sensor Type, Domain, Field Type, Status, and a final column with values like 'Active port: 1'.

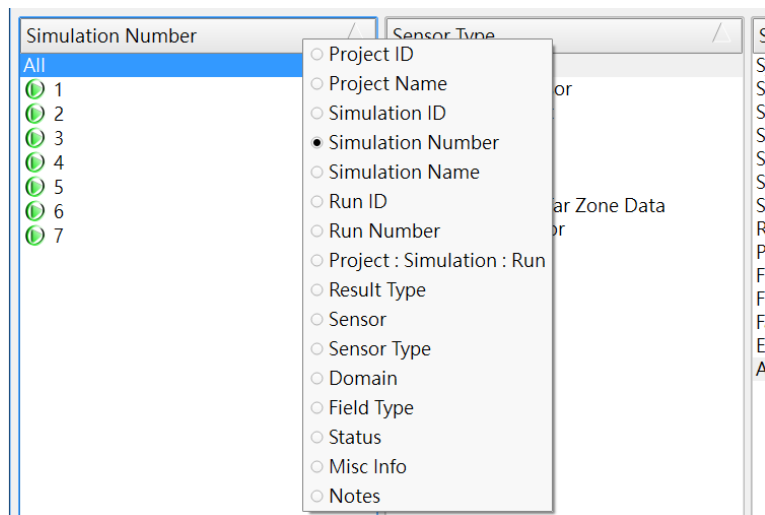
Simulation Number	Sensor Type	Sensor	Result Type
All	All	System	Voltage (V)
1	Averaged SAR Sensor	Source 1	VSWR
2	Circuit Component	Solid Sensor 1	TDR Impedance
3	Far Zone Sensor	Solid Sensor	System Efficiency
4	Point Sensor	SAR Sensor (Raw)	Standalone Radiation Efficiency
5	Raw SAR Sensor	SAR Averaging Sensor (1g Average)	SAR (Specific Absorption Rate)
6	Raw Steady-State Far Zone Data	SAR Averaging Sensor (10g Average)	S-Parameters
7	Solid Volume Sensor	Raw Steady-State Far Zone Data	Reflection Coefficient
	Surface Sensor	Planar Sensor	Realized Gain
	System Sensor	Feed 1	Radiation Efficiency
		Feed	Radiated Power
		Far Zone Sensor	Poynting Vector (S)
		E field	Net Input Power
		All	Net Component Loss
			Net Available Power
			Maximum SAR Value
			Instantaneous Power
			Input Power
			Impedance
			H-Field (H)
			Group Delay
			Gain
			E-Field (E)
			Dissipated Power

Result Type	Sensor	Sensor Type	Domain	Field Type	Status	
E-Field (E)	Planar Sensor	Surface Sensor	Time	Total	Complete	Active port: 1
H-Field (H)	Planar Sensor	Surface Sensor	Time	Total	Complete	Active port: 1
B-Field (B)	Planar Sensor	Surface Sensor	Time	Total	Complete	Active port: 1
Conduction Current (Jc)	Planar Sensor	Surface Sensor	Time	Total	Complete	Active port: 1
Poynting Vector (S)	Planar Sensor	Surface Sensor	Time	Total	Complete	Active port: 1
Net Input Power	System	System Sensor	Frequency	N/A	Complete	Active port: 1
Net Component Loss	System	System Sensor	Frequency	N/A	Complete	Active port: 1
E-Field (E)	Solid Sensor 1	Solid Volume Sensor	Time	Total	Complete	Active port: 1
Characteristic Impeda...	Feed	Circuit Component	Frequency	N/A	Complete	Active port: 1

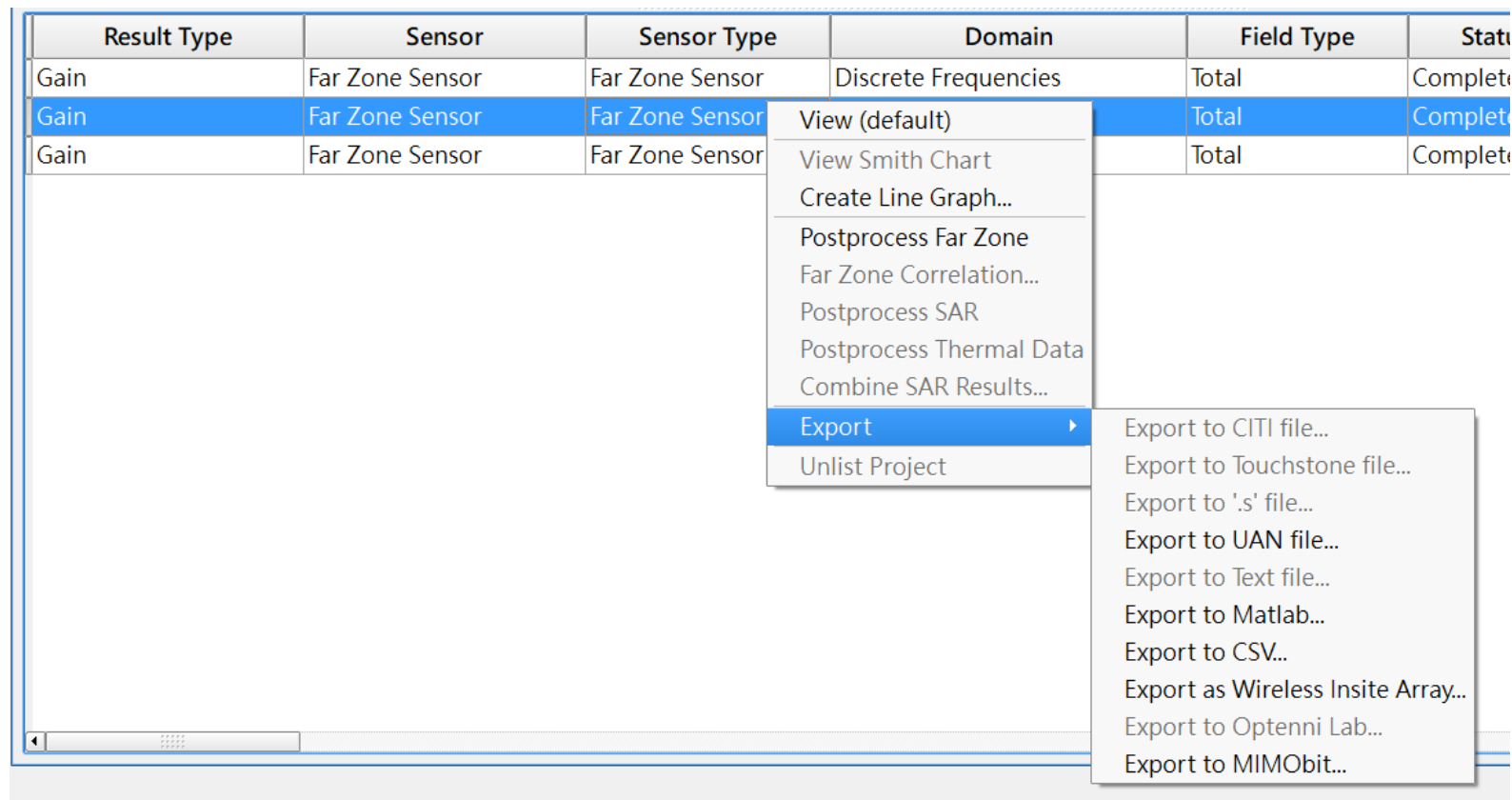
• 可以依照习惯或需求更改的4种筛选条件

• 符合筛选条件的output

检视仿真结果与后处理



- 调整筛选条件快速搜寻结果

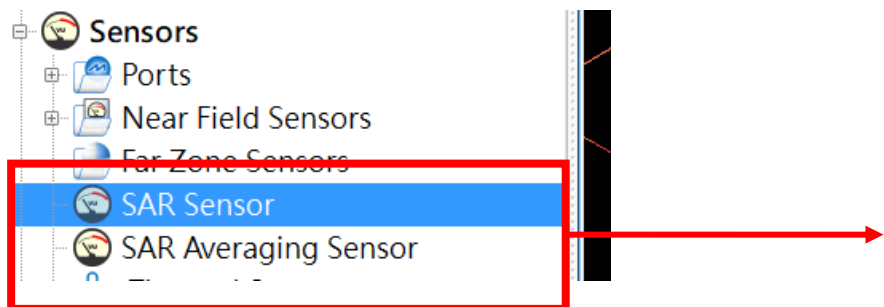


- 依照资的特性可以绘图，三维或动态检视，或是可以导出做其他运用

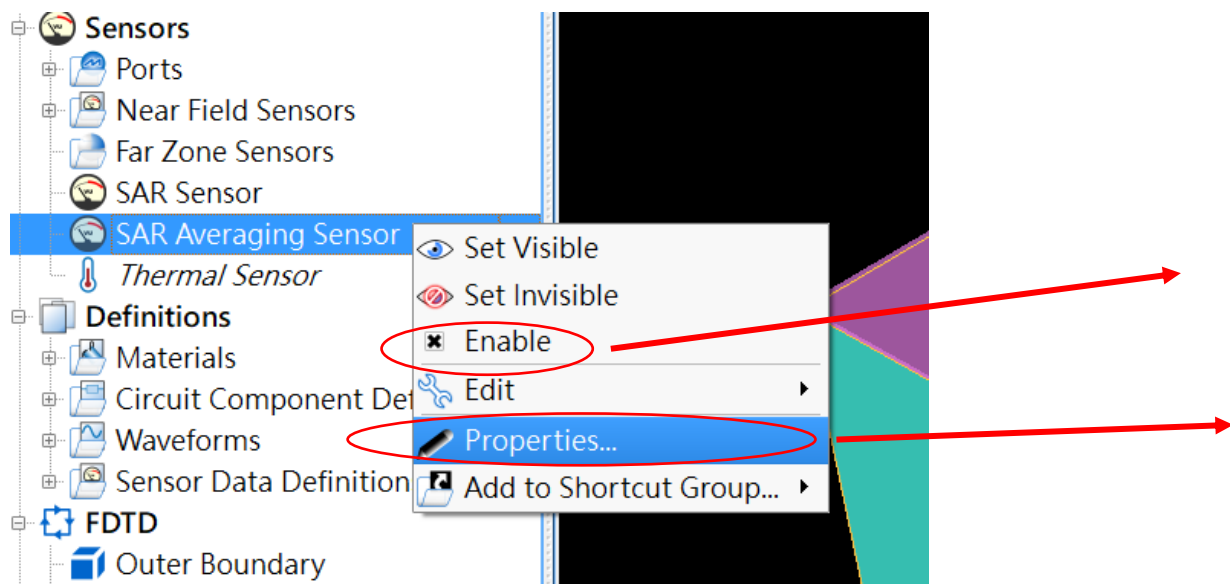
在XFDTD中进行SAR的计算

- SAR 的计算在XFDTD中需要搭配Sensor的设定以及相对应的材料
- 由于SAR的定义是一定质量(mass)的吸收体材料吸收了多少的能量，因而做SAR的计算时会需要较高的网格分辨率确保精确
- SAR在本质上是一种统计工作，因而计算是由CPU进行，如果工作频率较高而且网格较细，就可能会花较多时间

在XFDTD中进行SAR的计算



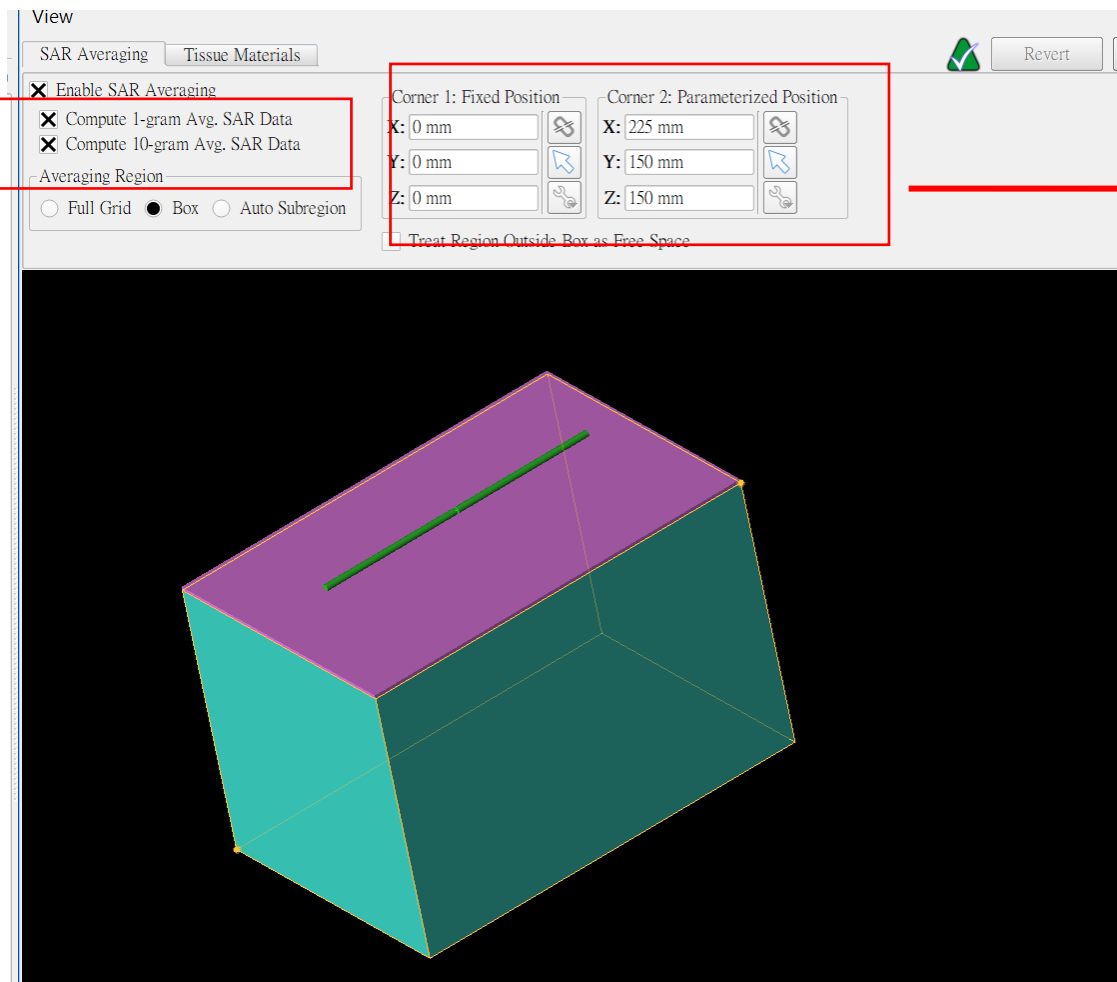
- XFDTD提供两种SAR Sensor，SAR Sensor 提供网格点上的原始数据，SAR Average Sensor提供吸收体材料每一克或十克的吸收功率值
- 前者多用于特殊的医疗或航太用途，后者一般用在有工业标准规范的消费性电子产品



- 选择Enable启用Sensor
- 选择Properties设定Sensor范围等参数

在XFDTD中进行SAR的计算

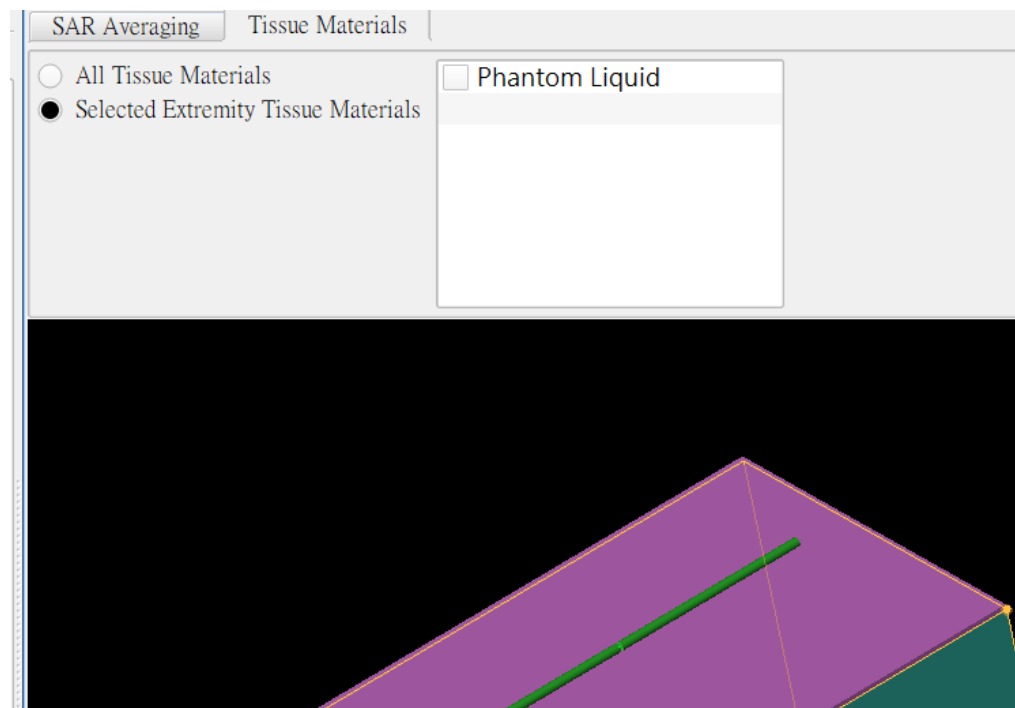
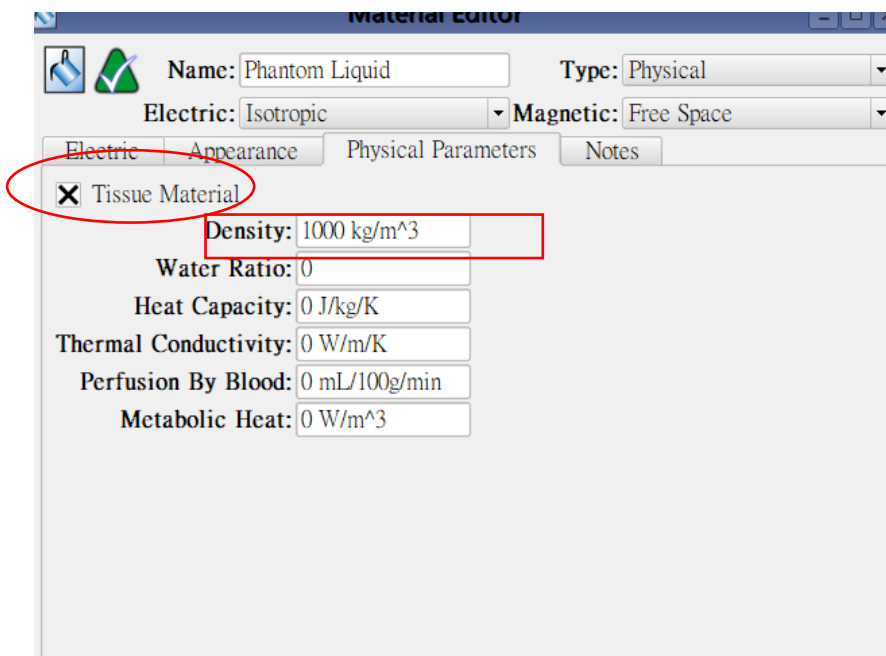
- 可以选择要进行的Average SAR种类



- 设定SAR Sensor包含的范围，会对范围内符合条件的材料做计算

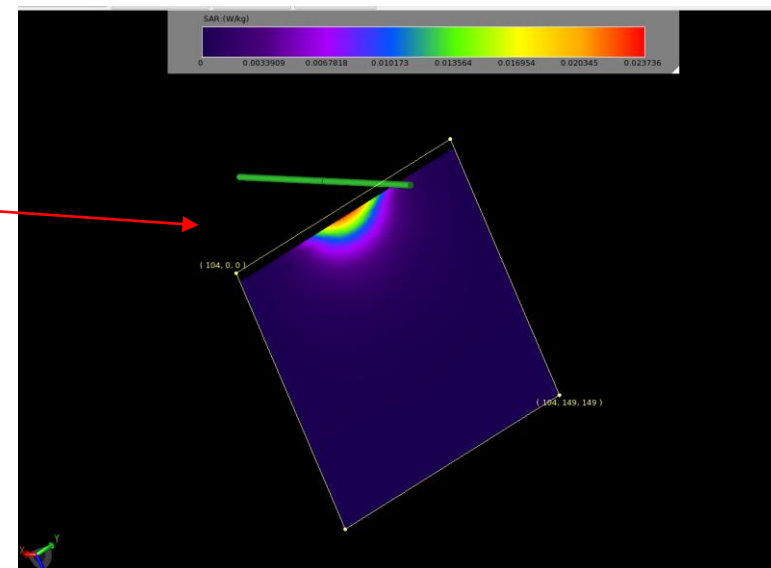
在XFDTD中进行SAR的计算

- XFDTD进行SAR计算时会需要进行相对应的材料设定
- 作为吸收体的材料会需要在材料定义的部分勾选Tissue Material，以及给予材料的密度XFDTD才能计算质量
- 用户也可以在SAR Sensor的设置页面挑选要纳入计算的材料



在XFDTD中进行SAR的计算

Simulation Number	Sensor Type	Sensor	Result Type
All	All	SAR Averaging Sensor (1g Average)	SAR (Specific Absorption Rate)
1	Averaged SAR Sensor	SAR Averaging Sensor (10g Average)	Maximum SAR Value
	Circuit Component	All	Dissipated Power
	Point Sensor		Average SAR in Exposed Object
	Raw SAR Sensor		All
	Raw Steady-State Far Zone Data		
	System Sensor		



- SAR的计算结果可以透过在Result中的SAR Sensor/Averaged SAR Sensor取得
- 可以观察2D场形，检视数值或是导出做其他处理分析

SAR Statistics for Tutorial A validation of SAR different SAR st

File

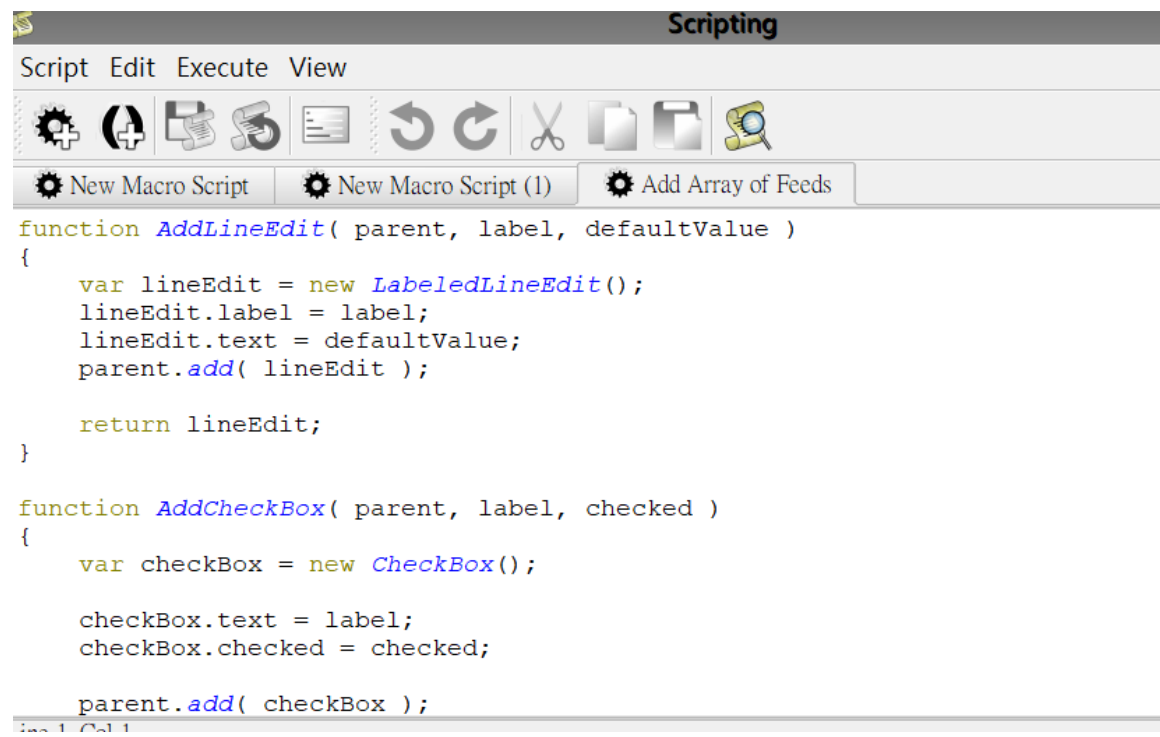
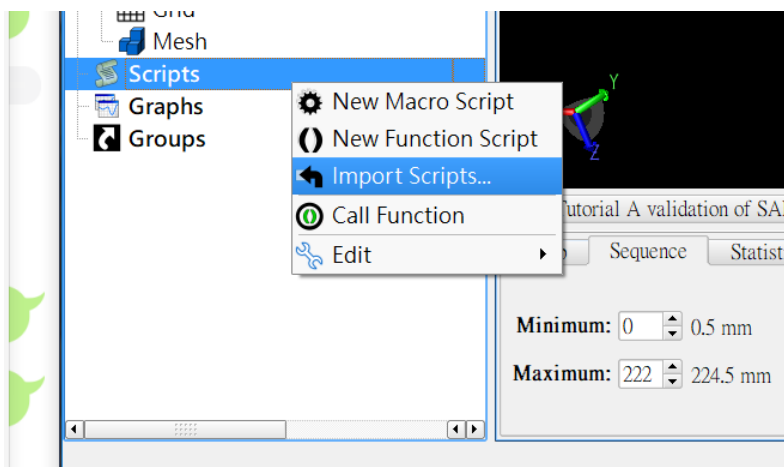
SAR Statistics for:
 Project Name: Tutorial A validation of SAR different SAR sensor setting
 Simulation: Discrete Source(s), collect S-Params for 1 feed, SS data at waveform freq
 Run Number: 1
 Show Scaled Values (Click on a value in the table to scale.)
 Apply Edits To Which Scope: Single Frequency

Quantity	835 MHz
SAR Sensor (Raw)	
Maximum Value	0.03484 W/kg
Location of Maximum	(112.5 mm, 74.55 mm, 0.5034 mm)
Average Value	0.0004214 W/kg
Total Power Dissipated	0.002133 W
Total Tissue Mass	5.062 kg
SAR Averaging Sensor (10g Ave...	
Maximum Value	0.01545 W/kg
Location of Maximum	(112.5 mm, 74.55 mm, 0.5034 mm)
Average Raw SAR Value	0.0004214 W/kg
Total Power Dissipated	0.002133 W
Total Tissue Mass	5.062 kg
SAR Averaging Sensor (1g Aver...	
Maximum Value	0.02374 W/kg
Location of Maximum	(112.5 mm, 74.55 mm, 0.5034 mm)
Average Raw SAR Value	0.0004214 W/kg
Total Power Dissipated	0.002133 W
Total Tissue Mass	5.062 kg
Net Input Power	0.002498 W
Power Scaling Factor	1

SAR (Specific Absorpti...	SAR Averaging Sensor (...)	Avera	View (default)	uencies	N/A
SAR (Specific Absorpti...	SAR Averaging Sensor (...)	Avera	View Smith Chart	uencies	N/A
			Create Line Graph...		
			Postprocess Far Zone		
			Far Zone Correlation...		
			Postprocess SAR		
			Postprocess Thermal Data		
			Combine SAR Results...		
			Export		
			Unlist Project		
				Export to CITI file...	
				Export to Touchstone file...	
				Export to 's' file...	
				Export to UAN file...	
				Export to Text file...	
				Export to Matlab...	
				Export to CSV...	
				Export as Wireless Insite Array...	
				Export to Ootenni Lab...	

XFtdt中的巨集与脚本

- XFtdt可以透过撰写或导入脚本和执行macro扩充功能，自动化建模或是进行一些后处理
- 用户可以自行撰写脚本客制化专属的XFtdt环境



其他功能

- XFtdt 支援在大型的集群环境进行计算，并且可以透过管理软体达到排队等功能
- XFtdt也提供HAC Sensor和Thermal Sensor
- 透过额外的模组支援匹配电路参数最佳化以及触控模组设计等功能
- 其他详情可以透过REMCOM网站或说明书查询，也欢迎和代理商或REMCOM 联系