



Electromagnetic Simulation Software

XFDTD Training (Version 7.8)

Hand-On Walk Through

Outline

1. 介紹REMCOM公司，背景，專業與產品
2. 模擬計算的概念和效益以及XFDTD演算法原理
3. 運用XFDTD進行研發的工作流程與所需資源整合
4. XFDTD Overview
5. 建立和操作幾何模型與導入CAD檔案
6. 在XFDTD建立與運用各種材料
7. XFDTD中網格的概念以及如何操作和調整
8. 激勵源，電路元件與波型
9. 運用Sensor收集模擬計算的結果

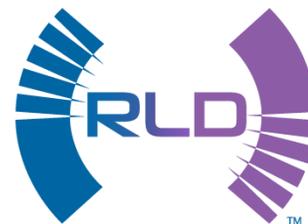


Outline

10. 建立和控制模擬計算
11. 檢視模擬計算結果與後處理
12. 在XFDTD中進行SAR的計算
13. XFDTD中的巨集與腳本
14. 其他功能

介紹REMCOM公司

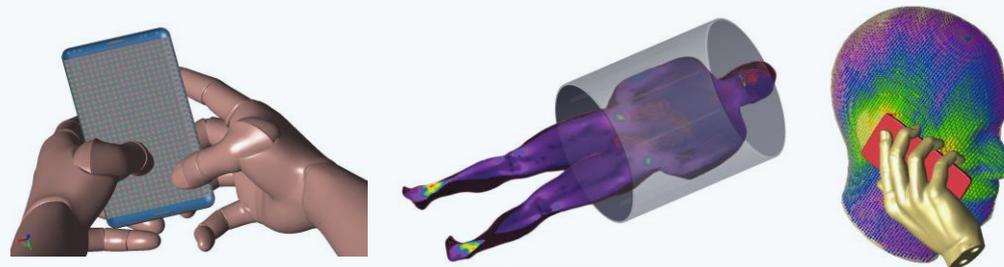
- 發展簡歷
 - 成立於1994年
 - 總部位於美國賓州State College
 - 約35-40名員工
 - 開發與銷售各種高頻電磁模擬軟體並提供技術支援
 - 透過與諸多代理商的合作展開全球佈局與發展業務
 - 客戶包括學界，商業單位以及各種政府機關



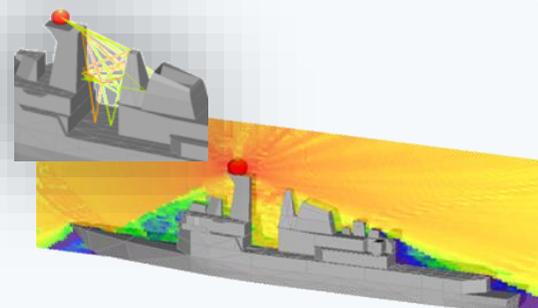
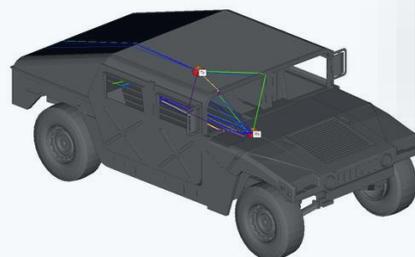
介紹REMCOM公司



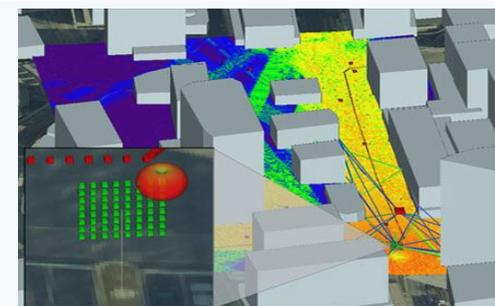
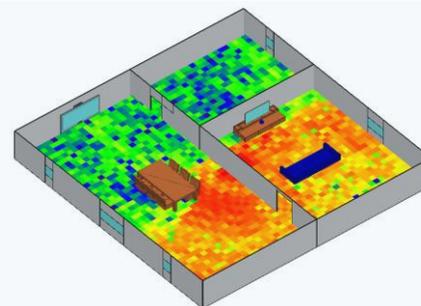
三維全波時域模擬軟體，可用於天線設計，電磁輻射，醫療設備開發以及生物電磁應用



適合用於電大尺寸平台的天線輻射和RCS的模擬計算



可用於進行毫米波以及各種不同頻率/波長的訊號在室內，市區以及更大範圍的地形的傳播路徑預測以及信道分析



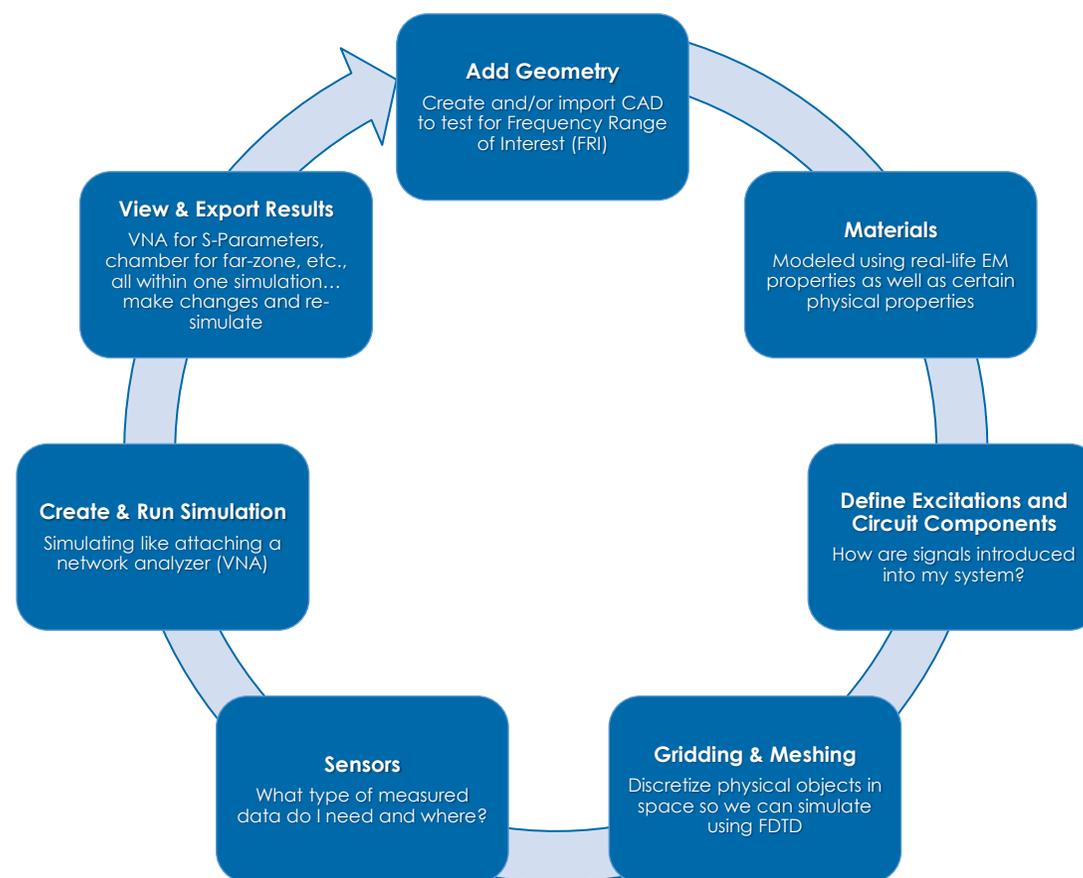
模擬計算的概念和效益

- 模擬計算可以節省時間，減少製作原型樣品所需的時間和耗費的原料，降低研發工作的成本
- 模擬計算可以快速地進行各種試誤和修正工作的循環
- 用於模擬的模型可以重複使用，稍作修改或是使用其中一部分就可建立新的模型用於其他專案
- **GPU**加速技術可以大幅降低模擬計算所需時間，增加其實用性
- 在許多產業模擬計算已經成為工業標準，重要性與日俱增

建立一個用於XFDTD的模型

- 建立用於XFDTD計算的模型會包含幾個要素
 1. 幾何模型/零件圖形
 2. 各種電路元件，port和匹配等等
 3. 材料模型和材料參數
 4. 網格
 5. 收集各種資料的Sensor
- 使用者需要準備的資訊和事前規劃
 1. 需要準備好零件清單，要清楚地知道一個模型裡有哪些零件，甚麼性質和功能
 2. 要有一個材料清單以及所需的材料參數
 3. 釐清需要取得的數據資訊有哪些

XFDTD的工作流程



XFtdt Overview

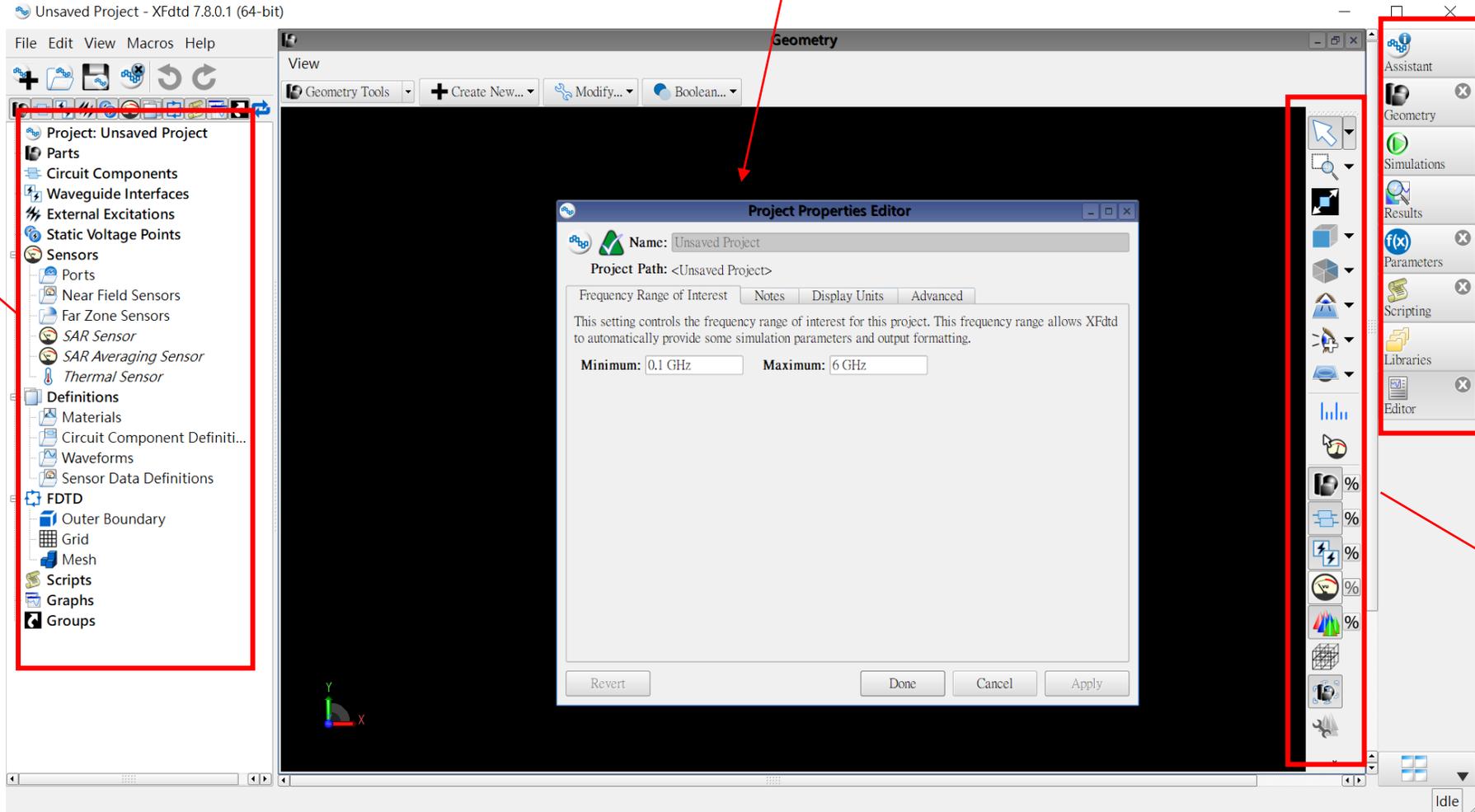
- XFtdt可以安裝於Windows或是Linux作業系統，兩者均提供可以操作的GUI
- XFtdt的三維工作環境要正常顯示需要OpenGL相容的顯示晶片，所以建議用戶挑選有獨立顯卡的電腦為佳，並將驅動程式更新到最新版本
- XFtdt的計算在使用CUDA相容GPU的時候會有最好的效能，因此建議客戶挑選Nvidia CUDA相容的顯示卡或GPU，有少數可能有相容性問題，或是剛上市太新的卡則不一定支援，建議和代理商或是REMCOM諮詢
- XFtdt的計算效能較為倚重記憶體頻寬和時脈，顯卡或GPU在這方面的性能指標可以參考，但影響計算效能的原因很多，硬體規格不是絕對的
- 記憶體自然越多越好，固態硬碟對於效能也會有幫助

XFtdt Overview

- XFtdt的預設顯示畫面

Project Tree
樹狀的顯示和分類整個模型裡面的各種構成元素

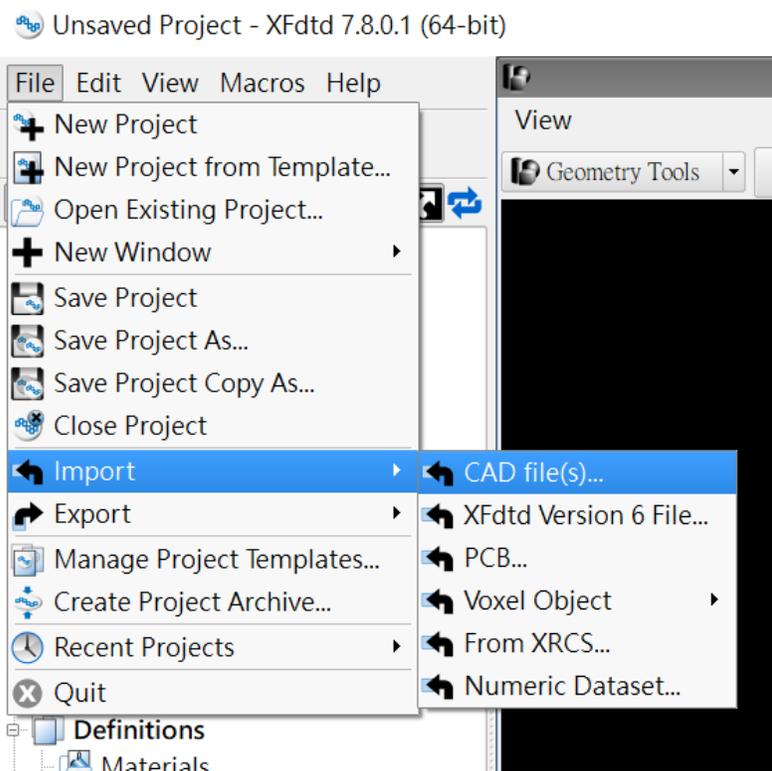
顯示和作圖區域



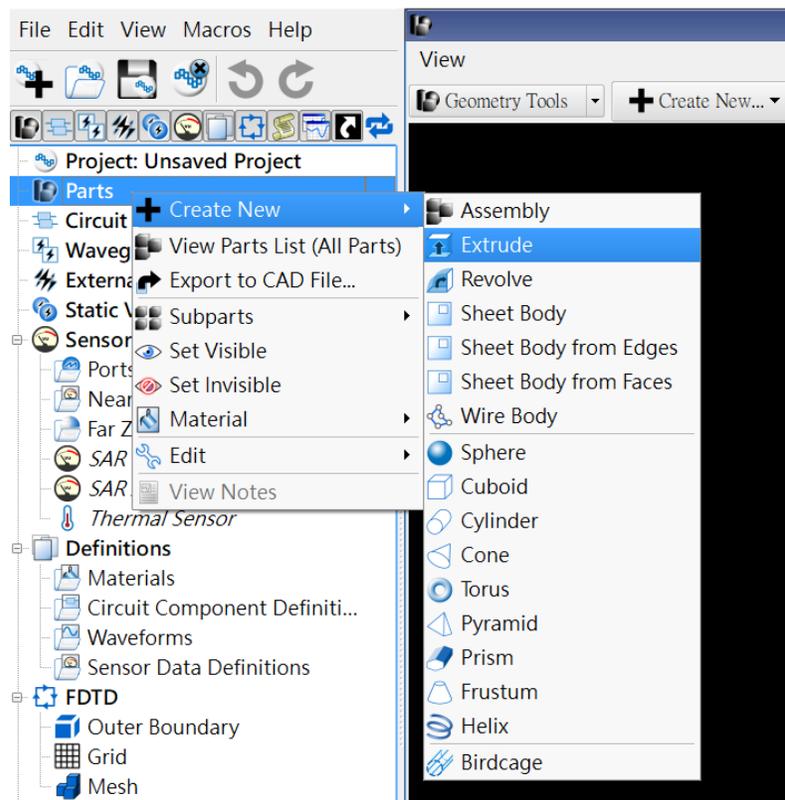
各種功能鍵和快捷鍵

建立和操作幾何模型與導入CAD檔案

- XFtdt可以透過導入和用戶自行繪製兩種方式來作圖

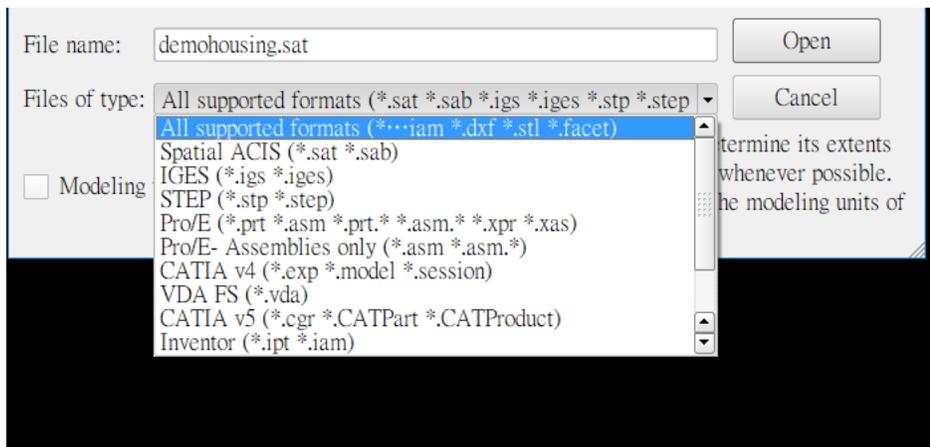


- 導入CAD圖檔

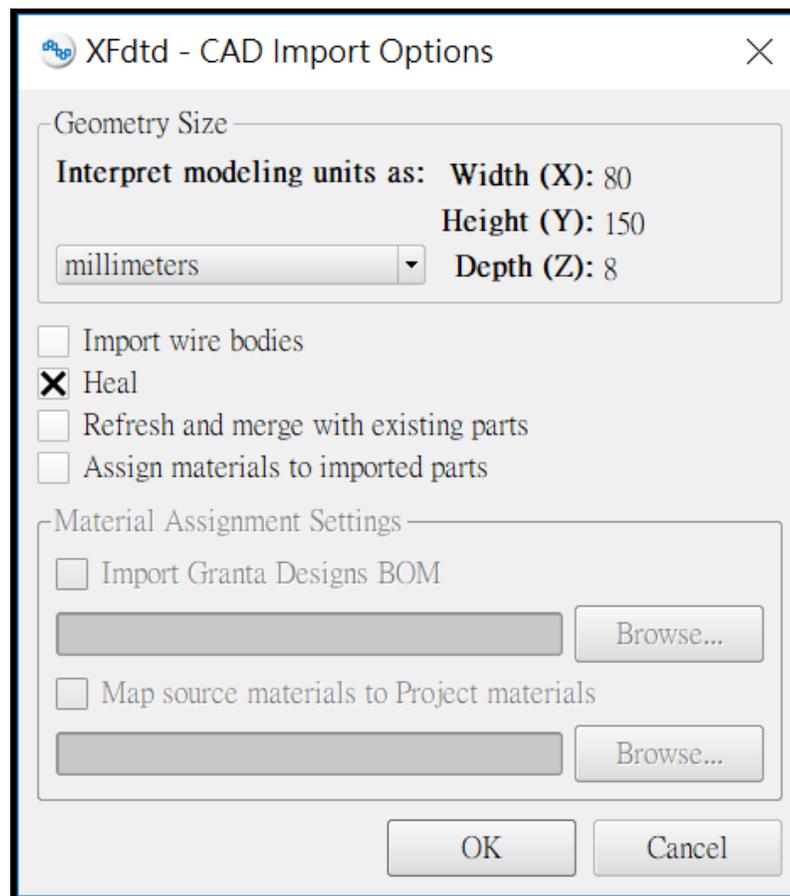


- 繪製幾何圖形

建立和操作幾何模型與導入CAD檔案

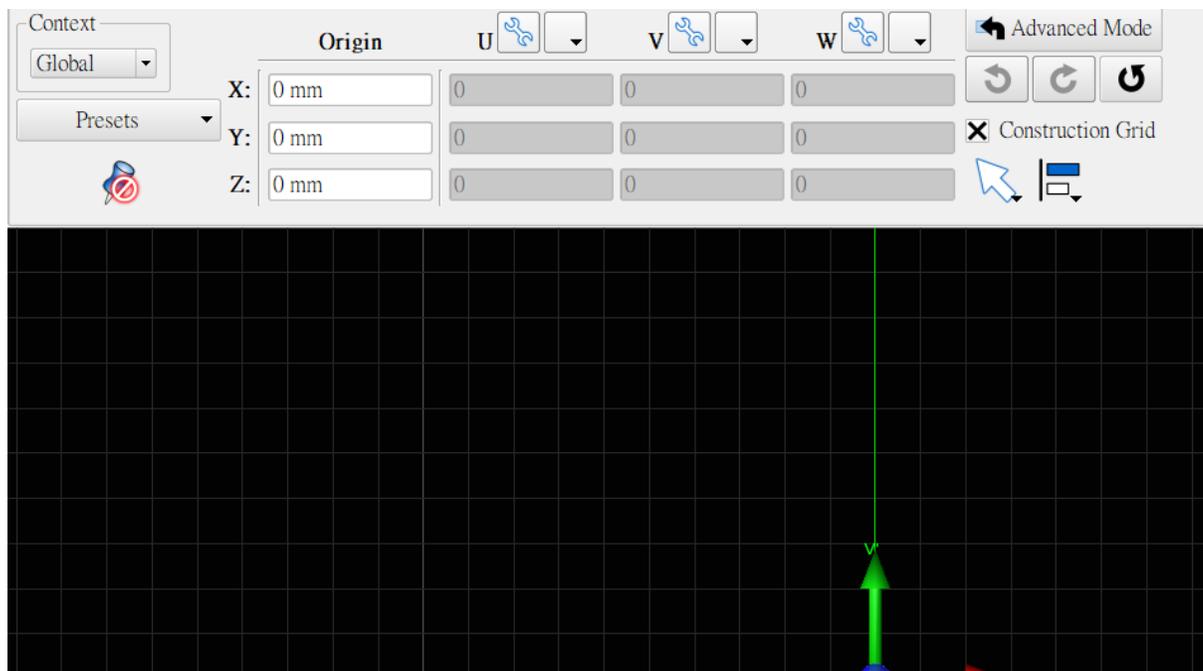


- 選擇支援的格式並導入CAD圖檔

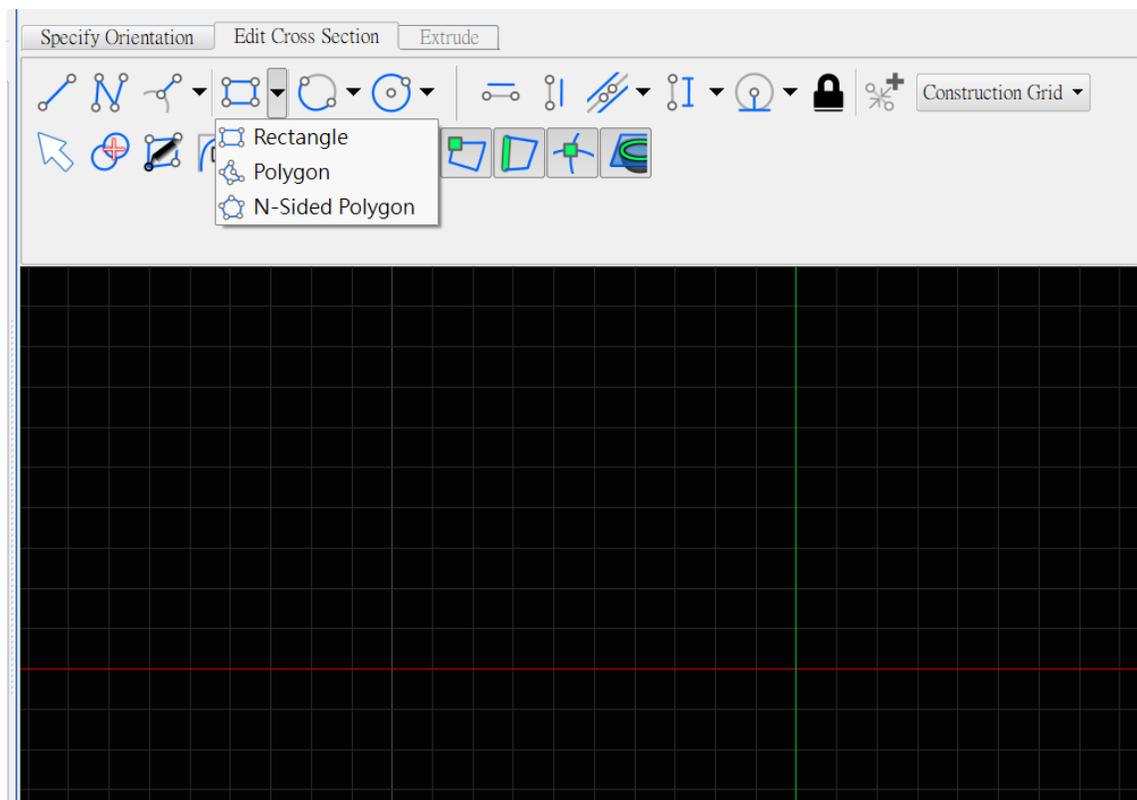


- 依照需要進行前處理

建立和操作幾何模型與導入CAD檔案



- 調整作圖的基本面

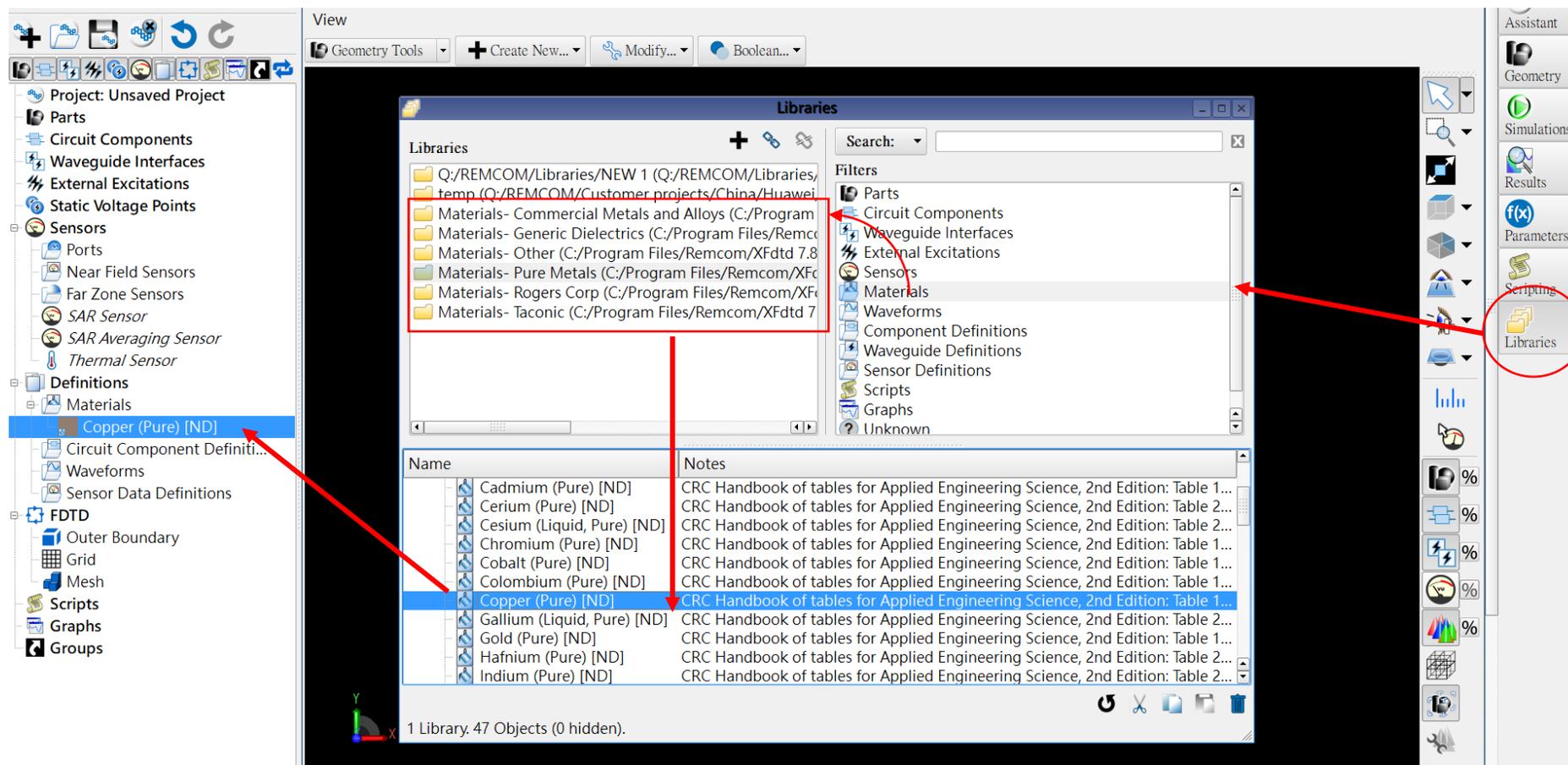


- 繪製或編輯圖形

在XFtdt建立與運用各種材料

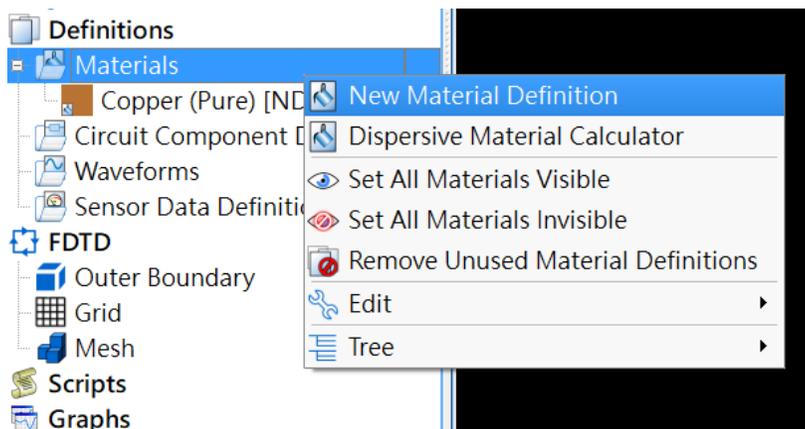
- 在XFtdt中幾何模型繪製或導入後一開始是被視為沒有指定材料的自由空間
- 使用者必須要指定材料給零件才能產生網格並進行計算
- 材料可以是使用者自行建立或是從軟體的資料庫導入
- 可以依照需求建立多種複雜的材料並且建立客製化的資料庫多個用過網路分享使用

在XFDTD建立與運用各種材料

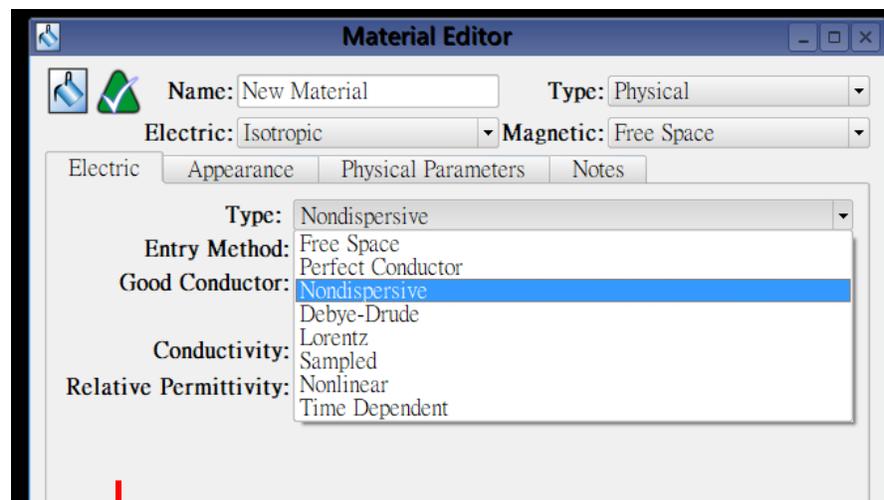


- 從Library中選擇材料並用拖曳的方式加入project tree

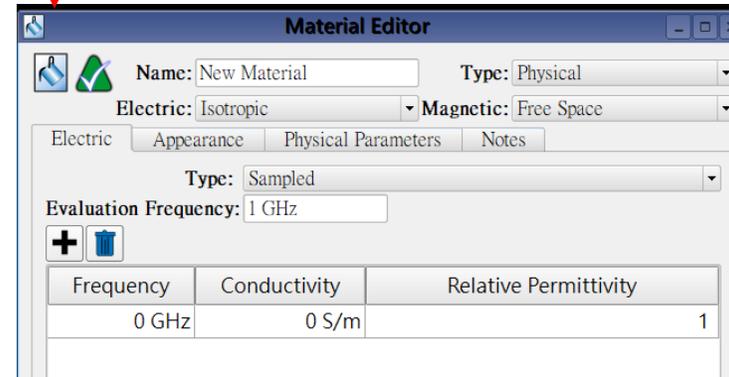
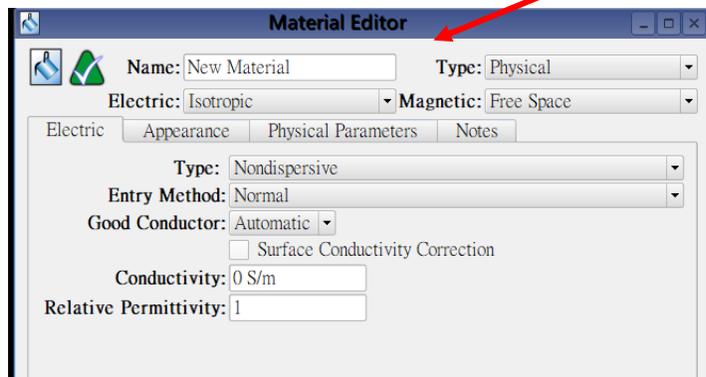
在XFDTD建立與運用各種材料



- 選擇建立新材料



- 選擇描述和定義材料的方式

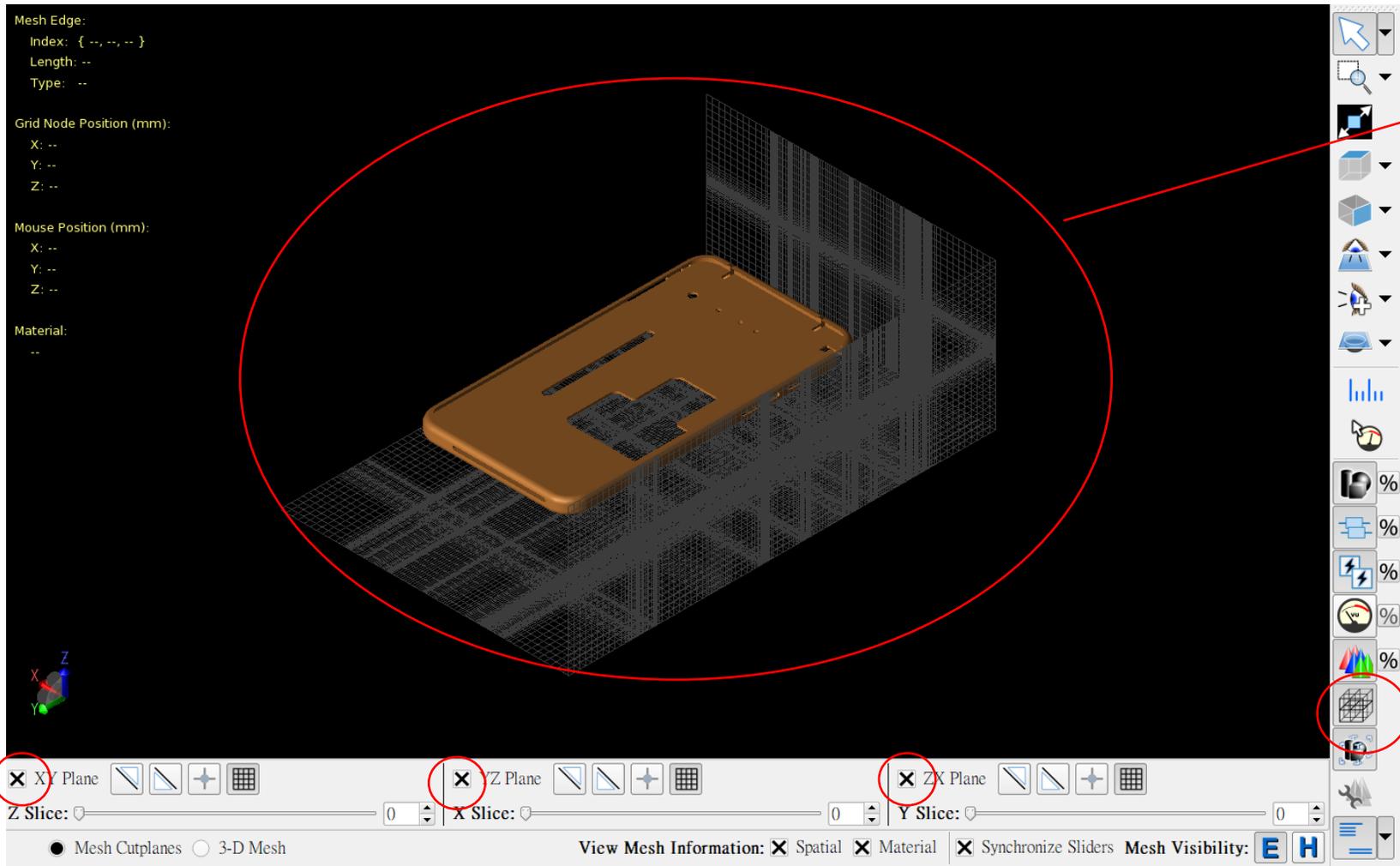


- 依據選擇描述和定義材料的方式填入參數

XFDTD中網格的概念以及如何操作和調整

- 在XFDTD所有的計算實際上是發生在網格上，必須存在有效的網格才能進行計算
- 軟體會依據幾何物件的輪廓和幾何特徵等因素來產生網格
- 用戶可以使用軟體的PrOGrid Project Optimized Gridding來自動建立adaptive特性的網格(建議)或完全手動剖分
- 材料的導電度和介電係數特性會影響到網格的剖分以及優先度
- 網格必須精確地描述模型，避免偏移和變形才能得到較為精確的計算結果

XFDTD中網格的概念以及如何操作和調整

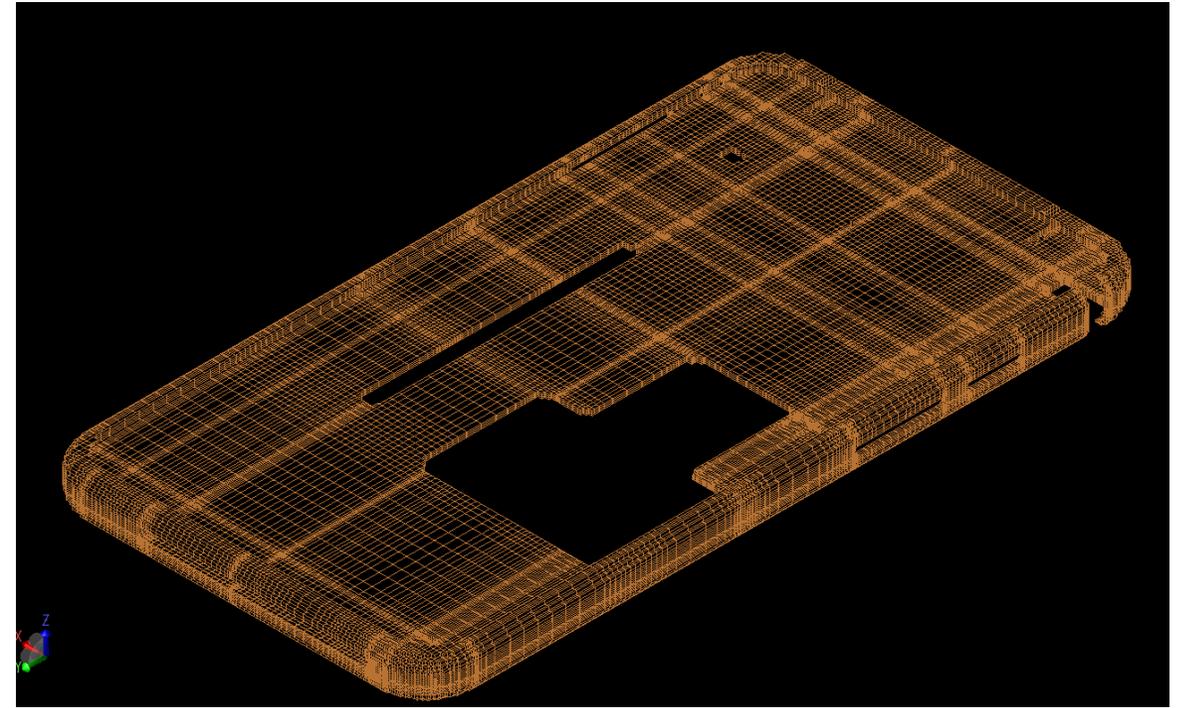
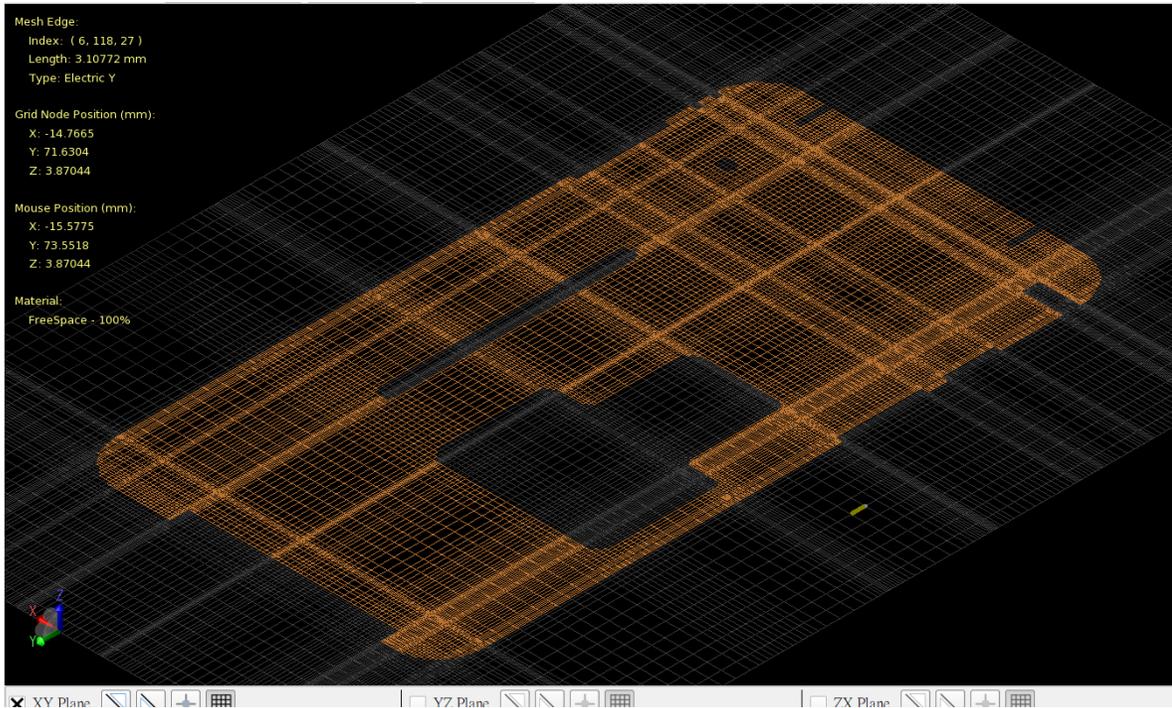


透過顯示IS平面檢視網格

以六個面建立起來的箱型空間內部叫做near field，在這個空間內部有網格，時域的FDTD計算也在裡面進行，過了這個邊界就叫做Farzone

選擇mesh view可以檢視網格

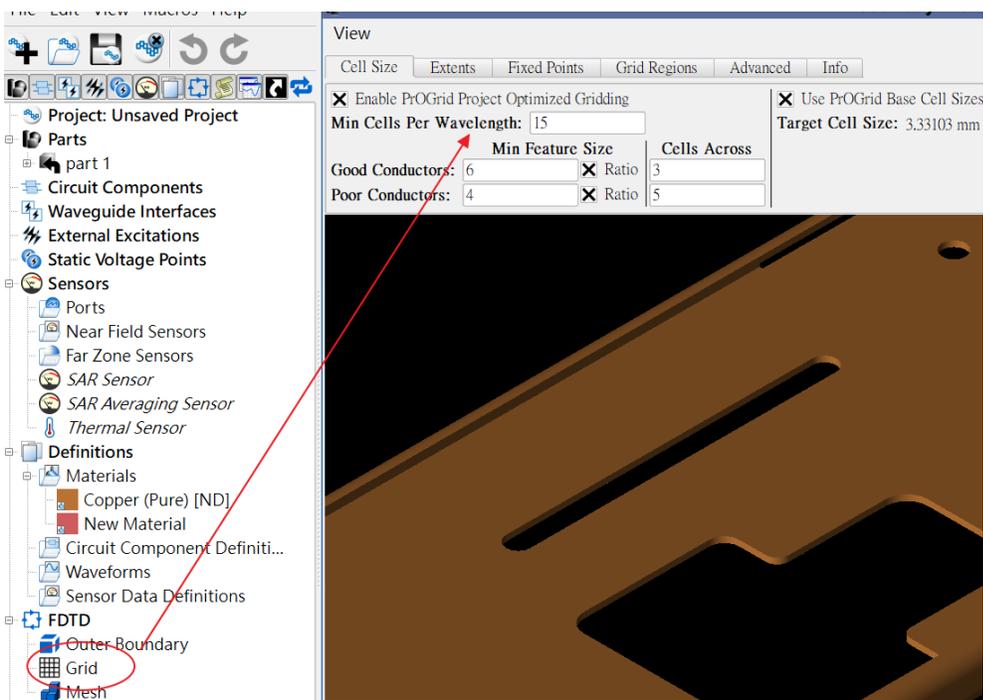
XFtdt中網格的概念以及如何操作和調整



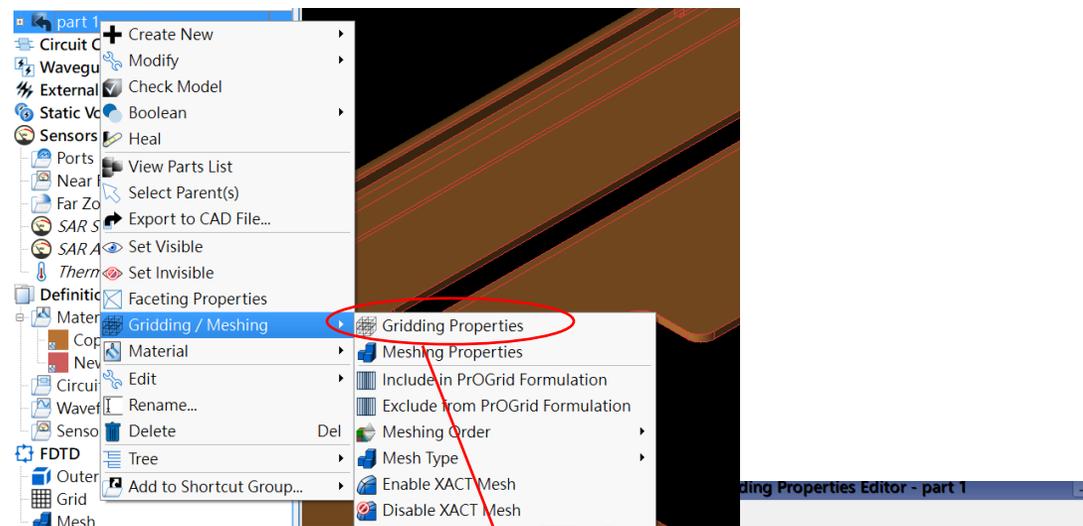
- 用戶可以透過二為或是三維的方式查看網格，檢查網格是否準確的描述幾何模型，或是找出偏移變形等現象

XFDTD中網格的概念以及如何操作和調整

- FDTD算法數學上必須符合庫崙條件才能進行穩定的計算產生可靠的結果
- XFDTD 中網格的最長邊不得大於十分之一波長
- 用戶可以全局性的作設定或是針對單一零件做個別調整



- 全局性的調整

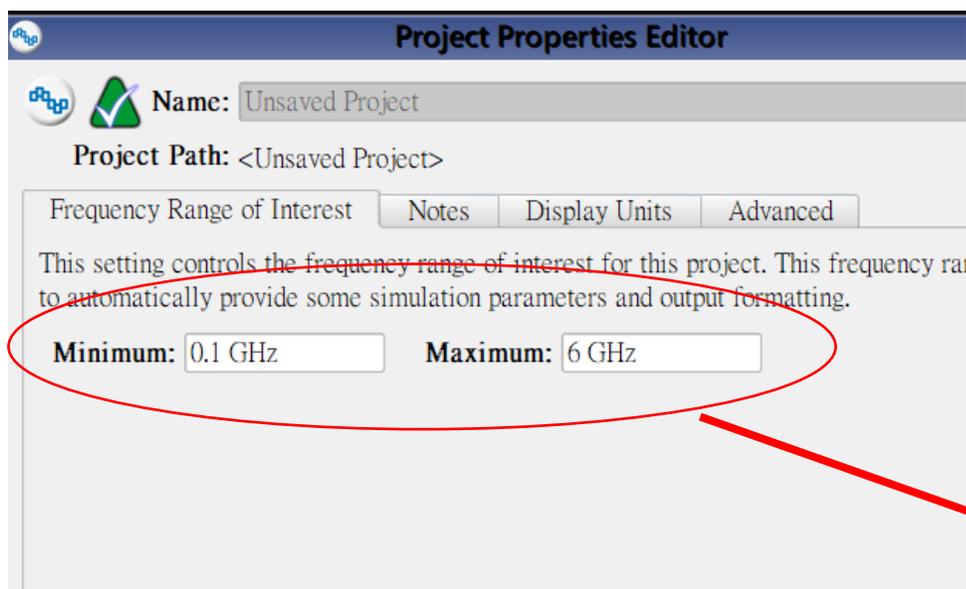


- 針對個別零件設定

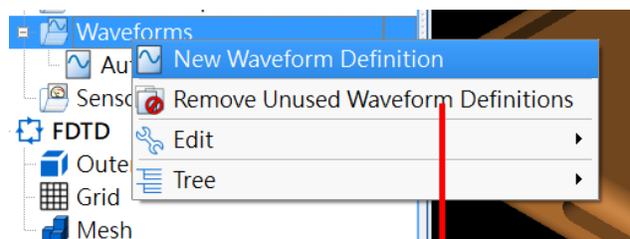
激勵源，電路元件與波型

- XFDTD中需要有能量的來源激發系統響應，可以是系統內部的某個port或是波導，或是從外部來的平面波或是Gaussian Beam
- 消費性電子產品一般會使用discrete source (port)或者是wave guide為多
- Port的匹配電路元件數量沒有特別限制
- 作為能量來源的port等激勵源會同時需要指定發射的載波波型和頻率，可以是一個broadband的脈衝或是正弦波，也有只能使用正弦波的狀況
- 由於波長和網格解析度相關，所以載波頻率高或是broadband的計算頻率範圍較高，網格會需要較高的解析度因而使用的記憶體也會變多

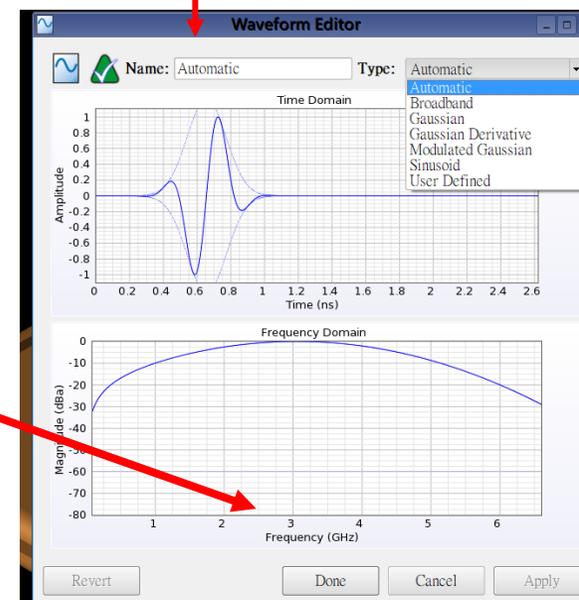
激勵源，電路元件與波型



- 進入XFDTD時或是可以透過選單開啟project Property Editor設定模擬計算的頻率範圍或頻點
- 頻率範圍會反映在broadband的脈衝訊號以及掃頻範圍上

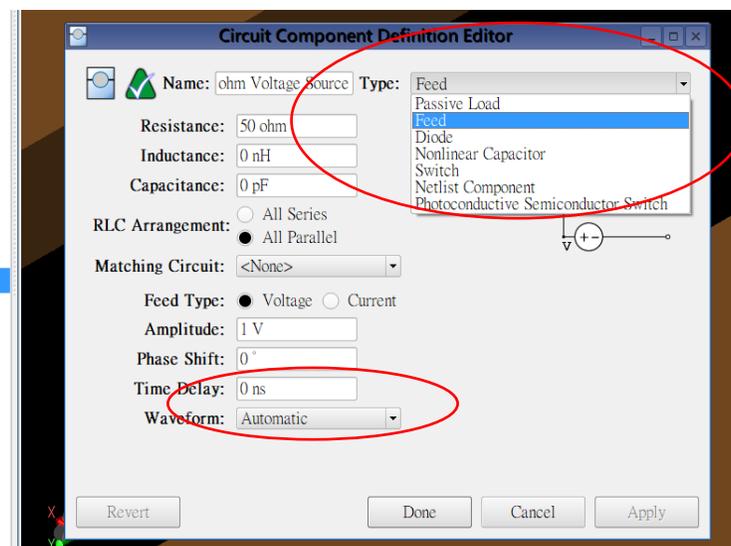
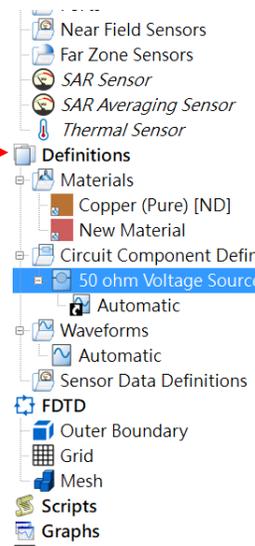
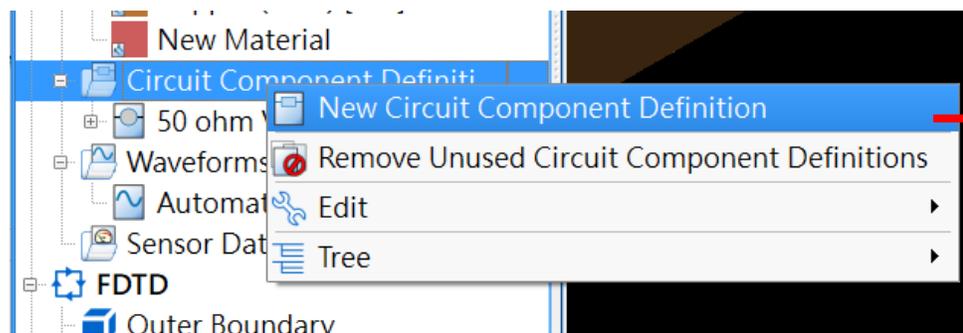


- 在project tree建立新的波型

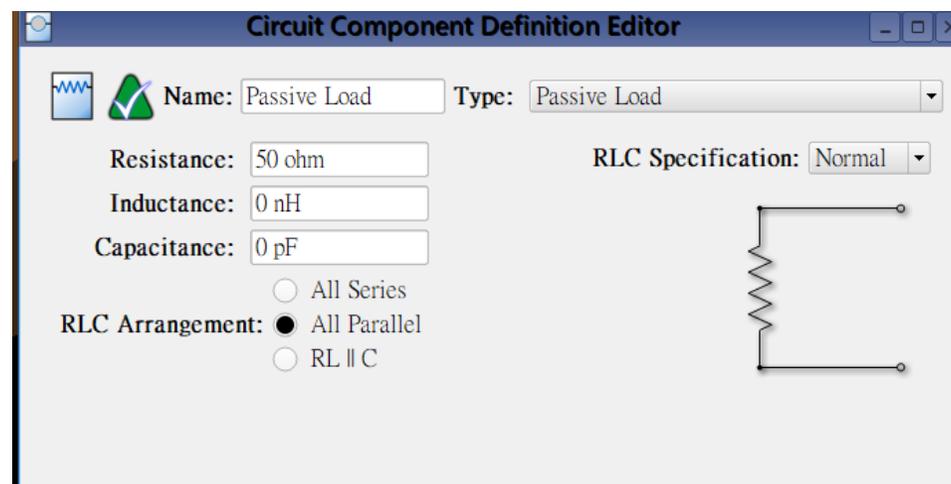


- 選擇訊號類型或調整參數

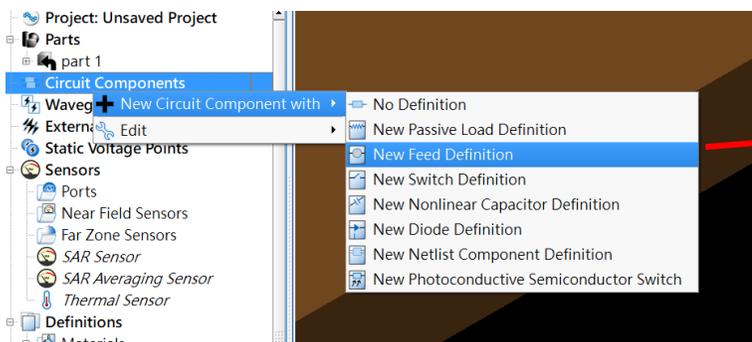
激勵源，電路元件與波型



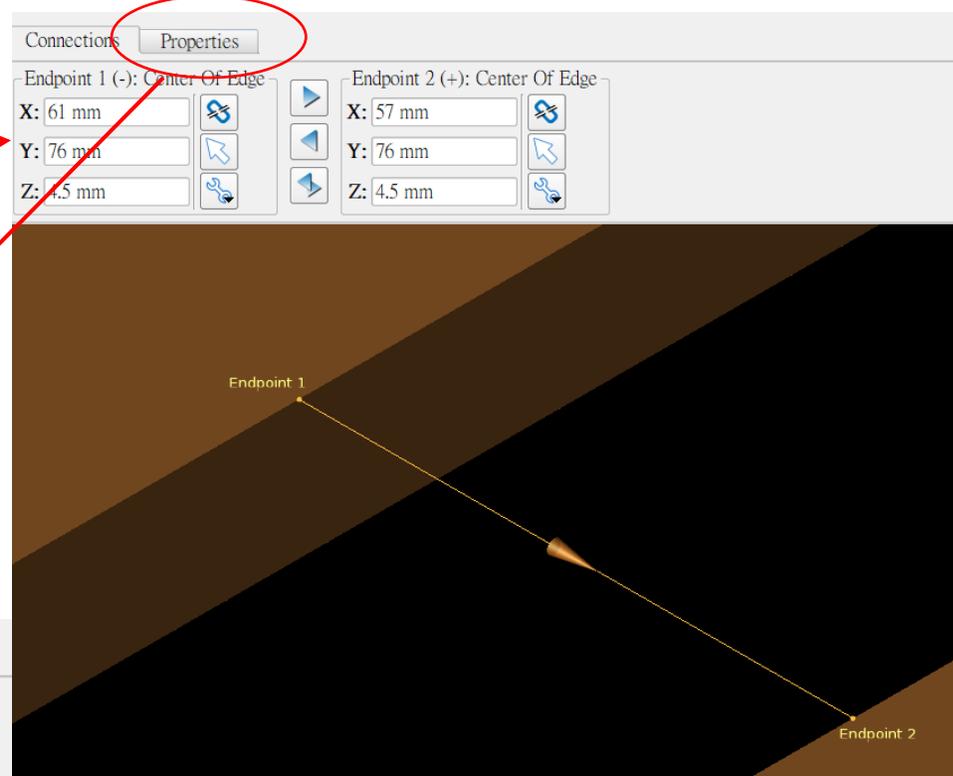
- 在XFtdtd中可以依照需要建立或導入各種電路元件的模型
- 作為波源的器件需要同時指定搭配的波型，也可以進一步的指定一個匹配電路模型



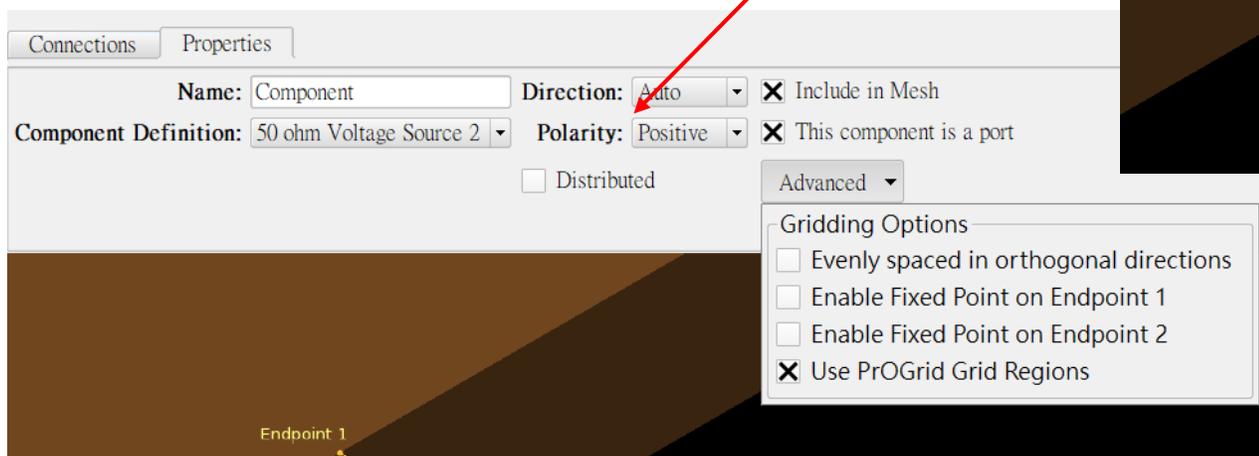
激勵源，電路元件與波型



- 建立一個新的激勵源(port)
- 如果波型和電路模型並未設定，就會自動產生預設的波型和電路模型來搭配



- 指定位置

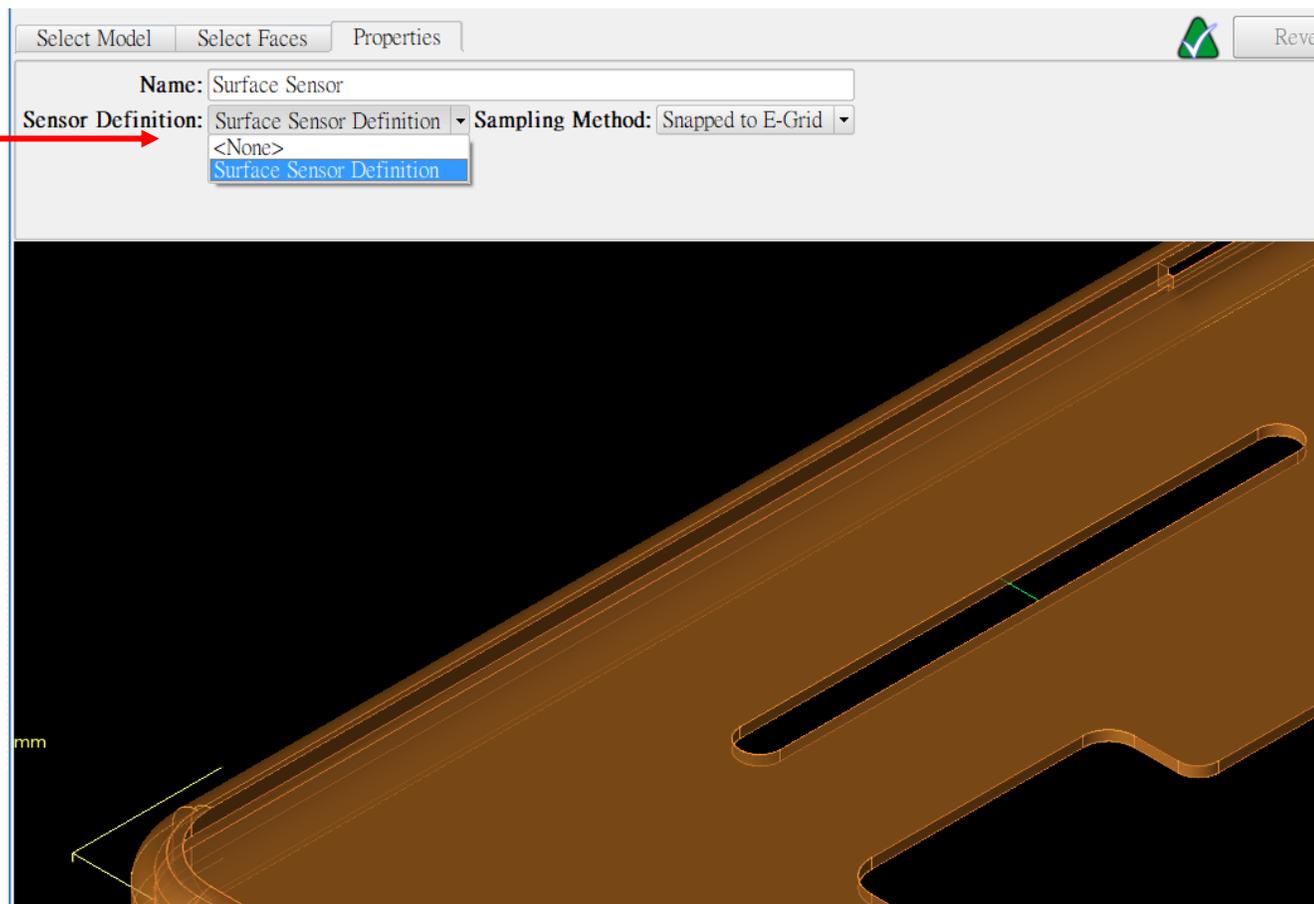
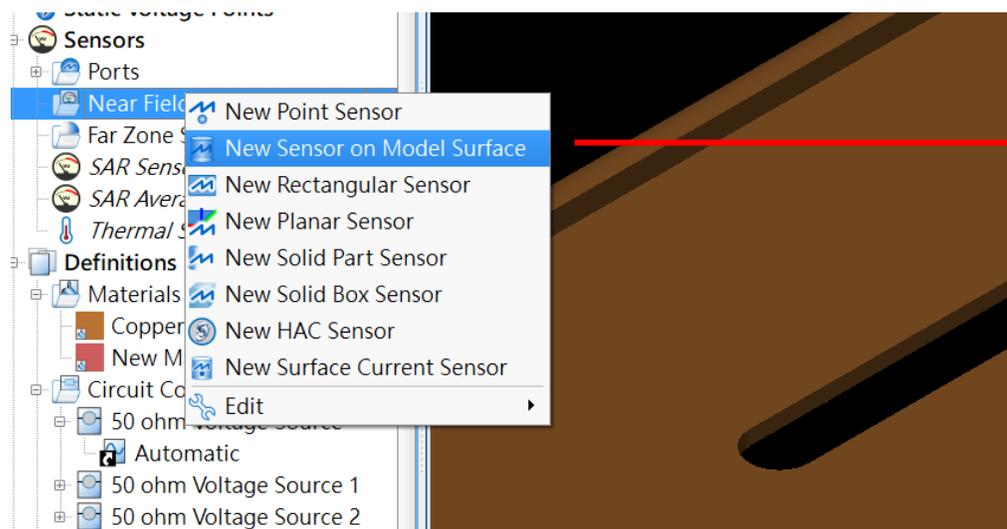


- 指定搭配的電路器件模型，設定極性，方向和網格相關設定

運用Sensor收集模擬計算的結果

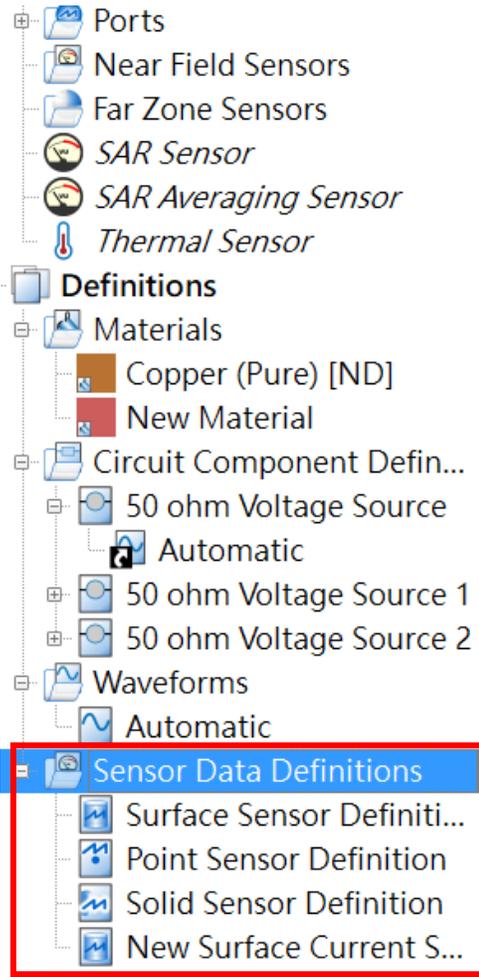
- 在XFDTD中可以透過設定Sensor來收集資料，在計算完成之後進行觀測和必要的後處理
- Sensor有分為近場(Near field)，和遠場(Farzone)，前者可以收集時域的觀測隨時間變化的物理量如電場電流，後者收集穩態資料，可以用於觀測輻射場形
- Port等電路器件會自帶一個point sensor在模擬計算之後提供這個電路元件相關的輸出，如S11等
- XFDTD另外有特殊用途的Sensor，如SAR，HAC，或是Thermal Sensor，可以用於不同用途的特殊計算，不過也可能需要材料等方面的配合

運用Sensor收集模擬計算的結果

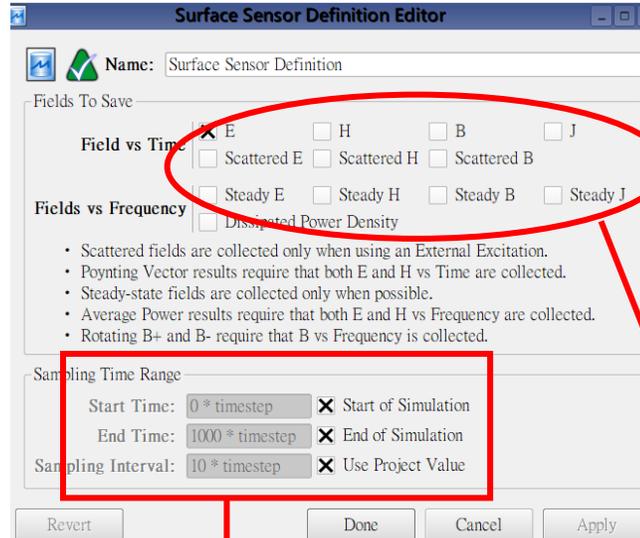


- 選擇Sensor的種類
- 進一步作位置或是工作特性的配置

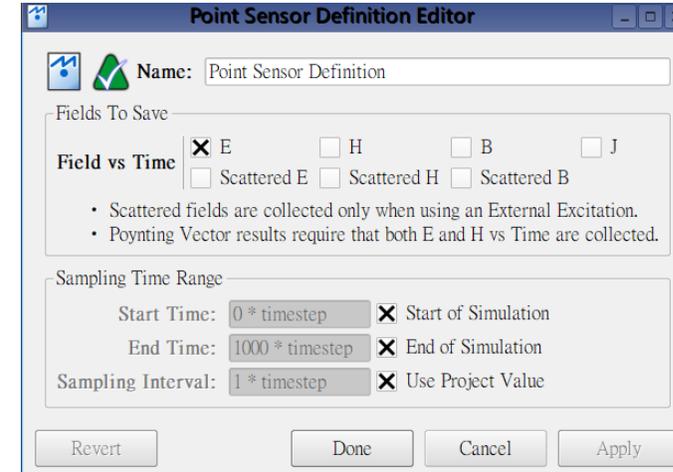
運用Sensor收集模擬計算的結果



FDTD

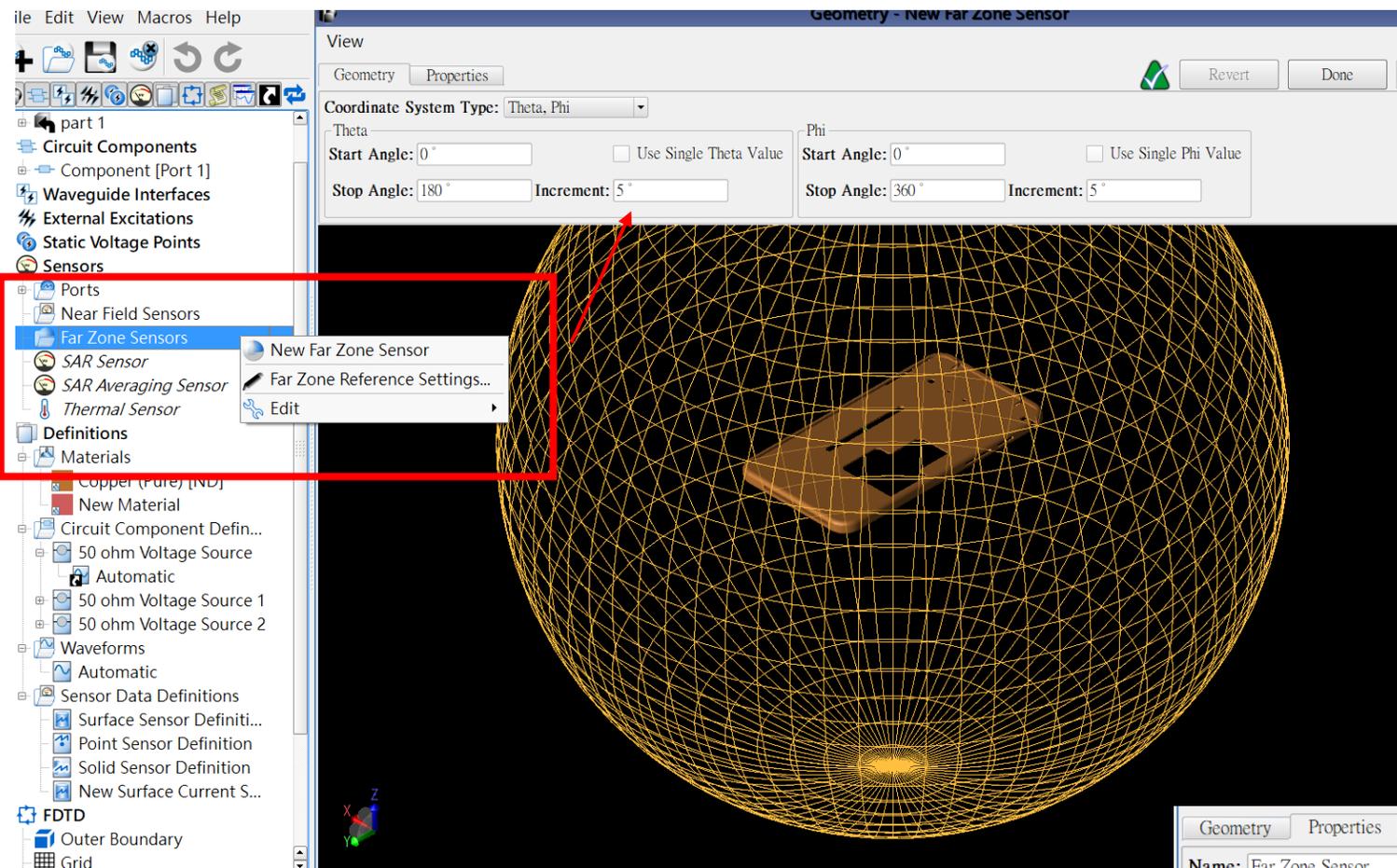


- 設定擷取資料的時間間隔和時段長度

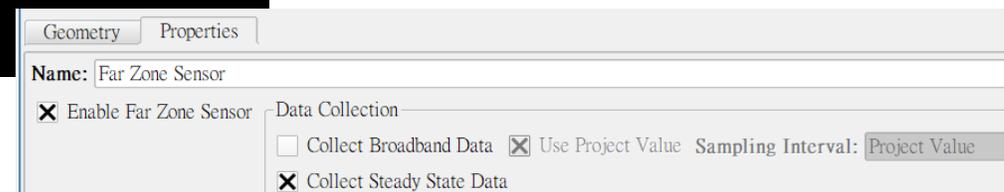


- 設定要擷取的物理量
- 有的物理量只存在於穩態或是特定的激勵源

運用Sensor收集模擬計算的結果



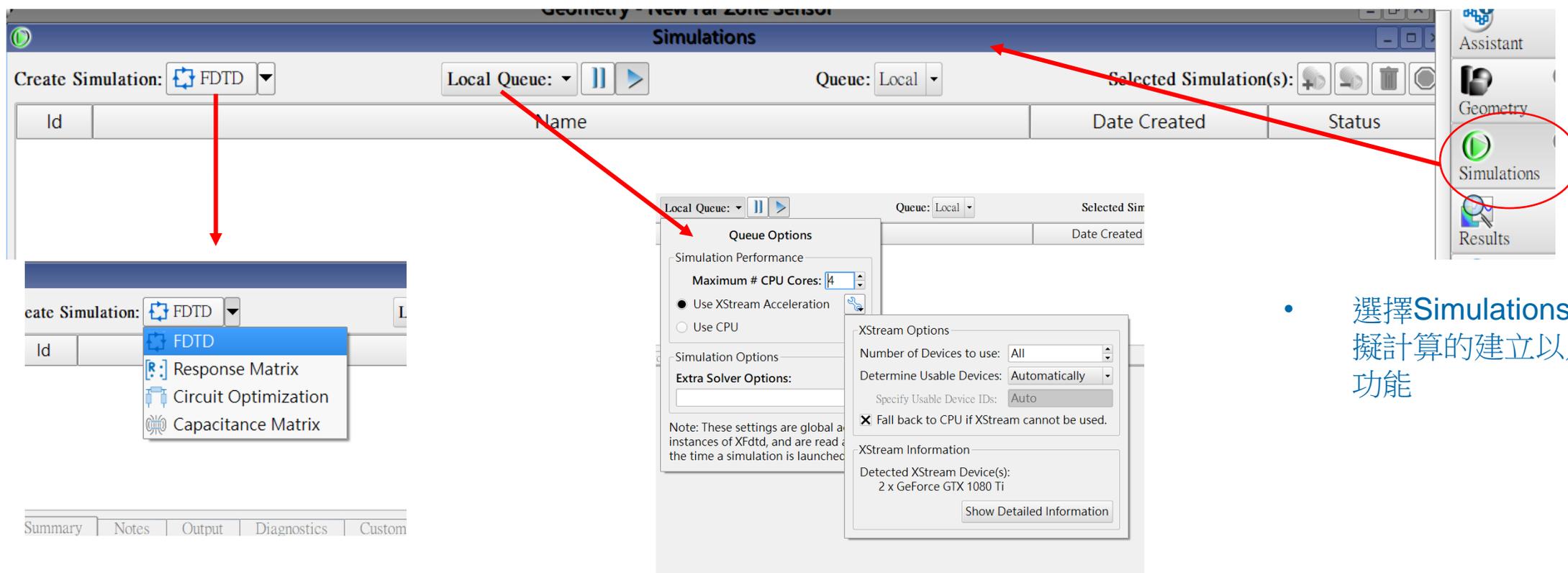
- 透過設定Farzone Sensor可以收集遠場輻射增益等穩態數據
- 可以設定Farzone Sensor的範圍節省儲存資料的硬碟空間
- 可以透過設定讓Farzone Sensor收集broadband的資料



建立和控制模擬計算

- 在設定計算時XFDTD提供用戶很高的彈性，包括要使用甚麼硬體資源，做計算或是做哪一種計算
- 可以配合將尺寸或頻率等物理量參數化一次計算掃過多組不同的參數組合
- 可以設定在多個特定頻點擷取穩態資料，一次收集整個頻段的多個工作點數據
- 可以透過收斂條件的設定節省計算時間

建立和控制模擬計算

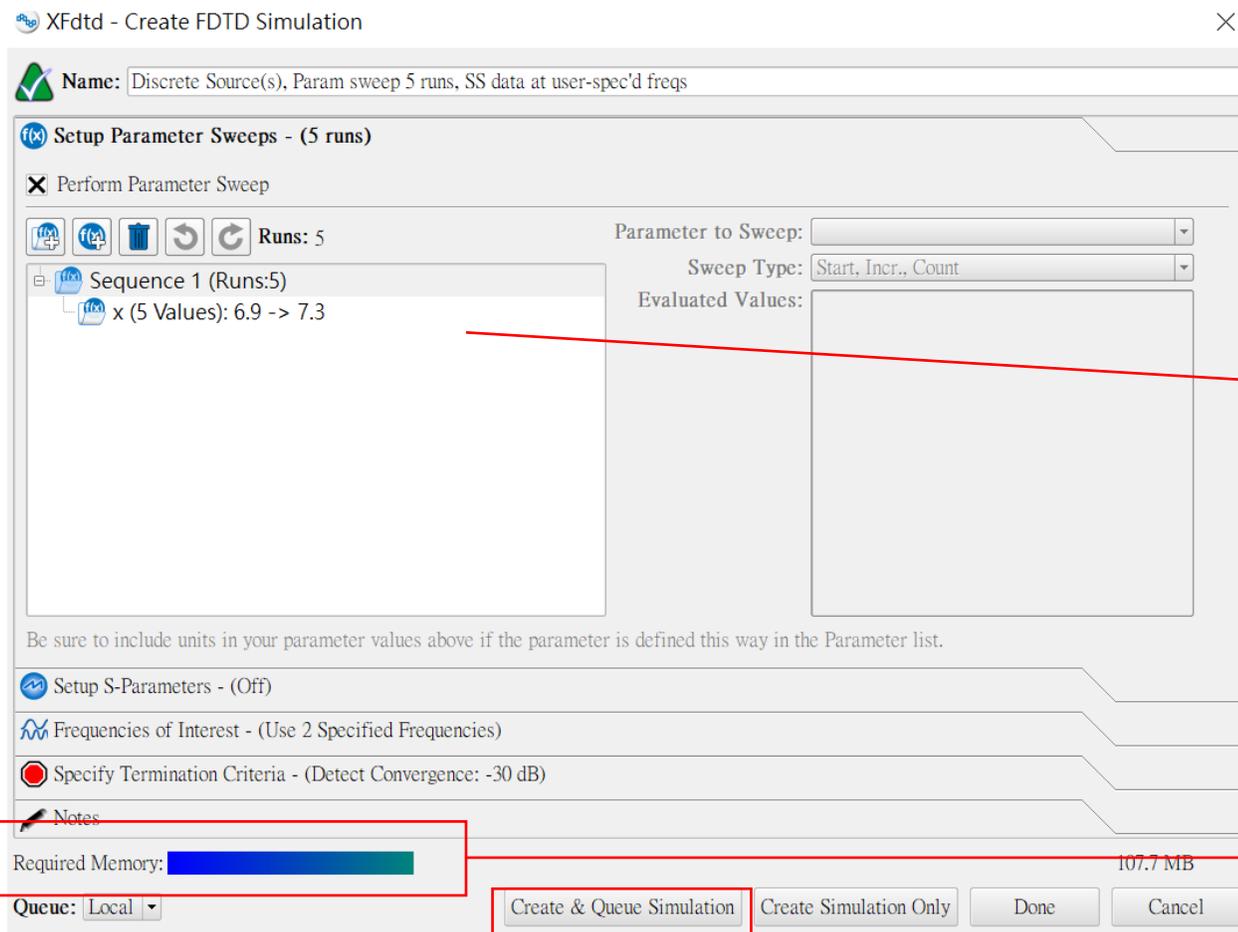


- 選擇要使用的**Solver**，一般的計算就選擇**FDTD**

- 選擇要用來做計算的硬體資源，**CPU**的核心數以及**GPU**

- 選擇**Simulations**打開模擬計算的建立以及控制功能

建立和控制模擬計算



- 設定模型中的參數變化的範圍和方式，參數的數量無上限

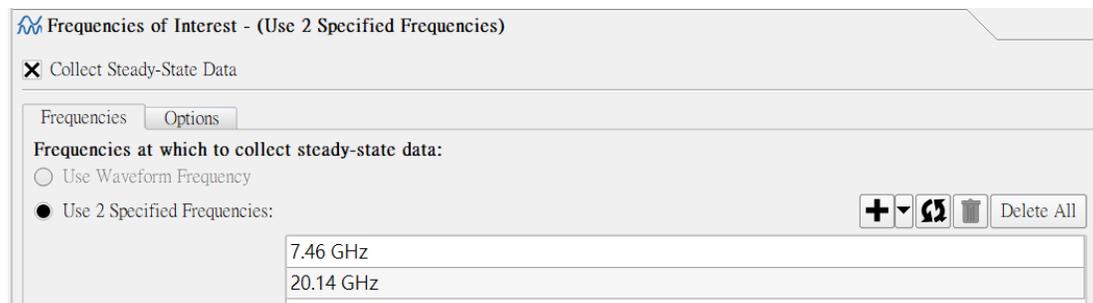
- 使用記憶體預估

- 完成設定，開始計算

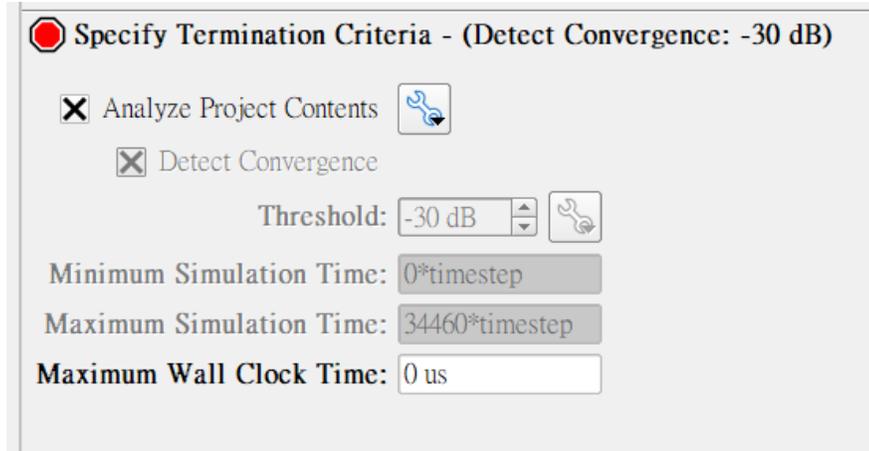
建立和控制模擬計算



- 設定是否計算S參數，有多個port的時候，選擇啟用S參數的計算就會一次開啟一個激勵源做計算，如果選擇不做S參數的計算就會同時激發所有的port



- 設定收集穩態資料的頻點，數量沒有上限，但是頻點必須在模型設定的頻率範圍之內



- 在XFDTD中收斂指的是能量離開有網格存在並進行模擬計算的空間，穿透邊界離開系統，因而不和系統內的材料起反映，物理量變化降低到穩定的程度
- XFDTD透過評估殘留在系統中的能量來判別收斂的程度
- 到達收斂值的門檻之後就會停止計算做後處理
- 設定高收斂值會大幅提高計算所需時間，但不一定是必要的，一般常見在-20dB到-40dB

建立和控制模擬計算

```
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會提供模型的系統診斷以及計算進度資訊
- 使用者可以查看計算使用哪一種和多少資源
- 如果發生了錯誤和不正常的現象，也可以在訊息中得知

檢視模擬計算結果與後處理

- 根據模型和計算的各種不同配置，XFDTD可以提供多種不同的時域和頻域結果
- 使用者可以在**Result**介面將這些結果用各種不同的方式分類檢索，找到自己需要的資料
- 也可以檢索多個不同模型的計算結果相互比較
- 計算結果可以檢視數值，繪圖，觀測時域的場形變化，或是用多種不同的資料格式導出

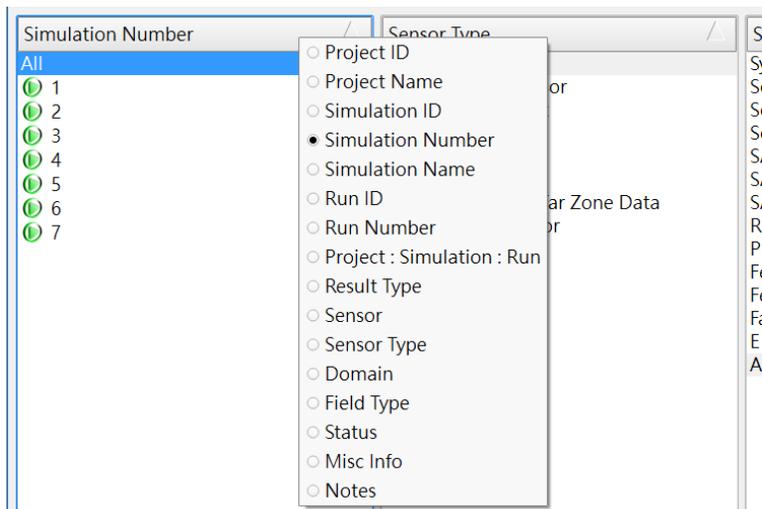
檢視模擬計算結果與後處理

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

• 可以依照習慣或需求更改的4種篩選條件

• 符合篩選條件的output

檢視模擬計算結果與後處理



- 調整篩選條件快速搜尋結果

Result Type	Sensor	Sensor Type	Domain	Field Type	Status
Gain	Far Zone Sensor	Far Zone Sensor	Discrete Frequencies	Total	Completed
Gain	Far Zone Sensor	Far Zone Sensor		Total	Completed
Gain	Far Zone Sensor	Far Zone Sensor		Total	Completed

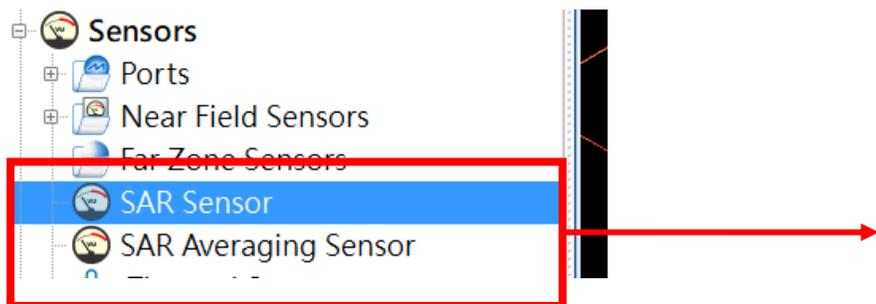
The table displays simulation results for Gain. A context menu is open over the second row, showing options like 'View (default)', 'View Smith Chart', 'Create Line Graph...', 'Postprocess Far Zone', 'Far Zone Correlation...', 'Postprocess SAR', 'Postprocess Thermal Data', 'Combine SAR Results...', 'Export', and 'Unlist Project'. The 'Export' option is selected, and a sub-menu is open showing various export formats such as '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 Optenni Lab...', and 'Export to MIMObit...'.

- 依照資的特性可以繪圖，三維或動態檢視，或是可以導出做其他運用

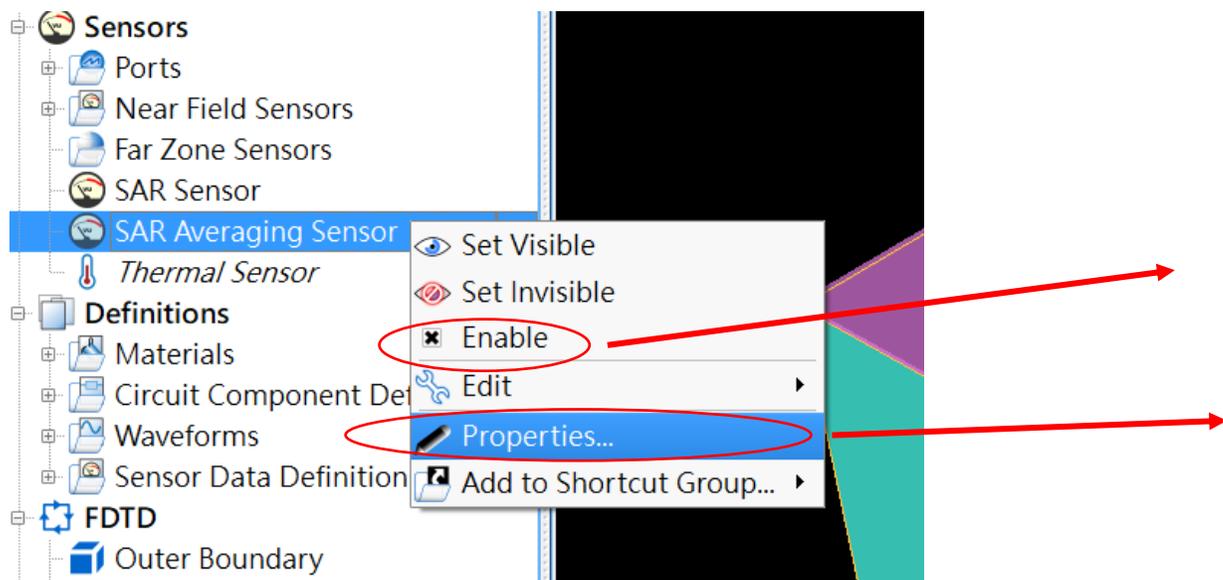
在XFDTD中進行SAR的計算

- SAR 的計算在XFDTD中需要搭配Sensor的設定以及相對應的材料
- 由於SAR的定義是一定質量的吸收體材料吸收了多少的能量，因而做SAR的計算時會需要較高的網格解析度確保精確
- SAR在本質上是一種統計工作，因而計算是由CPU進行，如果工作頻率較高而且網格較細，就可能會花較多時間

在XFDTD中進行SAR的計算



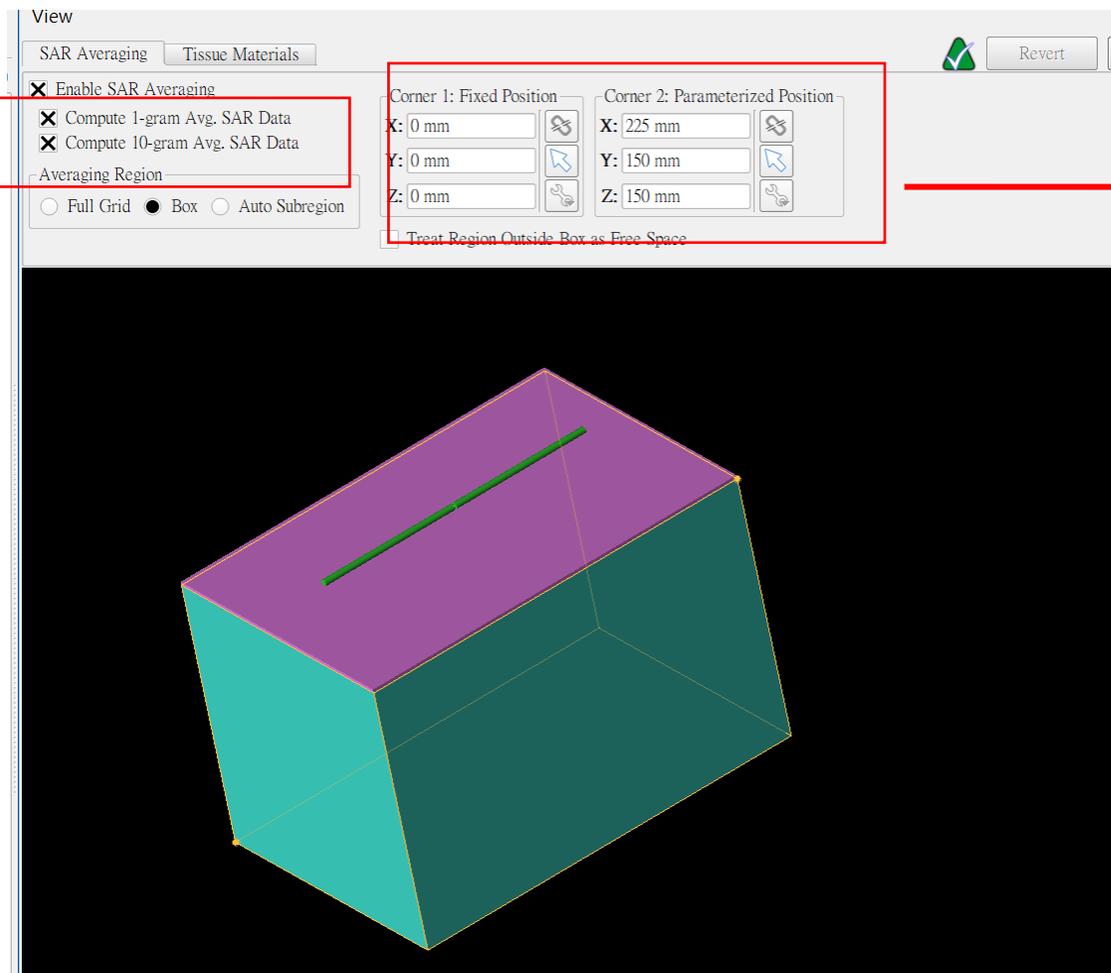
- XFDTD提供兩種SAR Sensor，SAR Sensor 提供網格點上的原始資料，SAR Average Sensor提供吸收體材料每一克或十克的吸收功率值
- 前者多用於特殊的醫療或航太用途，後者一般用在有工業標準規範的消費性電子產品



- 選擇Enable啟用Sensor
- 選擇Properties設定Sensor範圍等參數

在XFDTD中進行SAR的計算

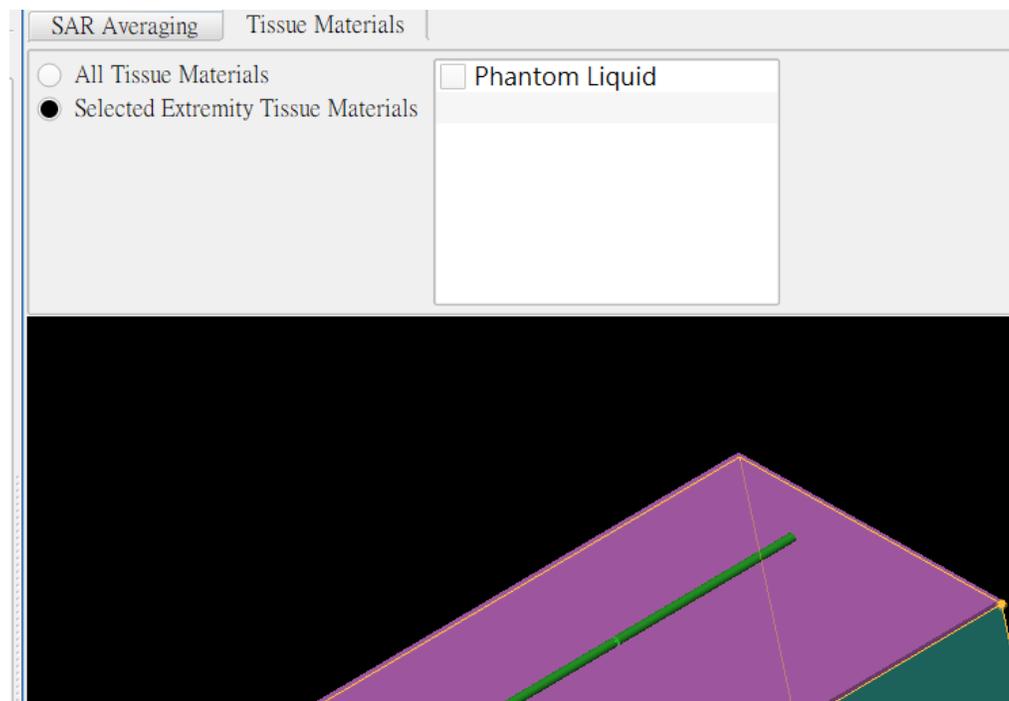
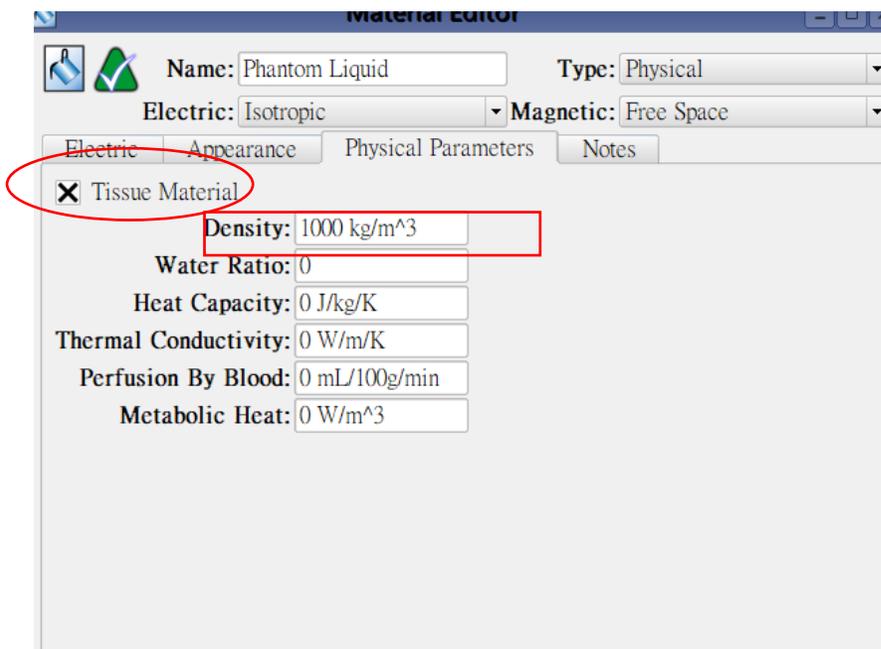
- 可以選擇要進行的Average SAR種類



- 設定SAR Sensor包含的範圍，會對範圍內符合條件的材料做計算

在XFDTD中進行SAR的計算

- XFDTD進行SAR計算時會需要進行相對應的材料設定
- 作為吸收體的材料會需要在材料定義的部分勾選Tissue Material，以及給予材料的密度XFDTD才能計算質量
- 用戶也可以在SAR Sensor的設定頁面挑選要納入計算的材料



在XFDTD中進行SAR的計算

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		

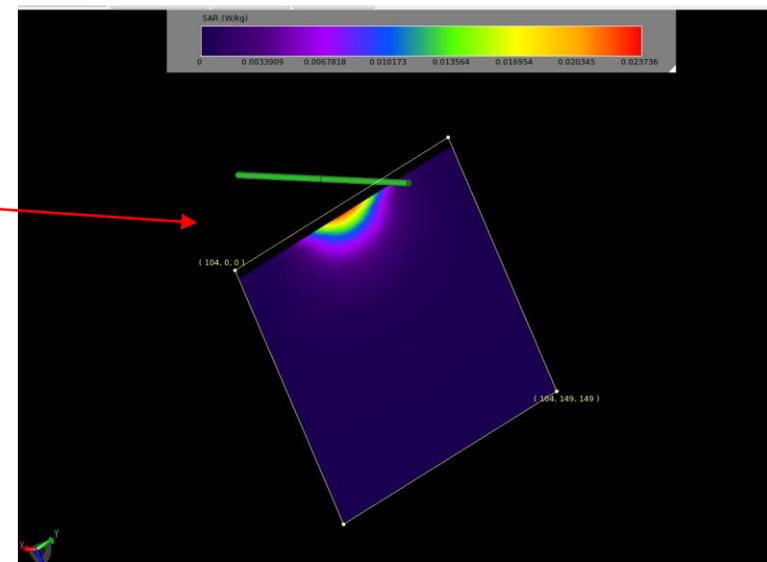
- SAR的計算結果可以透過在Result中的SAR Sensor/Averaged SAR Sensor取得
- 可以觀察2D場形，檢視數值或是導出做其他處理分析

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

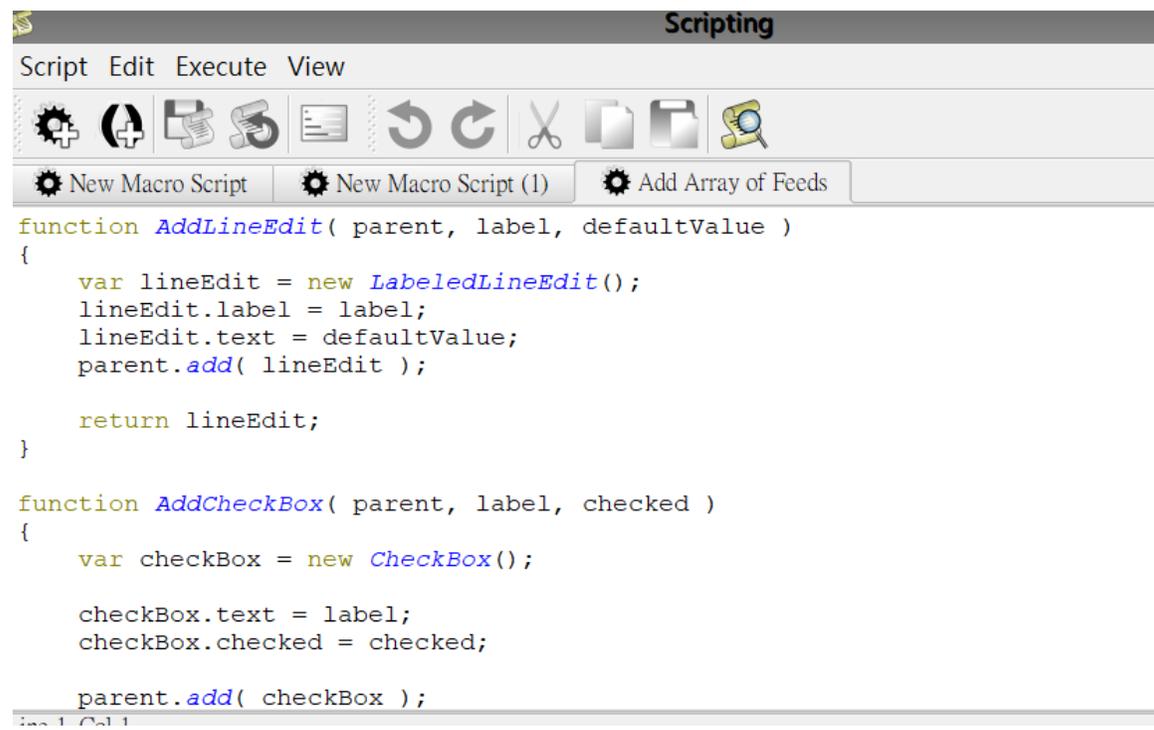
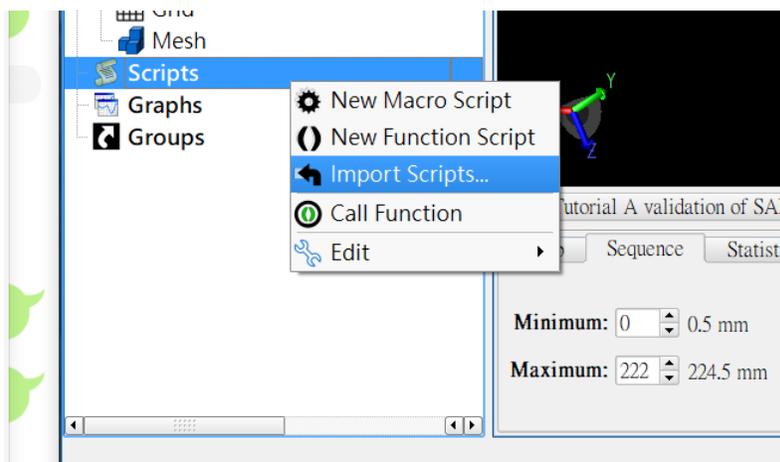
Quantity	835 MHz
SAR Sensor (Raw)	
Maximum Value	0.03484 W/kg
Location of Maximum	(112.5 mm, 74.55 mm, 0.5034 mm)
Average Value	0.0004214 W/kg
Total Power Dissipated	0.002133 W
Total Tissue Mass	5.062 kg
SAR Averaging Sensor (10g Ave...	
Maximum Value	0.01545 W/kg
Location of Maximum	(112.5 mm, 74.55 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	Export to CITI file...	
			Unlist Project	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中的巨集與腳本

- XFtdt可以透過撰寫或導入腳本和執行macro擴充功能，自動化建模或是進行一些後處理
- 用戶可以自行撰寫腳本客製化專屬的XFtdt環境



其他功能

- XFtdt 支援在大型的集群環境進行計算，並且可以透過管理軟體達到排隊等功能
- XFtdt也提供HAC Sensor和Thermal Sensor
- 透過額外的模組支援匹配電路參數最佳化以及觸控模組設計等功能
- 其他詳情可以透過REMCOM網站或說明書查詢，也歡迎和代理商或REMCOM 聯繫