

RFID中的电磁仿真技术

——Modeling of RFID

刘源 博士

安世亚太 电磁业务部 总经理

yuan.liu@peraglobal.com



- n 概述
- n 安世亚太仿真方案
- n RFID仿真中的关键问题
- n RFID仿真案例



n 概述

n 安世亚太仿真方案

n RFID仿真中的关键问题

n RFID仿真案例

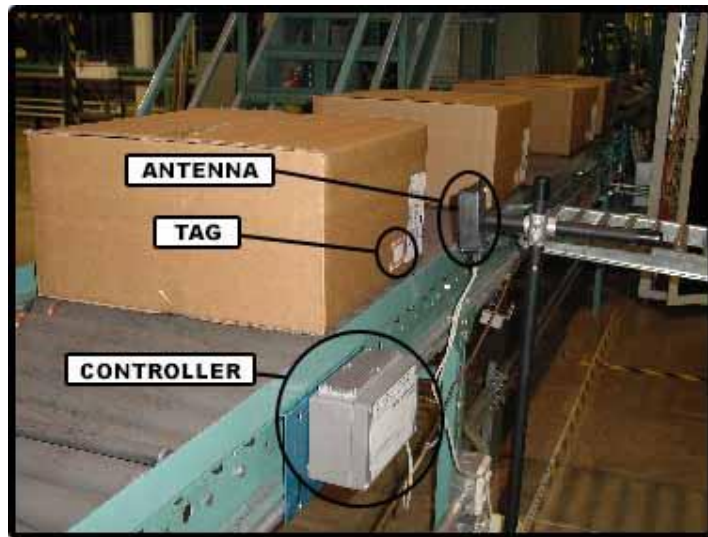
无处不在的RFID



“Dog Tag”
Reader/Writer

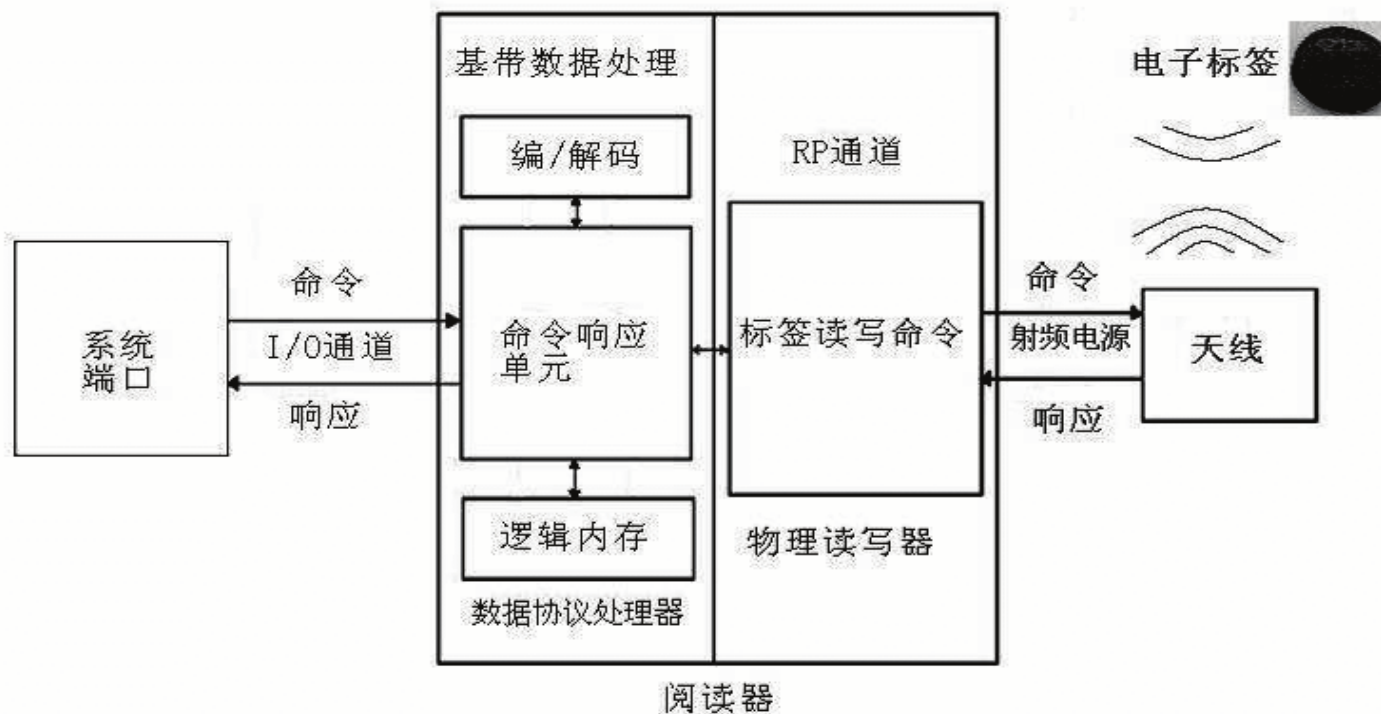


RF-Linked
Smart
“Dog Tag”



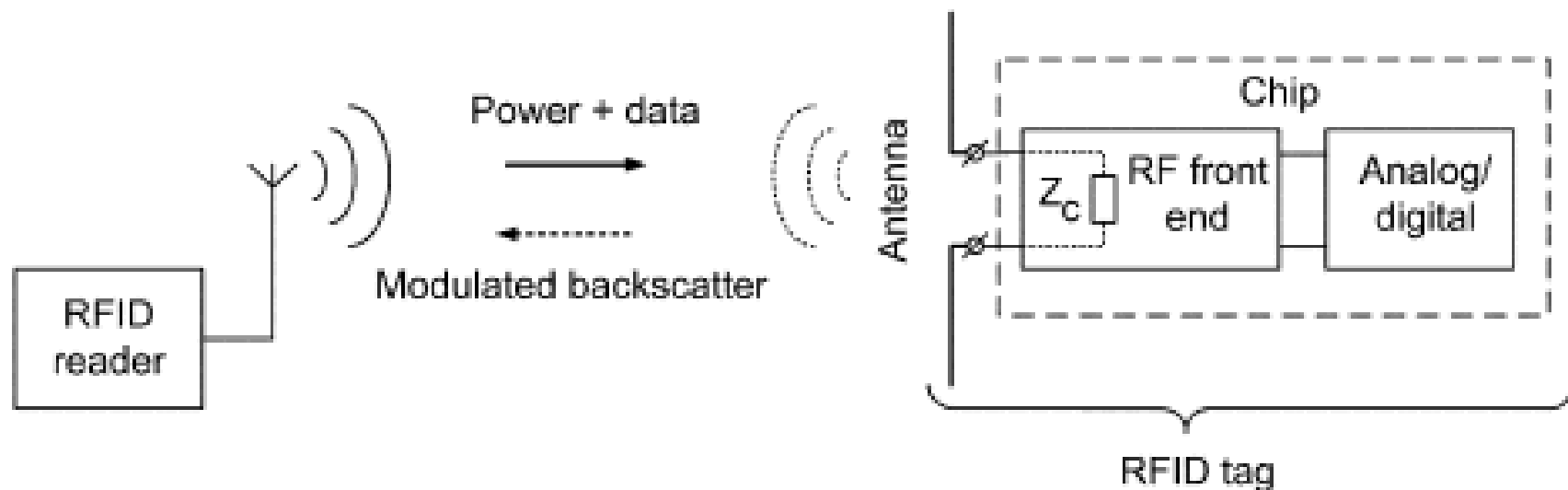
n RFID系统由 3部分构成

- 电子标签
- 读写器
- 数据管理系统

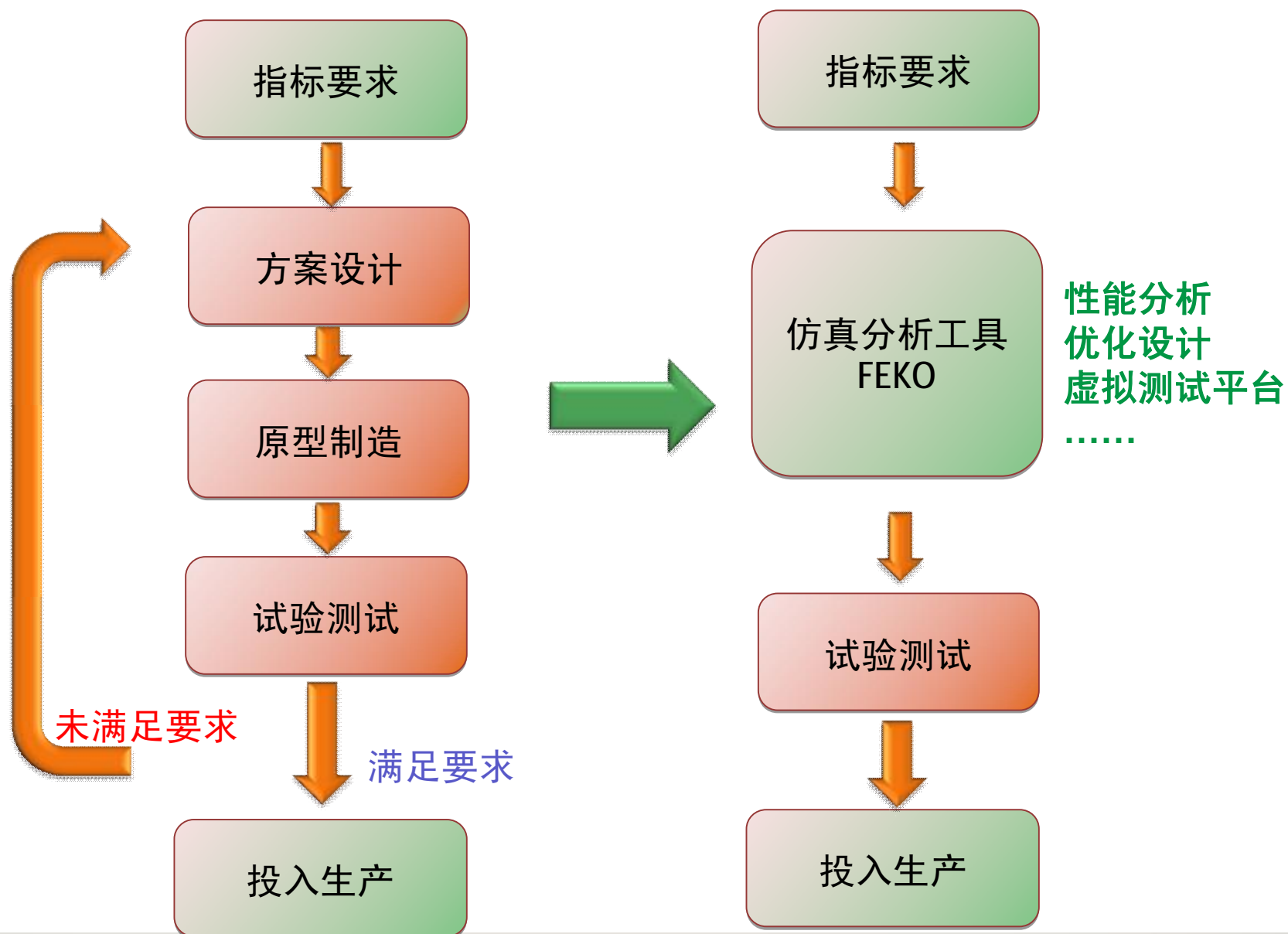


n RFID系统中涉及仿真分析的四个部分

- 标签天线仿真分析
- 读写器天线仿真分析
- 识别距离分析（读写器与标签间的耦合分析）
- 环境影响分析（如多标签、物体/环境对RFID性能影响等）



仿真分析的意义



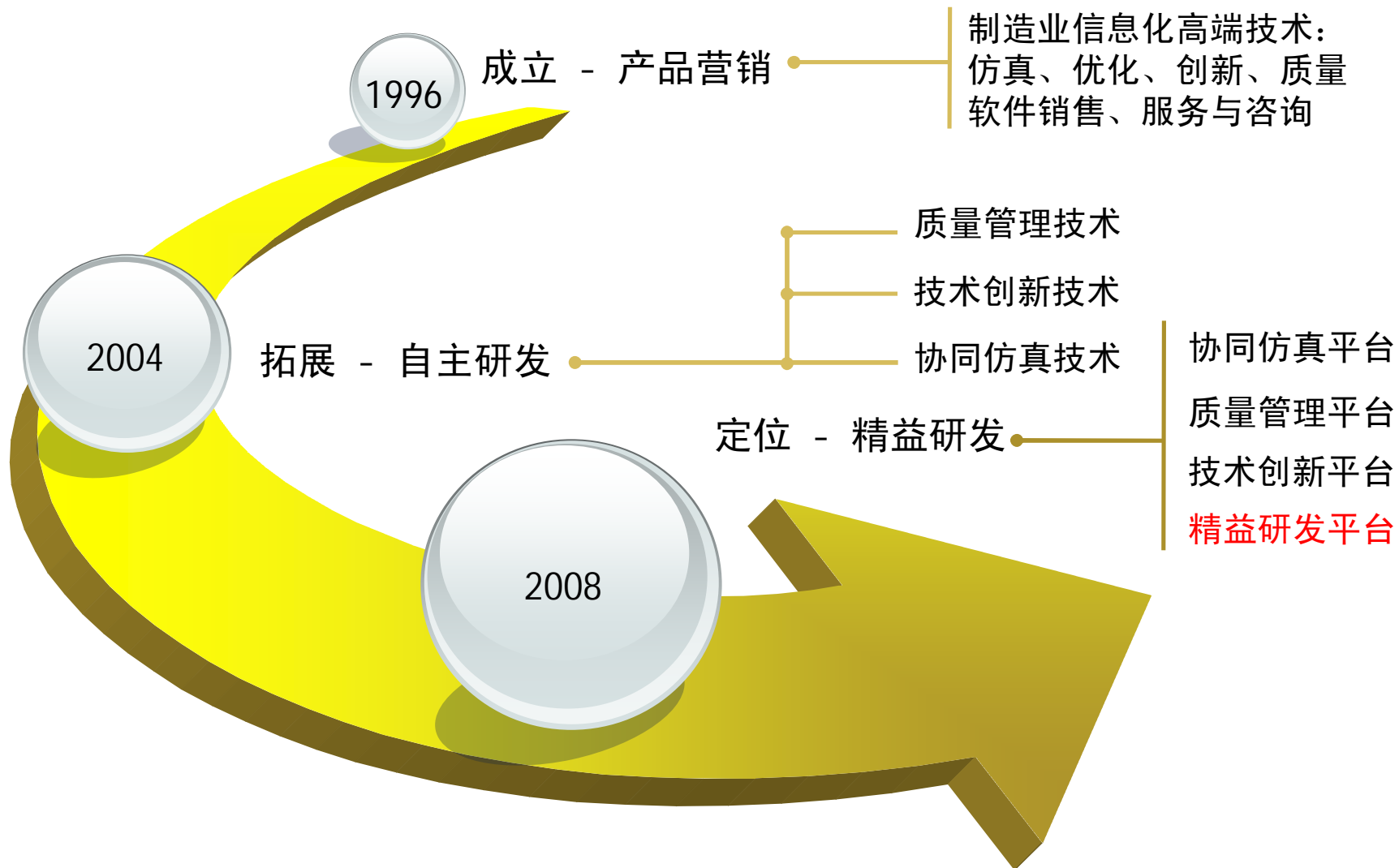


n 概述

n 安世亚太仿真方案

n RFID仿真中的关键问题

n RFID仿真案例





总 部：北京

分 公 司：13个

总 人 数：500+人

研发技术：360+人（国内+国际）

- 船舶工业
- 铁路机车
- 航空航天
- 石化核能
- 机械工业
- 土木工程
- 汽车行业
- 钢铁冶金
- 兵器工业
- 生物药品
- 电子电器
- 饮料烟草
- 水利水电
- 造纸家具

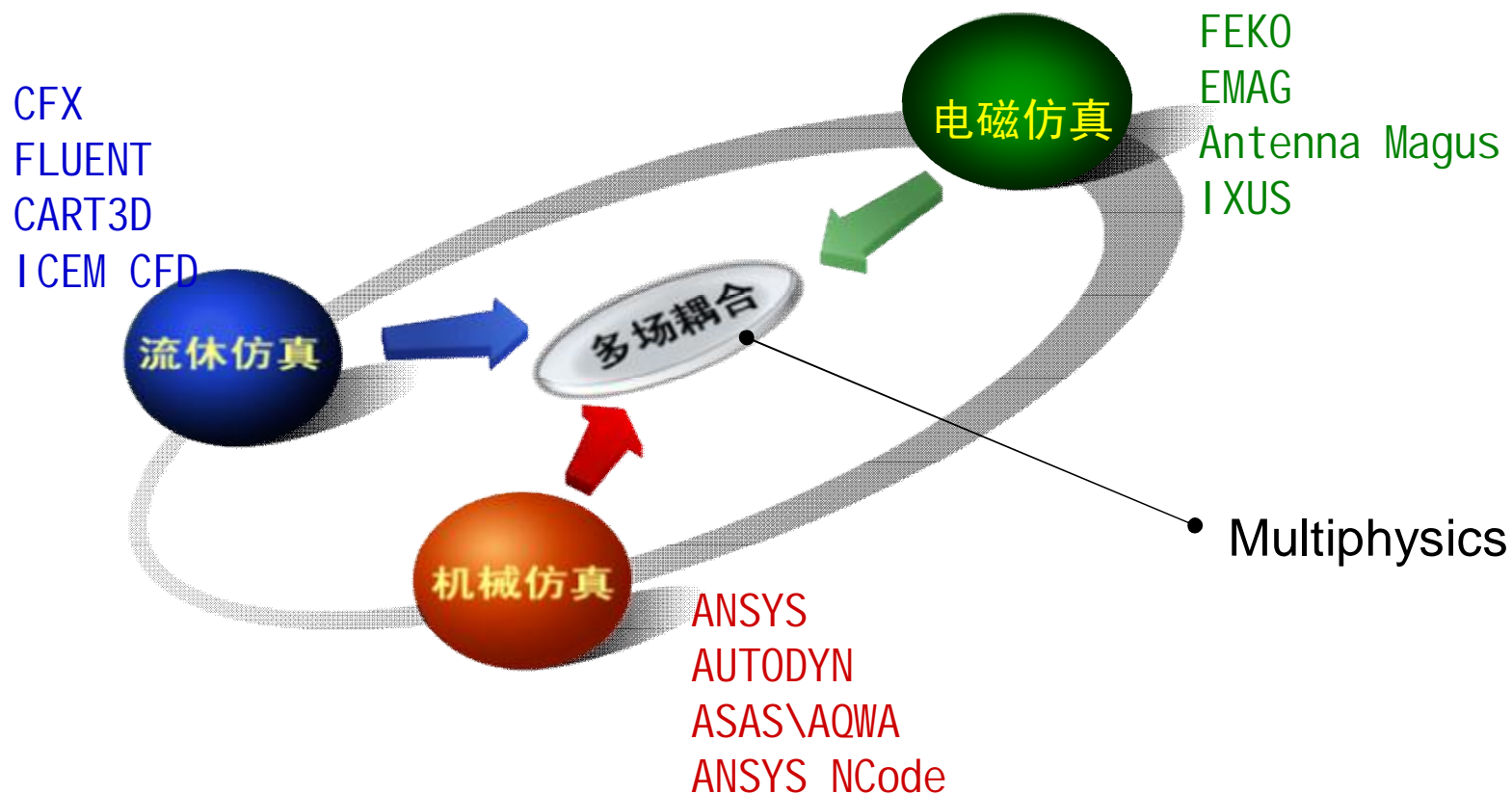
客户总数：2100+

- 商业用户：1400+

- 高校用户：700+



- 在计算机中模拟产品在真实世界中的运行状况
- 低成本、高效率、多维度地发现问题，优化设计

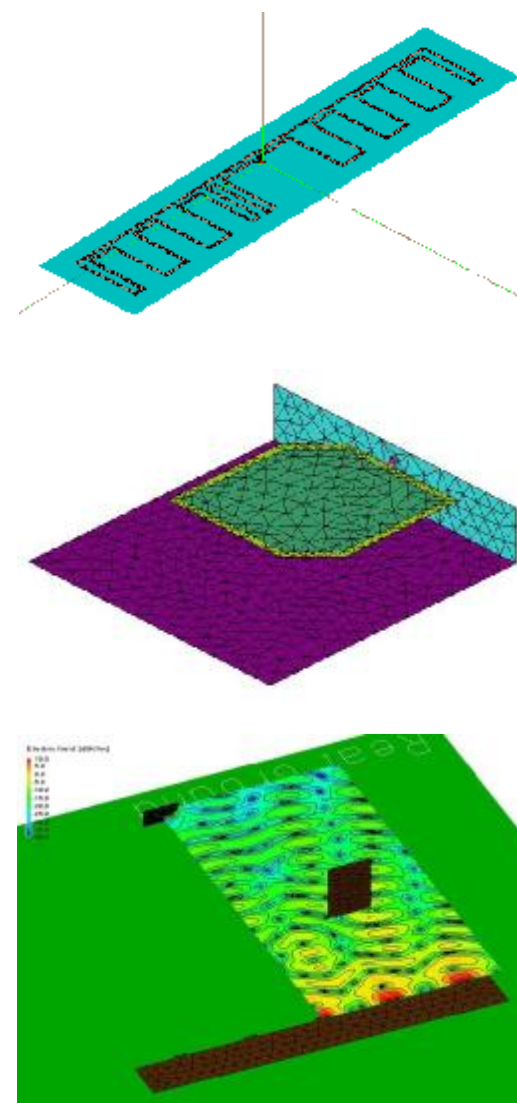


通用仿真技术

- n FEKO的名字来源于德语词组 *FEldberechnung bei K...orpern mit beliebiger Oberfl...ache*，也就是英语词组 *Field computations involving bodies of arbitrary shape* 的缩写；正如其名字所暗示，FEKO可用于涉及到任意形状目标体的各种类型电磁场分析问题。
- n FEKO是一种基于**矩量法**的、为各种高频电磁场应用而开发的全波电磁场分析软件
- n 世界上第一个**MLFMM**商业代码
- n **MOM/ACA/FEM/PO/GO/UTD**，含有丰富算法的专业电磁仿真软件
- n 精准、高效的**载体天线**分析工具

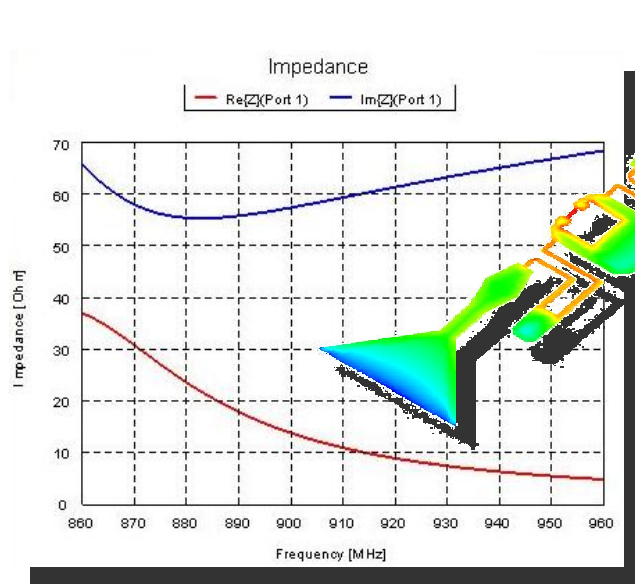
n FEKO RFID应用

- 标签天线
- 读写器天线
- 识别距离分析
- 环境影响分析

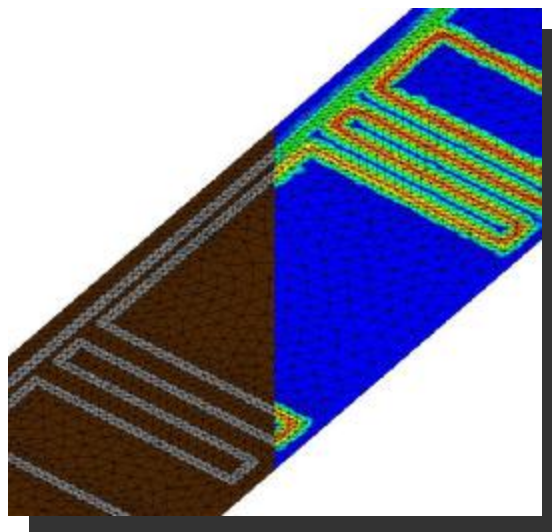




- n 概述
- n 安世亚太仿真方案
- n **RFID仿真中的关键问题**
- n RFID仿真案例



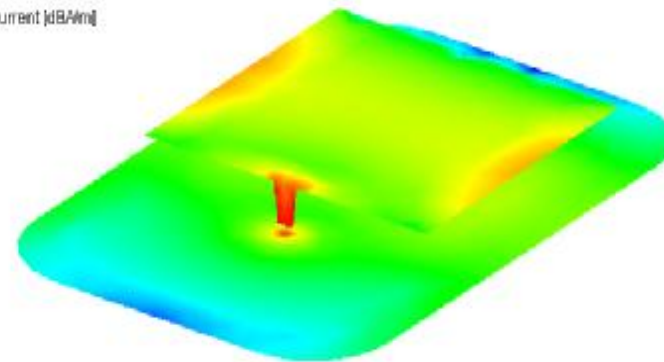
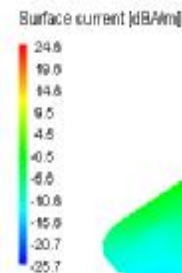
标签天线



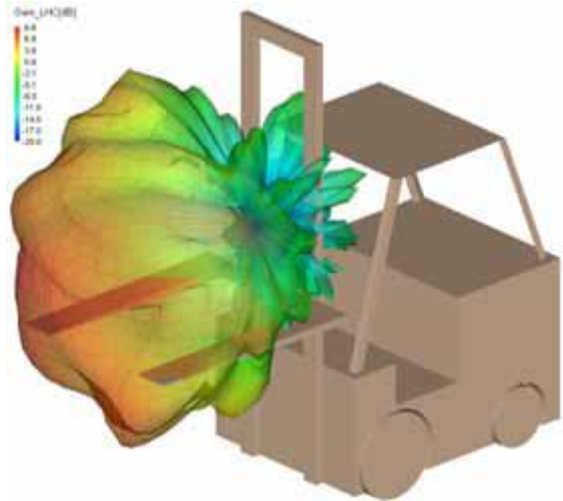
FEKO处理方式

— 矩量法

- 精确,高效



读写器天线



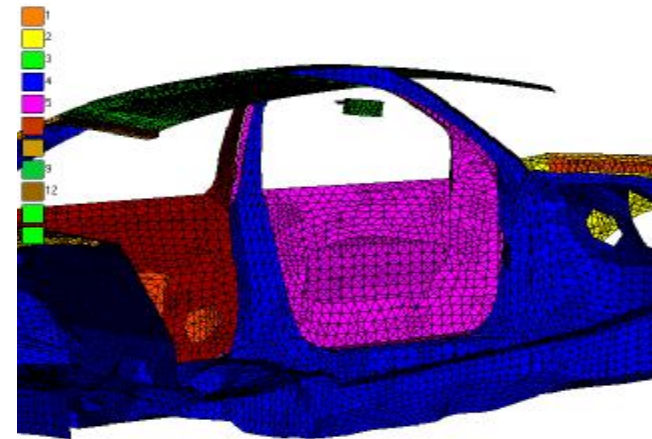
叉车上RFID读写器天线性能分析



RFID标签天线阵列

n FEKO处理方式

– 快速多极子技术



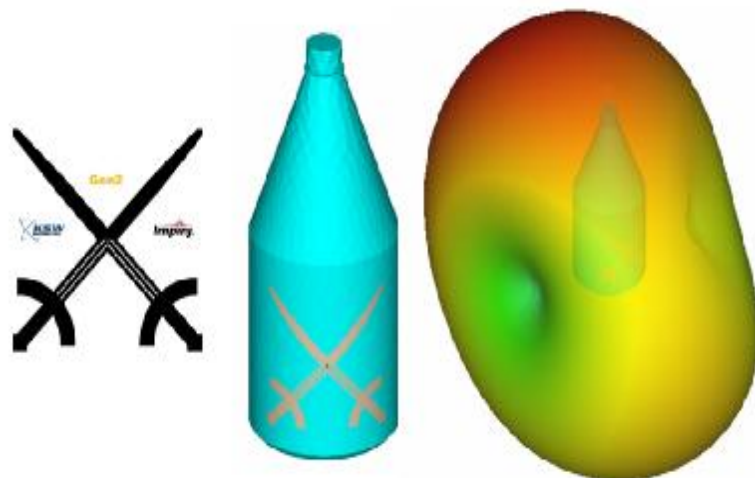
车内移动电话仿真:
工作频率1878 MHz
N=118 452未知量

内存需求:

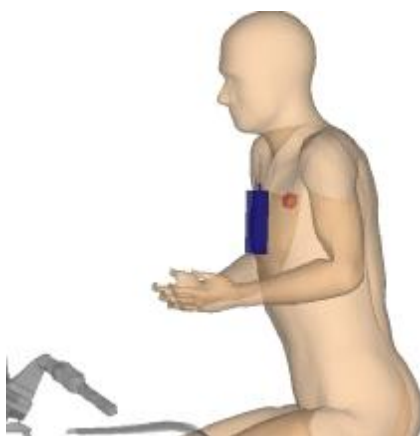
MLFMM	1.17 Gbyte
MoM	209.08 GByte

计算时间 (P4 1.8 GHz):

MLFMM	4 hours
MoM	not solved



液体瓶上的RFID天线



生物识别技术

n FEKO处理方式

- MOM/FEM技术

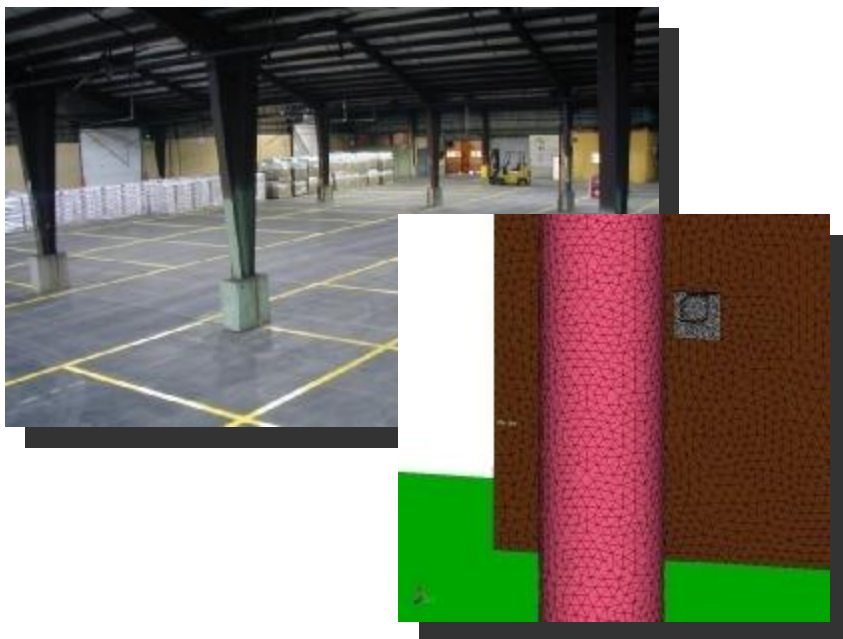
∅ 矩量法适合于求解金属与均匀介质的问题

∅ 有限元法擅长分析复杂的非均匀介质问题

∅ 两种方法结合非常适合结构之间通过自由空间耦合的复杂非均匀介质问题.

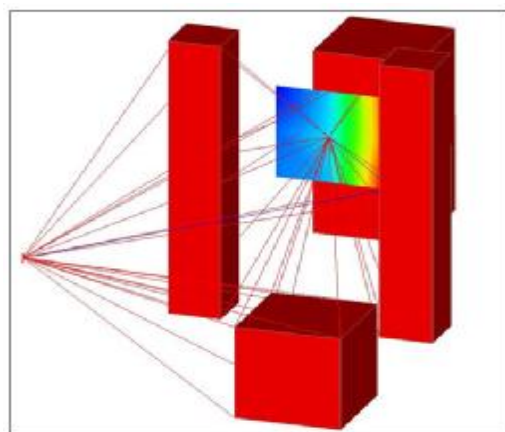
∅ MoM区域和FEM区域之间的空间并不需要划分网格,矩阵规模减小,所以有效地降低了对计算资源的需求



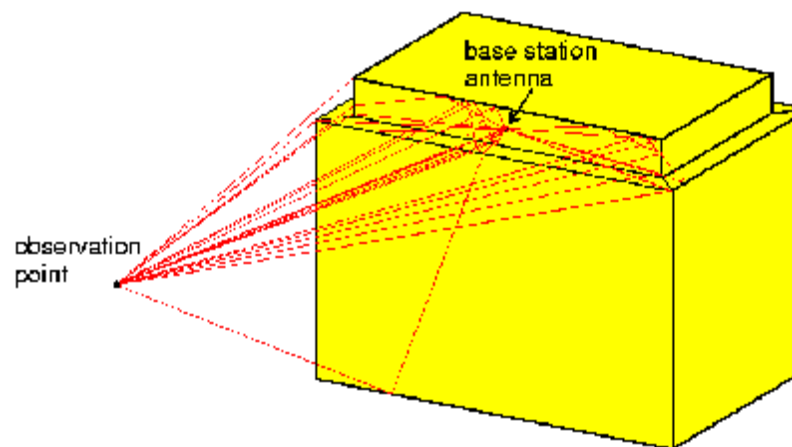


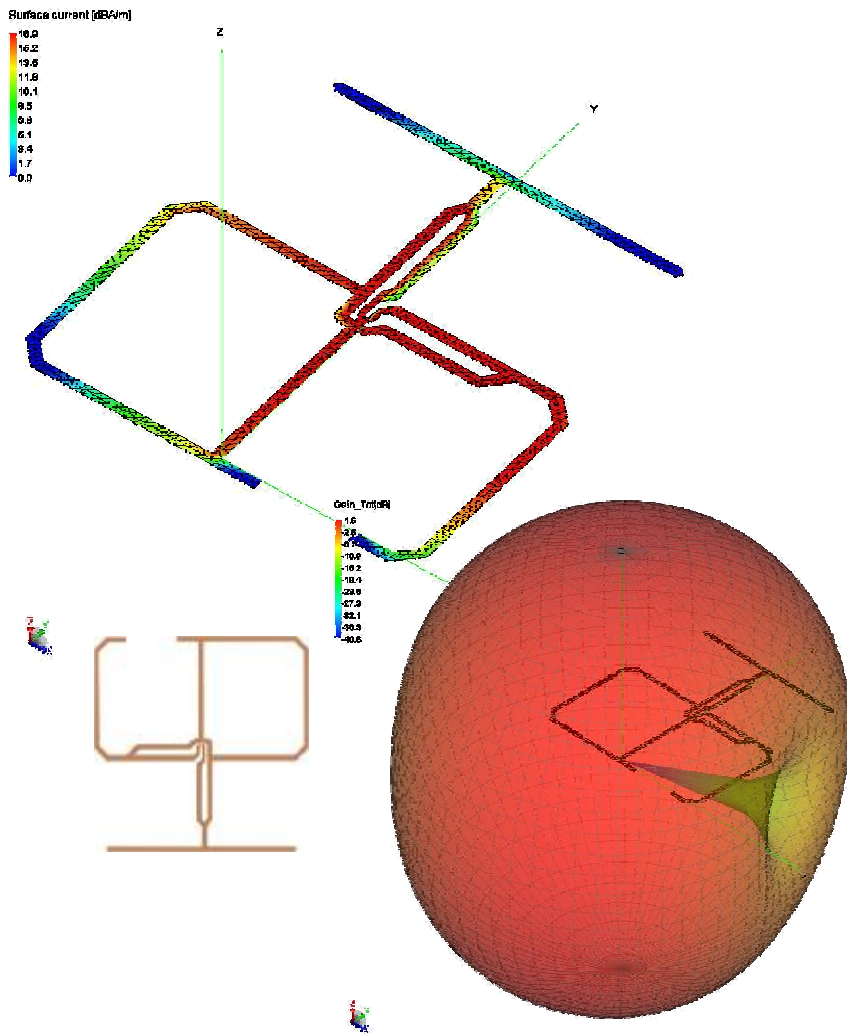
n FEKO处理方式

- 高频算法
- 高频算法是一种渐进方法，基于射线寻迹技术，非常适合电大问题的分析
- 完全摆脱了硬件资源对数值算法的限制，对于不能用快速多极子等数值方法求解的电大问题可以考虑应用高频计算方法来分析
- MOM/PO, MOM/GO, MOM/UTD

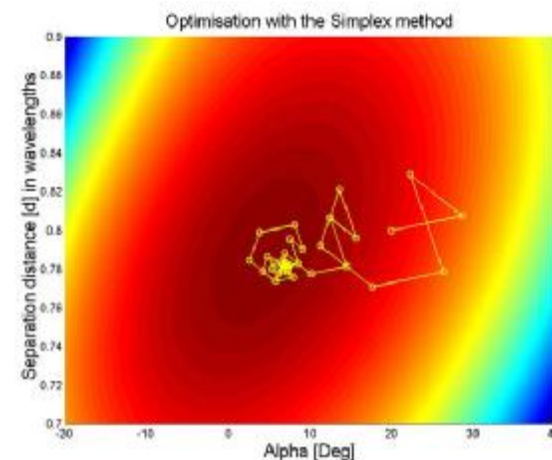


仓库中分析RFID阅读器与标签间相互作用





- ✓ Feko提供参数优化设计工具OPTFEKO
通过该优化程序定义问题的优化参量
- ✓ 设置进行多目标、多参数优化分析；可对增益、近场场强、驻波特性、辐射方向图、隔离度等指标进行优化
- ✓ 包括遗传算法、单纯形法、粒子群优化等多种优化算法

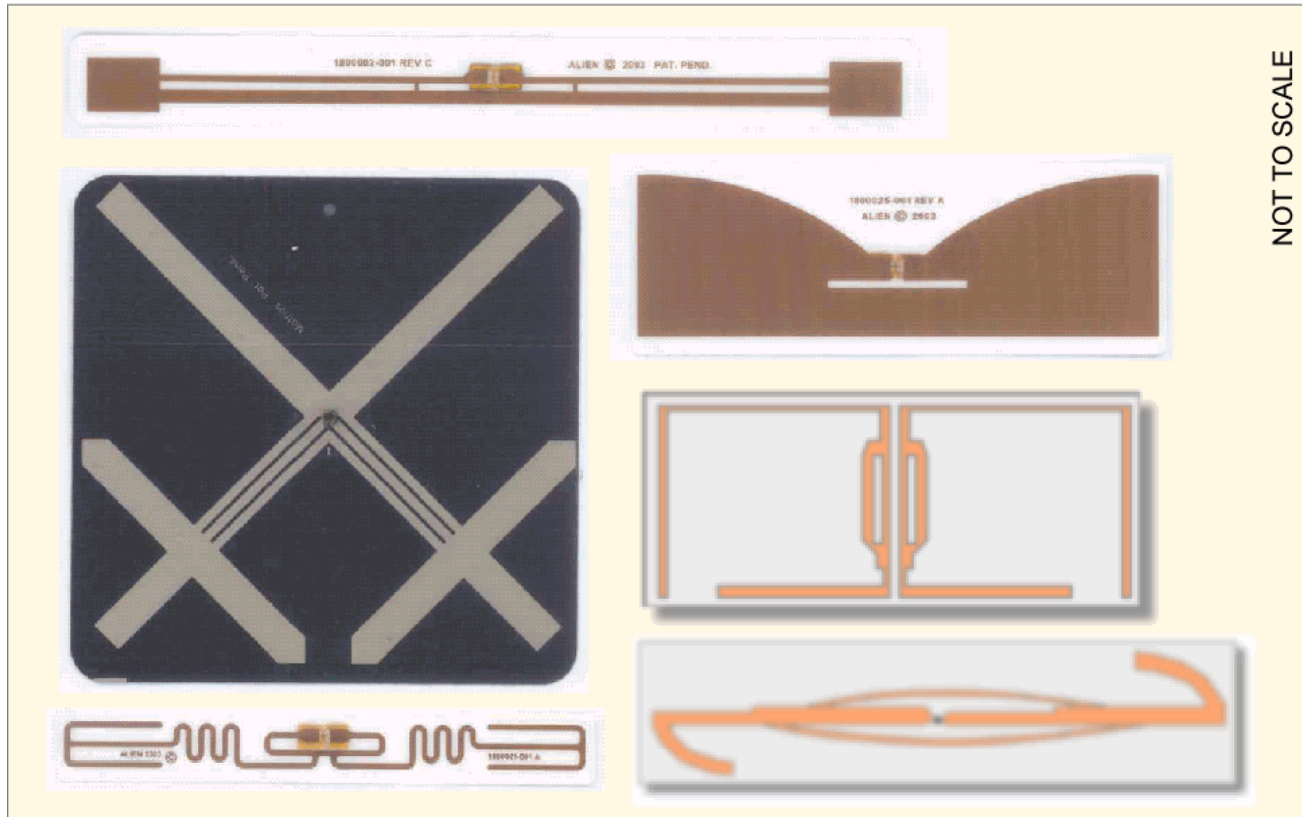




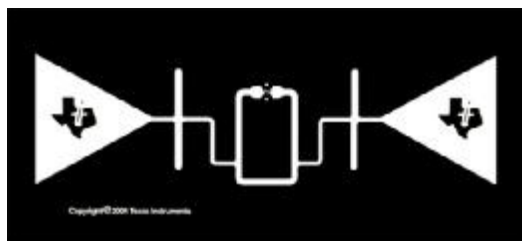
- n 概述
- n 安世亚太仿真方案
- n RFID仿真中的关键问题
- n RFID仿真案例

RFID标签天线

各种类型标签天线



NOT TO SCALE



标签天线-案例1

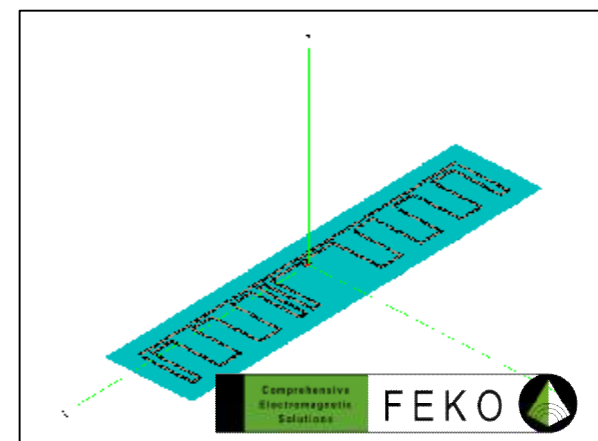
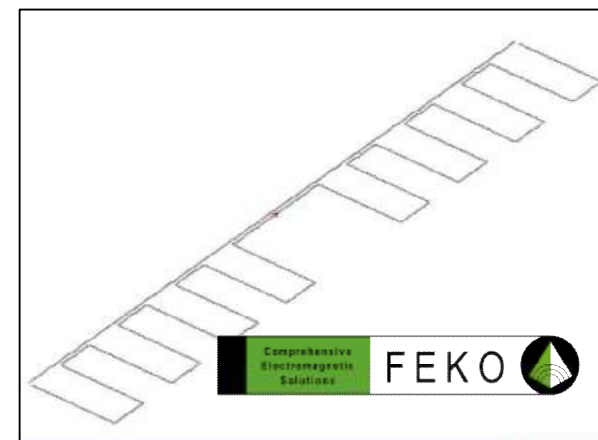
n 频率: 860-960 MHz

n 全向辐射天线

n 衬底材料属性: $\epsilon_r = 3.5$ 、厚度0.051mm

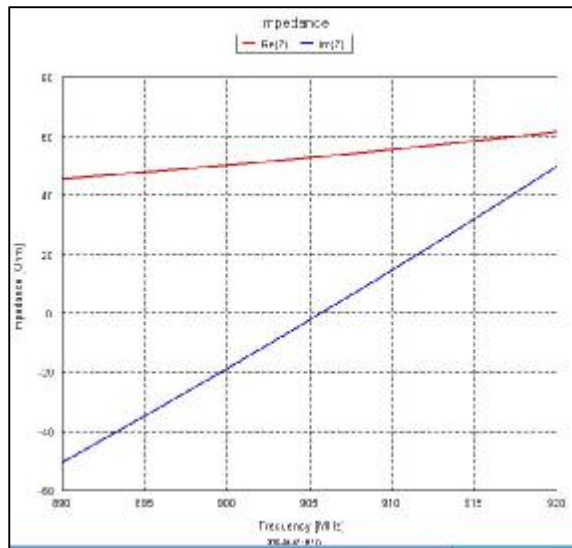
n 天线材料: 铜, 厚度 0.018mm

n 芯片输入功率为(-10dBm)

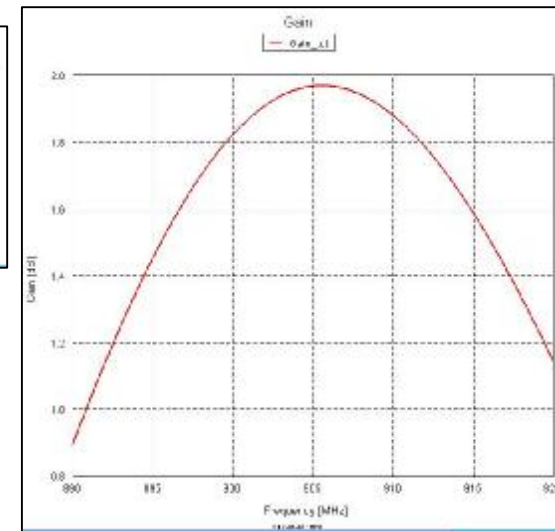
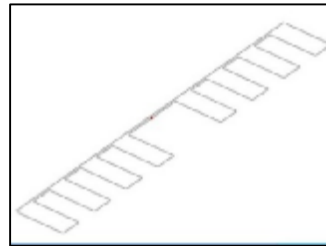


Design from: Rao, Nikitin and Lam, "Antenna Design for UHF RFID Tags: A Review and a Practical Application," IEEE Trans. on Ant. and Propagat., vol. 53, no. 12, Dec 2005.

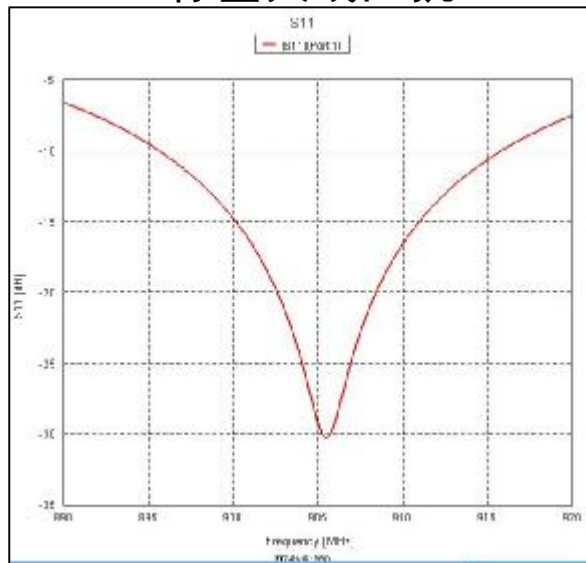
标签天线-案例1



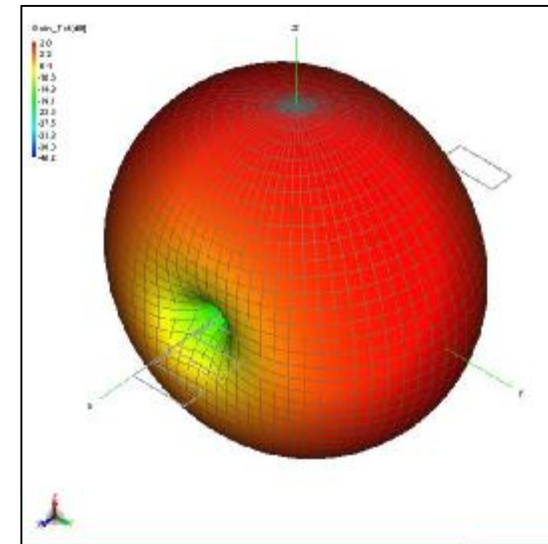
标签天线阻抗



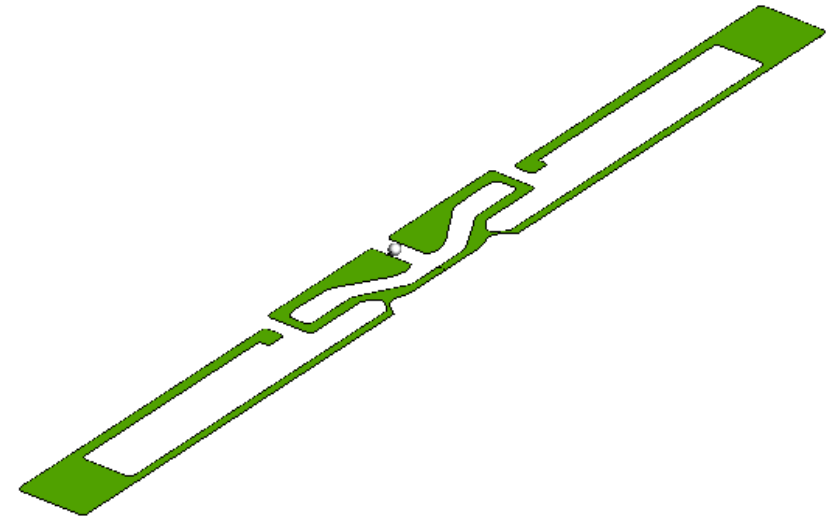
辐射方向图



反射系数

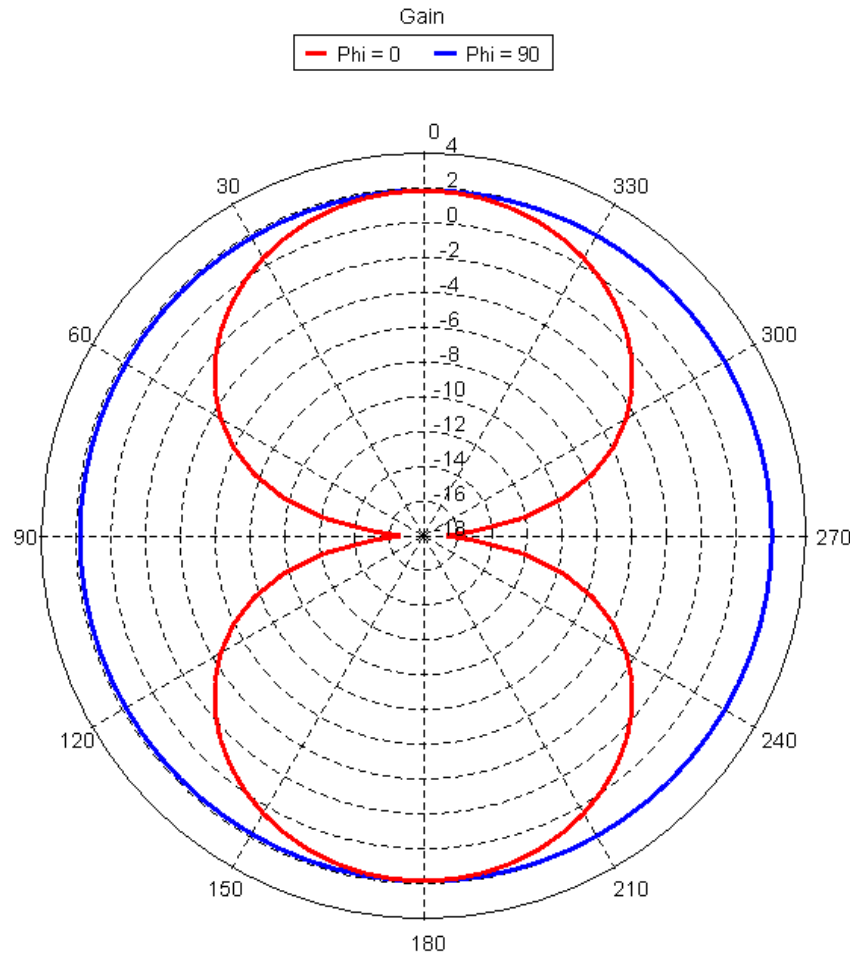


- n AD-222 EPC 1 G2 from Avery®
- n 频率: 866-954 MHz (Global)
- n 全向辐射方向图

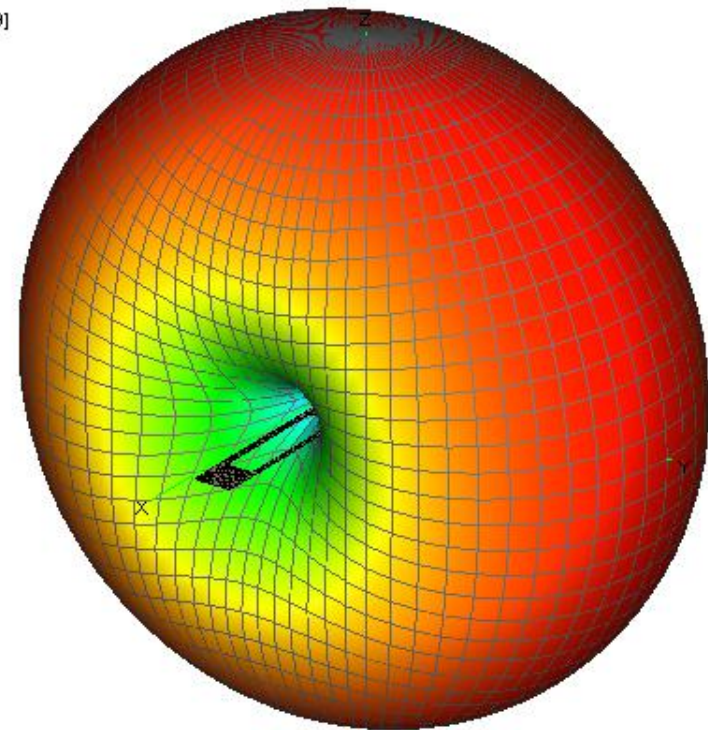
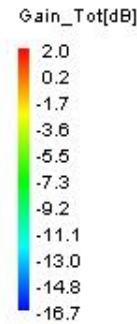
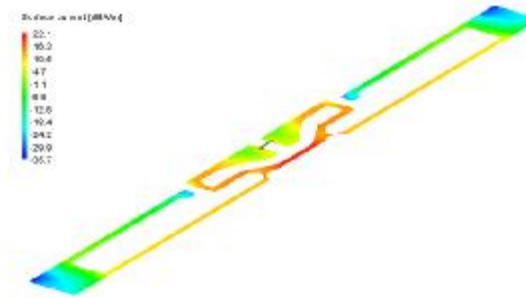


FEKO Model



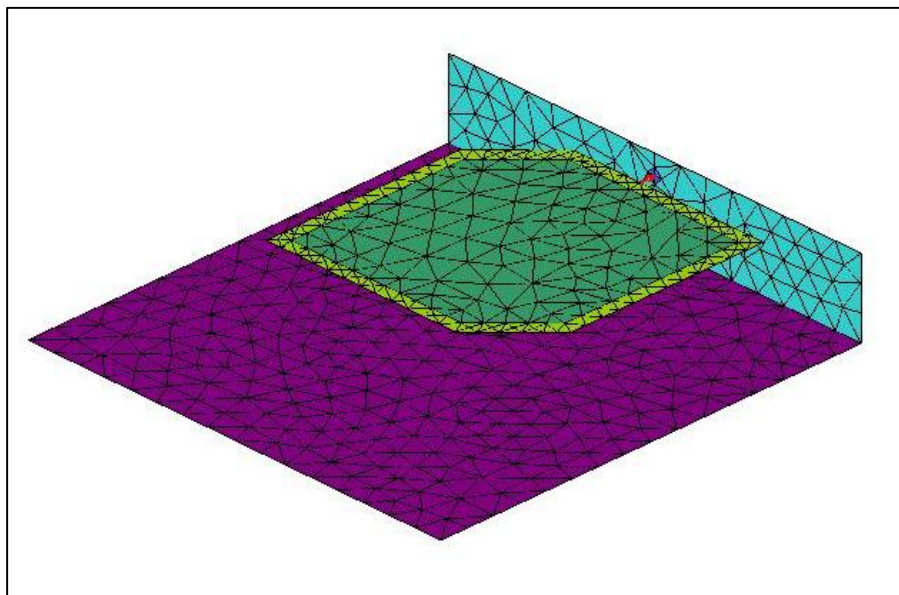


2D 方向图



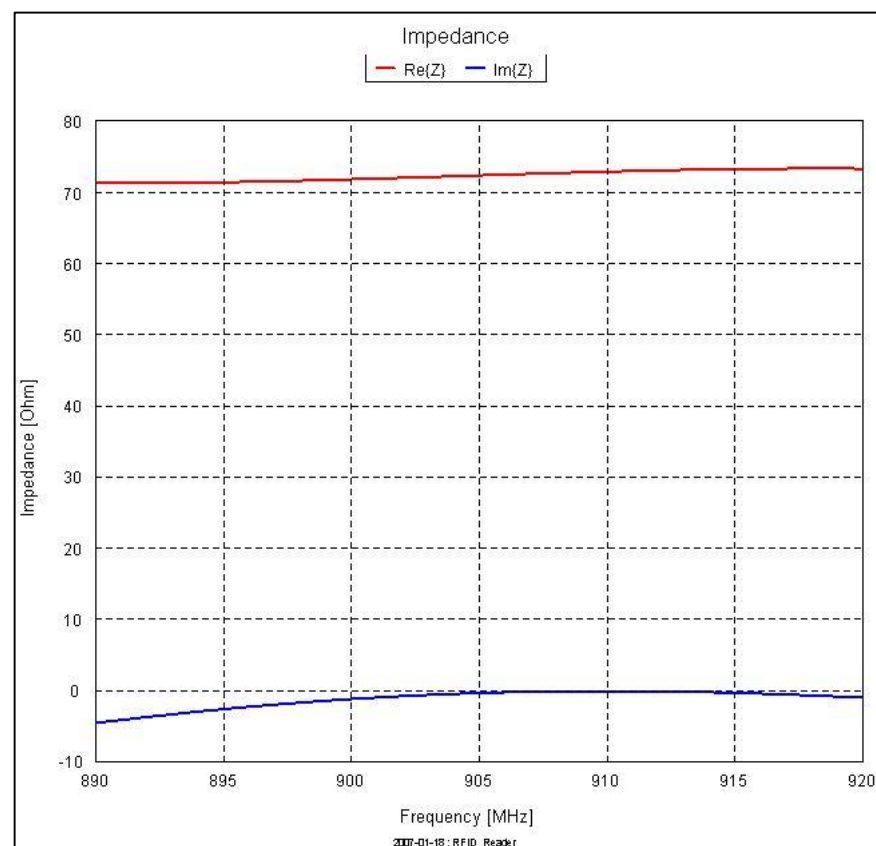
3D 方向图

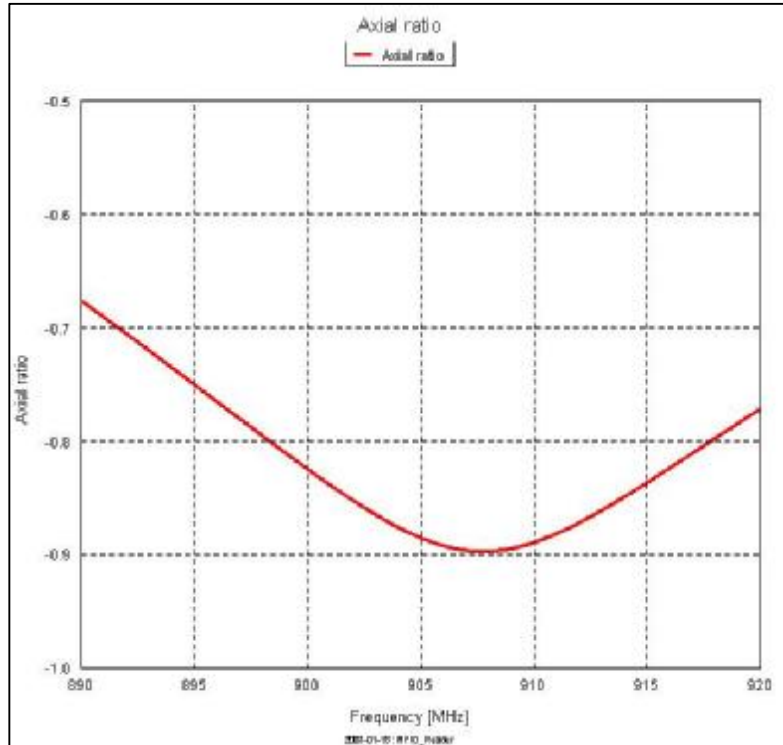
RFID阅读器天线



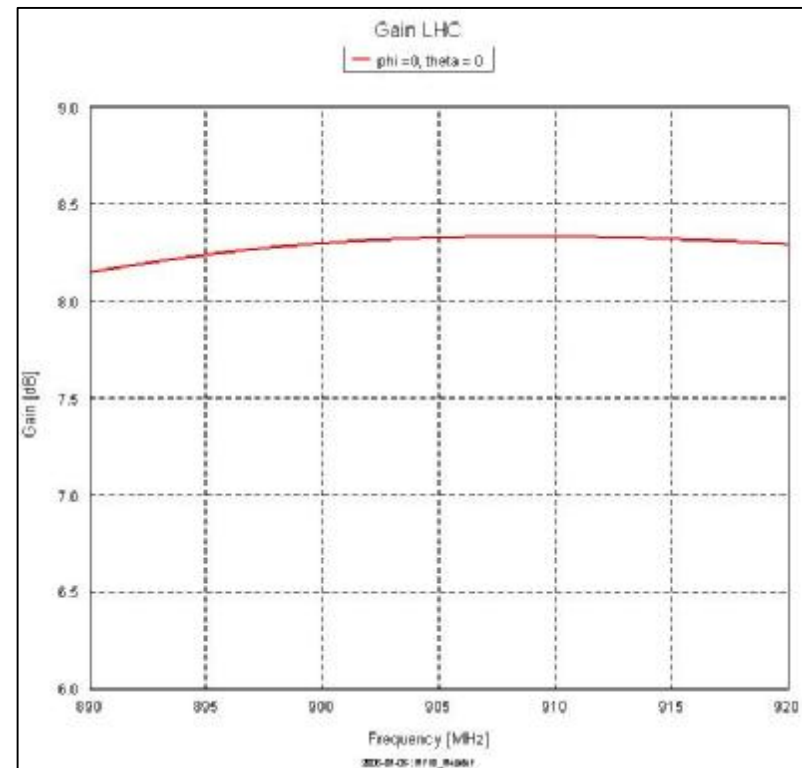
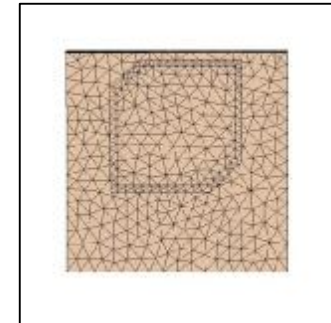
阅读器天线通常为圆极化

阻抗特性

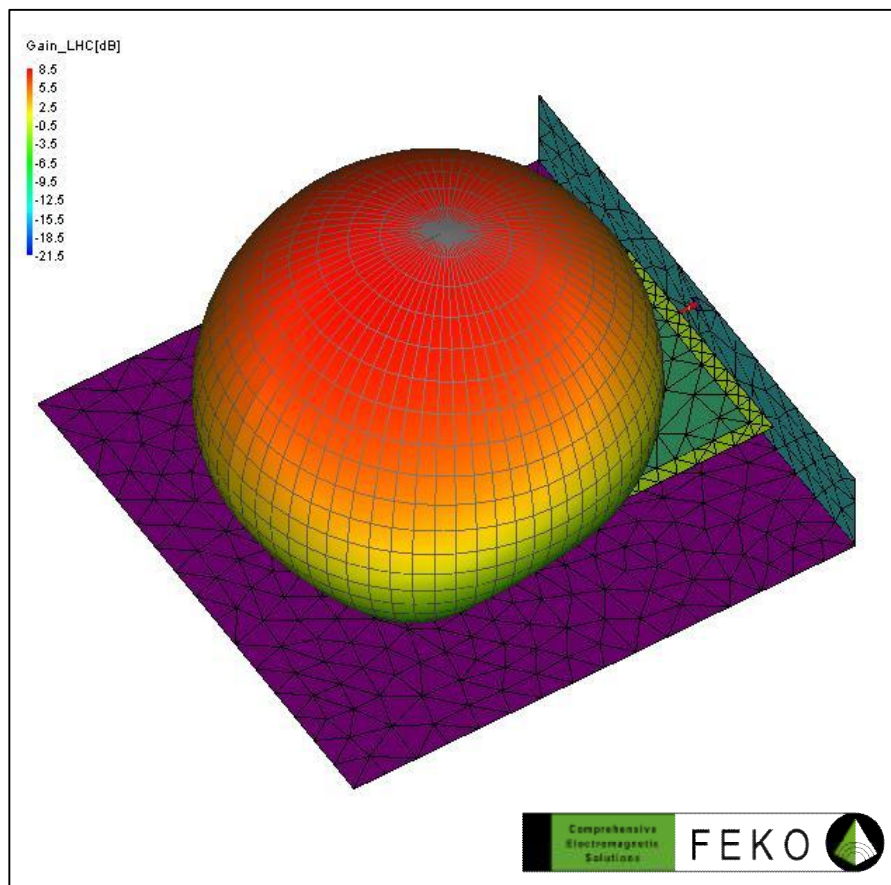




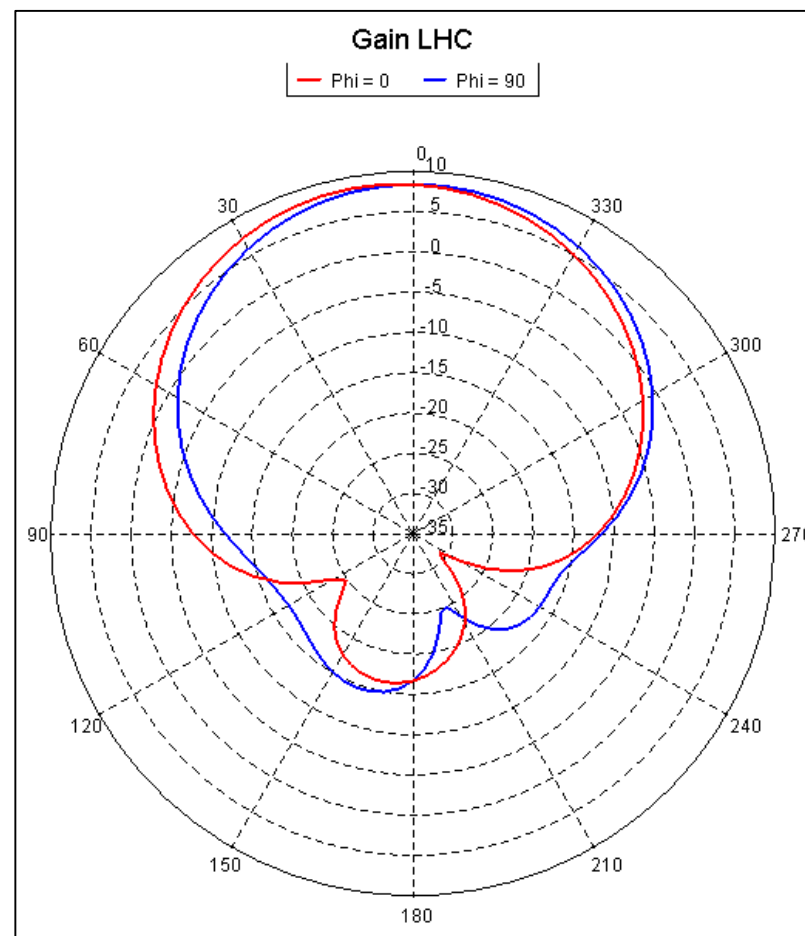
轴比

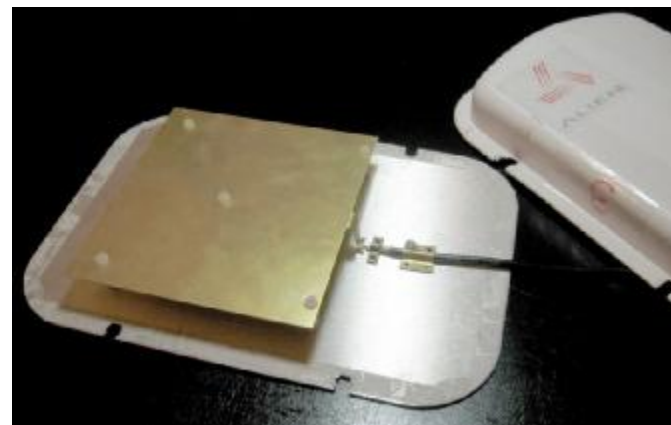
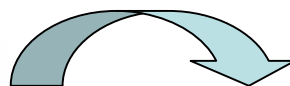


增益

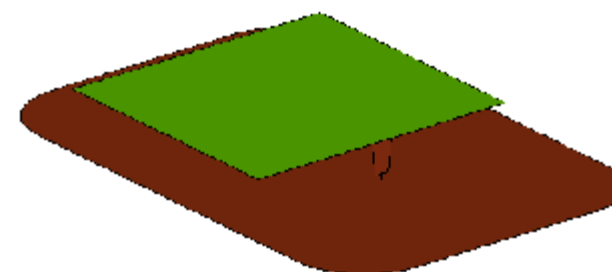


辐射方向图

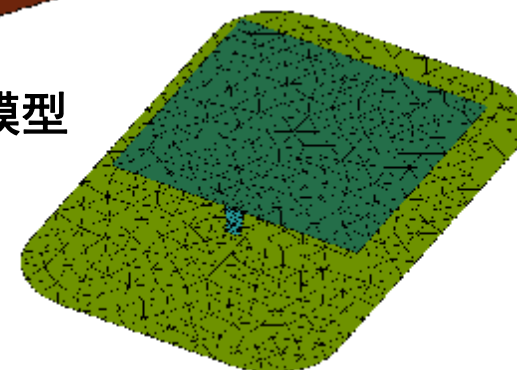


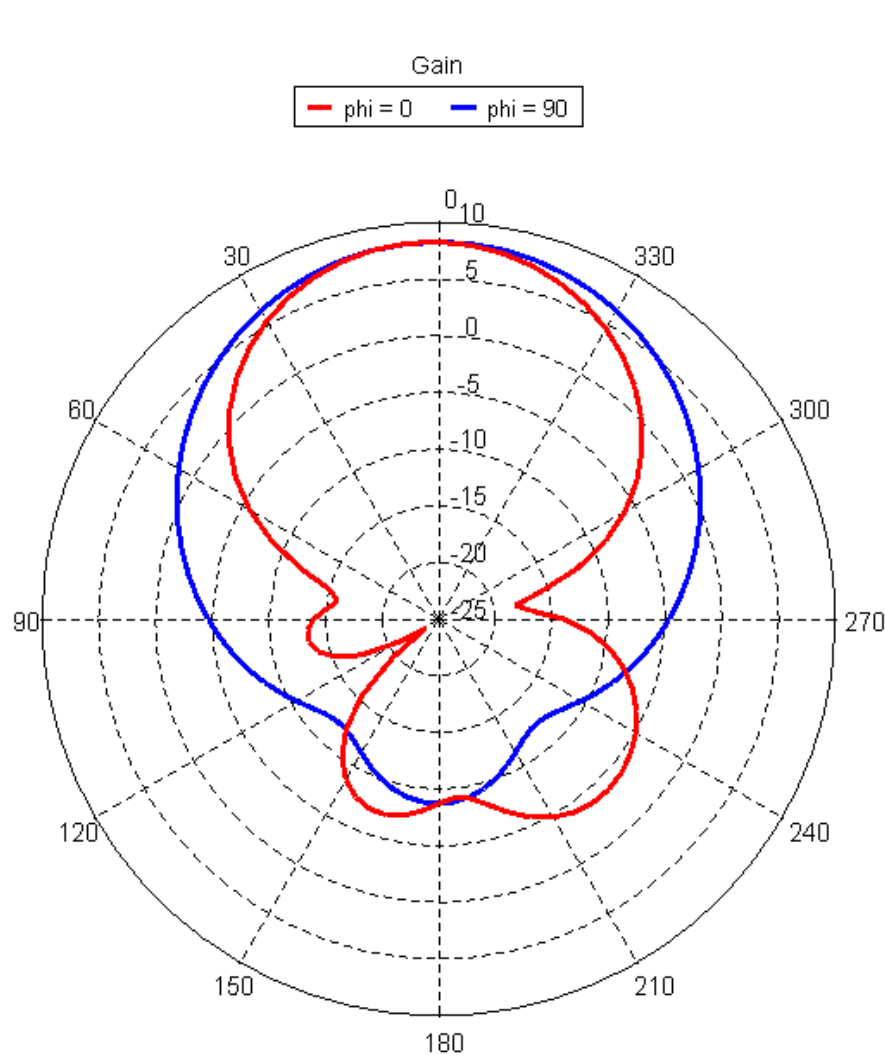


ALR-9610-AL: Alien® 线极化天线
频率: 902-928 MHz
增益: 6.0 dBi

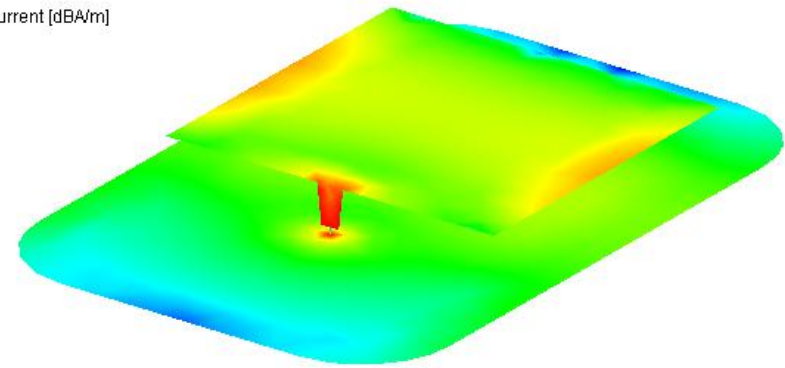
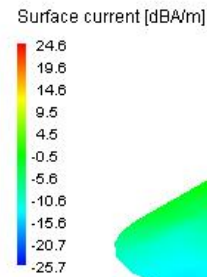


FEKO中实体及网格模型

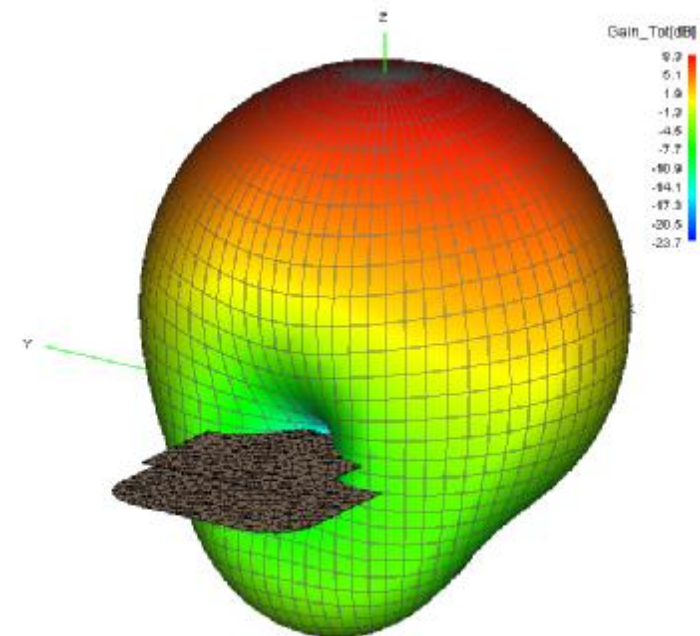




2D 方向图



915 MHz表面电流

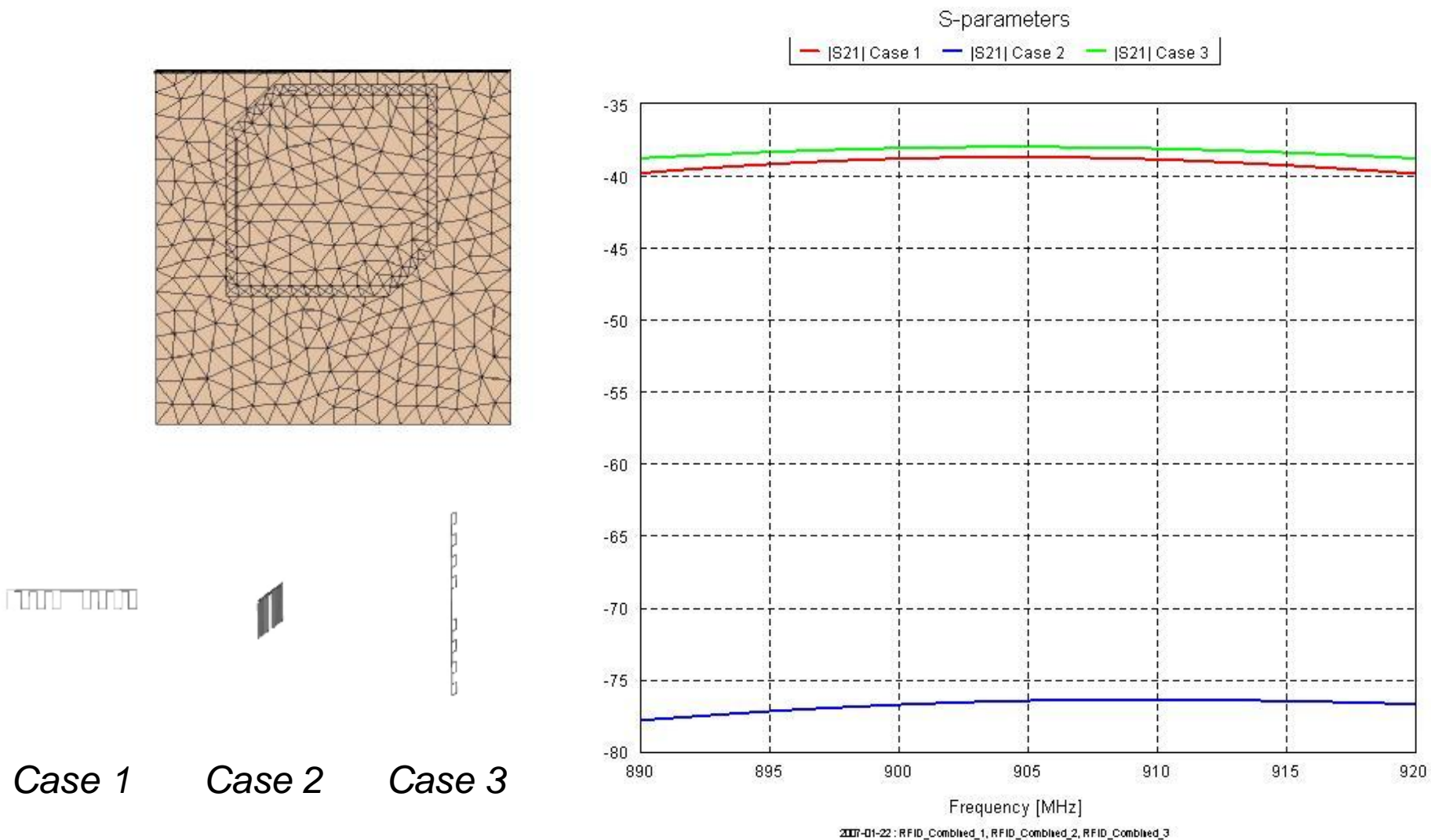


3D 辐射方向图

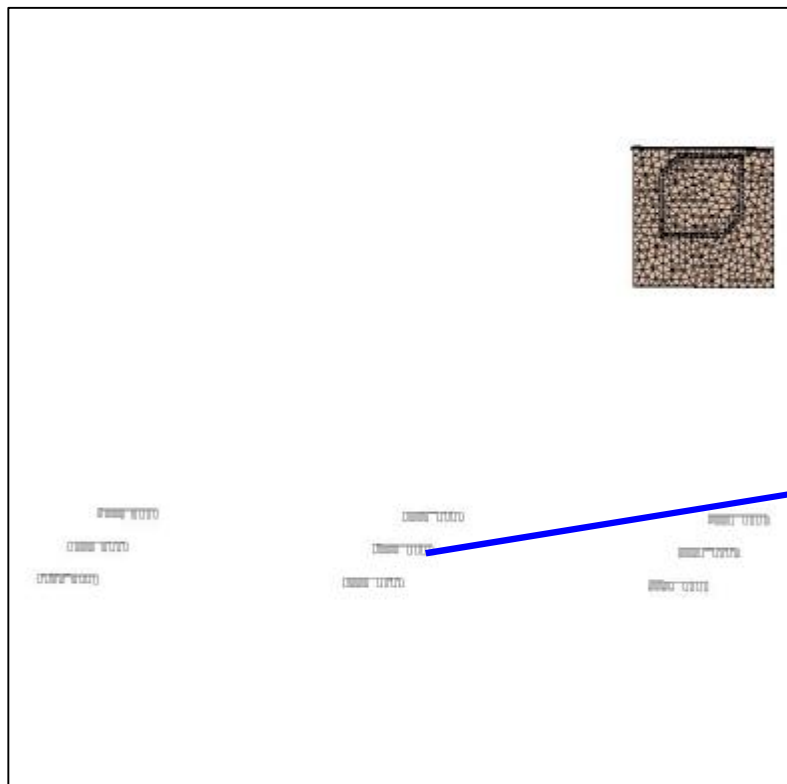
环境影响分析

- 阅读器、标签耦合分析
- 多标签分析
- 标签天线布局分析
- 环境影响分析
-

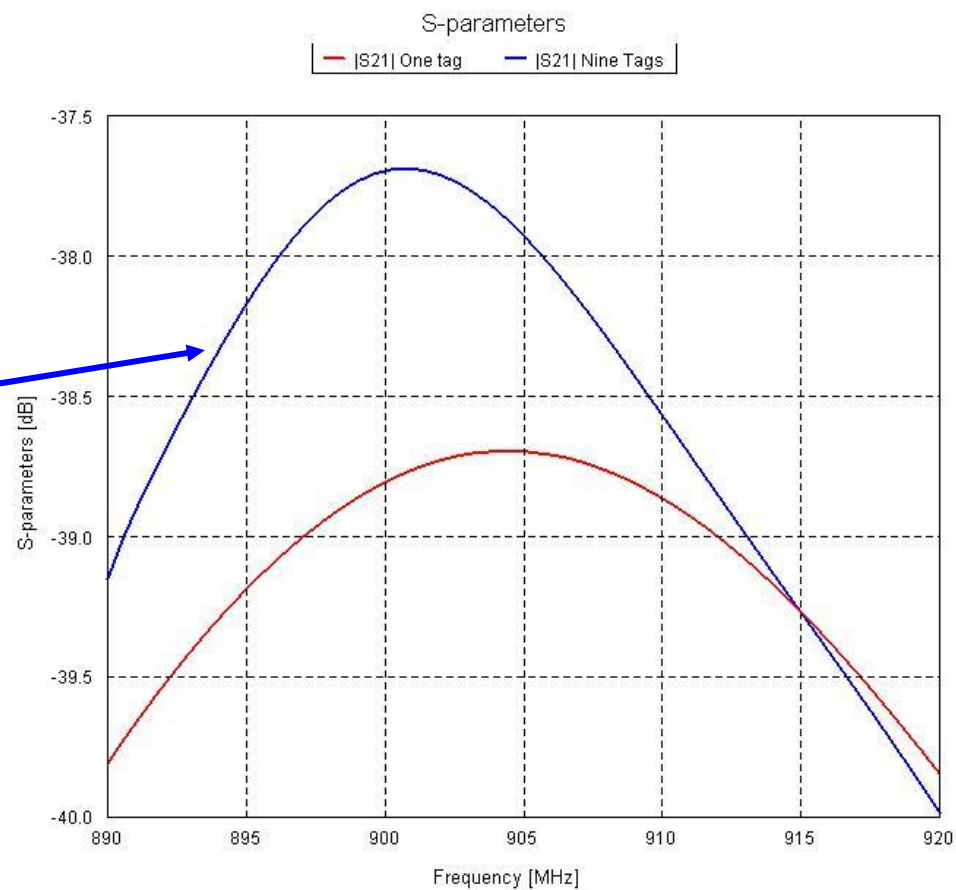
标签天线与阅读器天线耦合

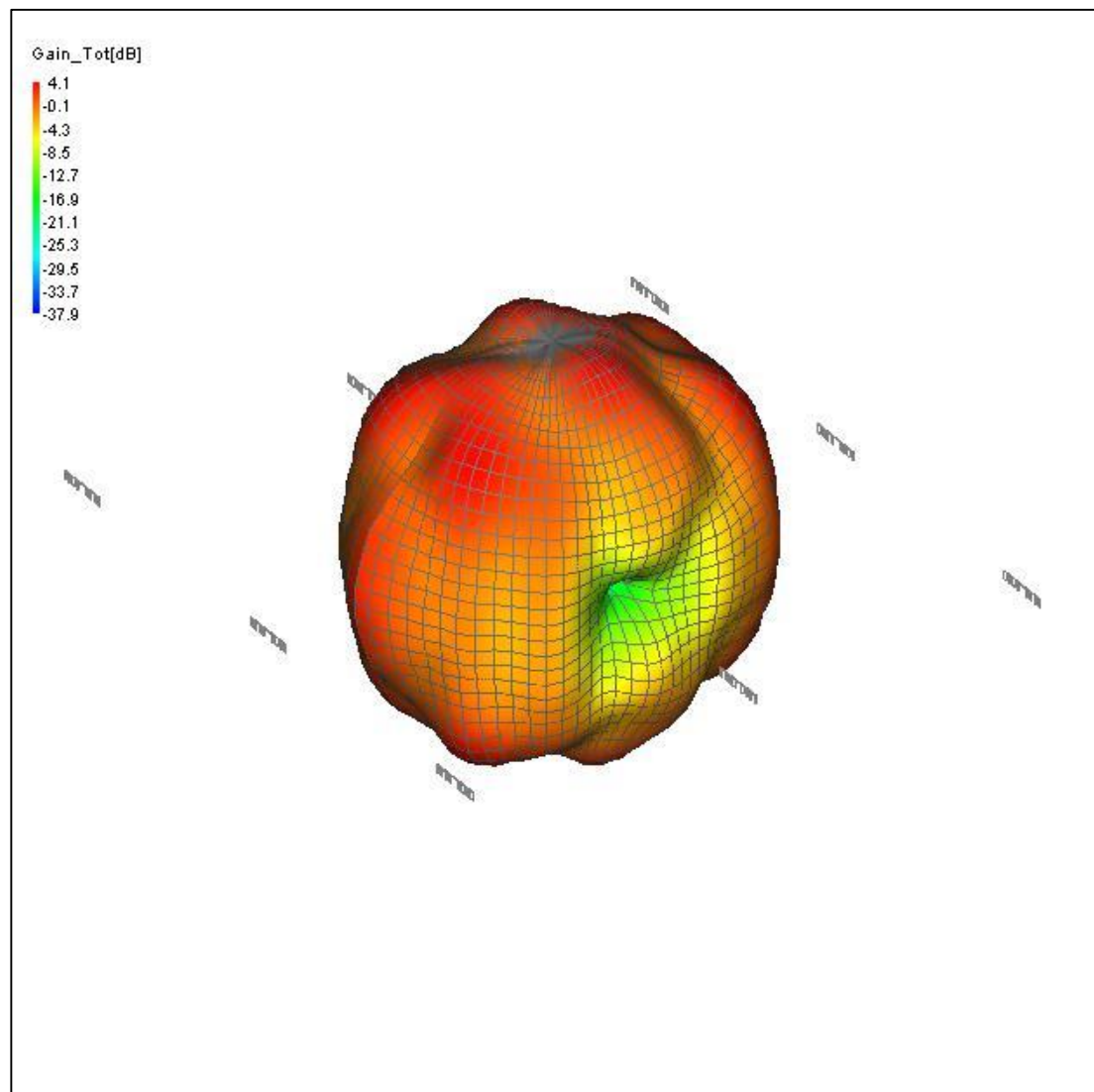


端口耦合特性



多标签天线时，中心位置的标签
天线与阅读天线之间的耦合系数

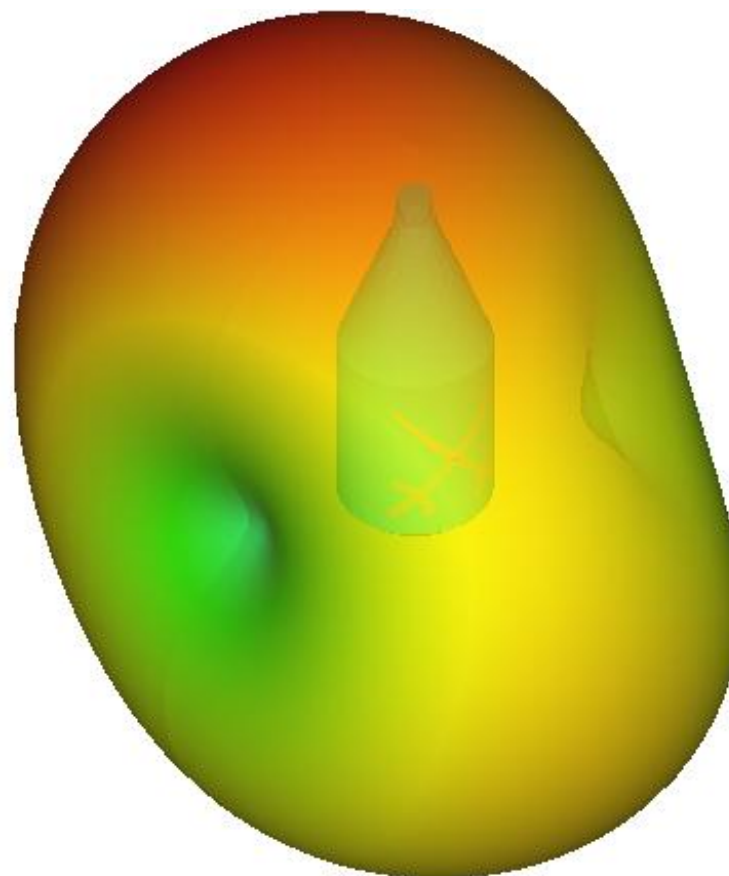


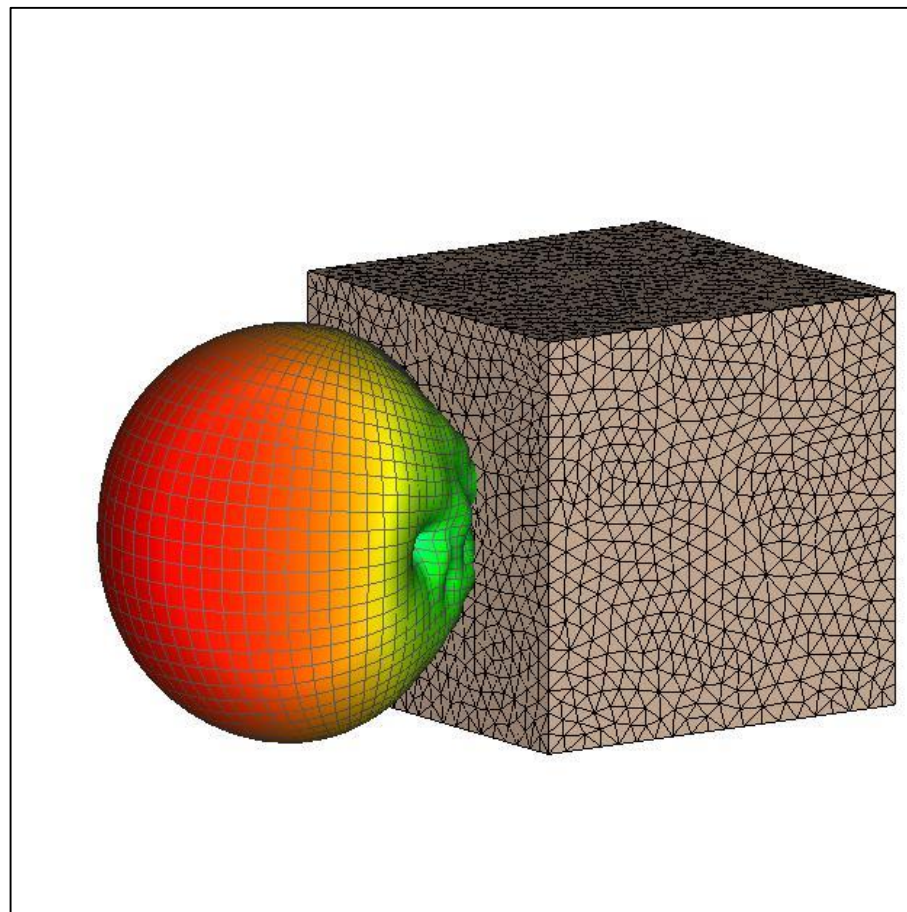
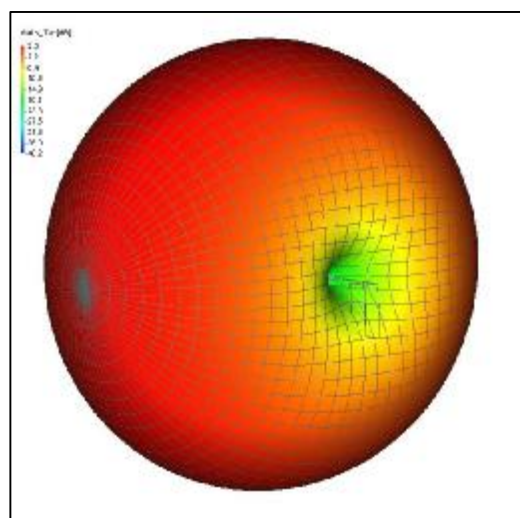
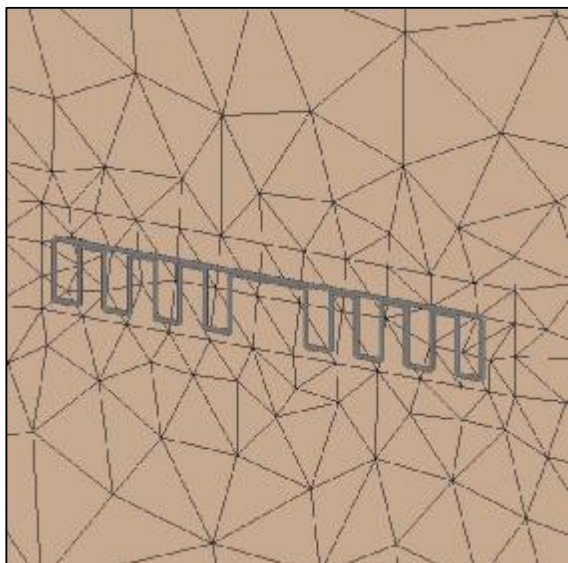


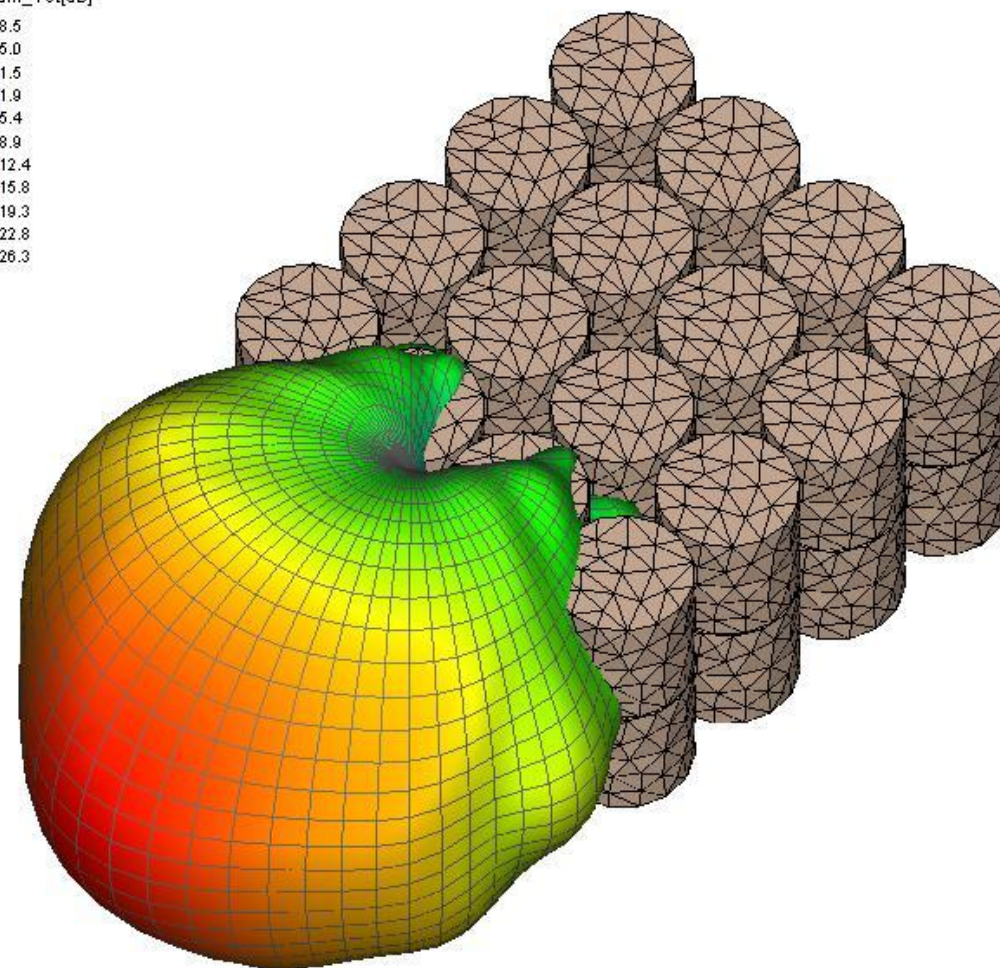
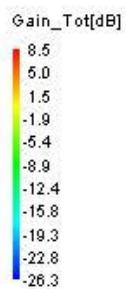
多标签天线辐射方向图



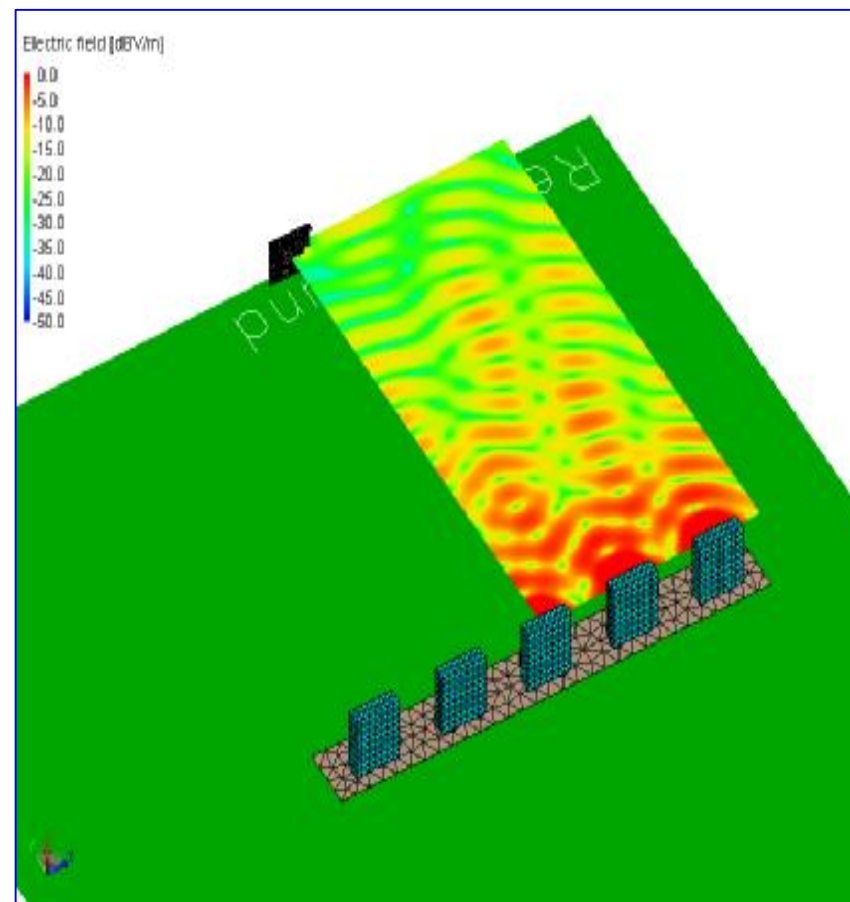
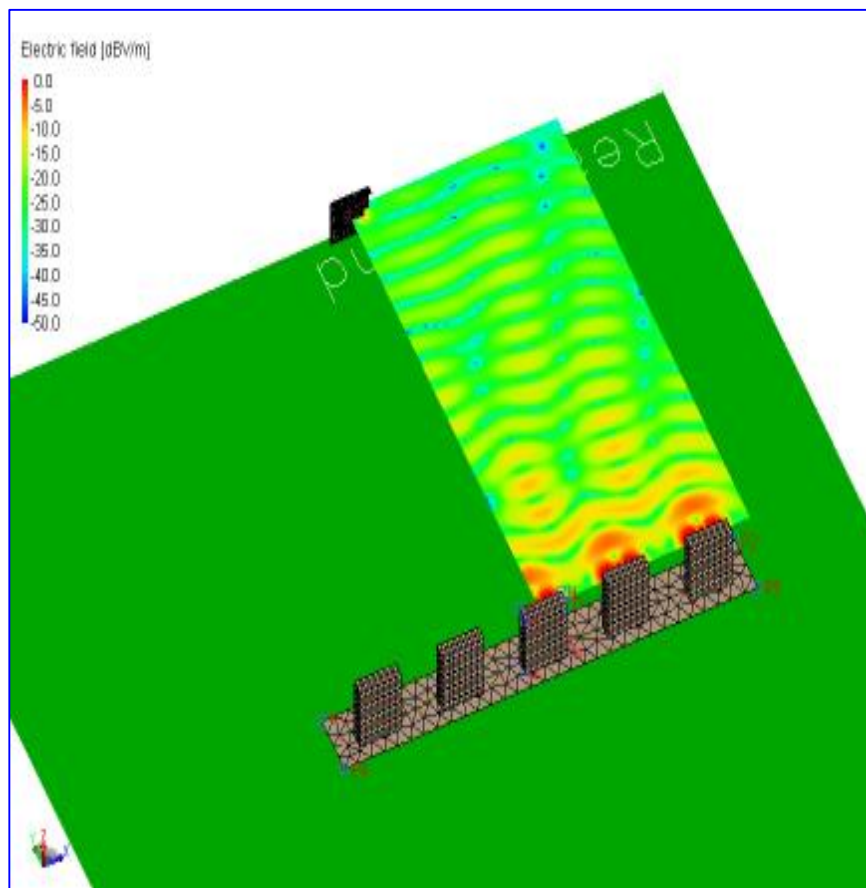
2L 软饮料瓶





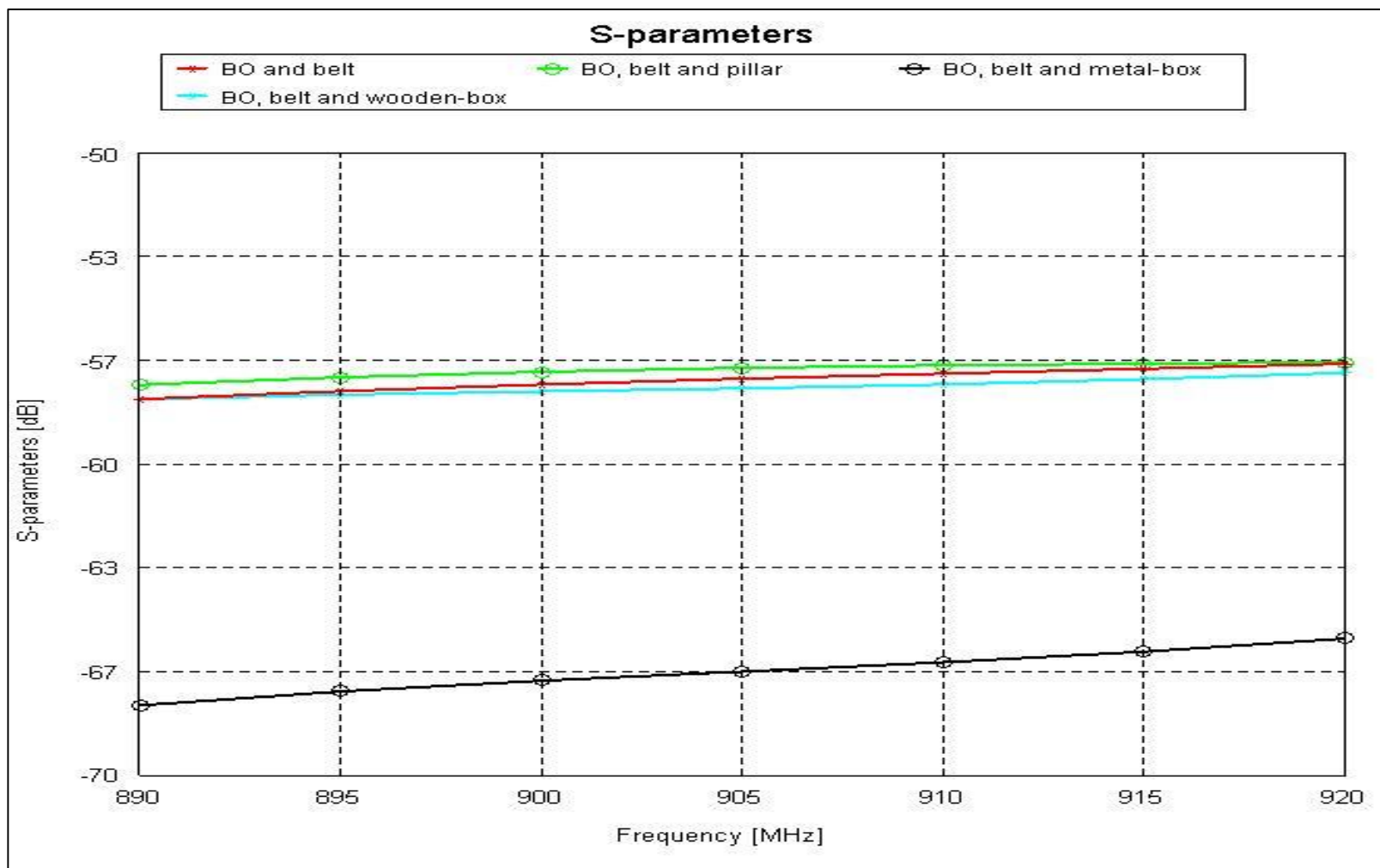


根据情况定义各种材料类型



金属容器和介质容器的情况

各种物体对阅读器与标签间的耦合影响



识别距离分析

RFID阅读器能够接收到标签后向散射信号的最大距离

$$r = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t G_t G_r \tau}{P_{th}}}$$

λ 波长
 P_t 阅读器输入功率
 G_t 发射天线增益,
 G_r 接收天线增益
 P_{th} 门槛功率

τ 功率传输系数

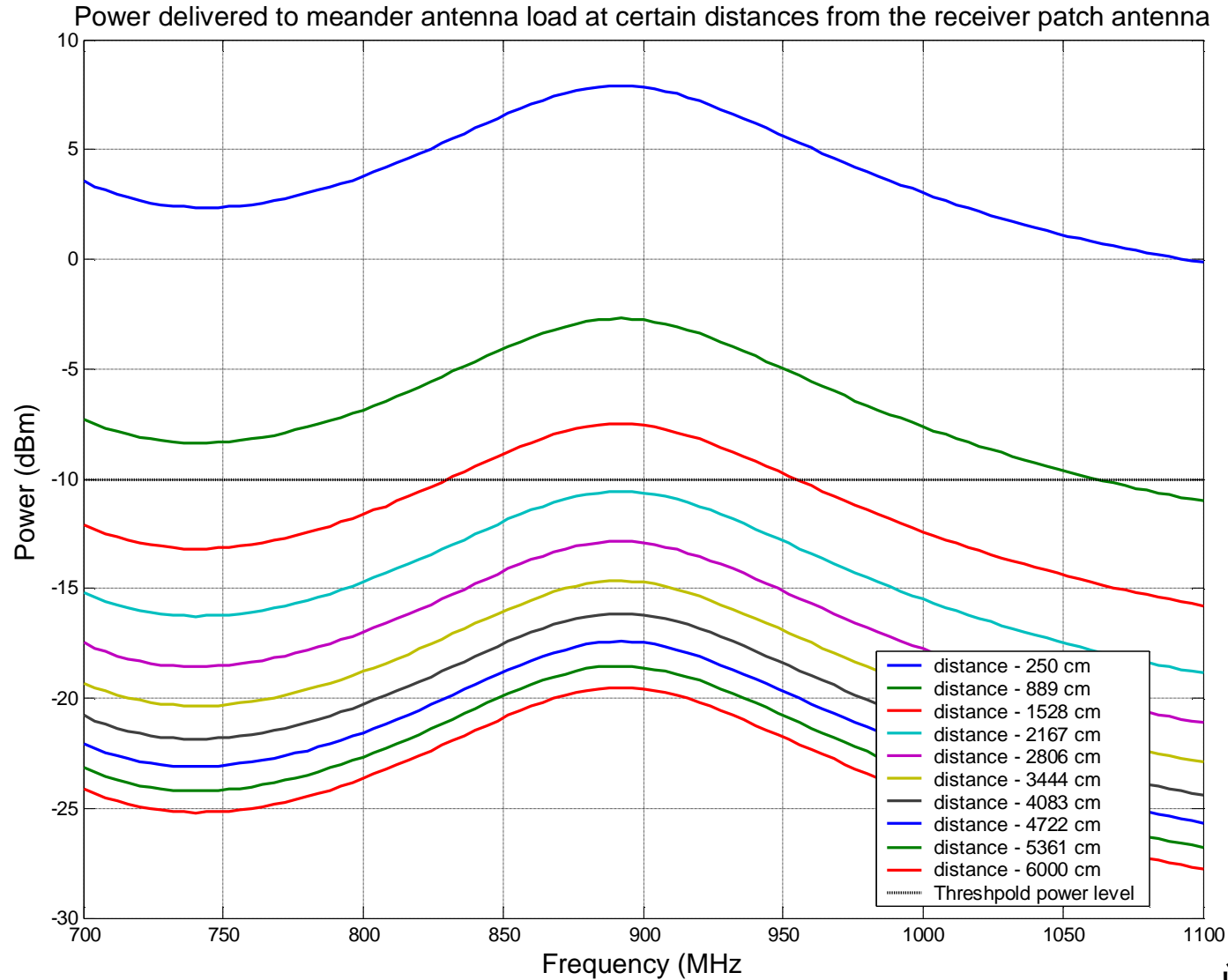
$$\tau = \frac{4R_c R_a}{|Z_c + Z_a|^2}, \quad 0 \leq \tau \leq 1$$

Z_c 芯片阻抗

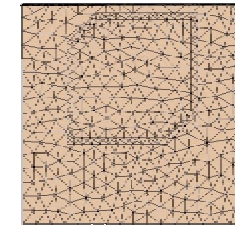
Z_a 标签天线阻抗

Rao, Nikitin and Lam, "Antenna Design for UHF RFID Tags: A Review and a Practical Application," IEEE Trans. on Ant. and Propagat., vol. 53, no. 12, Dec 2005.

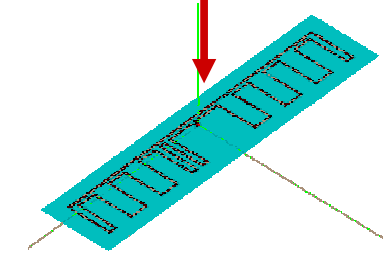
识别距离-接收功率



辐射功率 4W

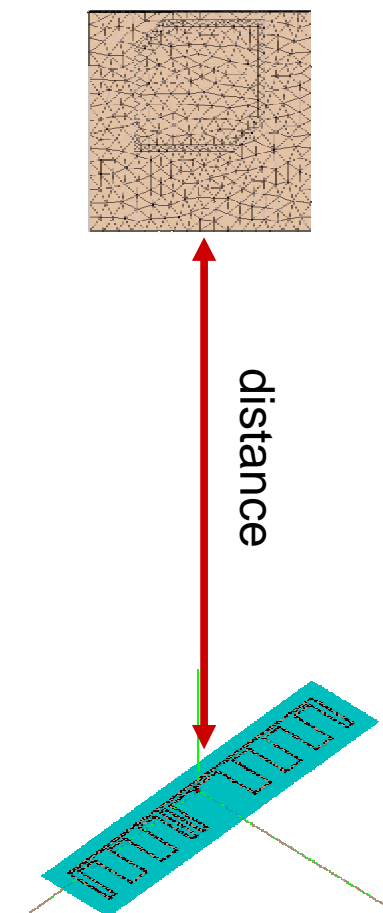
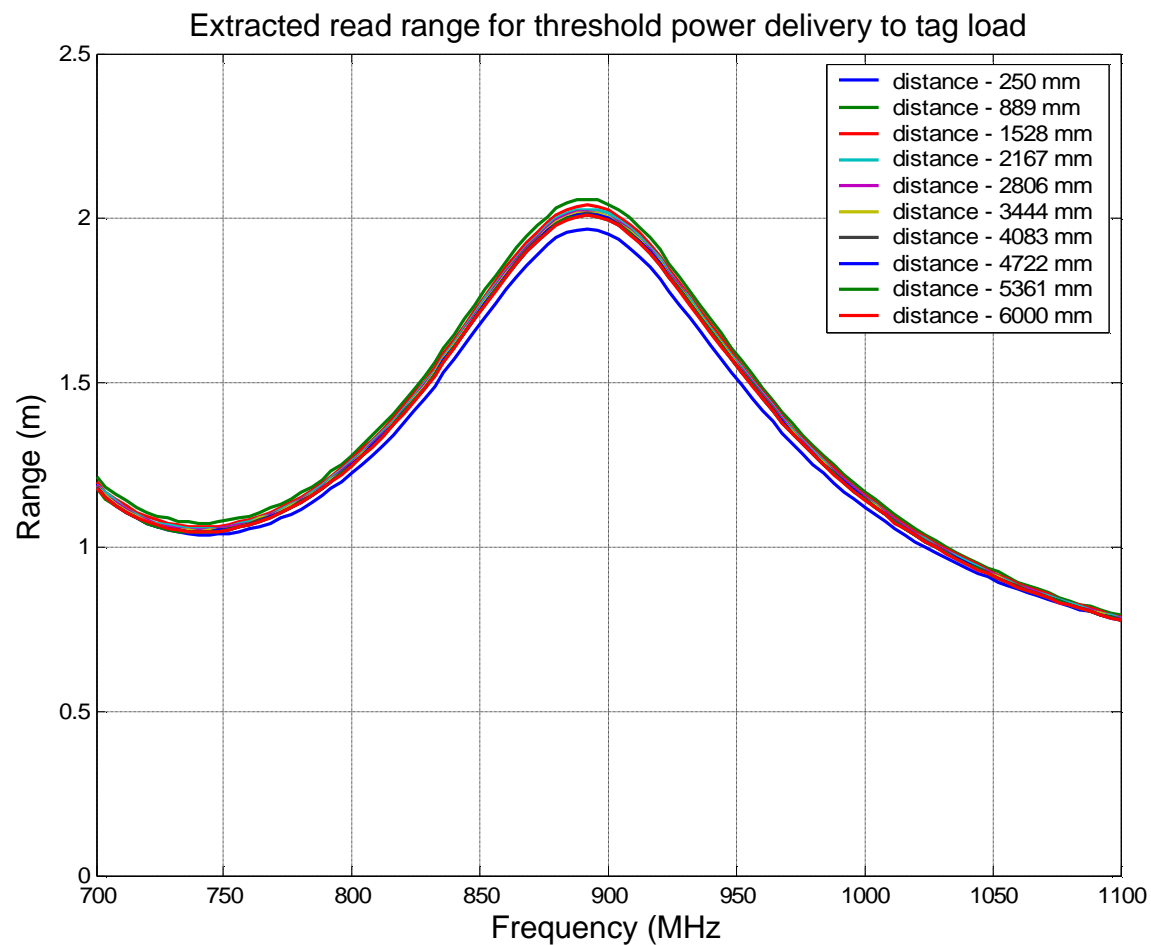


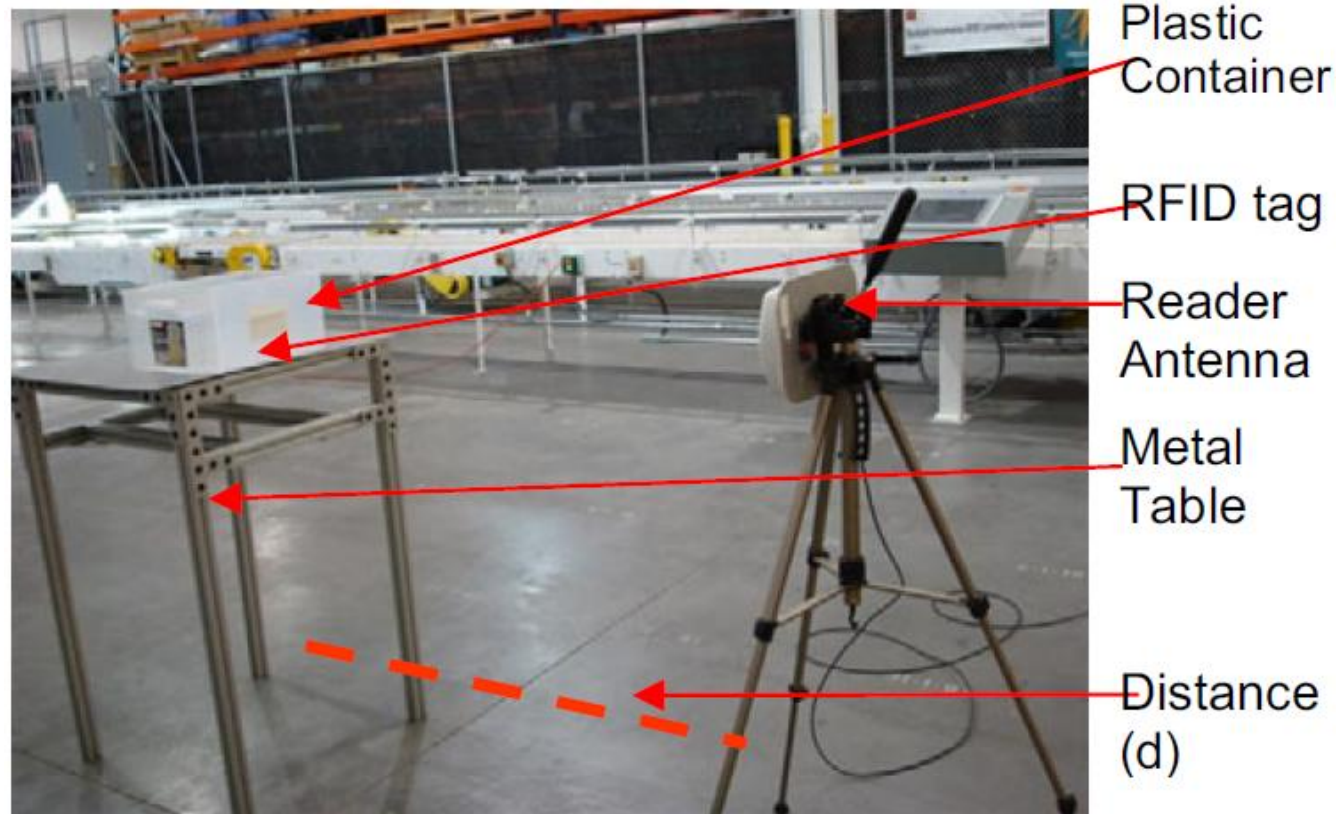
distance



门槛功率-10dBm

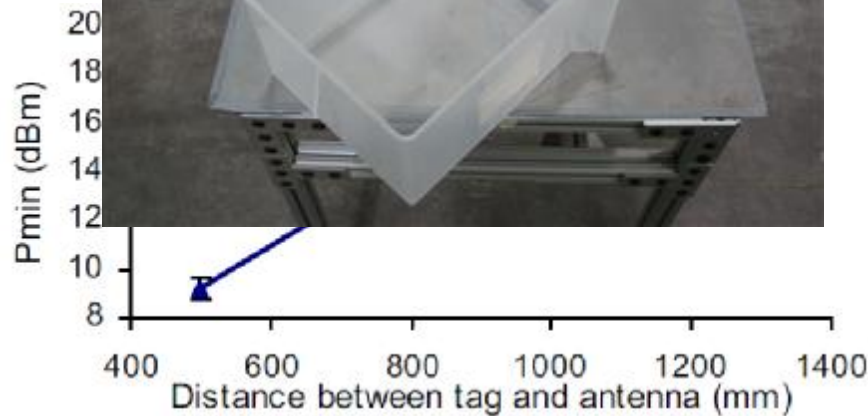
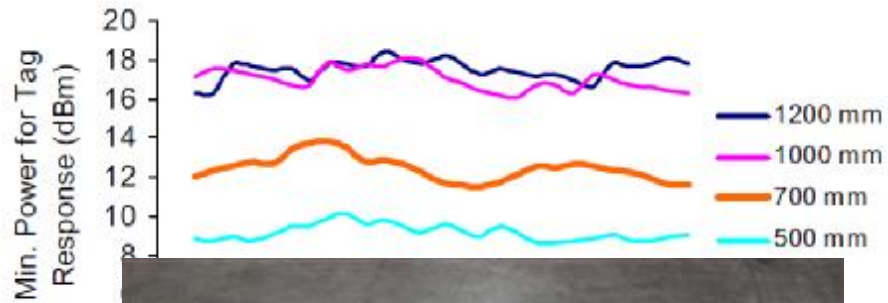
$$range_m = Simulation_spacing_m \times \sqrt{\frac{Received_power_{Watt}}{Threshold_power_{Watt}}}$$



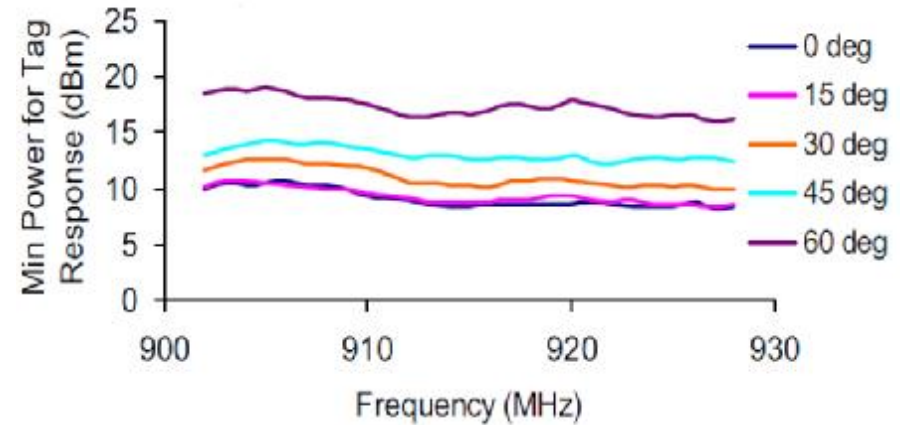


读写器通过程序控制记录触发标签所需的最小功率 P_{\min}

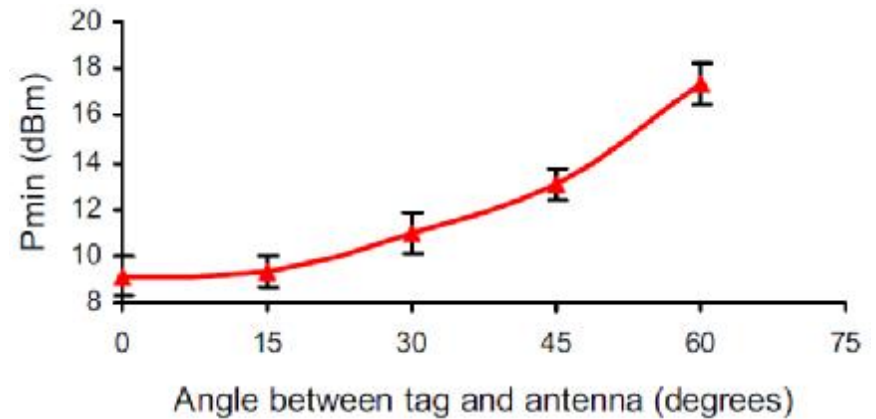
RFID虚拟测试系统—测试结果



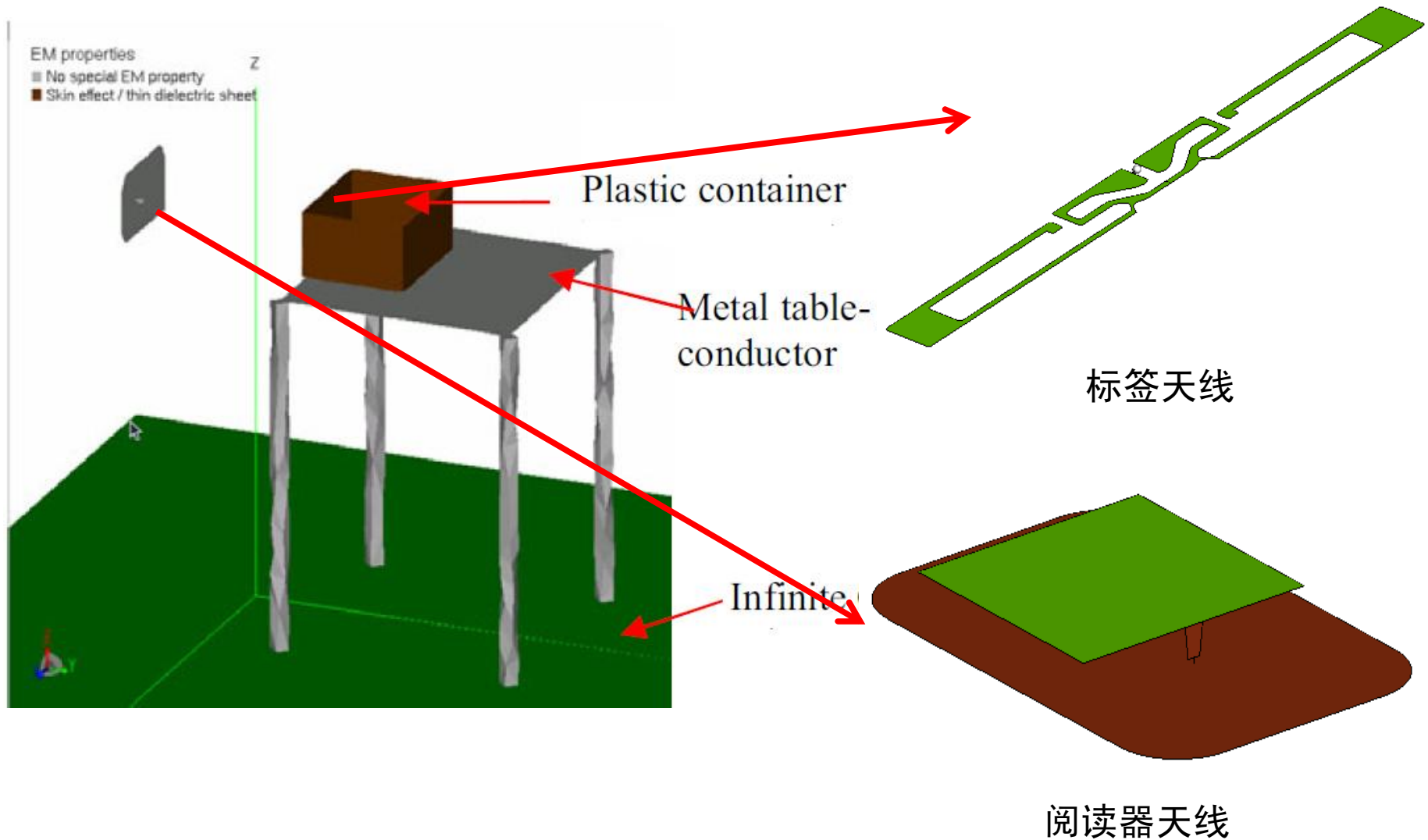
915MHz时 P_{min} 随距离变化



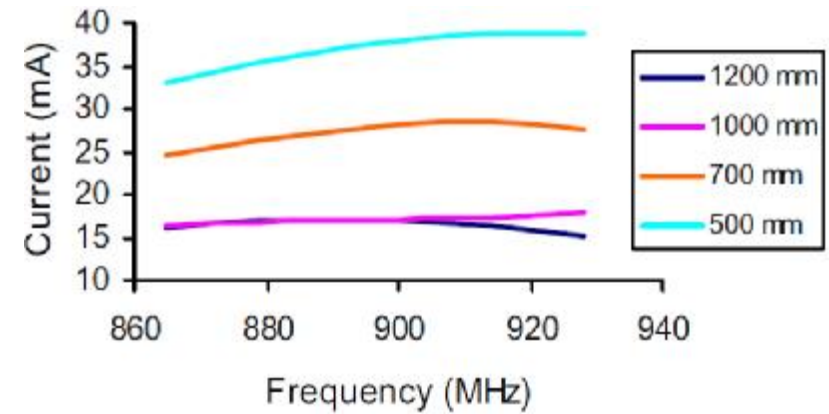
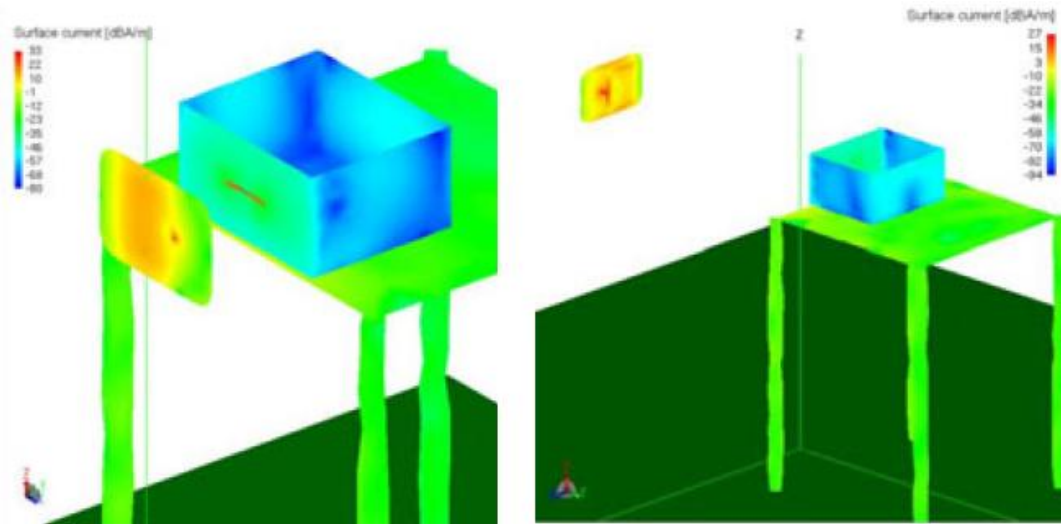
距离500mm时 P_{min} 随偏转角度变化



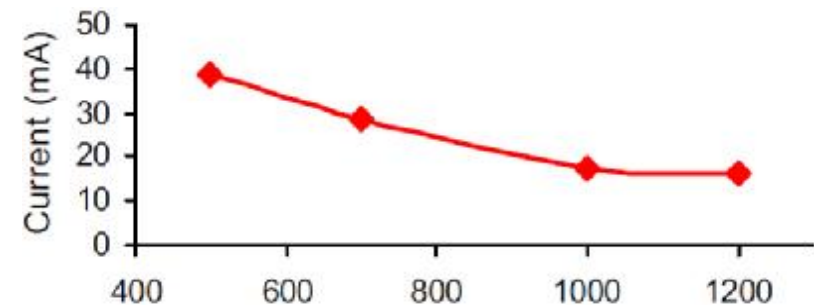
距离500mm
915MHz时 P_{min} 随偏转角度变化



- n 距离从500 mm至1200mm间变化
- n 阅读器天线辐射功率36dBm
- n 计算芯片负载上(4.67-j146 Ω) 电流

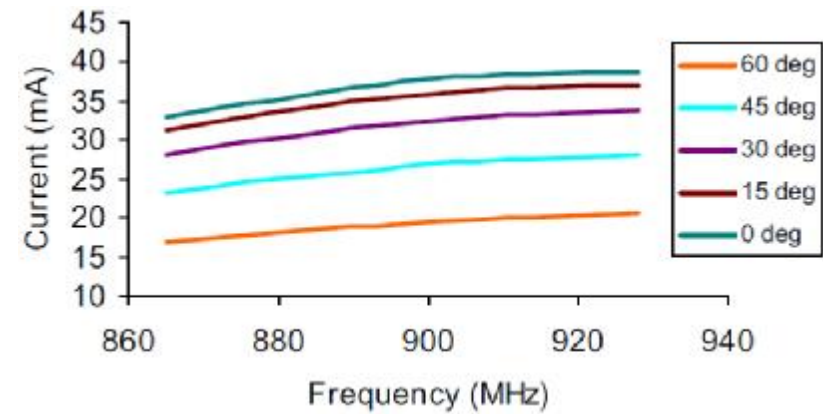
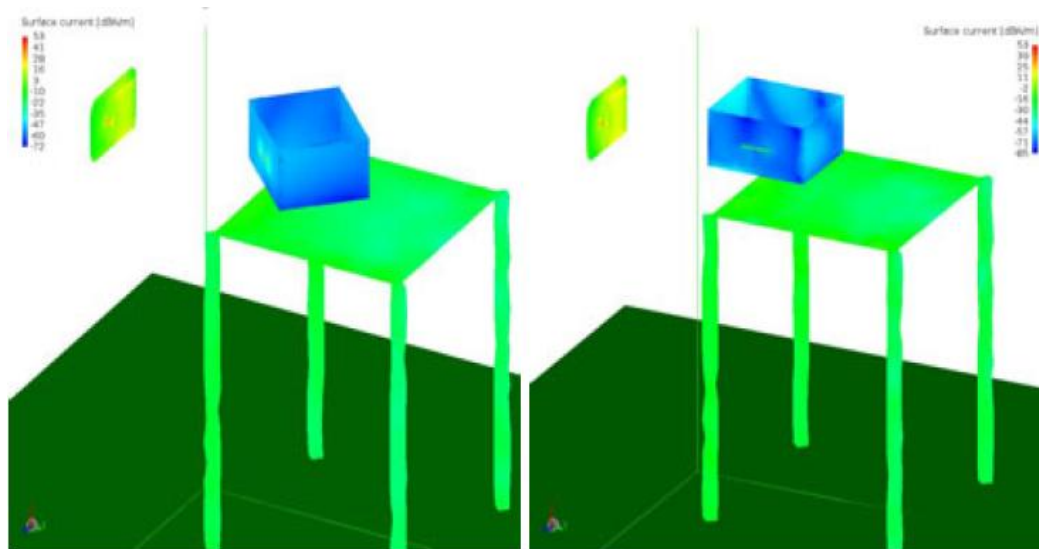


芯片负载上电流随距离变化

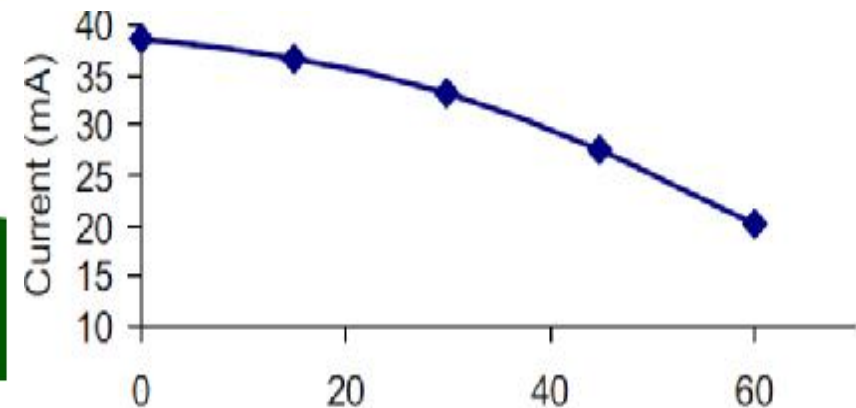


915MHz时芯片负载电流随距离变化

- n 距离保持500 mm
- n 阅读器天线辐射功率36dBm
- n 计算芯片(4.67-j146 Ω)电流



芯片负载上电流随偏转角度变化



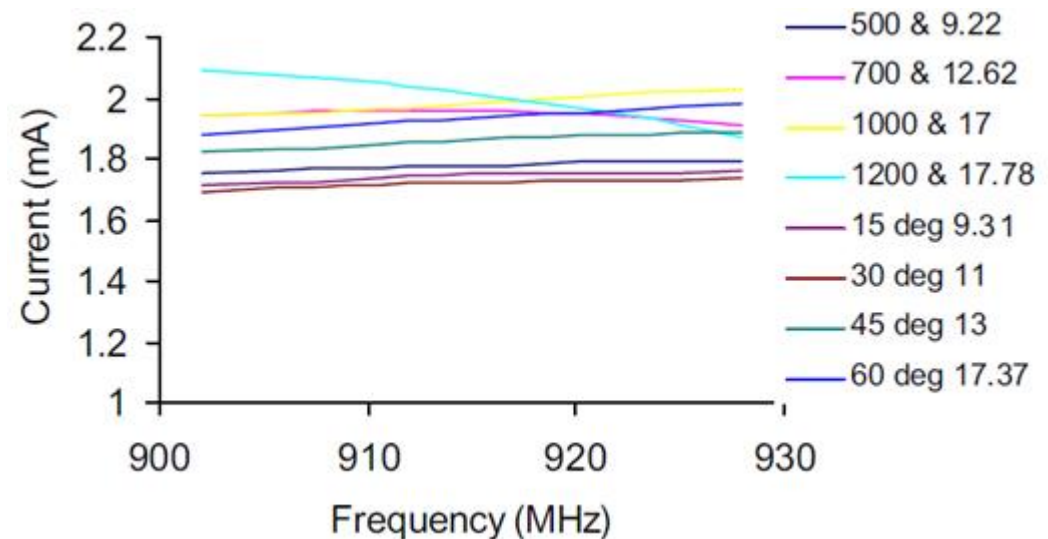
915MHz芯片负载上电流随偏转角度变化

- n 用各种情况下测试得到的 P_{min} 作为阅读器辐射功率
- n 计算得到的芯片负载电流为芯片的门限电流 I_{t0}
- n 不同情况下的 I_{t0} 应相同

Experimental results			
Distance (d) (mm)	P_{min} (dBm)	Orientation angle (degrees)	P_{min} (dBm)
500	9.22 +/- 0.42	0	9.13 +/- 0.83
700	12.62 +/- 0.49	15	9.31 +/- 0.7
1000	16.99 +/- 0.57	30	10.99 +/- 0.91
1200	17.78 +/- 0.53	45	13.07 +/- 0.62
		60	17.37 +/- 0.89

测试得到不同情况下的 P_{min}

- n 计算结果来看,不同情况下 I_{t0} 变化很小,在1.7mA至2.0mA间;
- n 误差可能原因:
 - 测试中引入的误差
 - 标签天线间的差别



仿真计算不同情况下的 I_{t0}



n 概述

- RFID相关的仿真问题
- 仿真的意义

n 安世亚太仿真方案

- 安世亚太简介
- FEKO简介

n RFID仿真中的关键问题

n RFID仿真案例

- 读写器天线
- 标签天线
- 环境影响
- 识别距离分析
- 虚拟仿真系统



THANKS

www.peraglobal.com