

# Radiokomunikace

Pardubice 16.10. 2015

## Trendy v anténní technice

**Miloš Mazánek**

**ČVUT v Praze, FEL**

**Katedra elektromagnetického pole**

**mazanekm@fel.cvut.cz**





# A jak dál?





# Rozvoj mobilných komunikácií, multimediií a antén





# Rozvoj mobilných komunikácií, multimediií a antén





# Co je to anténa a její současná pozice v radiokomunikačním řetězci?

- Hraniční prvek soustavy
- Transformuje vlnu vedenou na šířenou prostorem
- **Vlastnosti dané geometrií a komplexní permitivitou a permeabilitou** - vlastnosti určuje tvar a materiál
- Impedance a vyzařovací charakteristika
- Filtr ve frekvenční a prostorové oblasti
- Zdrojem proudu, vstupní impedance je poměr napětí a proudu na vstupu
- Vyzařované pole: amplituda, fáze, směr – komplexní vektor

# Co se chce?

- Syntetizovat anténu požadovaných vlastností (impedance – nemusí být nutně  $50 \Omega$  a vyzařovací charakteristika)
- Minaturizovat anténu a zvýšit vyzařovací účinnost

# Jak vytvořit novou anténu?

- Nově se elektricky chovající materiál (fyzika, chemie) musí to být kvalitativní změna!!!
- Nová geometrická struktura, 3D – asi slepá cesta
- Nové?
  - Nové numerické metody a jejich implementace (software)
  - Rychlejší prostředky pro výpočet (hardware)
- Je nutno znát fyzikální podstatu?  
nebo
- Použitím softwaru pracovat systém pokus x omyl ?

# Trendy (trendy???)

1. Nové pohledy na numerická řešení (teorie charakteristických módů)
2. **Nové materiálové struktury** (meta . materiály, EBG, FSS)
3. **Nová uspořádání antén a jejich soustav** (adaptivní beamforming, rekonfigurativní antény, 3D struktury)
4. Nové koncepce komunikační techniky (sdružování aplikací do jednoho uživatelského prostředku, malé antény s vysokou vyzařovací účinností)
5. Nové antény pro nestandardní aplikace (UWB technologie, filtry ve zdech, wearable anteny, body centric, automotive (xxarea networks))



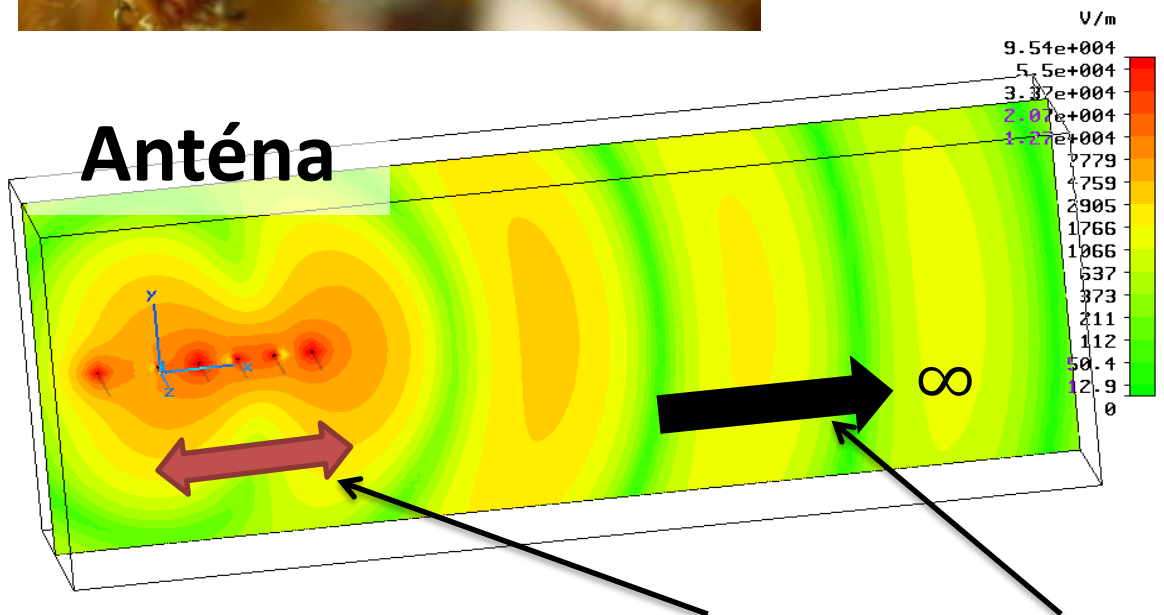
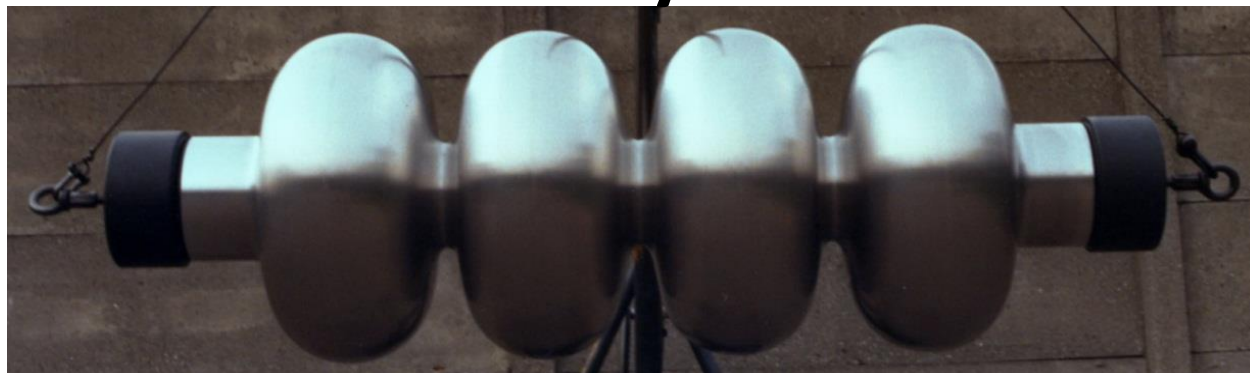
# Historický vývoj

- Faraday, Maxwell, Hertz
- Marconi, Popov
- .....
- Drátové antény, apertury, reflektory, čočky, soustavy
- Řady
- Shannon
- .....
- Howell - patch antenna
- Nízkoprofilové antény
- Anténa je stále více integrována do systému



# Anténa jako externí rezonátor

## Dutinový rezonátor



Type = E-Field  
 Monitor = e-field  
 Component = Abs  
 Plane at z = 0.749231  
 Frequency = 29.9792  
 Phase = 0 degrees  
 Maximum-2d = 95435.8 V/m at 1.1 / 0 / 0.749231

Energie: nešířící se / šířící se  $W_{rad}$



$$P_{rad} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \iint_{S_{\infty}} (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \cdot d\mathbf{S}$$

$$W_e = \frac{\epsilon_0}{4} \iiint_{V_{\infty}-V_0} \mathbf{E} \cdot \mathbf{E}^* dV$$

$$W_m = \frac{\mu_0}{4} \iiint_{V_{\infty}-V_0} \mathbf{H} \cdot \mathbf{H}^* dV$$

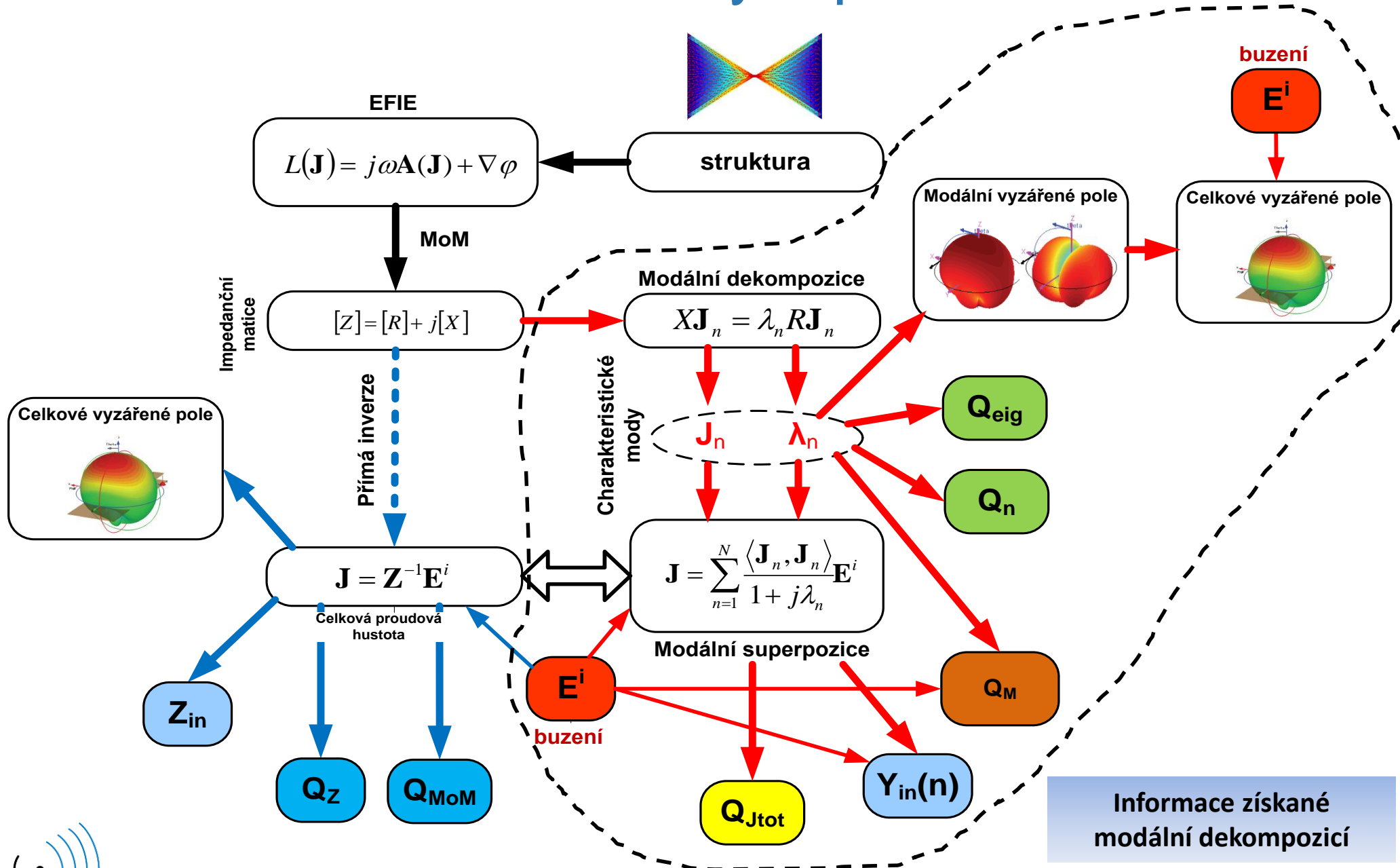


# 1. Nové metody řešení (nový pohled a možnosti)

- Analytický popis – rozložení zdrojové veličiny (proudů)
- Numerické metody
- Nový (znovunalezený) teoretický přístup a jeho numerické řešení
- Co ještě pořádně neumíme (činitelé jakosti, šířka pásma)



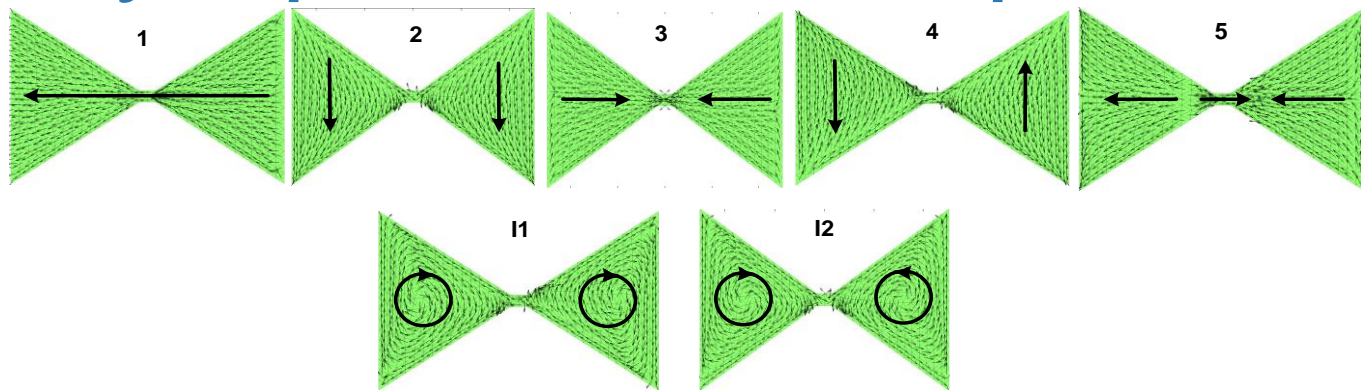
# 1.1 Charakteristické módy – proč ?



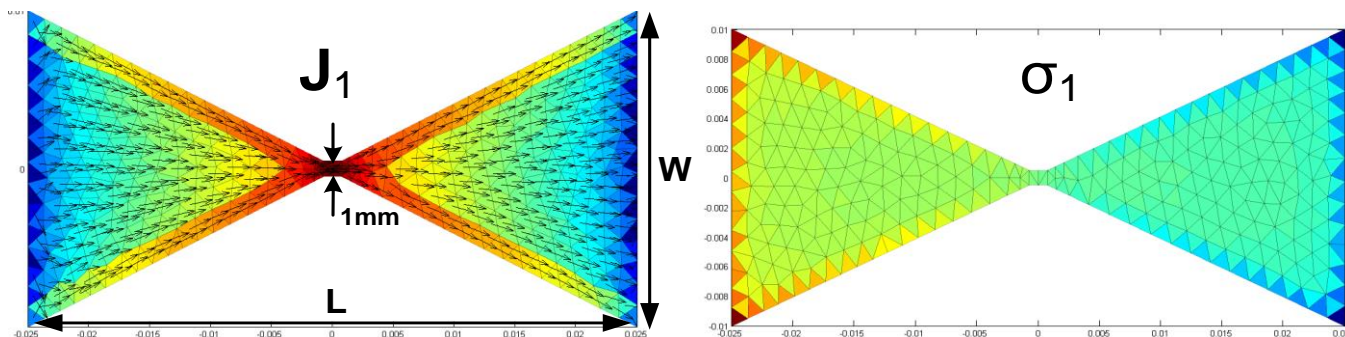


# 1.2 Motýlkový dipól ve volném prostoru

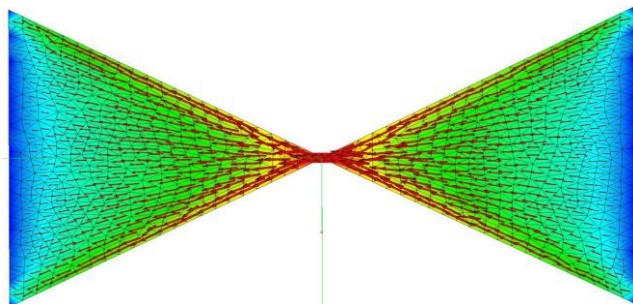
Několik prvních modů



Proudová a nábojová hustota prvního modu



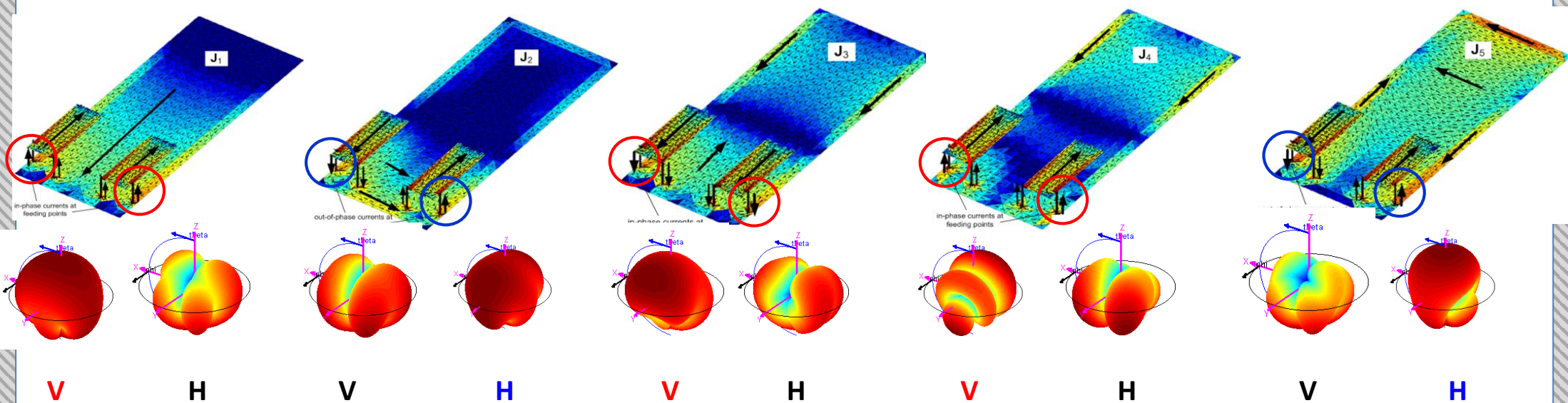
Proudy z FEKO v rezonanci



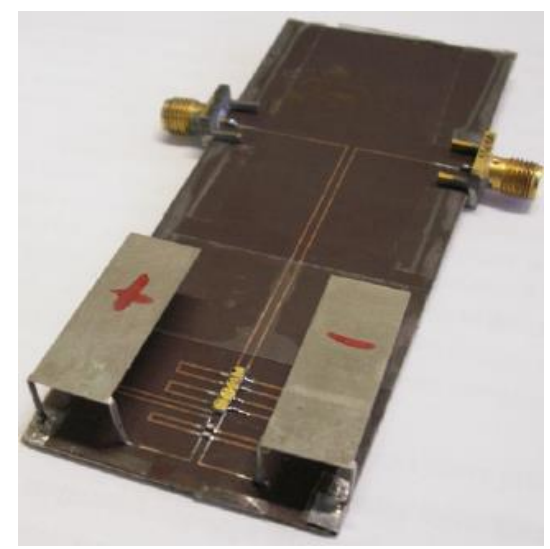
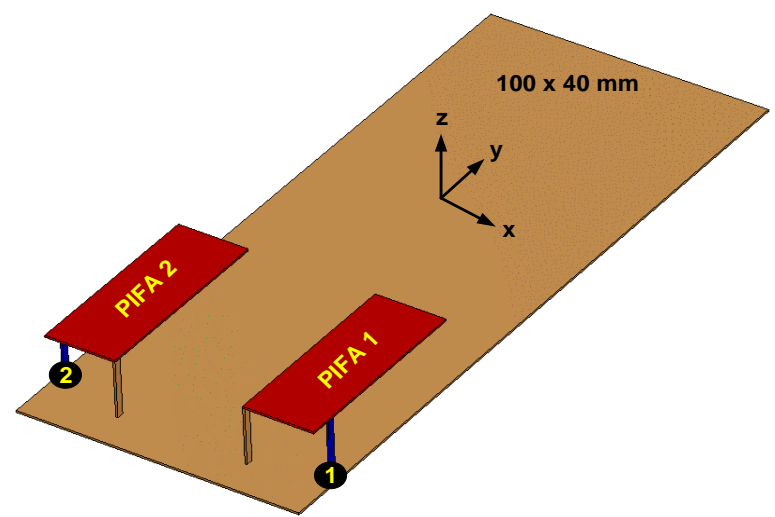
Jsou tvořeny zejména prvním modem (ostatní jsou v rezonanci zanedbatelné)



# 1.3 Dvojitá PIFA anténa - modální dekompozice



**Y:**  $J_1$ ,  $J_3$  a  $J_4$  budí **vertikální** složku vzdáleného pole – **soufázové napájení (++)**  
**X:**  $J_2$ , a  $J_5$  budí **horizontální** složku vzdáleného pole – **protifázové napájení (+-)**

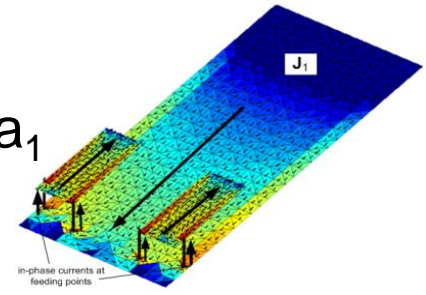




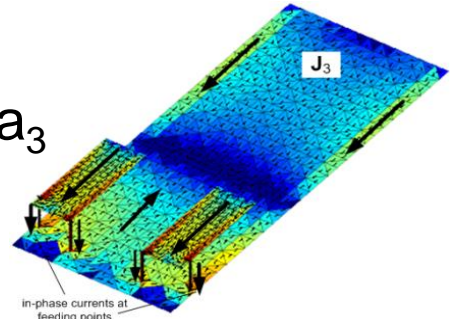
# 1.4 Dvojitá PIFA anténa – superpozice



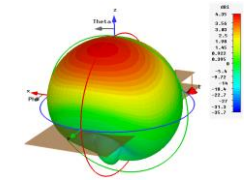
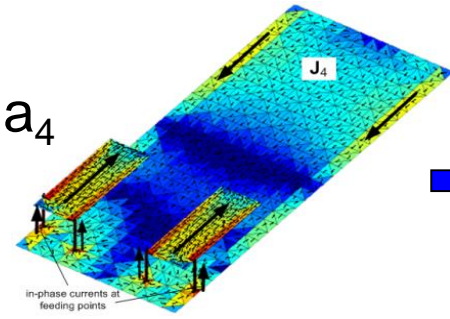
$$\mathbf{J}_{in} = a_1$$



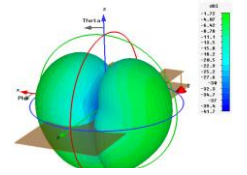
$$+ a_3$$



$$+ a_4$$



V

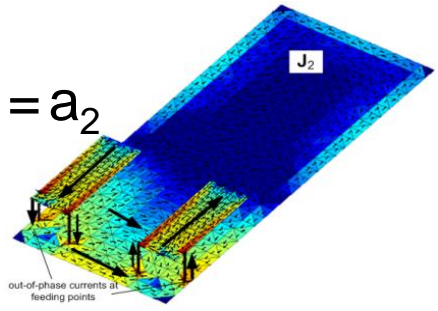


H

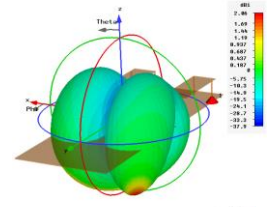
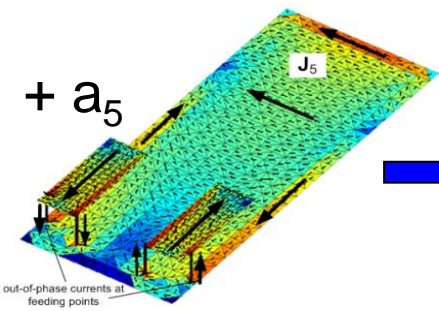
$$\mathbf{J}_{in} \cong a_1 \mathbf{J}_1 + a_3 \mathbf{J}_3 + a_4 \mathbf{J}_4$$



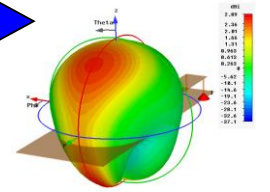
$$\mathbf{J}_{out} = a_2$$



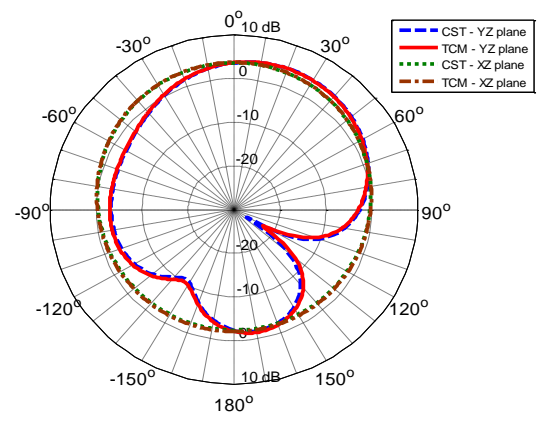
$$+ a_5$$



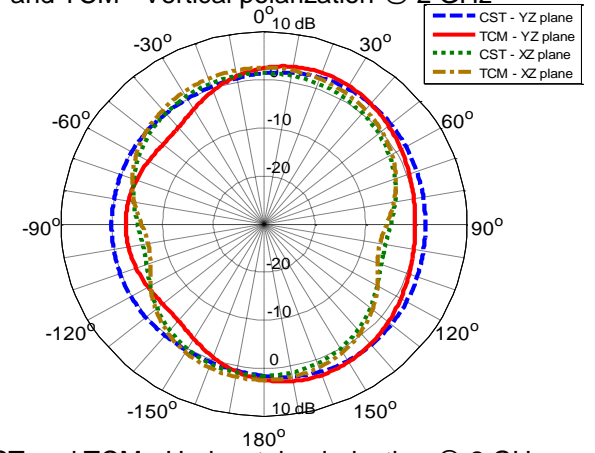
V



H



CST and TCM - Vertical polarization @ 2 GHz

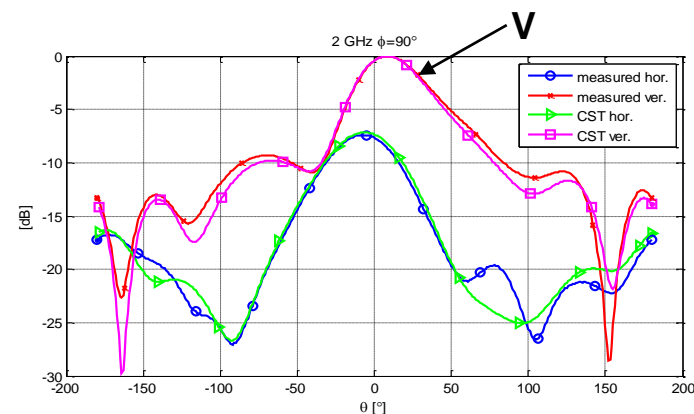
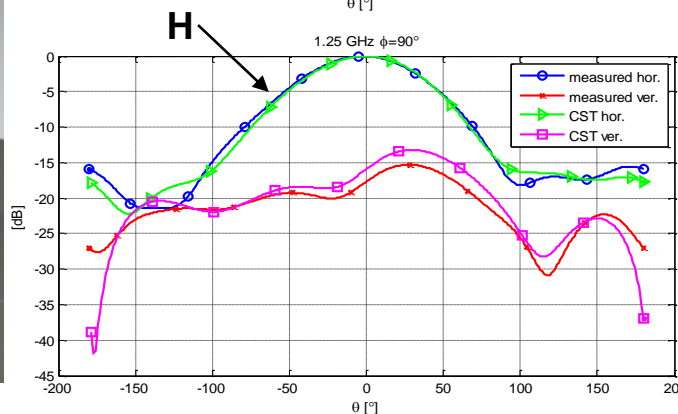
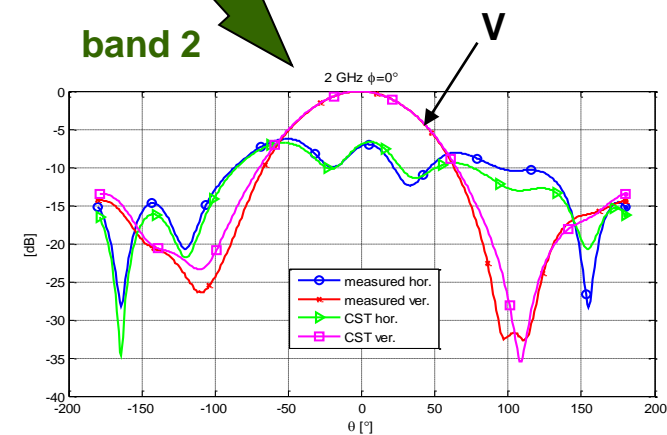
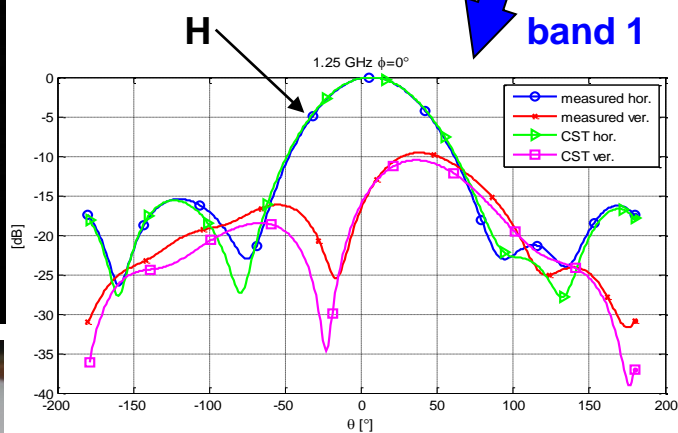
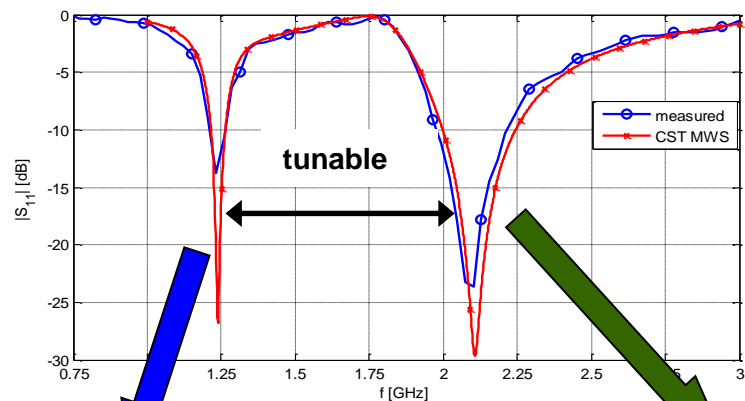
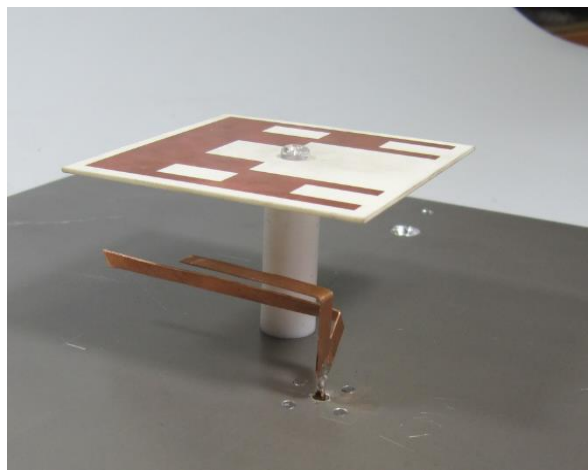
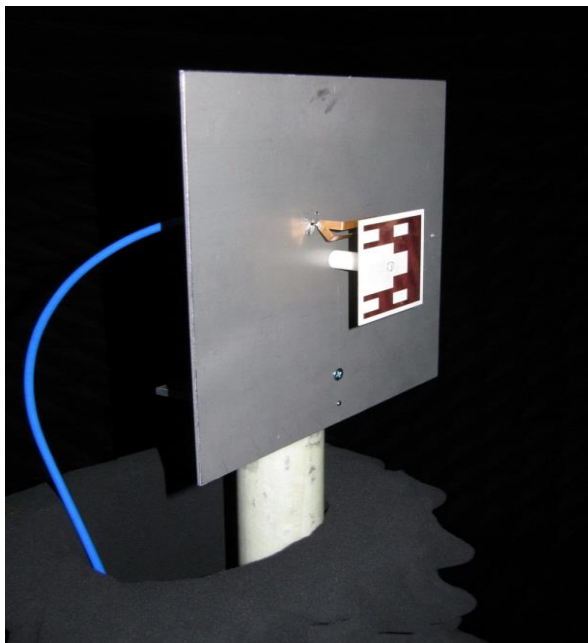


CST and TCM - Horizontal polarization @ 2 GHz

**Polarizační diversita!**



# 1.5 Vyzařovací diagramy

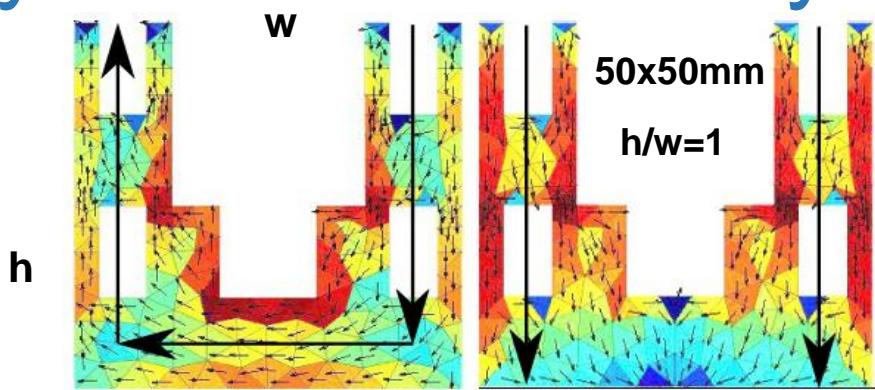


**Ortogonalní polarizace!**





# 1.6 Analýza charakteristickými mody



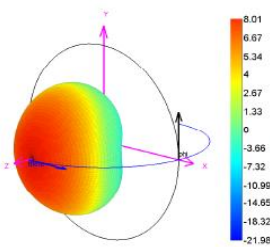
Modální vyzářovací diagramy

$$E_{\theta} \cong \frac{j\beta\eta e^{-j\beta r}}{4\pi r} \iint_{(x,y)} (J_x \cos \phi + J_y \sin \phi) \cos \theta \cdot e^{jk(x' \sin \theta \cos \phi + y' \sin \theta \sin \phi)} dx dy$$

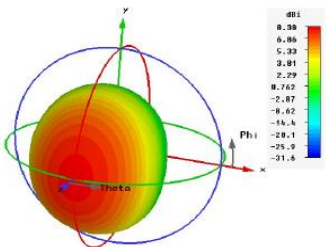
$$E_{\phi} \cong \frac{j\beta\eta e^{-j\beta r}}{4\pi r} \iint_{(x,y)} (-J_x \sin \phi + J_y \cos \phi) \cdot e^{jk(x' \sin \theta \cos \phi + y' \sin \theta \sin \phi)} dx dy$$

(a) Mode 1

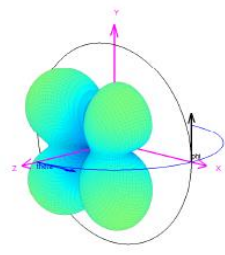
(b) Mode 2



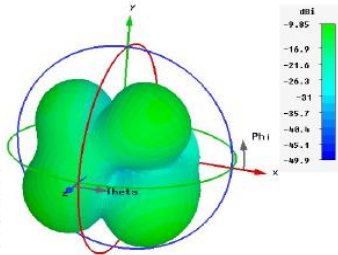
(a) horizontal - MATLAB



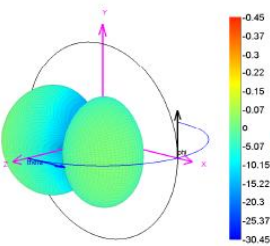
(b) horizontal - CST MWS



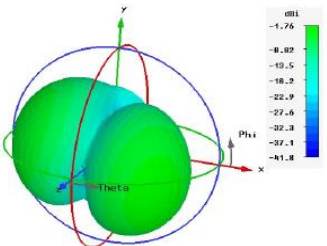
(a) horizontal - MATLAB



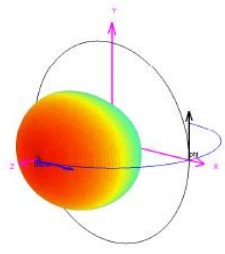
(b) horizontal - CST MWS



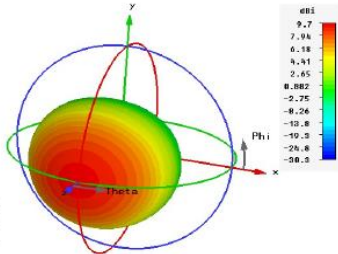
(c) vertical - MATLAB



(d) vertical - CST MWS



(c) vertical - MATLAB



(d) vertical - CST MWS

TCM

CST

TCM

CST

Inf. GND in CST, discrete port excitation

## 2 Nové materiálové struktury

Pouze obory fyzika a chemie mohou jít skutečně novým směrem

- Elektromagnetické Metamateriály -1940 , Veselago 1967
  - Electromagnetic Band Gap Materials - struktury
  - Frequency Selective Surfaces
  - EBG struktry
  - Chiral

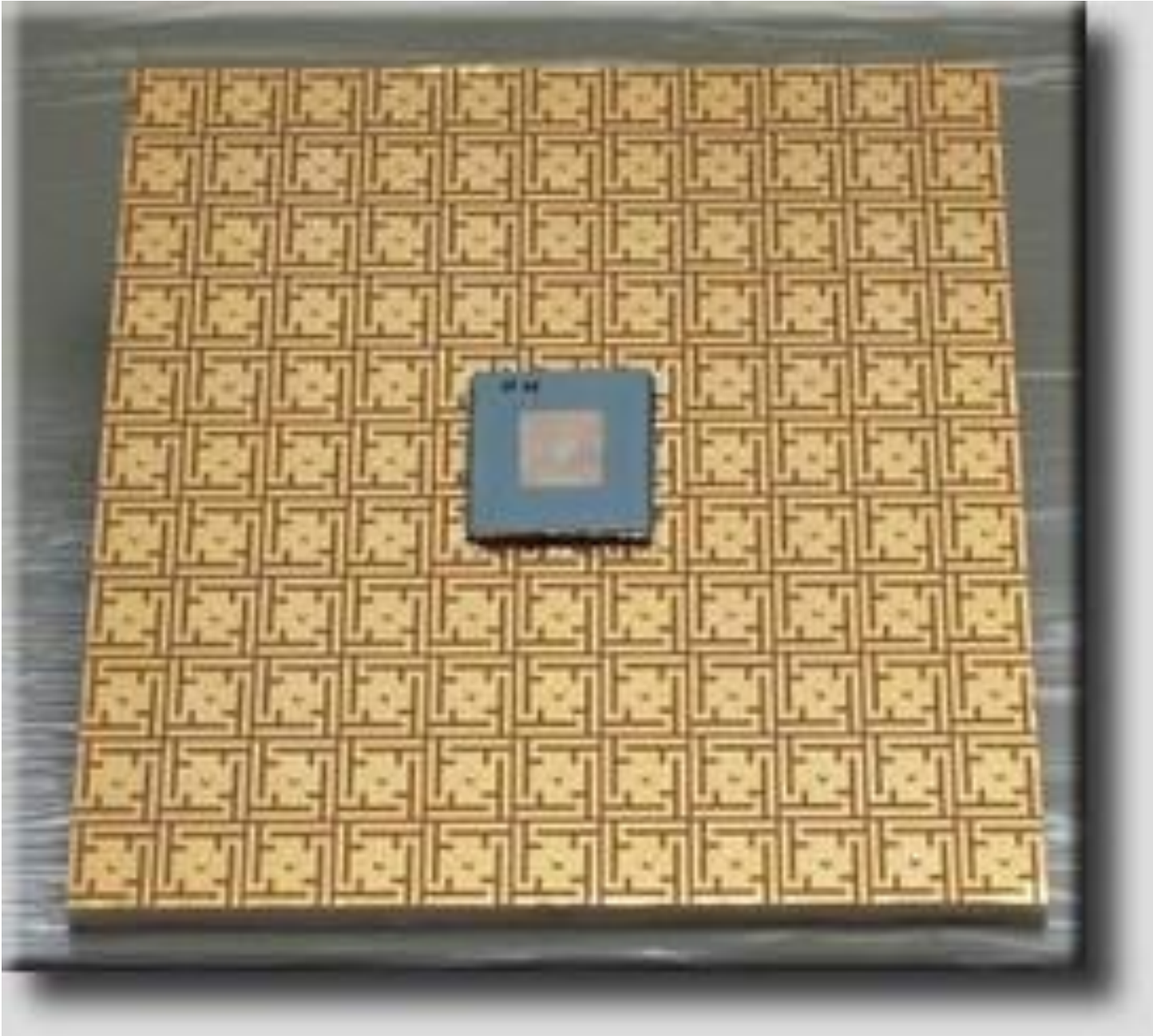
(fotonické, plasmonické, frekvenčně selektivní)

## 2 Nové materiálové struktury

- Graphene (Nobelova cena 2010) (atomární tloušťka 2D struktury, miniaturizace), je možné očekávat nové, dříve nerealizovatelné efekty na bázi konvenčních kovových anténních struktur
- Graphene plasmonics
- Nano anteny (transformace světla na elektrickou energii) rectifying antenney, patent 1973 – elektromagnetický vlnový konvertor), harvesting
- Plasmonic nanoantennas

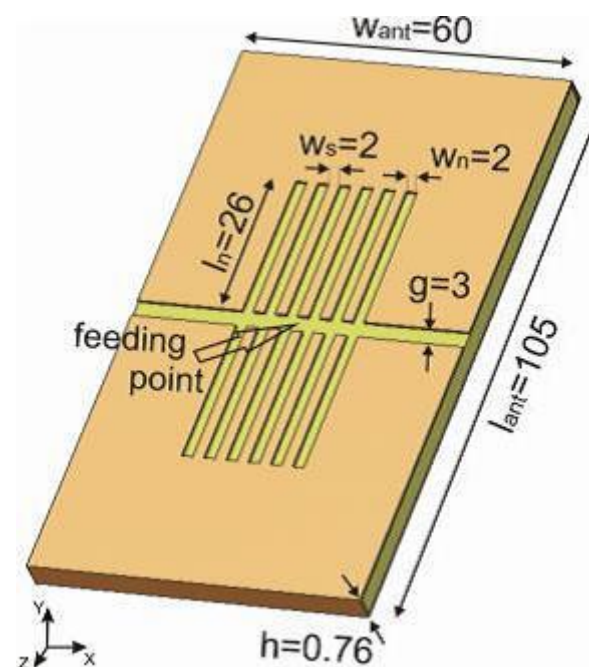


# 2.1 FSS



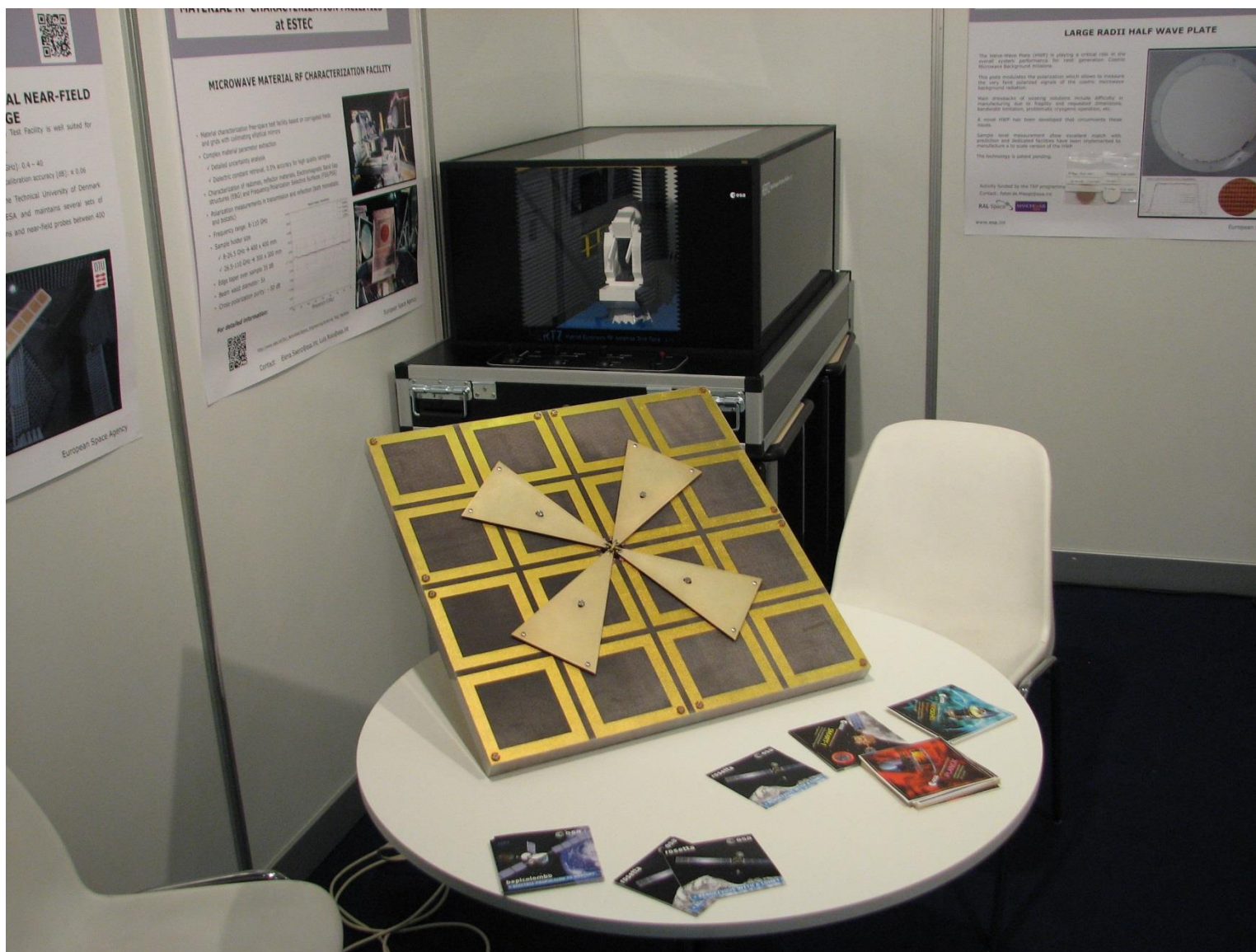


## 2.2





## 2.3 FSS struktura

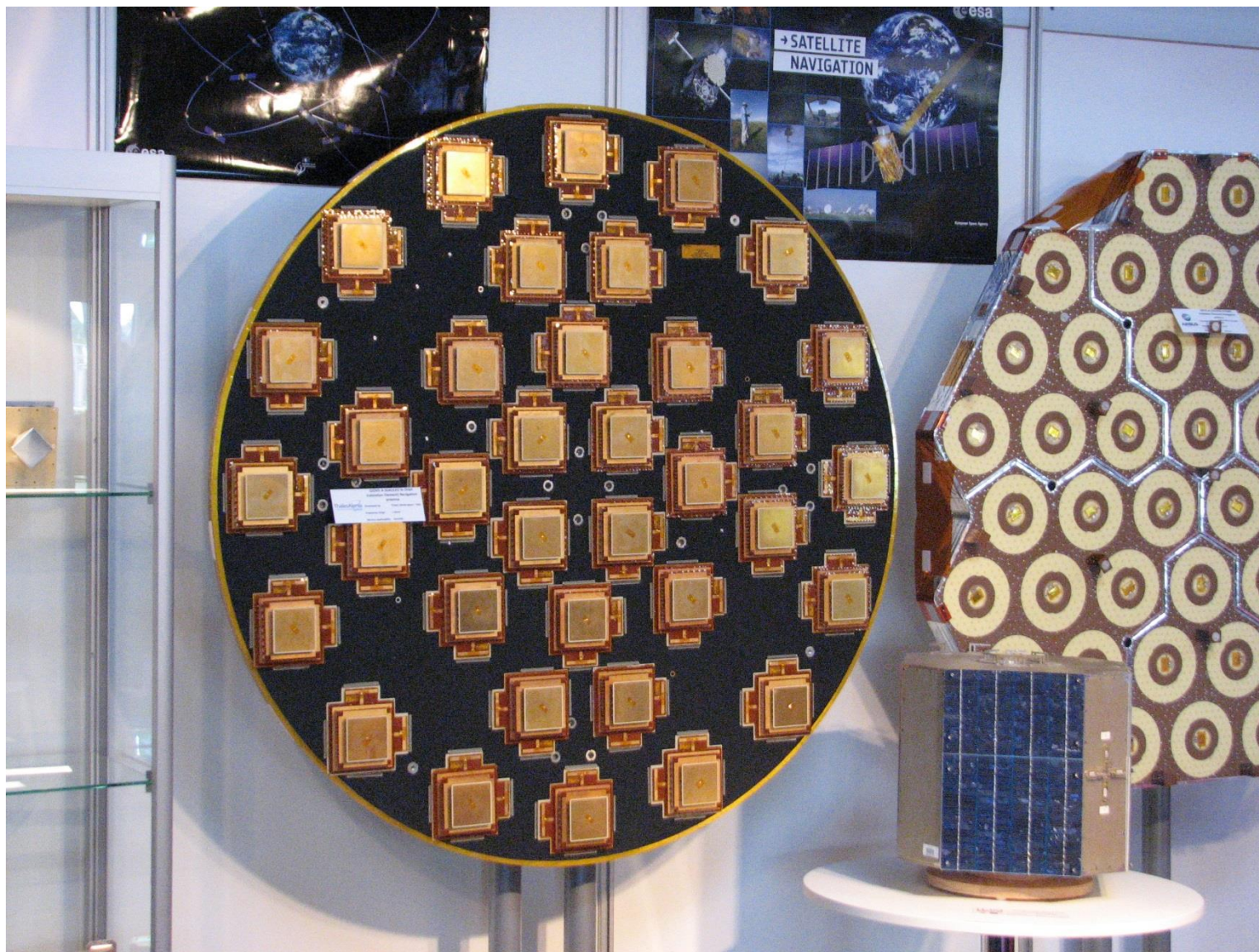


# 3 Nová uspořádání antén a zpracování signálu

- Reflektivní soustavy
- Beamforming (tvarování svazku) - beamsteering
- Digitální beamforming
- Rekonfigurovatelné antény
- Integrace antény do systému
- MIMO (1996 patent, to nejsou smart antény, je zde principiální rozdíl mezi beamformingem a diversitou)



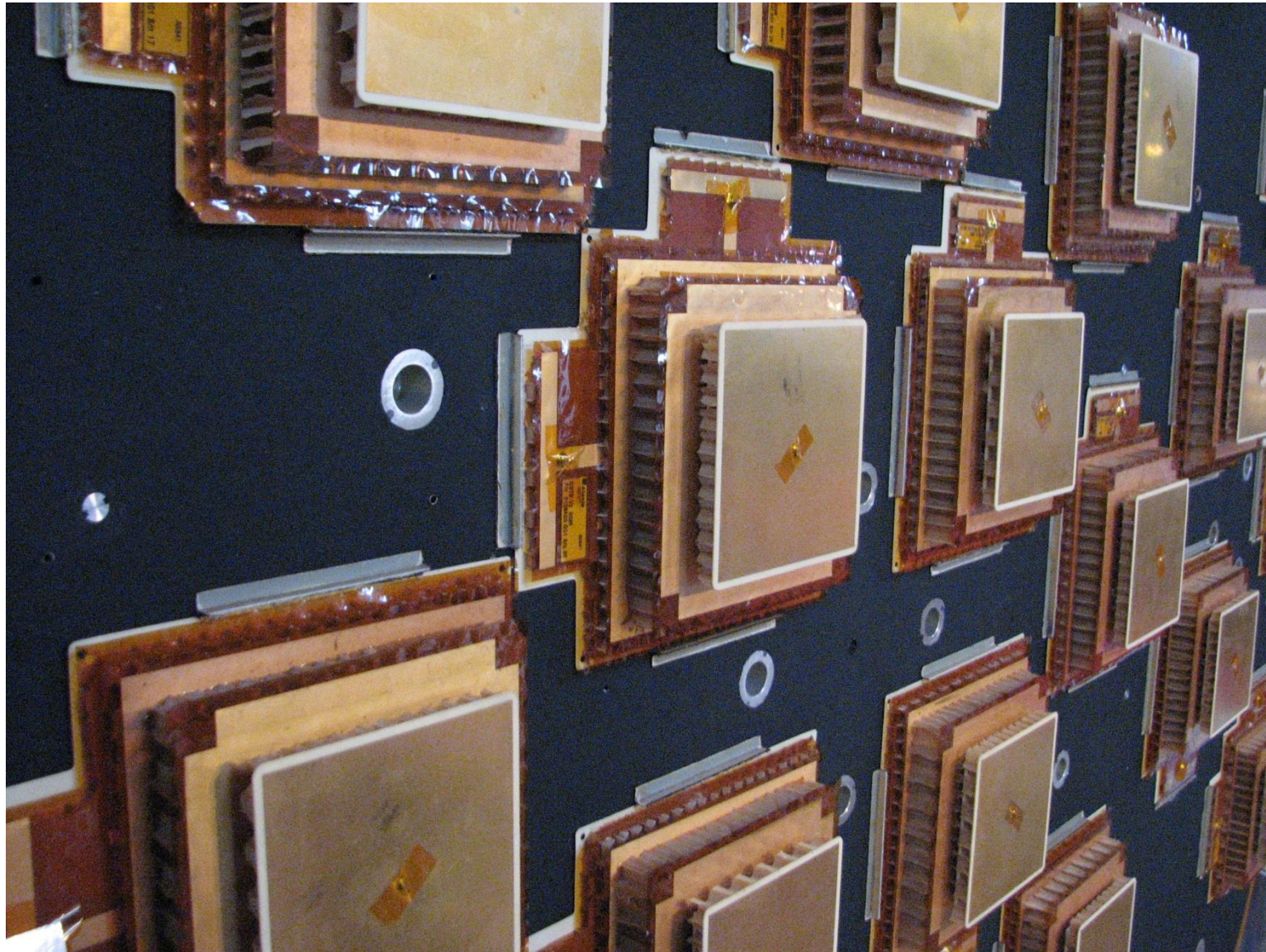
# 3. 1a





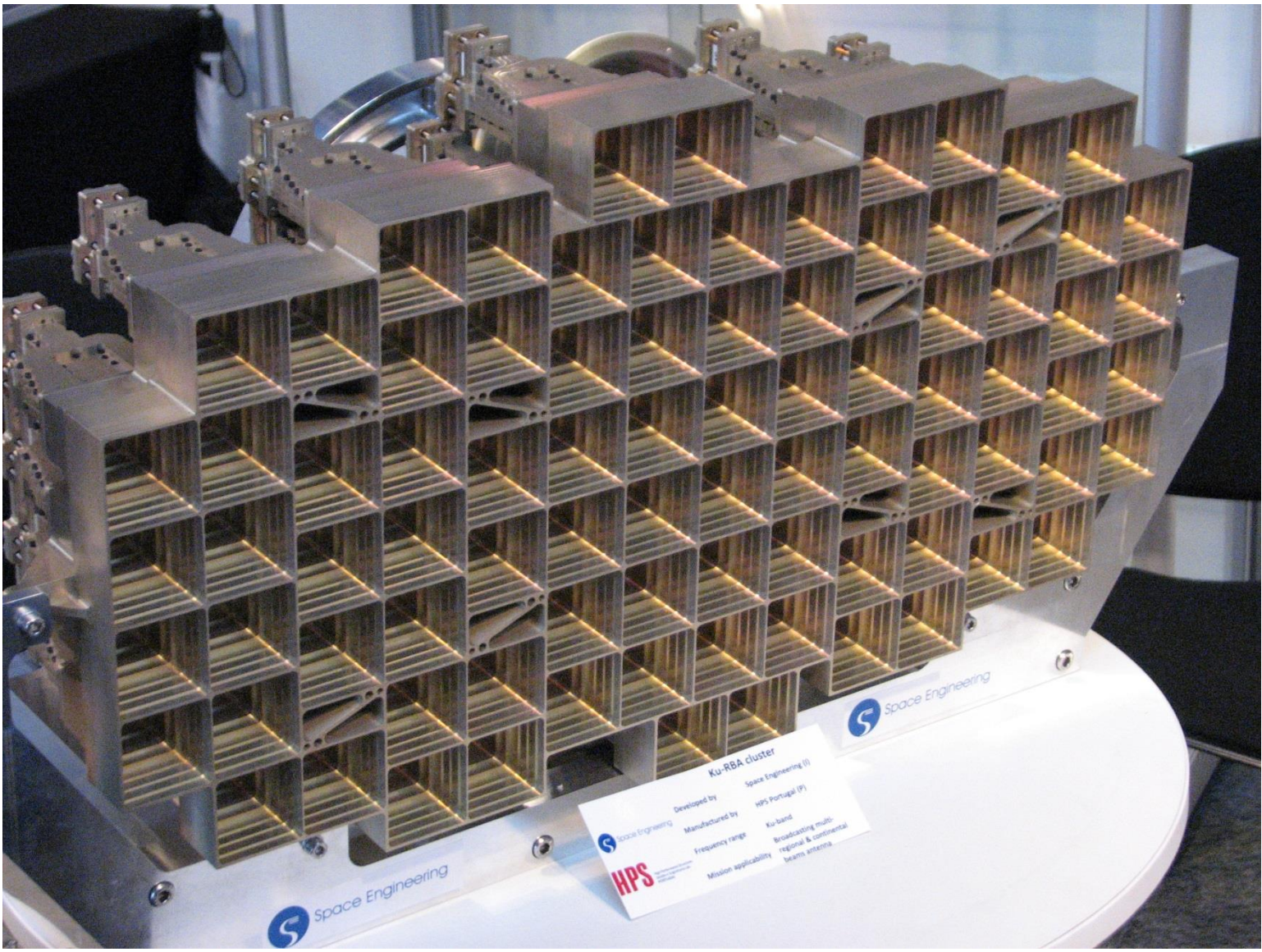


# 3.1b





# 3.2

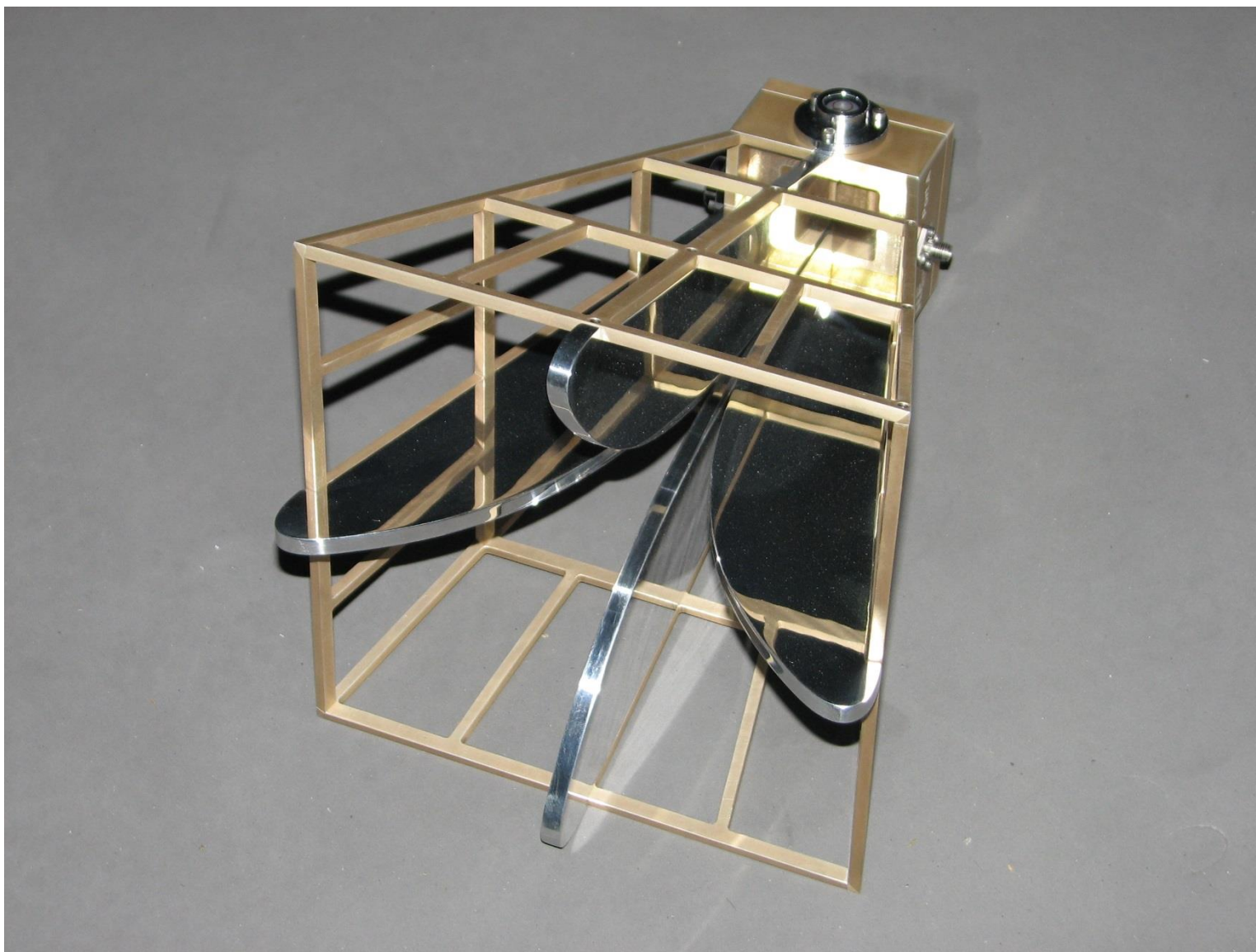


# 4 Nové koncepce

- Diversita
  - Prostorová
  - Polarizační
  - Frekvenční
  
  - Mimo
- Multi koncepce



# Dvojitě polarizovatelná struktura



# Omnidirectional, multi polarizační struktura

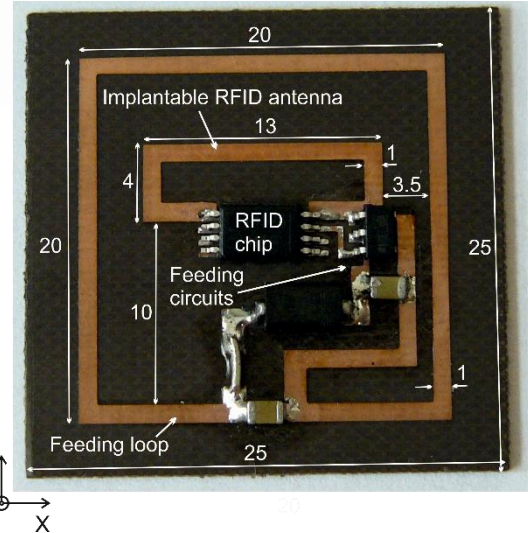
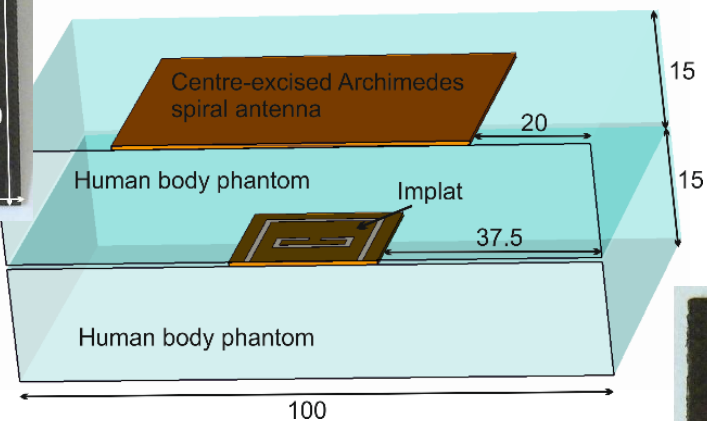
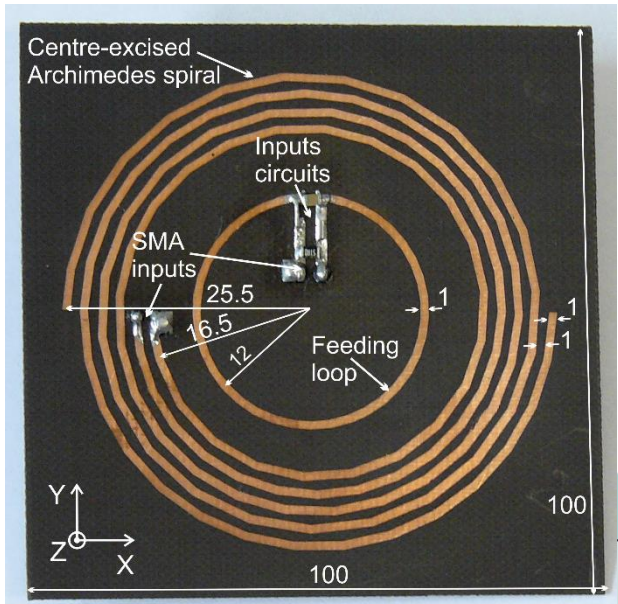


# 5 Nové aplikace – smart (chytré) technologie

- Radiofrekvenční identifikace
  - Pasivní
  - Aktivní
  - Semiaktivní
- Implantovatelné antény
- Wearable antennas
- Inteligentní budovy
- Internet of things
- ..



# 5.1 Implantovatelné antény



# Antény, kam a jak (možná) dál - závěr

## Klasická cesta:

- Syntéza antén
  - Co vlastně chceme od syntézy
- Spojení antény a zpracování signálu (analogo-digitální cesty)
- Chytré anténní soustavy
- Multi koncepce
- Nové prostorové uspořádání materiálů

**Nová cesta: nové struktury s kvantovým popisem, optické analogie do radiových vln**





**Už je čas!!!**

Auditoriu děkuji za pozornost, kolegům Hazdrovi, Čapkovi, Macháčovi, Švandovi, Kračkovi a dalším opomenutým za pomoc s materiály