

Optické metapovrchy z karbidu křemíku

Vojtěch Frühbauer
Ústav fyzikálního inženýrství

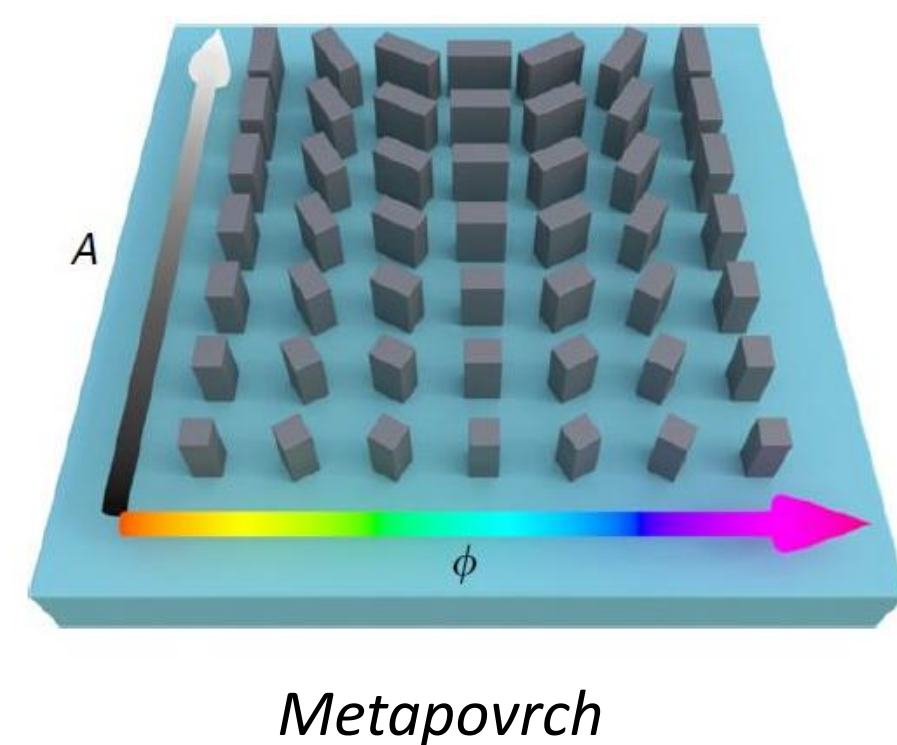


Cíl práce

- Vytvoření komplexních numerických a semi-analytických simulací pro návrh a optimalizaci metapovrchů z karbidu křemíku (SiC) vhodných pro kvantové optické technologie
- Výroba takto navrženého a optimalizovaného metapovrchu

Vědecká motivace

- Metapovrch
 - planární pole nanostruktur
 - řízení vlastností elektromagnetického záření vzájemným rozložením a tvarem nanostruktur
- Jednofotonový zářič (SPE)
 - fotonový zdroj využitelný v kvantových aplikacích
 - emisi lze zkvalitnit pomocí metapovrchu**



Požadované vlastnosti metapovrchu

- Zkvalitnění emise SPE
 - kolimace záření emitovaného jednofotonovým zářičem
- Zápis kvantové informace
 - vytvoření libovolné vlnoplochy kolimovaného svazku
 - polarizace kolimovaného svazku

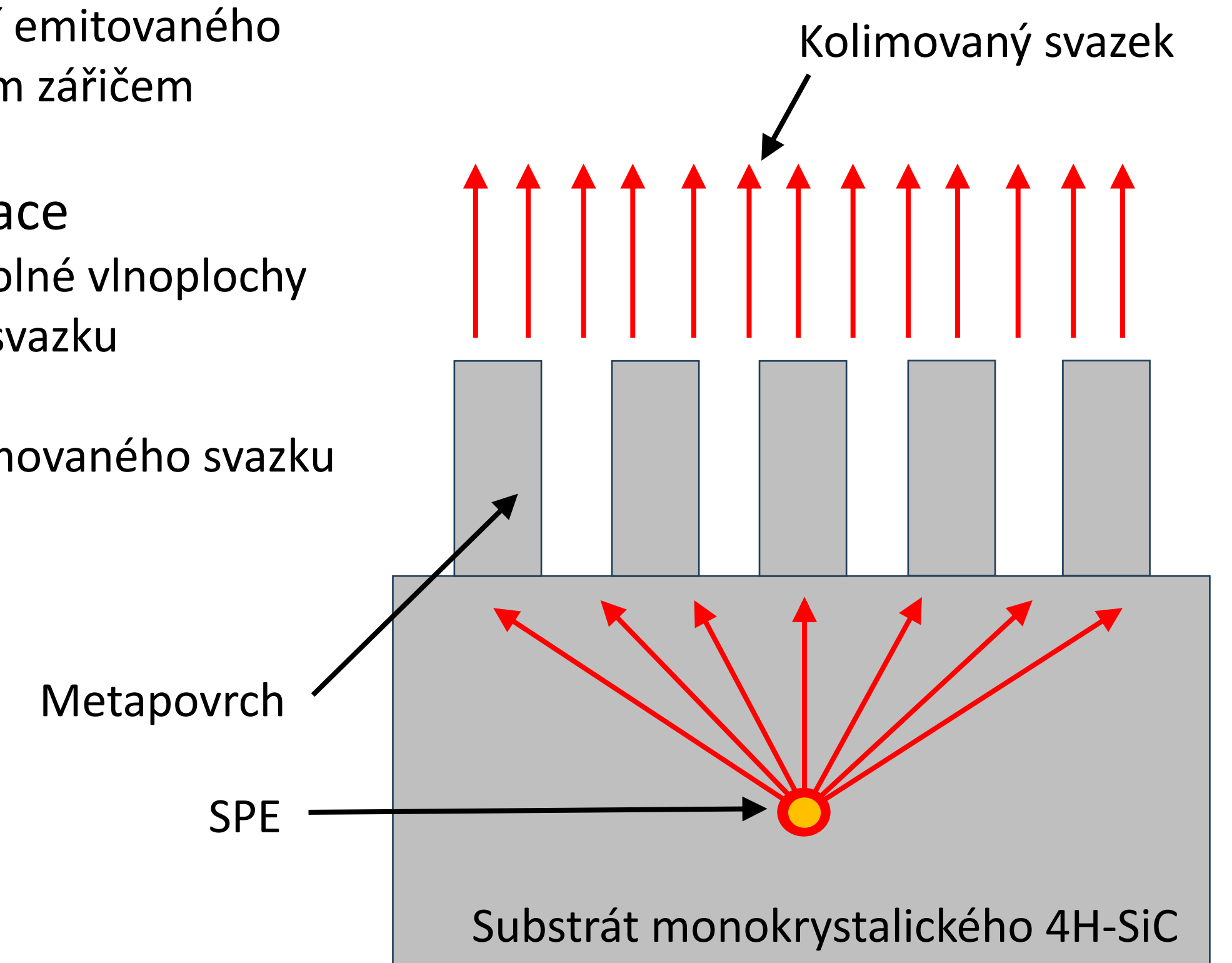
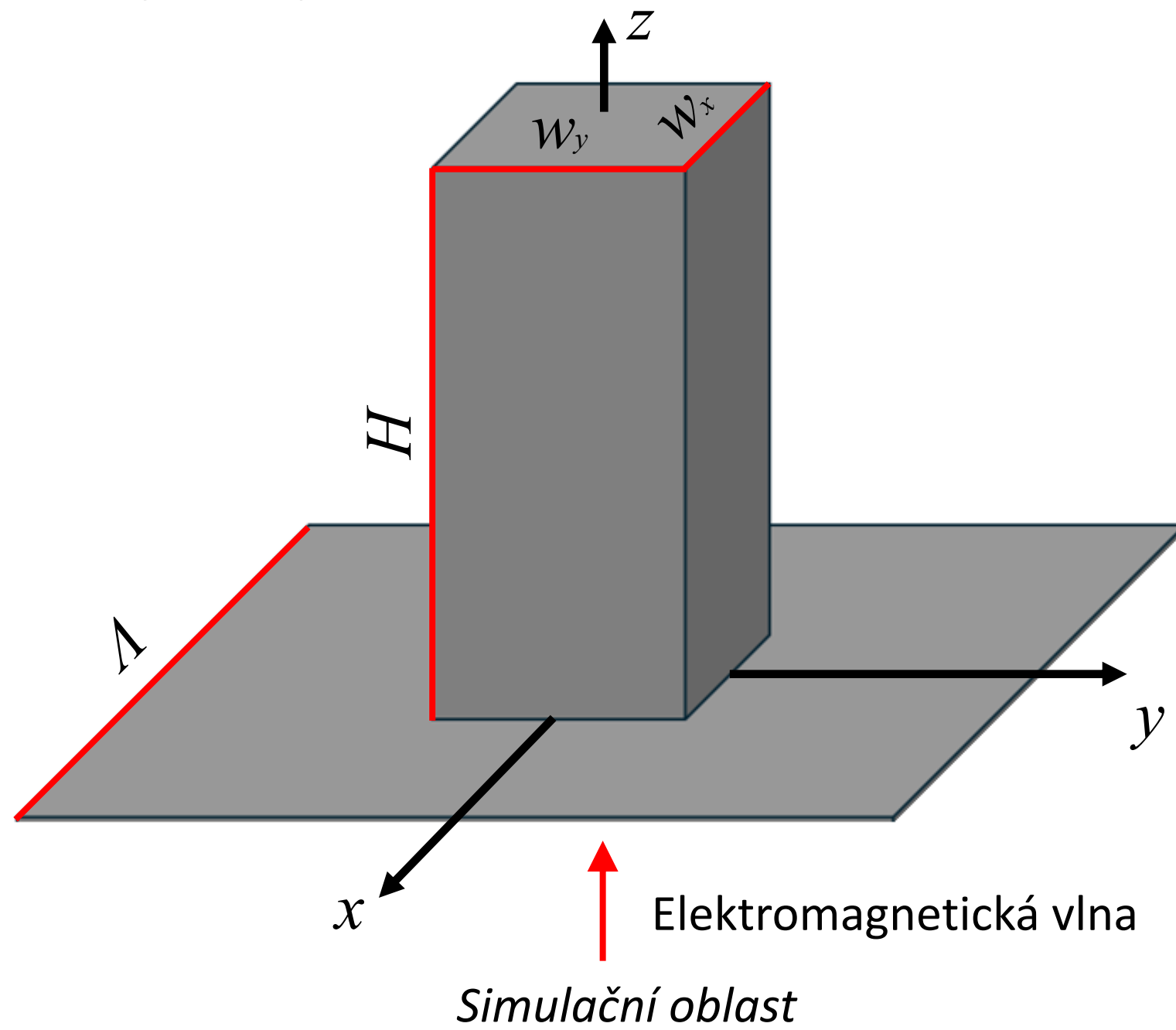


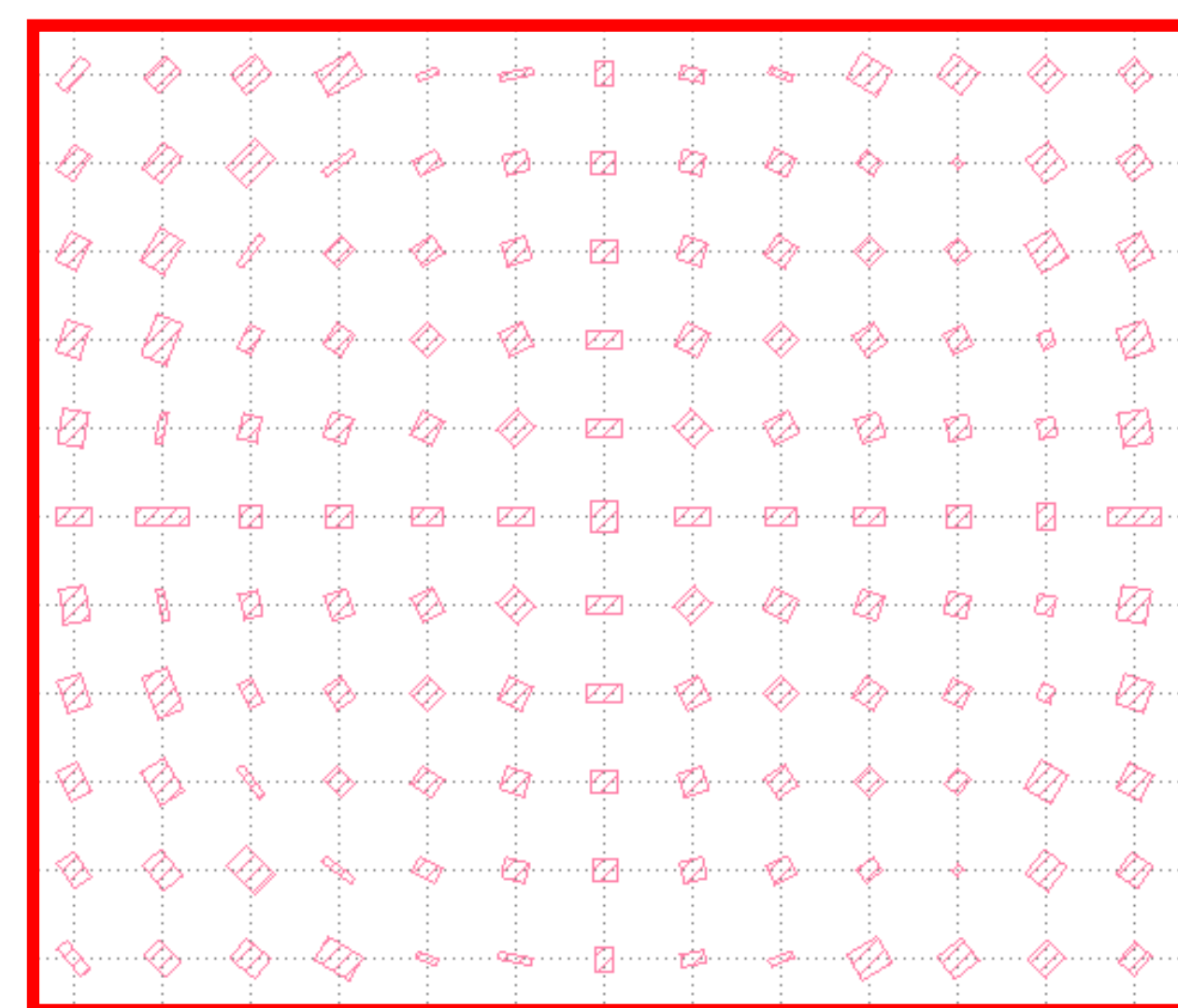
Schéma navrženého metapovrchu

Sestavení metapovrchu

- vytvoření databáze elektromagnetické odezvy nanostruktur s laterálními rozměry w_x a w_y v rozmezí od 40 do 400 nm pomocí semi-analytických simulací v RCWA solveru a následnou analýzou výsledků v programu MATLAB
- Výběr optimálních nanostruktur z databáze na definované pozice metapovrchu



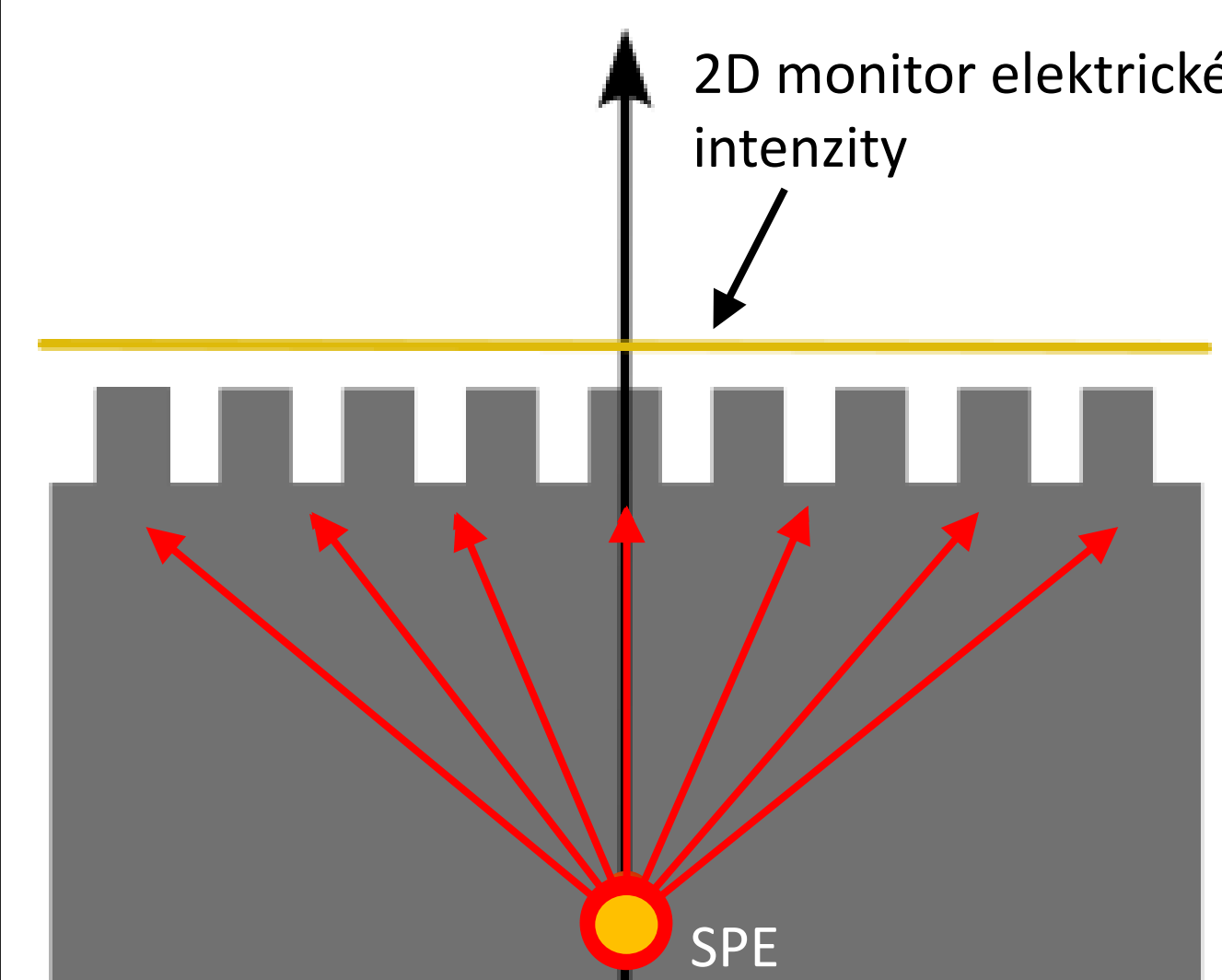
Simulační oblast



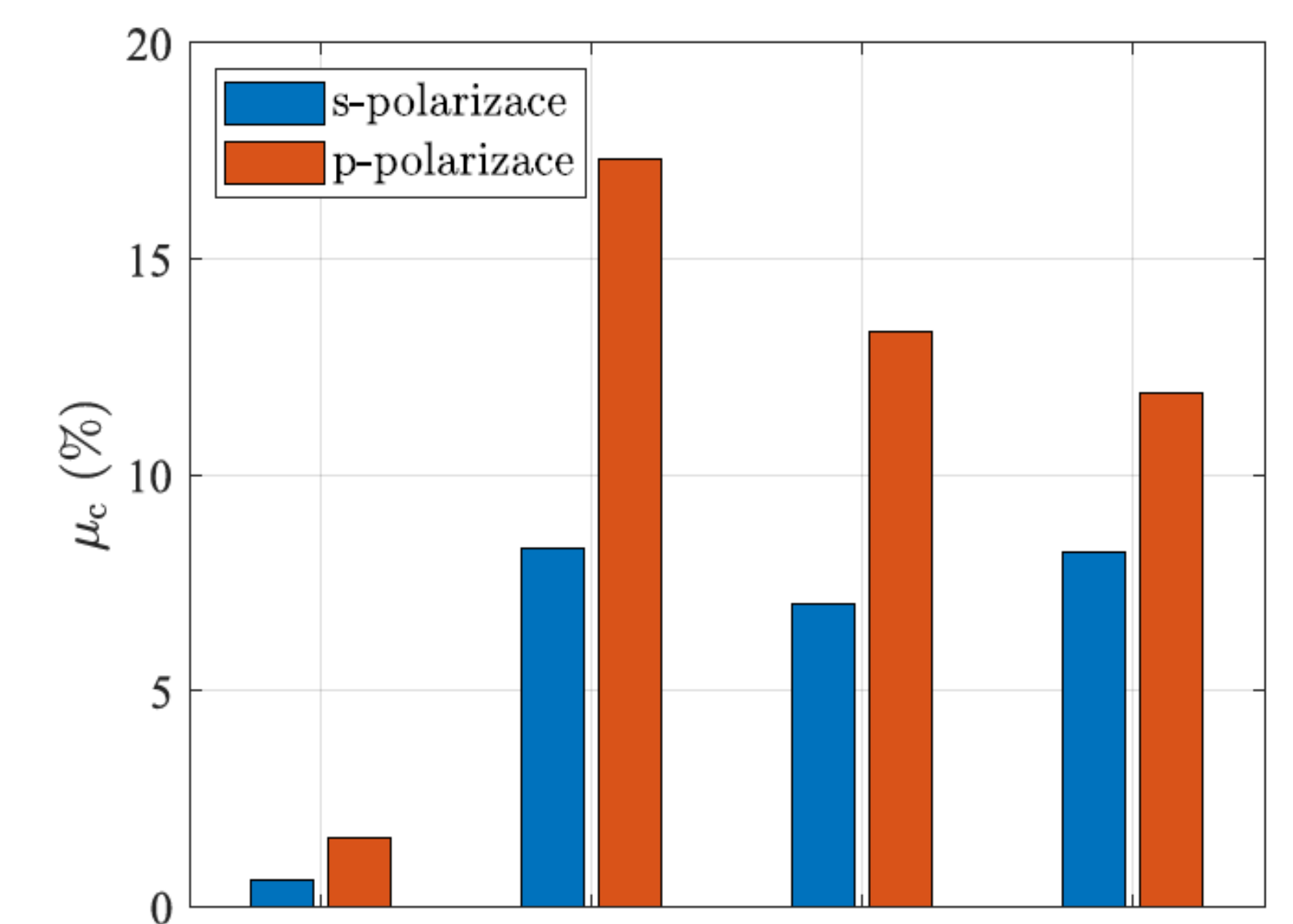
Uspořádání nanostruktur na metapovrchu

Kontrolní simulace metapovrchů

- Numerické simulace v FDTD solveru, výpočet kolimační účinnosti metapovrchu v programu MATLAB
- Více než **desetinásobné zvýšení účinnosti** u všech metapovrchů v porovnání s referencí



Simulační oblast



- rozhraní bez metapovrchu (reference)
- rovinná vlnoplocha
- vortexová vlnoplocha
- vortexová vlnoplocha + kruhová polarizace

Porovnání kolimační účinnosti metapovrchů

Výroba metapovrchu

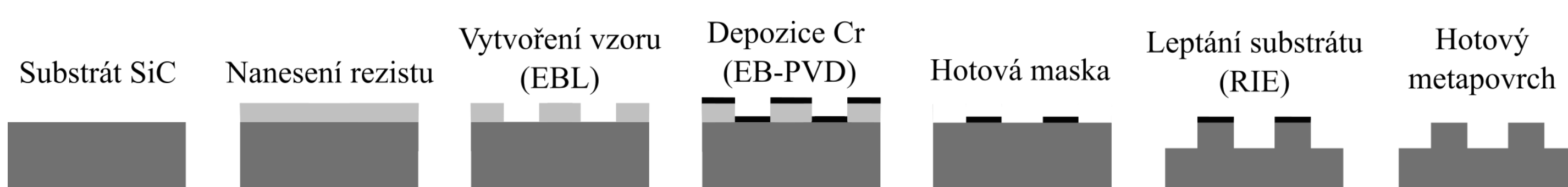
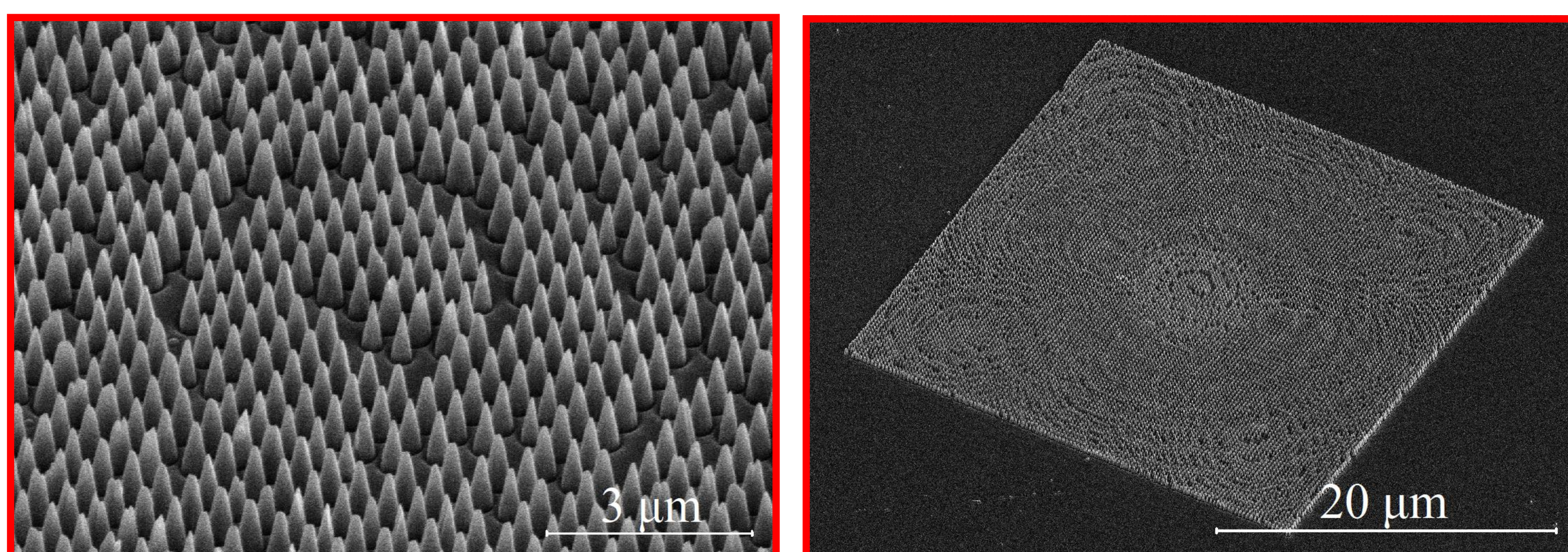


Schéma výrobního procesu



Snímky vyrobeného metapovrchu, pořízené rastrovacím elektronovým mikroskopem

Shrnutí

- Vytvoření databáze elektromagnetické odezvy nanostruktur použitelné pro sestavení libovolného metapovrchu
- Sestavení tří různých metapovrchů pro generování různých vlnoploch a polarizací
- Potvrzení funkčnosti metapovrchů pomocí kontrolních simulací (zaznamenáno více než desetinásobné zvýšení účinnosti oproti rozhraní bez metapovrchu)
- Výroba metapovrchu

Budoucí cíle

- Optimalizace návrhu metapovrchů s využitím strojového učení
- Optimalizace výrobních procesů a vytvoření vhodných postupů optické charakterizace metapovrchů pro SPE