

# Korelativní sondová a elektronová mikroskopie

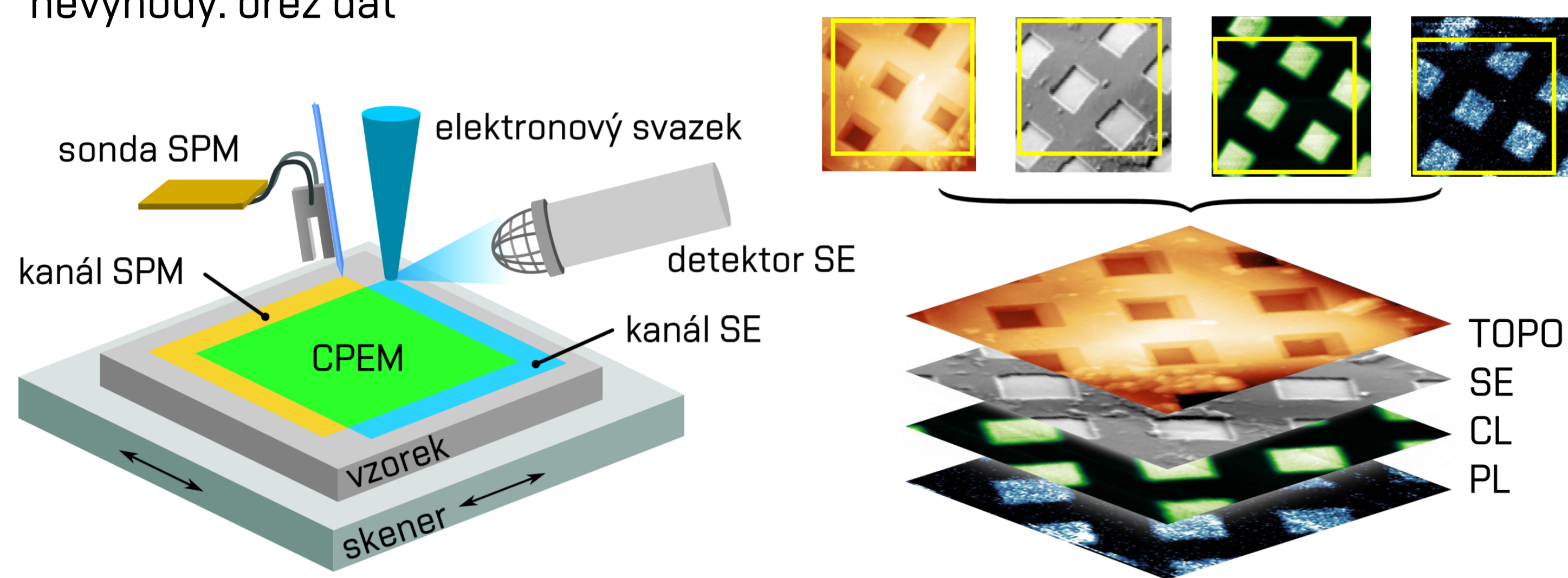
Martin Vacek

Ústav fyzikálního inženýrství



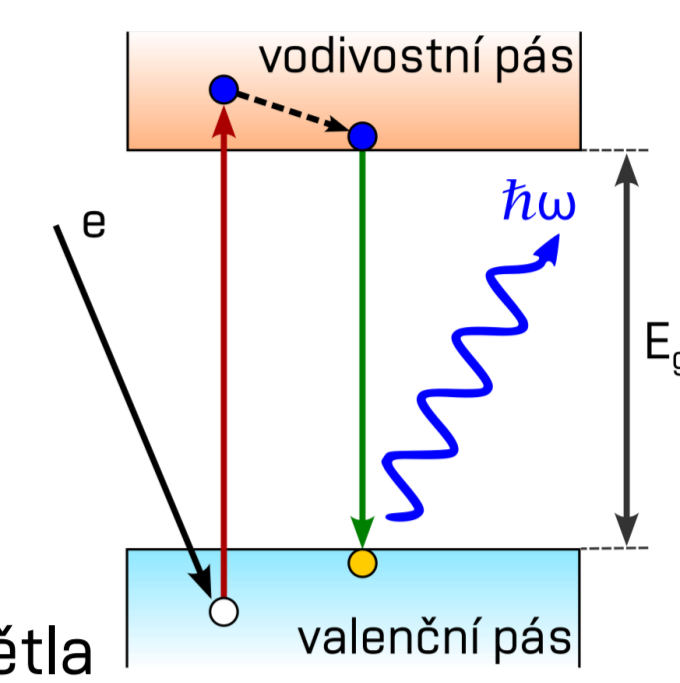
## Korelativní mikroskopie

- integruje více mikroskopických a spektroskopických metod
  - topografie (TOPO)
  - sekundární elektrony (SE)
  - katodoluminiscence (CL)
  - fotoluminiscence (PL)
- skenuje se vzorkem, elektronový svazek a sonda SPM jsou ve stálé poloze
- výsledný obraz kombinuje v rámci jednoho souřadného systému morfologii, elektronový kontrast a specifické optické vlastnosti
- výhody: jeden mikroskop, stejné místo, nižší riziko kontaminace, rychlejší měření  
nevýhody: ořez dat

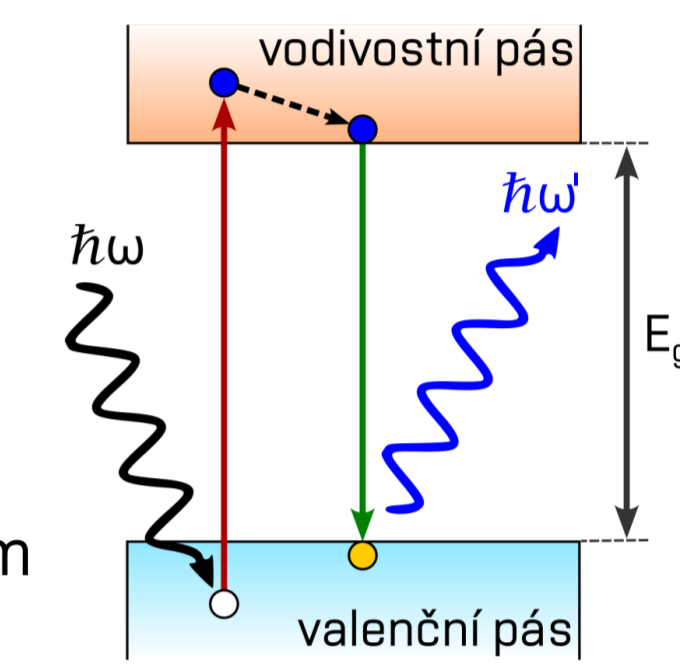


## Katodoluminiscence a fotoluminiscence

- **katodoluminiscence (CL)** je jev, při kterém dopadající **primární elektrony** způsobí excitaci elektronů a při následné rekombinaci dojde k vyzáření fotonů
  - primární elektrony mají energii jednotek až desítek keV
  - kaskádou rozptýlů se generují tisíce elektron-děrových párů
  - spektrum odpovídá ultrafialové, viditelné a blízké infračervené oblasti světla

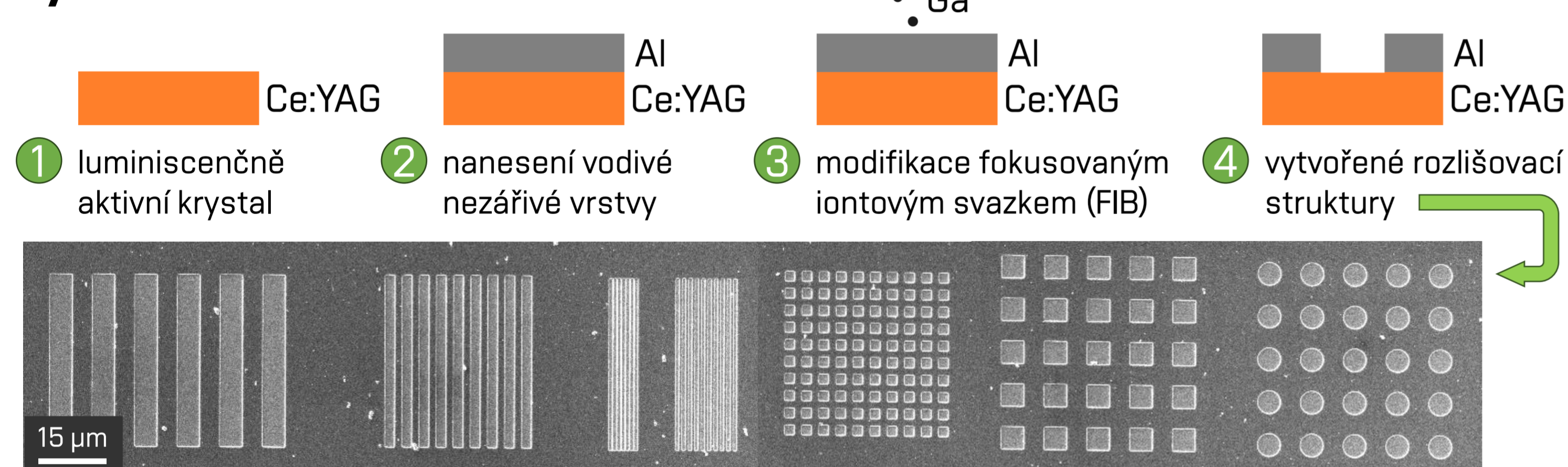


- **fotoluminiscence (PL)** je jev, při kterém dopadající **fotony** způsobí excitaci elektronů a při následné rekombinaci dojde k vyzáření fotonů
  - dopadající fotony mají energii jednotek eV (větší než zakázaný pás  $E_g$ )
  - Stokesův posun emisního spektra vůči absorpčnímu, což odpovídá nižším energiím (vyšším vlnovým délkám)

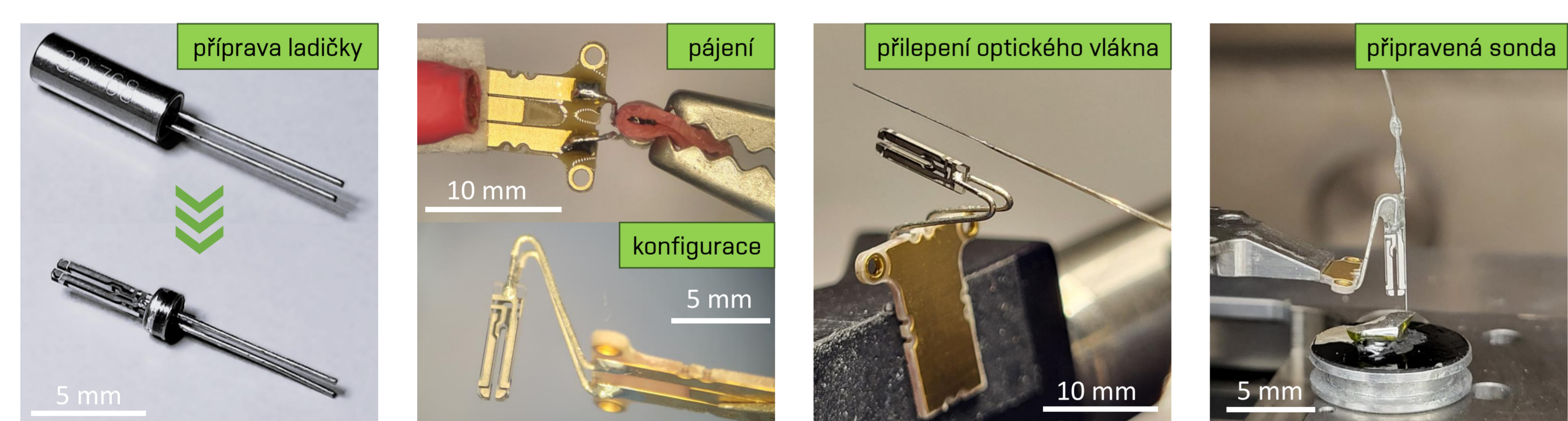


- metody slouží k bezkontaktní a nedestruktivní charakterizaci elektronových a optických vlastností materiálů, zejména při studiu polovodičových struktur, materiálovém výzkumu nebo geologii

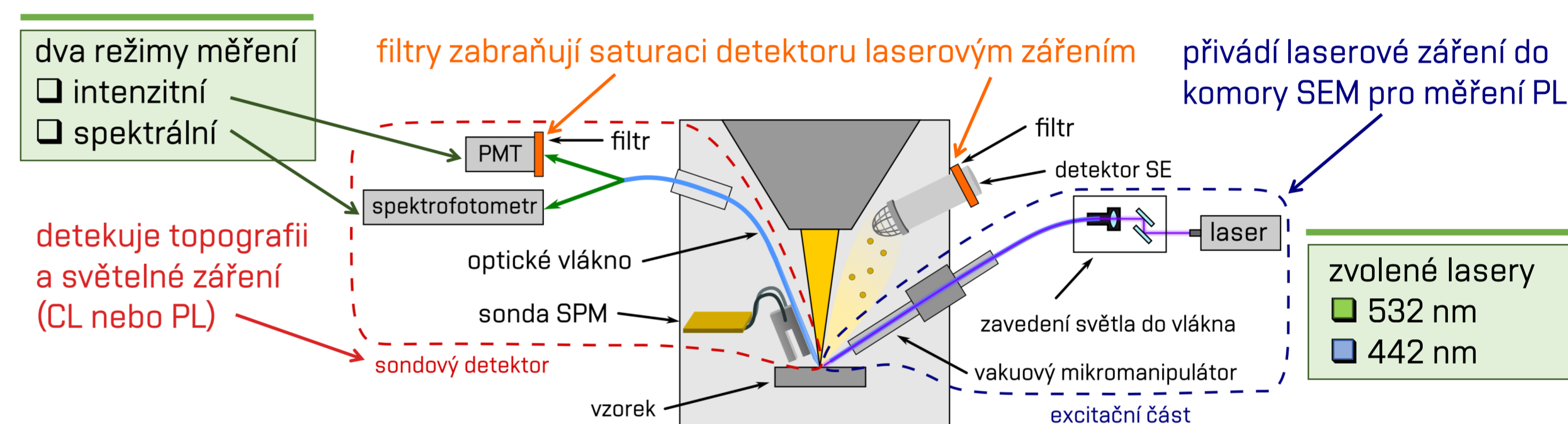
## Výroba testovacího vzorku



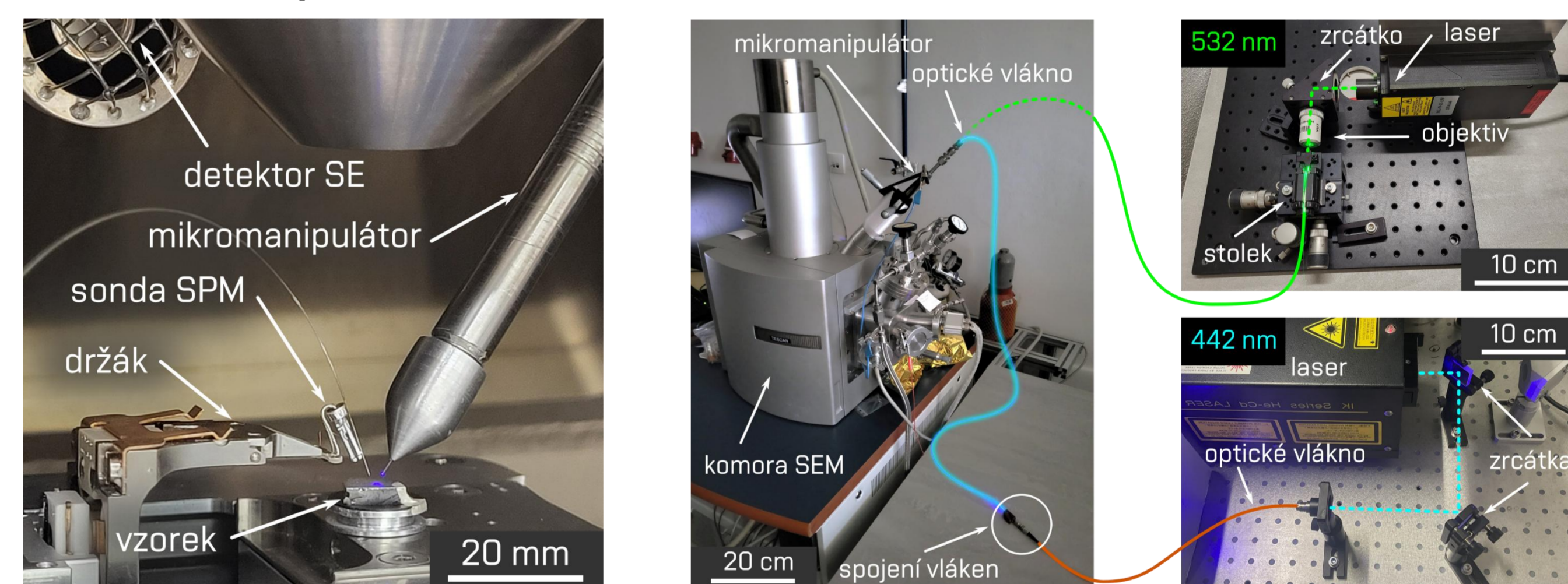
## Výroba sond



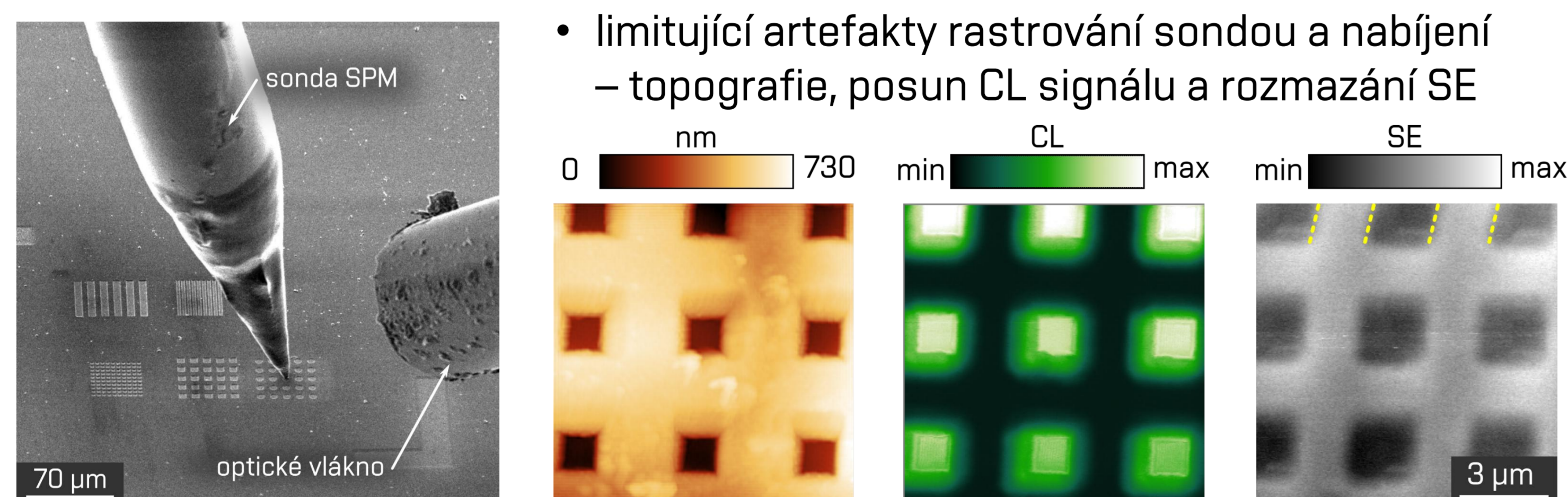
## Experimentální sestava



### Detail komory SEM

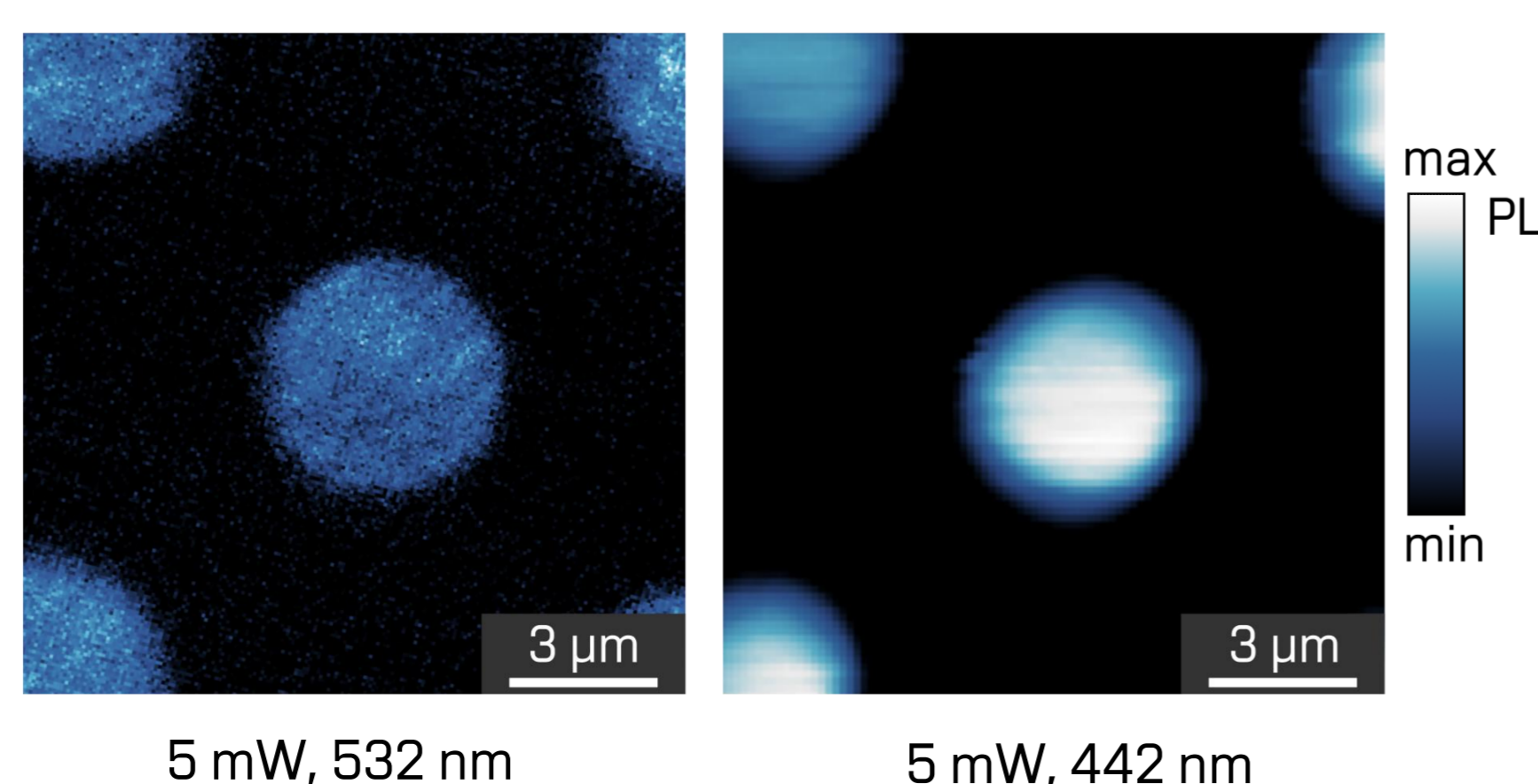


## Naměřené výsledky



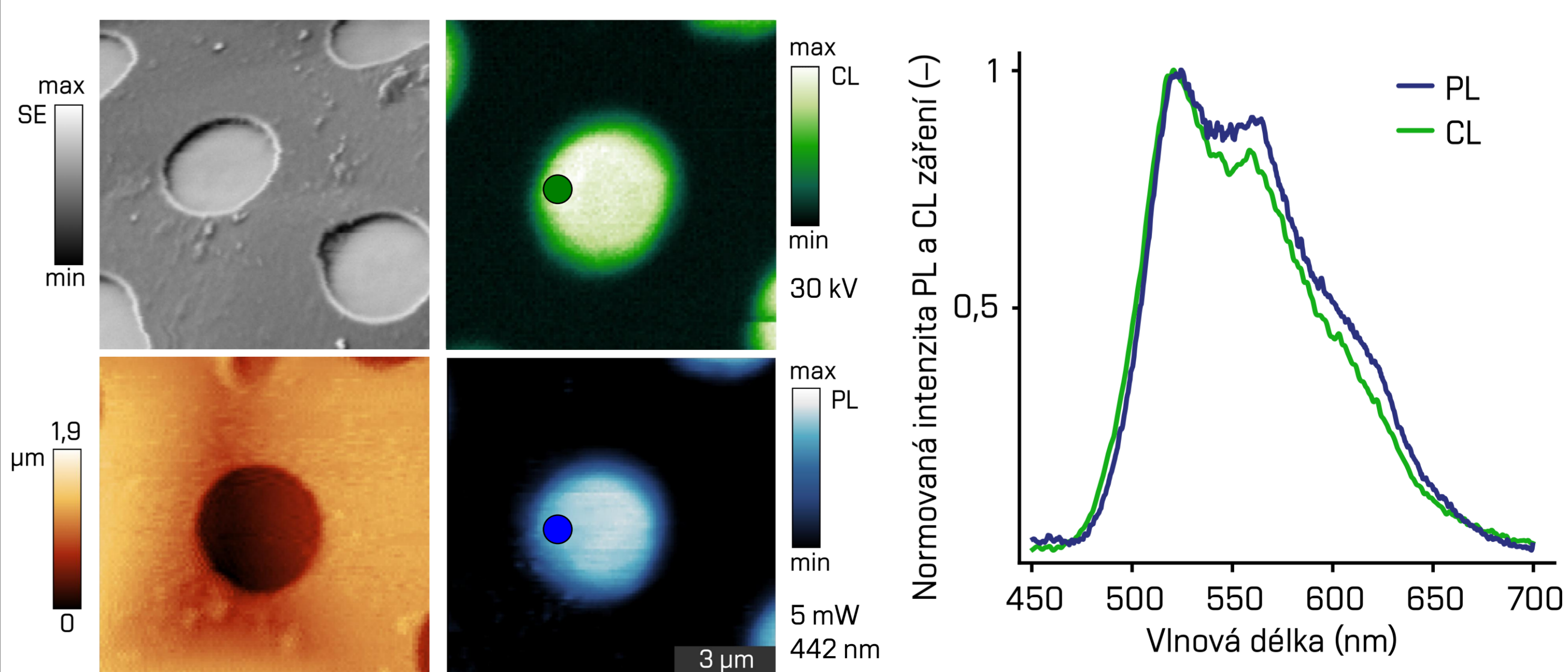
- limitující artefakty rastrování sondou a nabíjení – topografie, posun CL signálu a rozmazání SE

- srovnání intenzity PL záření excitovaného lasery o vlnových délkách 532 nm a 442 nm
- výhodnější je využít laserové záření o 442 nm



## Naměřené výsledky

- korelativní měření stejného místa struktury kruhů na krystalu Ce:YAG



- byla ověřena funkčnost aparatury a demonstrováno korelativní měření na vzorku Ce:YAG, které ukazuje dobrou shodu mezi spektry CL a PL záření
- metodou bylo dosaženo submikronového rozlišení:  $(0,3 \pm 0,1) \mu\text{m}$