

Nanotechnologie: příprava ultracitlivých senzorů metodou samouspořádání

Pavla Béřešová, Mendelovo gymnasium v Opavě

Vít Kabele, SPŠ SE České Budějovice

Patrik Mizera, Gymnasium Turnov

Denis Dusík, Gymnasium Ch. Dopplera

Katedra fyzikální elektroniky, v Holešovičkách 2, Praha 8

Abstrakt

V našem projektu jsme vytvářeli substrát pro SERS(Surface Enhanced Raman Spectroscopy). Tato metoda využívá zesílení Ramanova rozptylu na molekulách, které se nacházejí v blízkosti kovových nanostruktur (substrátu). Díky takto vytvořenému substrátu jsme mohli změřit spektroskopii různých koncentrací methylenové modři. Poté jsme pozorovali závislost měřeného signálu na koncentraci.

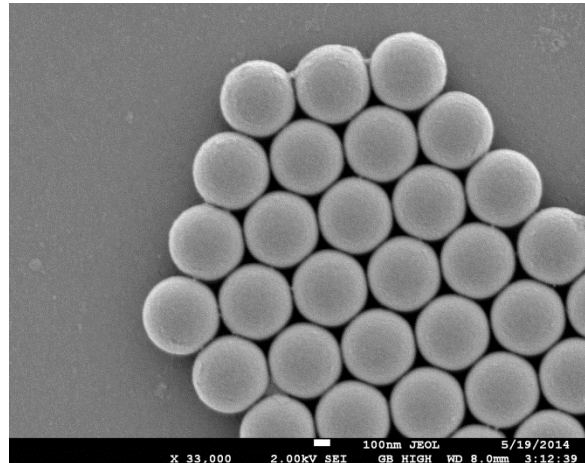
1. Úvod

Ramanův rozptyl je jev objevený roku 1928 Chandrasekhara Venkata Ramanem. Jedná se o nepružný rozptyl vln elektromagnetického záření na molekulách. Rozptýlený foton má nižší energii než před rozptylem. Tento rozdíl energie se spotřebuje na přechod molekuly do jiného vibračně-rotálního stavu. Fotony, které změň svou energii, můžeme detekovat a zobrazit do spektra. Ty jsou pak charakteristická pro každou látku. Tento rozptyl se však děje pouze u jednoho z 10^6 až 10^{12} fotonů, a proto je nutné velké množství látky k detekci Ramanova rozptylu. Umístěním pozorované látky na povrch z ušlechtilého kovu se signál zesílí o několik řádů (6 až 10). Tento jev poprvé objasnil Richard Van Duyne. Jeho původ přisoudil nanostrukturám na povrchu substrátu. Do praxe zavedl užití uspořádaných polystyrenových nanokuliček sloužících jako šablona pro pokovení. Tuto techniku jsme pro přípravu substrátu využili i my.

Metoda SERS má velký potenciál pro využití například v elektrochemii, biomedicíně, diagnostice a dalších, právě díky schopnosti rozeznat ze spektra konkrétní látku i při její malé koncentraci. Oproti jiným metodám detekce látek je tato rychlejší, levnější a vyžaduje velice malé množství materiálu.

2. Postup

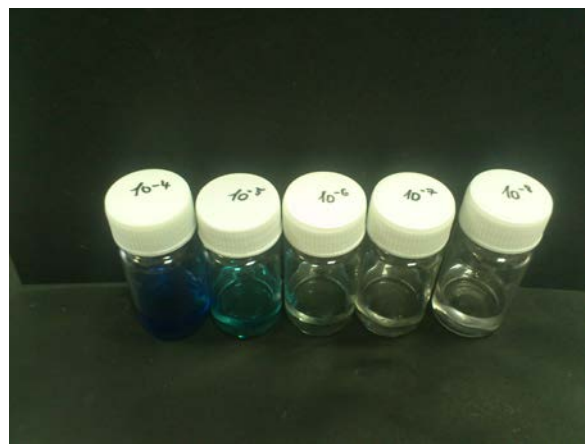
Nejprve jsme naředili disperzi polystyrenových nanokuliček ve vodě čistým ethanolem v poměru 1:1. Tuto disperzi jsme nanášeli pomocí zahnuté skleněné pipety tak, aby se na hladině vody vytvořila monovrstva. Tyto kuličky se spontánně uspořádávají na vodní hladině tak aby zaujmul energeticky nejvýhodnější polohu.



Samouspořádaná poloha nanokuliček

Zatímco probíhal proces samouspořádání, jsme nařezali křemíkové destičky, které bylo nutno pečlivě očistit. Poté jsme na ně nanесли monovrstvu kuliček z vodní hladiny. Pro odstranění přebytečné vody se vzorky uložily do magnetronové naprašovačky, kde se pomocí vývěvy odčerpal všechen vzduch a s ním i vodní páry. Dále se v argonové atmosféře vrstva nanokuliček v naprašovačce pokryla 20 nm zlata.

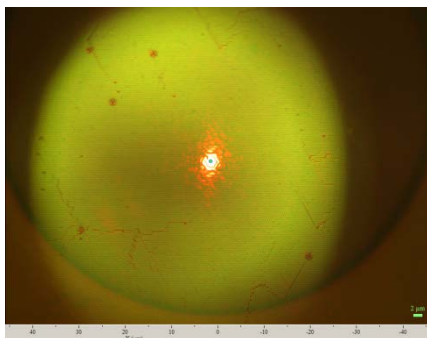
Během vysušování a naprašování vzorků jsme připravili roztoky methylenové modři v koncentracích 10^{-4} M (mol/l) až 10^{-8} M, ve kterých se vzorky nechaly máčet přes noc, aby se na jejich povrchu navázalo dostatečné množství molekul látky.



Methylenová modř

3. Měření

Měření proběhlo na Oddělení fyziky biomolekul na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy, kde jsme měli možnost využít Ramanova mikroskopu, který využívá He-Ne laseru.



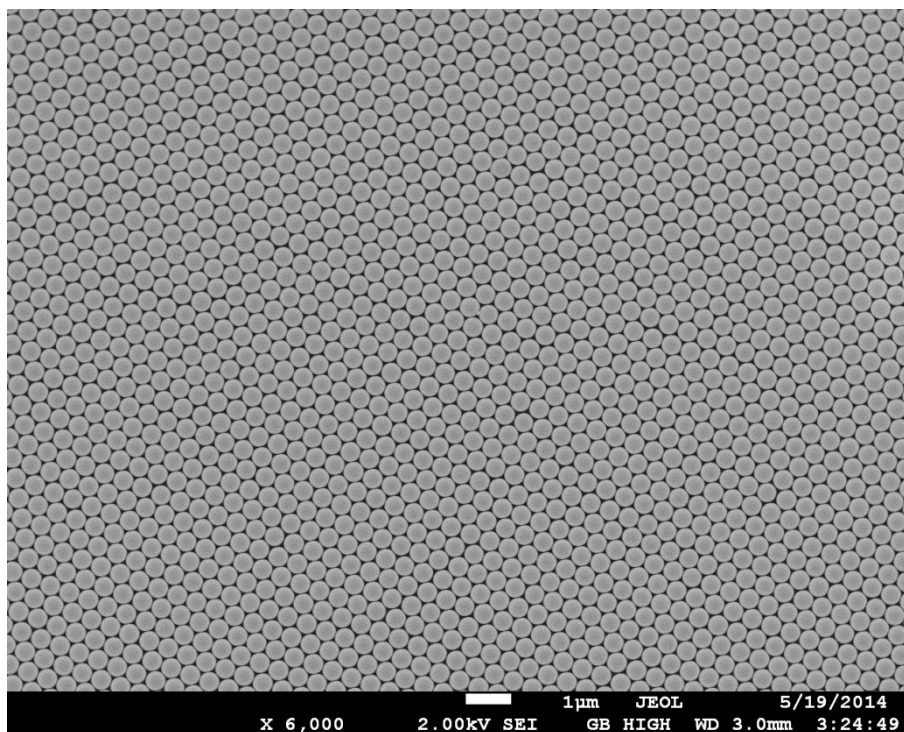
Vzorek ozářený laserem



Ramanův mikroskop

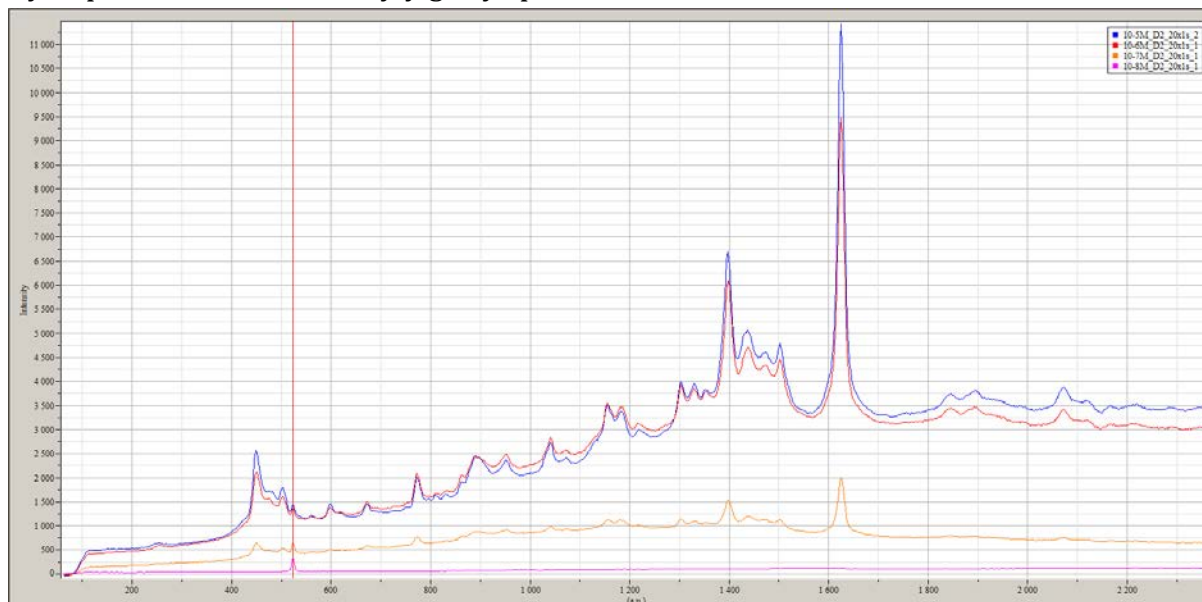
4. Výsledky

Vytvořili jsme velké domény uspořádaných kuliček, které byly vhodné pro metodu SERS, díky pravidelnosti uspořádání.



obrázek z SEM

Výstupem našeho měření byly grafy spekter.



Na porovnání spekter můžeme pozorovat, jak s klesající koncentrací klesá také intenzita měřeného Ramanova rozptylu. U nejmenší koncentrace methylenové modře je již zřetelně viditelný pík křemíku z podložky, který je při vyšších koncentracích modři hůře pozorovatelný.

5. Závěr

V tomto projektu jsme si vyzkoušeli přípravu substrátů pro SERS pokovením samouspořádaných polystyrenových nanokuliček. Měření ramanovských spekter jsme ověřili, že námi vytvořený substrát funguje. Dokázali jsme naměřit spektra až pro koncentraci 10^{-7} M.

6. Reference

[1.] Štolcová Lucie, Analýza a realizace nanostruktur pro povrchem zesílený Ramanův rozptyl, diplomová práce, KFE FJFI ČVUT v Praze, 2010/2011