

SERS pamatņu izgatavošana ar FIB metodi, strukturālo parametru analīze

Ciro F. Tipaldi¹, Kaspars Vītols¹, Līga Ignatāne¹, Tots Koķis¹, Varis Karitāns¹, Mārtiņš Zubkins¹,
Anatolijs Šarakovskis¹

¹*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Virsmas pastiprinātā Ramana izkliede (SERS) ir parādība, kad metālisku nanostruktūru tuvumā virsmas plazmonu rezonanses dēļ ievērojami pastiprinās Ramana izkļiedes intensitāte. Tas noved pie potenciāli ļoti jutīgas analītiskās metodes vielu detektēšanai arī ļoti mazās koncentrācijās. Tomēr ir vairāki izaicinājumi šī pielietojuma sakarā. Svarīgākie kritēriji, kuros raksturot pamatņu veiktspēju un to uzlabot, ir detektējamā analīta koncentrācijas robeža, Ramana signāla pastiprinājums, tā vienmērīgums un spektrālo maksimumu izšķirtspēja, sintēzes un mērījumu atkārtojamība, sintēzes sarežģītība un izmaksas.

Darbā izmantota fokusētā jonu stara (FIB) metode, lai izgatavotu nanostrukturētas pamatnes SERS vajadzībām. Ar šo metodi izveidoti homogēni nanomēroga pīlāri ar dažādiem ģeometriskajiem parametriem. Sekojoši veicot Ramana spektroskopijas mērījumus, noteikta šo ģeometrisko parametru ietekme uz Rodamīna B Ramana spektra intensitātes pastiprinājumu. Noteikta arī mazākā analīta koncentrācijas robeža, ko iespējams ar šīm pamatnēm detektēt.

Vidējie Ramana spektri diezgan skaidri norāda uz atkarībām starp pastiprinājumu un ģeometriskajiem izmēriem. Veikta arī galīgo elementu metodes (FEM) modelēšana šīm nanomērogu pīlāru strukturām, elektriskā lauka pastiprinājums šajos aprēķinos liecina par līdzīgas dabas sakarībām kādas novērojamas eksperimentāli. Pamatnes raksturojas arī ar izteiktu signāla pastiprinājuma homogenitāti pa aktīvo virsmu un pamatnes ļauj detektēt analīta koncentrācijas pat līdz 10^{-9} M.

Characterization of performance of various SERS substrates synthesized with different methods

Ciro F. Tipaldi¹, Kaspars Vitols¹, Līga Ignatane¹, Tots Kokis¹, Varis Karitans¹, Martins Zubkins¹,
Anatolijs Sarakovskis¹

¹*Institute of Solid-State Physics, University of Latvia*

Surface-enhanced Raman scattering (SERS) is a phenomenon whereby in the vicinity of metallic nanostructures due to surface plasmon resonance Raman scattering is greatly amplified. That leads to a potentially very sensitive analytical method for the detection of substances even at very small concentrations. However, there are several challenges in this regard. The main criteria by which to describe and optimise the performance of SERS substrates are the limit of detection of the analyte concentration, the Raman enhancement, its homogeneity and the resolubility of spectral maxima, as well as the repeatability and complexity of substrate synthesis.

In this work, the focused ion beam (FIB) method is used in order to produce nanostructured substrates for SERS applications. Using this method, homogeneous nanoscale pillars with varying geometric parameters have been created. Subsequently, Raman measurements have been performed and the influence of the geometric parameters on the enhancement of the Rhodamine B Raman spectrum is researched. The limit of detection for these substrates has also been found.

The averaged Raman spectra show clearly the correlation between geometric parameters and the Raman signal enhancement. Alongside experiments, finite element method (FEM) modelling has been performed for the nanopillar structures. The enhancement of the electric field in these calculations show a dependency similar to the experimentally found one. The substrates are also characterised by a highly homogeneously distributed enhancement and they allow the detection of analyte concentrations down to 10^{-9} M.

The financial support of LZP project VPP-EM-FOTONIKA-2022/1-0001 is greatly acknowledged.