

Rys. 9. Widma Ramana rodaminy 6G zarejestrowane z różnych punktów powierzchni próbki naniesionej na powierzchnię warstwy nośnikowej CD

[15] Kneipp K., Kneipp H., Itzkan I., Dasari R., Feld M.S.: Surface-enhanced Raman scattering and biophysics, *J. Phys.: Condens. Mater.*, (2002) 14, R597 – R624.

[16] Kneipp K., Moskovits M., Kneipp H.: Surface-Enhanced Raman Scattering – Physics and applications, *Topics Appl. Phys.* (2006) 103, 261-278.

Praca została przedstawiona w postaci referatu na VIII Ogólnopolskim Sympozjum „Nauka i przemysł – metody spektrosko-

powe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości”, 9-11 czerwca 2015, Lublin oraz w monografii „Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości” pod red. Z. Hubickiego, UMCS, Lublin, 2015.

R. Jastrzęb¹⁾, M. Nowak¹⁾, M. Skrobańska¹⁾, M. Zabiszak¹⁾, T. Runka²⁾ – ¹⁾Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Chemii, Zakład Chemii Koordynacyjnej, ²⁾Politechnika Poznańska, Wydział Fizyki Technicznej

Preparatyka materiałów SERS-aktywnych

M. Nowak, R. Jastrzęb, K. Witkowska, Ł. Marciniak*

W artykule opisano opracowane metody preparatyki różnego typu materiałów zawierających nanocząstki srebra na potrzeby Wzmocnionej Powierzchniowo Spektroskopii Ramana (SERS). W pracy przedstawiono preparatykę koloidów srebra stabilizowanych za pomocą PVP (poliwinylopirolidon) oraz preparatykę koloidu srebra umieszczonego w materiale polimerowym.

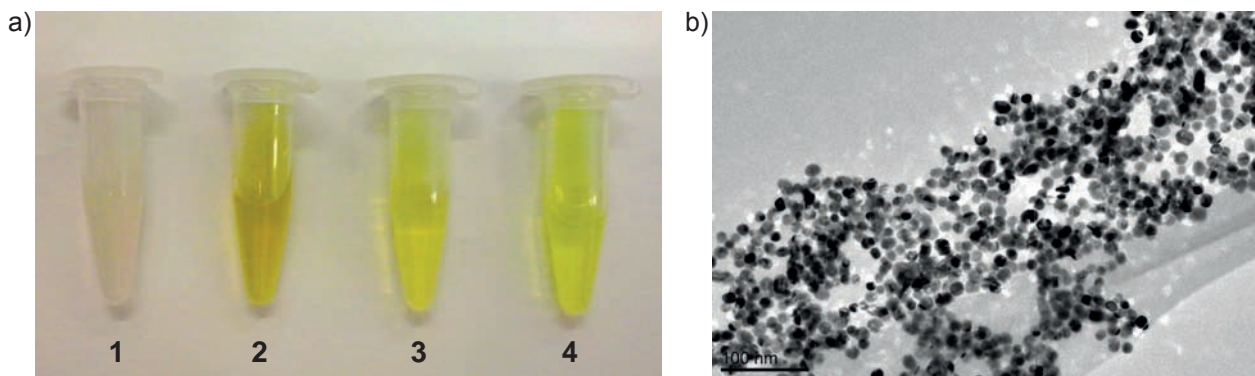
Wprowadzenie

Srebro w postaci nanocząstek posiada unikalne właściwości fizykochemiczne szeroko wykorzystywane w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym oraz elektronicznym. Ze względu na silne właściwości bakteriobójcze, nanocząstki srebra stosuje się w środkach odkażających (np. na rany, oparzenia) czy też dezynfekujących (do odkażania narzędzi chirurgicznych). Znanych jest wiele metod preparatyki nanocząstek, dzięki którym można uzyskać różne

formy nanosrebra. Najbardziej znane postaci nanomolekuł to koloidy, aerozole a także zredukowane formy srebra naniesione na powierzchnie innego metalu, na przykład miedzi oraz litograficznie wytrawione powierzchnie metali. Powierzchniowo Wzmocniona Spektroskopia Ramana (SERS) jest obecnie jednym z najbardziej obiecujących obszarów badań naukowych, ze względu na zdolność do czułego i selektywnego wykrywania cząstek zaadsorbowanych na powierzchni nanostruktur

metalicznych. Jest to szczególnie istotne w badaniach związków chemicznych, które występują w bardzo niskich stężeniach i niemożliwa jest ich identyfikacja za pomocą innych metod spektroskopowych [1]. Efekt wzmocnionego powierzchniowo Ramana uzyskuje się na skutek oddziaływania promieniowania padającego z cząsteczkami badanych substancji zaadsorbowanymi na nanostrukturach metali takich jak miedź srebro czy złoto. W literaturze szeroko opisywane są róż-

nych rodzaju SERS-aktywne podłoża [2,3]. Powierzchniowo Wzmocniona Spektroskopia Ramana jest szeroko wykorzystywana w badaniach o charakterze biologicznym – badania żywych komórek, związków biologicznie czynnych czy to pomiarów glukozy *in vivo*. Technika ta znalazła również zastosowanie w analizie śladowej do detekcji zanieczyszczeń wody. Jednym z najciekawszych zastosowań SERS jest możliwość wykrywania zmian nowotworowych w warunkach *in vivo* [4].



Rys. 1. Koloidy srebra: a) o rozmiarach: 1/ 80 nm; 2/ 60 nm; 3/ 20 nm; 4/ 10 nm; b) obraz TEM koloidu o rozmiarze 10 nm

Celowym jest zatem prowadzenie optymalizacji procesów preparatyki różnorodnych materiałów o potencjalnym zastosowaniu jako podłoże do badań SERS.

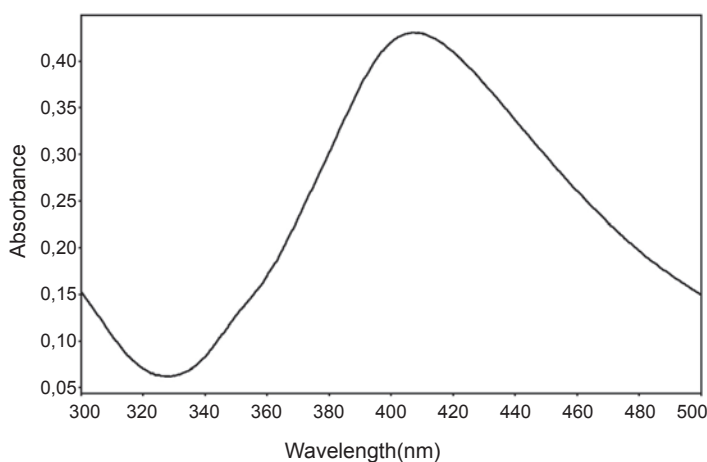
Część eksperymentalna

Koloidy srebra redukowano odpowiednio borowodorkiem sodu (NaBH_4), D-glukozą lub cytrynianem sodu. Proces przygotowania koloidów redukowanych borowodorkiem sodu rozpoczęto od ochłodzenia roztworu NaBH_4 do temperatury 4-5°C. Po ochłodzeniu do kolby powoli i jednostajnie wkroplono roztwór AgNO_3 , a pozostawiono roztwór w lodzie na ok. 1 h. W przypadku redukcji azotanu srebra D-glukozą najpierw zmieszano roztwór AgNO_3 z roztworem glukozy, po czym podgrzano roztwór do temperatury 85°C. Następnie powoli dodano NaOH. W przypadku redukcji azotanu srebra cytrynianem sodu w pierwszej kolejności roztwór cytrynianu sodu doprowadzono do wrzenia a następnie wkroplono odpowiednią ilość AgNO_3 . Całość ogrzewano przez 60 min. Następnie do roztworu PVP wkraplano koloid i pozosta-

wiono na 24 h w celu dokładnego wymieszania. Widma absorpcji otrzymanych koloidów srebra zarejestrowano przy użyciu spektrofotometru UV-VIS Evolution 300 Thermo Scientific. W celu uzyskania koloidu umieszczonego na polimerowej matrycy rozpuszczono PVA (alkohol poliwinylowy) w wodzie demineralizowanej w temp. 85°C. Po schłodzeniu do temp. pokojowej dodano koloid srebra. Otrzymany roztwór naniesiono na szalkę Petriego i suszono w temp. 70°C aż do całkowitego odparowania wody otrzymując cienką folię z równomiernie rozproszonym koloidem srebra.

Wyniki

W pracy przeprowadzono preparatykę nanocząstek srebra w postaci koloidów sferycznych redukowanych chemicznie za pomocą D-glukozy, borowodorku sodu lub cytrynianu sodu. Otrzymano koloidy w których nanostruktury srebra miały rozmiary w granicach 10-80 nm. Koloidem najbardziej stabilnym okazał się ten redukowany cytrynianem sodu. Powierzchnię koloidów scharakteryzowana za po-



Rys. 2. Widmo Vis dla koloidu srebra redukowanego cytrynianem sodu

mocą Elektronowego Mikroskopu Transmisyjnego (TEM) (rys. 1).

Otrzymane koloidy charakteryzowano rejestrując widmo w zakresie widzialnym. Dla koloidów srebra długość fali, przy której występuje maksimum absorpcji jest w przedziale 390-420 nm w zależności od sposobu preparatyki (rys. 2.).

Literatura

[1] J. Najbar, A. Turek, Fotochemia i spektroskopia optyczna, (2009), 89-94
 [2] Y.J. Liu et al., Appl. Phys. Lett., 94, (2009), 0033103
 [3] X. Sun et al., Mater. Lett., 63, (2009), 2306

[4] X. Qian et al., Nat. Biotechnol. 26, (2008), 83-90

Praca została przedstawiona w postaci posteru na VIII Ogólnopolskim Sympozjum „Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości”, 9-11 czerwca 2015, Lublin oraz w monografii „Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości” pod red. Z. Hubickiego, UMCS, Lublin, 2015.

* M. Nowak, R. Jastrzęb, K. Witkowska, Ł. Marciniak; Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Chemii