

Celem projektu jest opracowanie nowatorskiej metody syntezy nanostruktur srebra i złota w układzie cię głym, wykorzystując cym stałopr dowe wyładowanie jarzeniowe małej mocy, generowane pod ciśnieniem atmosferycznym w kontakcie z przepływającą cieczą katodą (tzw. ciekła katoda). W ramach planu badawczego przewiduje się określenie wpływu różnych warunków pracy wspomnianego układu na właściwości optyczne i granulometryczne otrzymywanych nanocząstek. Wspomniane mikrowyładowanie jarzeniowe będzie wytwarzane w przestrzeni pomiędzy przepływającą cieczą katodą i mikrostrugą gazową (zasilaną różnymi gazami wyładowczymi, np. argonem, helem, azotem, tlenem, powietrzem) lub stałą elektrodą metaliczną w atmosferze otaczającej tego powietrza. Zostaną także zbadane mechanizmy reakcji oraz procesów plazmowych na granicy faz cieczi-mikrowyładowanie, odpowiedzialne za powstawanie nanostruktur srebra i złota. Projekt zakłada, że granica faz cieczi-mikrowyładowanie w badanym przepływowym układzie reakcyjno-wyładowczym stanowi bogate źródło reaktywnych form tlenu i azotu oraz solwatowanych elektronów, które będą brały udział w reakcjach redukcji prekursorów nanocząstek i wpływają na powstawanie stabilnych w czasie, jednorodnych nanostruktur srebra i złota o określonym kształcie i pokroju. Podtrzymywanie pracy mikrowyładowania jarzeniowego we wspomnianych warunkach zwikszy wydajność syntezy nanostruktur obu metali. Zastąpienie mikrostrugi gazowej stałą elektrodą metaliczną i podtrzymywanie mikrowyładowania jarzeniowego tylko w atmosferze otaczającej tego powietrza uprości natomiast konstrukcję układu reakcyjno-wyładowczego oraz znacznie zredukuje koszty otrzymywania nanocząstek.

Do najczęściej stosowanych obecnie technik syntezy nanostruktur srebra i złota należą metody redukcji chemicznej, fotochemicznej i sonochemicznej. W chemicznych metodach syntezy konieczne jest zastosowanie odpowiednich związków zarówno redukujących, jak również przeciwdziałających agregacji i sedymentacji powstających nanocząstek. Obie grupy substancji niejednokrotnie wykazują działanie toksyczne, co ogranicza zastosowanie otrzymywanych nanocząstek w układach biologicznych. Z tego względu poszukuje się nowych metod syntezy nanostruktur srebra i złota, którym nie towarzyszyłoby powstawanie toksycznych produktów, które byłyby szybsze niż dotychczasowe lub pozwalałyby wytwarzać nanostruktury o zadanej wielkości oraz kształcie.

Alternatywnymi w stosunku do redukcji chemicznej sposobami wytwarzania nanocząstek srebra i złota są metody biologiczne oraz, dopiero rozwijane, metody plazmowe. W procesach biosyntezy nanostruktur srebra i złota wykorzystuje się wspólnie różne rodzaje substancji naturalne, np. ekstrakty roślinne, bakteryjne, grzybowe czy algowe. Posiadają one zarówno właściwości redukujące, jak i stabilizujące, nie wykazują przy tym szkodliwego działania na organizmy żywe. Mimo tego, ich zastosowaniu towarzyszy konieczność pracochłonnego oczyszczania i izolacji wytworzonych nanostruktur. Wydatki na ten proces biosyntezy nanocząstek oraz zwikszyłyby jego koszty.

Odpowiedzią na złożone i utrudnione biosyntezy nanocząstek srebra i złota są metody plazmowe. Ze względu na powstawanie na granicy faz ciecz-plazma znacznych ilości naładowanych cząstek i wolnych rodników, zastosowanie syntezy plazmowej eliminuje konieczność stosowania związków o charakterze reduktorów. Umożliwia to przeprowadzenie jednoetapowej syntezy nanocząstek, obniżając koszty i czas ich wytwarzania. W dotychczas opracowanych i opisanych w literaturze naukowej plazmowych metodach syntezy nanostruktur metalicznych stosuje się wyłącznie stacjonarne układy reakcyjno-plazmowe z różnymi plazmami atmosferycznymi. Pracy tych układów towarzyszy zazwyczaj niekontrolowane oddziaływanie plazm z roztworami prekursorów nanocząstek srebra i złota. W wyniku kontaktu gazowych strug plazmowych z cieczą, roztwory prekursorów nanocząstek ulegają częściowemu odparowaniu, co prowadzi do zmiany odległości pomiędzy powierzchnią roztworów i źródłami plazmy. Wpływa to niekorzystnie zarówno na parametry wyładowania w plazmie, jak i zmianę stabilności reaktywnych form tlenu i azotu oraz solwatowanych elektronów na granicy faz ciecz-plazma. W takich warunkach synteza nanostruktur metalicznych może być niestabilna, trudniej również kontroluje się właściwości optyczne oraz granulometryczne otrzymywanych nanocząstek. Ich rozmiar i kształt mogą się zmieniać w danym zakresie, a w skrajnych przypadkach, wspomniane właściwości nanostruktur mogą być wysoce nieporządne.

Wydaje się, że rozwinięciem wyżej wymienionych problemów syntezy nanocząstek srebra i złota z zastosowaniem plazm atmosferycznych w układach stacjonarnych jest wykorzystanie układu przepływowego. Zastosowanie takiego układu stanowiłoby ważnym etapem rozwoju plazmowych metod syntezy nanostruktur metalicznych. Przypuszcza się, że użycie mikrowyładowania jarzeniowego generowanego pod ciśnieniem atmosferycznym pomiędzy przepływającą cieczą katodą a mikrostrugą gazową (zasilaną azotem, tlenem lub powietrzem) lub elektrodą metaliczną w atmosferze otaczającej tego powietrza zwikszy wydajność wytwarzania nanocząstek srebra i złota oraz ich nanostruktur bimetalicznych. Co więcej, zaproponowane w projekcie układy reakcyjno-wyładowcze mogą zapewnić większą kontrolę nad przebiegiem procesu syntezy oraz jako cię uzyskiwanych nanostruktur ze względu na stałą odległość pomiędzy odtwarzaną powierzchnią ciekłej katody i strugą gazową, czy elektrodą stałą oraz powtarzalną penetracją warstwy powierzchniowej roztworów prekursorów przez mikrowyładowanie. Otrzymywanie w ten sposób nanocząstek srebra i złota, czy ich nanostruktury bimetaliczne wymagałoby mniejszych nakładów finansowych, dzięki czemu zaproponowana metoda plazmowa byłaby konkurencyjna w stosunku do tradycyjnych metod redukcji chemicznej. Co więcej, w odpowiednich warunkach do wiadczalnych może być, w stosunkowo krótkim czasie, wytwarzanie dużych ilości biokompatybilnych nanocząstek srebra i złota o określonych właściwościach optycznych i granulometrycznych. Zastosowanie elektrody metalicznej w miejscu strugi gazowej oraz podtrzymywanie mikrowyładowania wyłącznie w atmosferze otaczającej tego powietrza dodatkowo obniży koszty pracy omawianego przepływowego układu reakcyjno-wyładowczego oraz procesu wytwarzania nanocząstek srebra i złota.

Określenie wpływu warunków pracy stosowanego mikrowyładowania jarzeniowego na właściwości optyczne, a także rozmiar i kształt otrzymywanych nanostruktur srebra i złota oraz zbadanie mechanizmów reakcji zachodzących na granicy faz cieczi-mikrowyładowanie, odpowiedzialnych za wytwarzanie nanostruktur obu metali w obu układach przepływowych, daje szansę na syntezę nanocząstek wspomnianych metali szlachetnych o zadanym rozmiarze i kształcie. Dobór optymalnych warunków pracy mikrowyładowania pozwoli również kontrolować wydajność i przebieg tego procesu. Opracowany i scharakteryzowany

przeplływowy układ reakcyjno-wyładowniczy będzie można zastosować w przyszłości nie tylko do syntezy nanostruktur srebra i złota, ale także innych metali, np. miedzi, żelaza, manganu. Ponadto, tego rodzaju mikrowyładowanie, ze względu na obecność reaktywnych form tlenu i azotu oraz solwatowanych elektronów na granicy faz ciecz-mikrowyładowanie, może być z powodzeniem zastosowane do wydajnej sterylizacji różnego rodzaju mikroorganizmów z nieporowatych powierzchni, a także do oczyszczania wód i cieków z toksycznych związków organicznych. Z tego względu projekt ma istotne znaczenie dla rozwoju nanochemii i nanotechnologii, jak również biotechnologii, mikrobiologii oraz inżynierii środowiska.