

А.В. ЮДИНА, Л.В. ЛЯШОК, канд. техн. наук, професор,
І.А. ТОКАРЄВА, аспірант

Електрохімічна імпедансна спектроскопія анодних оксидів ніобію

Останнім часом одним із перспективних напрямків наукових досліджень є електрохімічне формування наноструктурованих оксидів вентильних металів, зокрема ніобію. Інтерес до анодних оксидних плівок (АОП) даного металу обумовлений їх унікальними функціональними властивостями. Різноманітні режими та умови формування оксидних шарів дозволяють отримувати покриття з різними характеристиками. Для ефективного практичного застосування зазначених матеріалів, актуальним є дослідження їх основних фізико-хімічних властивостей. Одним з найбільш інформативних методів дослідження структур на поверхні металів являється електрохімічна імпедансна спектроскопія (ЕІС). Цей метод представляє досить потужний інструментарій для отримання інформації про основні характеристики оксидних систем.

Як вихідний матеріал для синтезу поруватого анодного оксиду ніобію використовували ніобієву фольгу товщиною 0,1 мм чистотою 99,99 %. Анодне окиснення проводили у розчині 1 М H_2SO_4 з додаванням NF різної концентрації (0,25–0,5 М). Результати скануючої електронної мікроскопії (СЕМ) та рентгеноструктурного аналізу синтезованих оксидних покриттів свідчать, що на ніобії шляхом варіювання умов електролізу можна сформувати пористий оксид як аморфної, так і кристалічної структури.

Властивості отриманих плівок оцінювалися методом ЕІС. Аналіз експериментальних даних дозволив вибрати еквівалентну електричну схему, яка адекватно відображає міжфазні границі сформованих структур. Дана схема враховує не тільки напівпровідникові властивості, а й морфологічні особливості АОП на поверхні ніобію в широкому частотному діапазоні, а саме резистивні та ємнісні параметри бар'єрного та пористого шару оксиду. Були розраховані значення елементів вибраної еквівалентної схеми.

Отримані результати моделювання даних ЕІС анодного оксиду ніобію показують, що опір внутрішнього бар'єрного шару АОП значно вищий, ніж опір зовнішнього шару оксиду. Це може бути пов'язане з наявністю пор в зовнішньому оксиді. Значення ємності бар'єрного шару збільшується з підвищенням напруги анодування, що вказує на зменшення товщини внутрішнього оксиду, та може бути обумовлене переходом бар'єрного шару в пористий зі збільшенням довжини пор або пористості з ростом напруги анодування.

Таким чином, використання електрохімічного моделювання дозволило виділити та розрахувати в анодних оксидах ніобію електричні параметри, які відповідають різним шарам АОП, вивчити особливості структури та морфології синтезованих оксидних плівок, що корелює з даними, отриманими за допомогою методу скануючої електронної спектроскопії.