

УДК: 539.2, 669.24

Д.В. Матулка, І.І. Григорчак, Б.А. Лукіянець
Національний університет „Львівська політехніка”,
м. Львів, Україна

ІМПЕДАНСНИЙ ВІДГУК ТА КВАНТОВА ЄМНІСТЬ КЛАТРАТИВ КОНФІГУРАЦІЇ НЕОРГАНІЧНИЙ НАПІВПРОВІДНИК/ОРГАНІЧНИЙ КОНТЕНТ

В пропорованих експериментах базовим об’єктом (матеріалом – “господарем”) служили шаруваті напівпровідники - селеніди галію (*GaSe*) та індію (*InSe*).

З допомогою інтеркаляційних технологій були сформовані супрамолекулярні структури з органічними акцепторами (родамін С (РС), родамін (РЖ)), барвниками (метиленовий синій (МС)), а також олігомерами (з оліго-диметиламіно-метакрилатом), тобто, були сформовані наступні структури: $X<PC>$, $X<MC>$, $X<PЖ+МС>$, $X<ОДМ>$ ($X = Ga, In$).

Дослідження проводились методом імпедансної спектроскопії. Імпедансні виміри виконувались в напрямку $C -$ осі в діапазоні частот $10^{-2} \div 10^5$ Гц. Аналіз частотних залежностей комплексного імпедансу Z проводився графоаналітичним методом з допомогою програмного пакету *ZView 2.3*.

Властивості структури конфігурації напівпровідник/родамін С суттєво міняються при накладанні в процесі синтезу електричного поля та освітлення.

На рис. 1 наведені діаграми Найквіста для наноструктури *InSe<PC>*. Поява високочастотних горизонтальних віток (криві 2 і 3 на рис. 1), природа яких найімовірніше пов’язана з квантовою ємністю (C_Q), зумовленою, як дискретизацією енергетичного спектру нанопрошарків *InSe*, так і кінечністю часів тунелювання.

Годографи імпедансу (рис. 2) для *InSe<ОДМ>* являють собою лінії, практично паралельні до осі значень уявної частини комплексного імпедансу, за винятком хіба що найнижкочастотнішого δ -околу. Якщо така поведінка поза зазначеним околом з високою точністю моделюється послідовно з’єднаними резистором і конденсатором, то в ньому ситуація є складнішою. Так, для більш розширеної матриці селеніду індію найнижкочастотніша вітка годографу

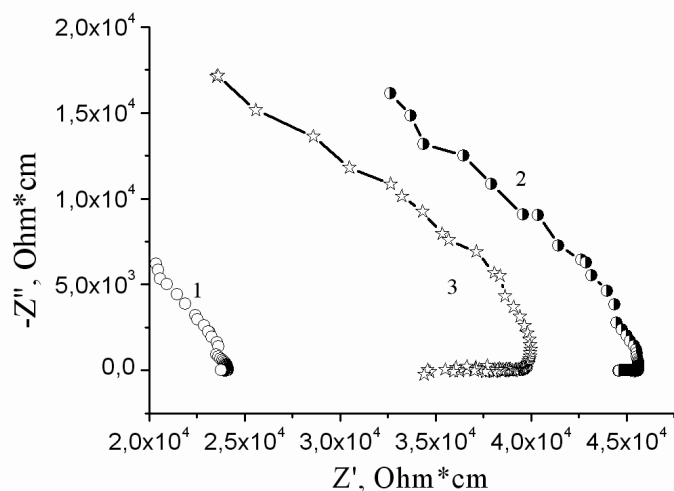


Рисунок 1 - Діаграми Найквіста для наноструктури *InSe<PC>*, синтезованої у електричному і виміряні в темряві (2) та при освітленні (3). (1) – вихідна розширена матриця.

імпедансу вказує на візуалізацію квантової ємності C_Q , зумовленої як дискретизацією енергетичного спектру нанопрошарків *InSe*, так і кінечністю часів тунелювання.

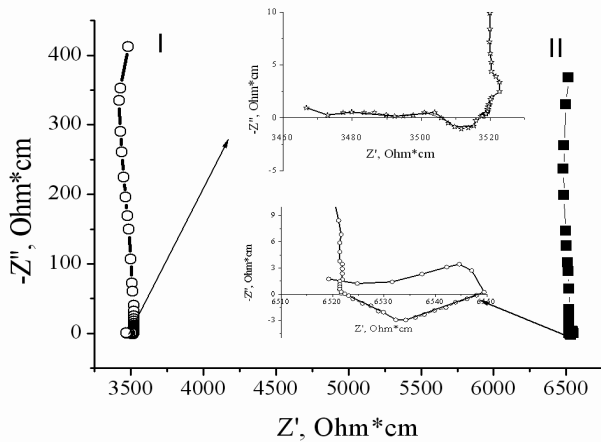


Рисунок 2 - Діаграми Найквіста, побудовані для напрямку, перпендикулярного до шарів наноструктури *InSe*<ОДМ > зі ступенню розширення 2 – (II), та 4–(I).

Для коінтеркалатних структур *GaSe*<МС+РЖ>, синтезованих в електричному полі з одночасним освітленням, характерним є нівелювання змін кінетичних властивостей, викликаних одним із гостьових компонентів. Найімовірніший механізм цього явища - блокування зарядового обміну *GaSe* \Leftrightarrow МС більш вигідним донорно-акцепторним обміном МС \Leftrightarrow РЖ. Однак діелектричні властивості міняються більш суттєвим чином.

Поведінка *InSe*< МС+РЖ > синтезованої за нормальних умов є аналогічною до *GaSe*<МС+РЖ>. При накладанні електричного поля разом з освітленням під час синтезу дещо деформується середньочастотна вітка дійсної складової комплексного імпедансу.

Для структури *InSe*<МС> в темряві низькочастотна вітка, переходячи у

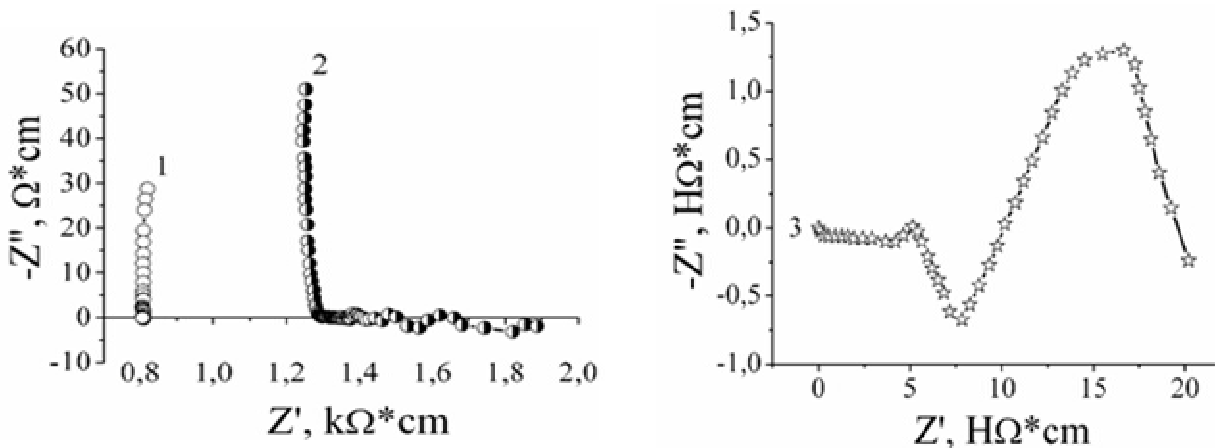
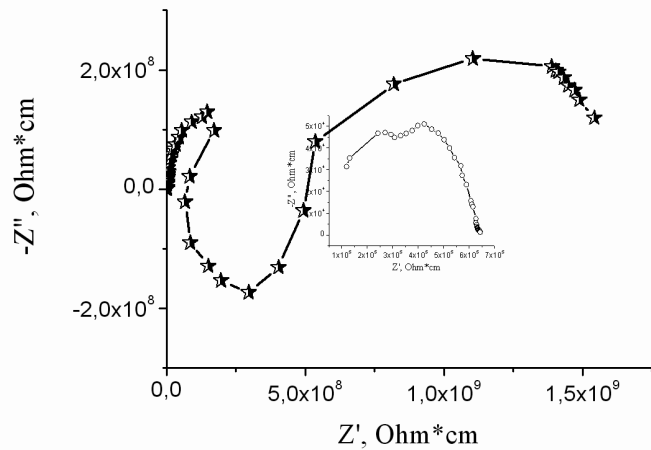


Рисунок 3 - Діаграми Найквіста, побудовані для напрямку, перпендикулярного до шарів наноструктури *InSe*<МС> в темряві – (2) та при освітленні –(3). (1) – вихідна розширена матриця.

IV- «індуктивний» квадрант комплексної площини осцилює навколо осі абсцис (крива 2 на рис. 3). При освітленні індуктивний відгук спостерігається уже у високочастотній області (крива 3 на рис. 3).

При входженні олігомеру в чотирьохкратно розширену матрицю *GaSe* спостерігається відповідність між деформацією низькочастотної вітки $\rho(\omega)$ і подібною як у випадку *InSe*<MC>, перехід відповідної вітки діаграми Найквіста у IV-«індуктивний» квадрант комплексної площини (рис. 4).

Нами були проведені теоретичні розрахунки квантової ємності для наноструктур різної електричної природи.



Рисуєт 4 - Діаграми Найквіста, побудовані для напрямку, перпендикулярного до шарів чотирьохкратно розширеної матриці *GaSe* (вставка до рисунку) та наноструктури на її основі *GaSe*<ОДМ>