

მრავალი ელექტრონის კოჰერენტული მიმოცვლის ვოლტამეტრული გამოვლინებანი
ელექტროლიტურ გარემოსთან კონტაქტში მყოფ, ოქროზე დაფენილ სუბ-ნანომეტრული
სისქის ორფენოვან კვაზი-ექსიტონურ ფირებში

დimitრი ე. ხოსტარია ^{ა,ბ}, თინათინ დოლიძე ^ბ, ნიკოლოზ ნიორაძე ^ბ, მიხეილ შუშანიანი ^ბ

ელ-ფოსტა: dimitri.khoshtariya@tsu.ge

^ა ფიზიკის განყოფილება, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი,
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

ი. ჭავჭავაძის გამზ., 3, თბილისი 0179, საქართველო

^ბ ბიოფიზიკის განყოფილება, ი. ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრი,
გოთუას 14, თბილისი 0160, საქართველო

^ბ რ. აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტი,
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
მინდელის 11, თბილისი 0186, საქართველო

ე.წ. „თხევადი“ ტიპის ვოლტამპერომეტრული (ელექტროქიმიური) უჯრედები სამ-ელექტროდიანი კონფიგურაციით, რომლებშიც სხვადასხვა ტიპის ატომარული მასშტაბის, 2D არაორგანული, ორგანული, ბიომოლეკულური, ან ჰიბრიდული ტიპის დანაფარებანი „მუშა“ (Au) ელექტროდები პირდაპირ კონტაქტში იმყოფებიან თხევად ელექტროლიტურ გარემოსთან, წარმოადგენენ იდეალურ სისტემებს სუბ-ნანომეტრული სისქის ფირებში ელექტრონების მიმოცვლის ფიზიკური მექანიზმების შესასწავლად, ცდის ობიექტების (ფირების) ინტაქტურობის დამზოგავ რეჟიმში, როგორც ოთახის, ისე მასთან მიახლოებულ ტემპერატურულ პირობებში. შესაბამისი ვოლტამპერული ექსპერიმენტის ჩატარების მეთოდოლოგია, რომელიც კარგად არის განვითარებული როგორც ინსტრუმენტული/აპარატურული, ისე მონაცემთა დამუშავების პროგრამული უზრუნველყოფის თვალსაზრისით, საშუალებას იძლევა, რათა მაღალი სიზუსტით განისაზღვროს Au-ელექტროდებზე დაფენილ („თვითაწყობილ“) ფირებში (ან ფირებზე) იმობილიზირებული რედოქს-აქტიური ცენტრების (მაგალითად, გარდამავალ მეტალთა იონების) ზედაპირული კონცენტრაცია, ელექტრონების გადასვლის ელემენტარულ აქტში გადაცემული მთლიანი მუხტი, ერთ ჯერზე გადატანილი ელექტრონების რაოდენობა (მაგალითად, $n = 1, 2, \dots, 10, \dots$), გადასვლის ალბათობა დროის ერთეულში (სიჩქარის მუდმივა), ამ პროცესის გარემოს რეორგანიზაციის ენერგია, და სხვა ფიზიკური პარამეტრები. ჩვენს ადრინდელ პუბლიკაციაში მოთხრობილი იყო Au-ელექტროდებზე დაფენილი, ცისტენის (L-cys) და მასთან კოორდინირებული სპილენძის იონების (Cu^{2+}) მონაწილეობით თვითაწყობილი ჰიბრიდულ კვაზი-2D ნანოფირებში Au-ზედაპირის და Cu-ცენტრებს შორის შორის ერთი ელექტრონის მიმოცვლის მექანიზმის ვოლტამპერული სიგნალის არსებობის შესახებ [1].

შემდგომში იგივე სისტემისთვის ჩვენ აღმოვაჩინეთ ვოლტამპერული სიგნალის (მუხტის მიმოცვლის კათოდური და ანოდური საკმაოდ განიერი პიკების) საოცარი გარდაქმნა უნიკალურ და მეტად იშვიათი ფორმის, ზევიწრო პიკებად [2]. ამასთან, თვითეული ვოლტამპერული პიკის ფართი, მათი ფორმის არსებითი ტრანსფორმაციის მიუხედავად, რჩება უცვლელი, რაც მიუთითებს პროცესში მონაწილე Cu^{2+} -იონების საერთო რაოდენობის სრულ კონსერვაციაზე. ზემოაღწერილი და, ასევე, კომპიუტერული მოდელირების მეთოდით მიღებული ჩვენივე შედეგები, ერთობლოვად, შესაძლებელია აიხსნას Au-L-cys-ის ფირების და Cu^{2+} იონების შემცველი, კოლექტიურად რედოქს-აქტიური ჰიბრიდული კვაზი-1D ნანოკლასტერების $[(L-cys-CO_2^-)_2Cu^{2+}]_m$ (სადაც: $m = 2, 4, \dots, 10, \dots$) წარმოშობით, რომლებიც სავარაუდოდ ფორმირდება სპინური ურთიერთქმედებით განპირობებული ბოზონური კონდენსაციის ხარჯზე [2,3]. სწორედ ამ ნანოკლასტერებში გაერთიანებული Cu^{2+} -იონების რიცხვი განაპირობებს ერთდროულად (კოჰერენტულად) გადასული ელექტრონების რაოდენობას, რომლებიც კოლექტიურად უკვე აღარ წარმოადგენენ ფერმიონებს არამედ ქმნიან ერთიან ბოზონურ კვაზი-ნაწილაკს. ამავე დროს, შესწავლილი თვითაწყობილი ფირების შემადგენელი, Au და Cu-თან „მორგებული“ ზედაპირული ფენები შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც კვაზი-ექსიტონური წარმონაწმნები, რომლებიც გაცვლიან ბოზონურ გაზს [3].

ლიტერატურა:

[1] D. E. Khoshtariya *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **48** (2015) 255402; [2] D. E. Khoshtariya The 2nd ECMOLS Conference Abstr., p. 77 (Peniscola, Spain; 21/24.10.2018); [3] P. Eisenstein, Ann. Rev. Cond. Matt. Phys., **5** (2014) 159.