

10 FAİZLİ QADOLINIUMLA AŞQARLANMIŞ KARBON NANOBORUNUN VOLT-AMPER XARAKTERİSTİKASI

R.Q. ABASZADƏ^{1,2}

¹Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu,
Az-1143, Bakı şəhəri, H.Cavid pr. 131.

²Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,
Az-1010, Bakı şəhəri, Azadlıq pr.20

E-mail: abaszada@gmail.com r.abaszada@physics.science.az

Təqdim olunan məqalə 10 faizli qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun volt-ampere xarakteristikasına həsr olunmuşdur. Belə ki, düzbucaqlı paralelepiped şəklində salınmış karbon nanoborunun volt-ampere xarakteristikası müəyyən edilmiş və gərginliyin müəyyən qiymətlərində əks differensial effekt müşahidə olunmuşdur. Müşahidə olunan effekt aşqarlanmış karbon nanoborularında daha intensiv xarakter daşıyır ki, bu da aşqarlanmanın təsiri ilə bağlıdır.

Açar sözlər: Karbon nanoboru, volt-ampere xarakteristikası

PACS: 51.50.+V, 52.80.-s, 61.48 De +C, 73.63.Fg

1. GİRİŞ.

Elm və texnikanın sürətli inkişafı nanoelektronika qurğularının yeni modifikasiyalarla zənginləşdirilməsi aktuallığını artırmışdır. Bu da, öz növbəsində cihazqayırma sahəsində inqilabi yeniliklərlə müşahidə olunmağa başlamışdır. İlk dəfə 1991-ci ildə yaponiyalı alim Saomi İidjima tərəfindən karbon nanoboruların alınması həyata keçirilmiş və mühüm xüsusiyyətlərinin olması müəyyən edilmişdir [1]. Elektrik qövsü metodu ilə alınmış karbon nanoborunun təmizliyi, keyfiyyəti, səth morfologiyası skanedici elektron mikroskopu (SEM) və Raman səpilməsi metodları ilə analiz edilmişdir. Yüksək keyfiyyətli karbon nanoborunun sintez olunması və uyğun olaraq Raman spektrində müşahidə olunan piklərin azdivarlı karbon nanoborulara xas olduğu göstərilmişdir [2]. Elektrik qövsü metoduna əsasən alınmış karbon nanoborunun volt-ampere xarakteristikası tədqiq olunmuşdur. 25MPa sıxıcı təzyiğin köməyi ilə düzbucaqlı paralelepiped şəklində salınmış karbon nanoborunun volt-ampere xarakteristikası ölçülmüş, gərginliyin müəyyən qiymətlərində əks differensial effekt müşahidə olunmuşdur [3]. Qrafen əsaslı qrafen oksid nümunəsinin otaq temperaturunda tədqiqi zamanı da əks differensial effekt müşahidə olunmuşdur. Bunun effektiv laylararası sulfur qrupları ilə əlaqəli olduğu müəyyən edilmişdir. Bundan başqa göstərilmişdir ki, əks differensial effektin funksional qrupların yaratdığı lokal səviyyələr arasındakı keçidlərlə də bağlıdır [4].

Məlum olduğu kimi, nanoquruluşların volt-ampere xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi həm təcrübi, həm də nəzəri cəhətdən olduqca mühüm əhəmiyyətə malikdir. Belə ki, bu tədqiqatlar nəticəsində yükdaşıyıcıların generasiyasının, rekombinasiyasının, eləcə də köçürmə hadisələrinin öyrənilməsi istiqamətində lazımi informasiyaların alınmasına köməklik göstərir. Bundan başqa, volt-ampere xarakteristikasının tədqiqi ilə cihazqayırma istiqamətində yeni nailiyyətlər əldə etmək mümkündür.

Karbon nanoborularının nəzəri və təcrübi olaraq elektrik və maqnit xassələrinin araşdırılması zamanı

yükdaşıyıcıların kvant təbiəti ilə bağlı müvafiq effektlər müşahidə olunmuşdur. Keçiricilik spektrinin və VAX analizinin nəticələri göstərir ki, karbon nanoborularında ballistik keçiricilik [5-7], tunel [8] və pilləvari (sıçrayışlı) keçiricilik [9, 10] müşahidə olunur. Hal-hazırda karbon nanoboruların əsasında yeni növ tranzistorların yaradılması mümkün olmuşdur [11].

Təqdim olunan məqalədə məqsəd kimi 25MPa təzyiq altında sıxılaraq düzbucaqlı paralelepiped şəklində hazırlanmış karbon nanoborunun volt-ampere xarakteristikasını tədqiq etməkdən ibarətdir.

2. TƏCRÜBİ HİSSƏ

Təmiz karbon nanoboru və 10 faizli qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborular uzunluğu 12 mm, eni 4 mm və dərinliyi 4 mm olan düzbucaqlı paralelepiped şəkilli yuvanın içərisinə doldurularaq 10 dəqiqə ərzində 25MPa sıxıcı təzyiq altında saxlanılmışdır. Nümunəyə bir-birinə paralel yerləşdirilmiş kontaktlar qoyulmuş, müqavimətlərin də uyğun olaraq $R=0,3k\Omega$ və $R=0,4k\Omega$ olduqları nəzərə alınaraq, volt-ampere xarakteristikaları müəyyən edilmiş və aşağıdakı şəkildə qrafikləri alınmışdır.

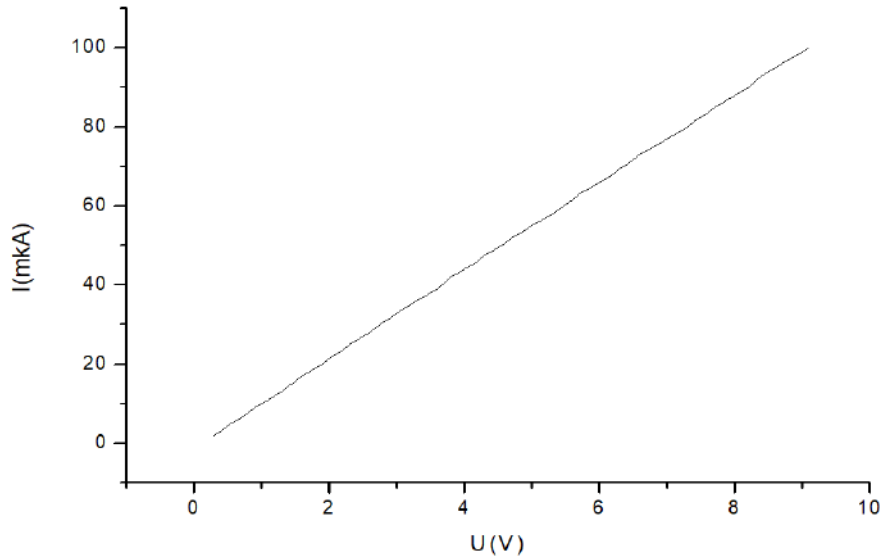
3. NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Şəkil 1-dən görünür ki, gərginliyin 1,3V qiymətinə qədər cərəyan şiddəti xətti xarakter daşıyır. $U=1,3$ olduqda, cərəyan şiddətinin artması ilə gərginliyin kvadratik artması baş verir. Bu artım $U=1,5$ qiymətində maksimumla nəticələnir, 1,6V-da isə yenidən xətti formada artmağa başlayır. Bu proses gərginliyin 1,65÷1,7V; 1,8÷1,9V; 1,95÷2,05V; 2,05V÷2,1V; 2,2V÷2,3V; 3,1V÷3,24V; 3,9V÷4,07V; 4,12V÷4,3V qiymətlərində baş verir. Şəkil 2-dən görünür ki, gərginliyin 0,23V qiymətinə qədər cərəyan şiddəti xətti xarakter daşıyır. $U=0,23V$ olduqda, cərəyan şiddətinin artması ilə gərginliyin kvadratik artması baş verir. Bu artım $U=0,47$ qiymətində maksimumla nəticələnir, 0,47V-da isə yenidən xətti formada artmağa başlayır. Bu proses gərginliyin 0,68÷0,8V; 1,1÷1,22V;

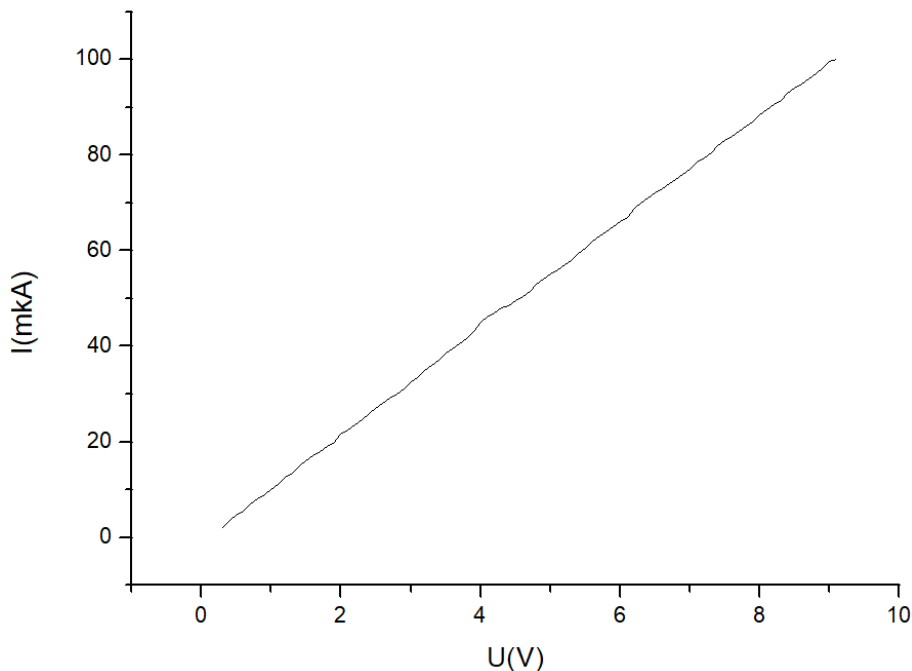
10 FAİZLİ QADOLİNİUMLA AŞQARLANMIŞ KARBON NANOBORUNUN VOLT-AMPER XARAKTERİSTİKASI

1,85÷2,07V; 2,3V÷2,4V; 3,05V÷4,3V qiymətlərində pilləvari artımla, 4,1V÷4,3V; 4,85V÷5,01V qiymətlərində isə piklərlə müşahidə olunur. Cərəyan şiddətinin artmasıyla gərginliyin belə dəyişmələrə məruz qalması əks differensial effektin baş verməsiylə izah oluna bilər ki, bu da öz növbəsində aşağı ölçülü sistemlərin tətbiqi baxımından olduqca mühüm xüsusiyyətlərdən hesab olunur. Bu, nanoborunun diametrinin dəyişməsi

və tunel cərəyanının meydana çıxması ilə bir başa bağlıdır. Karbon nanoborunun və qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun volt-ampere xarakteristikasının müqayisəli analizinin nəticələri aşqarlanmanın hesabına əks differensial effektin daha çox müşahidə olunduğunu deməyə imkan verir. Bu da, öz növbəsində müasir elektronika üçün qurğuların yaradılmasında smart materiallar kimi istifadəsini daha da aktual edir.



Şəkil 1. Elektrik qövsü metodu ilə alınmış və 25MPa təzyiq altında sıxılmış karbon nanoborunun VAX-sı.



Şəkil 2. 10 faizli qadoliniumla aşqarlanmış və 25MPa təzyiq altında sıxılmış karbon nanoborunun VAX-sı.

- [1] S. Iidjima. Synthesis of Carbon Nanotubes, Nature, 354, 1991, pp.56-58.
- [2] R.Q. Abaszadə, S.A. Məmmədova, R.İ. Ələkbərov, A.M. Nəbiyev, E.M. Əliyev, Ş.K. Səfərəliyev, O.A. Kapuş. Karbon nanoboruların alınması və analizi, Texniki Universitetin Elmi Əsərləri, №3, 2019, səh.11-18.
- [3] R.Q. Abaszadə, İ. Qasımoğlu, R.İ. Ələkbərov, O.A. Əliyev, E.Ə. Xanməmmədova. Energetikanın problemləri, №2, 2021, səh.13-16.
- [4] S.R. Figarova, E.M. Aliyev, R.G. Abaszadə, R.I. Alekberov, V.R. Figarov. Journal of Nano Research, 2021, vol.67, pp.25-31.

R.O. ABASZADƏ

- [5] Poncharal Ph. C. Berger, Yi Yan, Z.L. Wang, W.A. de Heer. J. Physical Chemistry, 2002, vol.106. pp.121004–121029.
- [6] J. Karamdel, M.T. Ahmadi, M. Damghanian, B.Y. Majlis, C.F. Dee, R. Ismail. Materials Research Innovations, 2009. v.13 (3), pp.211–213.
- [7] Y. Chiu, V.V. Deshpande, H. W.Ch. Postma. Phys. Rew. Letters, 2005, vol.95, pp.226101–226104.
- [8] А.А. Захарченко, Б.К. Петров, С.И. Курганский, А.Ф. Клиньских. Вестник ВГУ, 2008, №1, pp. 29–34.
- [9] M.A. Grujicic, G. Gao, W. Roy. Journ. of Materials Science, 2004, vol.39, pp.4441–4449.
- [10] С.В.Булярский, Ю.В.Рудь, Л.Н.Вострецова, А.С.Кагарманов, О.А.Трифонов. ФТП, 2009, том.43, № 4, стр. 460–466.
- [11] A. Srivastava, J.M. Marulanda, Y. Xu, A.K. Sharma. Carbon - Based Electronics, Transistors and Interconnects at the Nanoscale, Taylor & Francis Group LLC, 2015, 140 p.

R.G. Abaszade

**VOLTS-AMPERE CHARACTERISTICS OF CARBON NANOTUBES DOPED
10 PERCENT GADOLINIUM**

The presented article is devoted to the volts-ampere characteristics of carbon nanotubes doped with 10% gadolinium. Thus, the volts-ampere characteristics of the carbon nanotube were measured in the form of a rectangular parallelepiped, and a negative differential effect was observed at the given voltage values. The observed effect is more pronounced when using carbon nanotubes, which is associated with the effect of additives.

Р.Г. Абасзаде

**ВОЛЬТ-АМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК,
ЛЕГИРОВАННЫХ 10 ПРОЦЕНТНЫМ ГАДОЛИНИЕМ**

Изучены вольт-амперные характеристики углеродных нанотрубок прямоугольного сечения, легированных 10% гадолинием и установлено в них наличие ярко выраженного отрицательного дифференциального эффекта.

Qəbul olunma tarixi: 17.08.2021