

UOT: 538.9

ENERGETİK TEST KRİSTALININ ALINMASI ÜSULU VƏ NANOBORULARININ KEÇİRİCİLİYİ

¹KƏRİMOV E.Ə., ²MUSAYEVA S.N.

¹Milli Aerokosmik Agentliyi

²Azərbaycan Texniki Universiteti

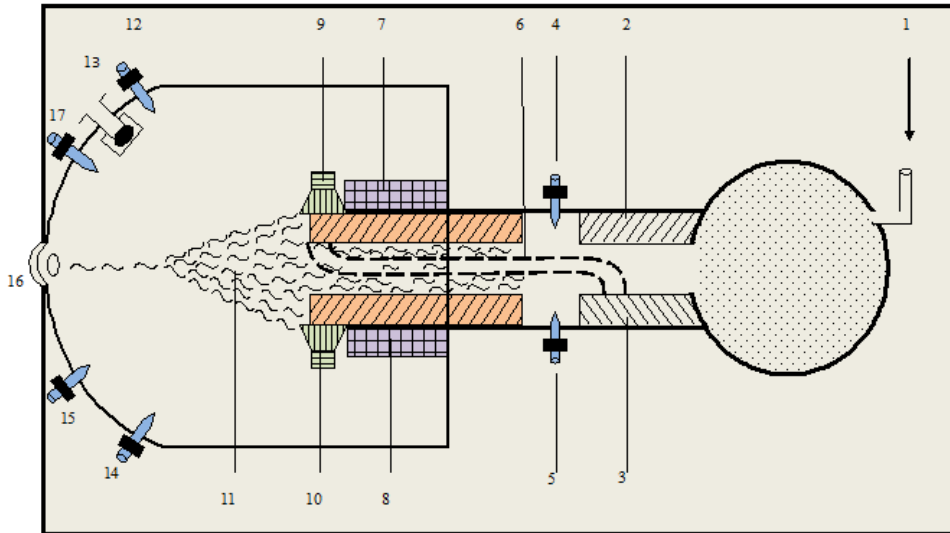
Tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, nanoboruların diametrinin nisbətən böyük (20 nm) olması mühüm üstünlük verir: birincisi, kontakt səthinin sahəsinin böyük olması nəticəsində keçən cərəyanların qiymətini minimum iki tərtib artırmaq olar, ikincisi, nanoboruların daxil sərtliyinin böyük olması Van-der-Vaals qüvvələri hesabına deformasiyalara məruz qalmanın daha az olmasına səbəb olur.

Açar sözlər: nanoboru, nanostruktur, keçiricilik, düzləndirici diod, zond qurğusu, yüksəkomlu strukturlar, çoxlaylı nanoborular.

Hal-hazırda keçmiş SSRİ-yə daxil olan ölkələrdə nanozərrəcik və nanoboruların alınması istiqamətində bir sıra çox böyük texnoloji problemlər mövcuddur. Belə ki, bu ölkələrin heç birində nanoboruların alınması üçün bir dənə də olsun sənaye qurğusu yoxdur. İnkişaf etmiş ölkələrdən isə belə qurğuların alınması nəhəng maliyyə vəsaiti tələb edir.

Məlumdur ki, laboratoriya şəraitində nanohissəcikləri maddəni lazer şüalandırma, kimyəvi üsullara: qövs boşalmasında katalizatorlardan istifadə etməklə alırlar. Belə üsulların çatışmazlığı texniki qurğuların mürəkkəb olması, periodiklik və kiçik işçi resursunun olmasıdır. Metal nanohissəciklərin və nanoboruların alınmasının ən ideal üsulu əsasında plazma reaktoru duran elektrik qaz boşalması plazması üsuludur. Əksər plazma reaktorlarının işləmə prinsipi demək olar ki, eynidir: oda davamlı metaldan hazırlanmış katodla soyudulan anod arasında elektrik boşalması yaradılır. Sonradan bu boşalmadan işçi cisimlər buraxılır. Nəticədə işçi cisimlər ionlaşır və maddənin dördüncü aqrekat halı olan plazmanı yaradır.

Tərəfimizdən təklif olunan qurğu plazma reaktorundan və kimyəvi reaksiya məhsullarını stabiləşdirən kameradan ibarətdir (şəkil 1).



Şək.1. Metal nanohissəcikləri və nanoboruları almaq üçün qurğu.

Reaktor işçi cisimlərin daxil olması üçün 1, 4 - klapaları, kimyəvi reagentlərin daxil olması üçün 12, 14 – girişləri, soyuq qaz qarışığının daxil olması üçün 13, 15- girişləri, təzyiğin tənzimlənməsi üçün 5 – ventili ilə təchiz olunmuşdur. Qurğunun ikiqat elektrodlarla (2, 3, 7, 8) təmin olunması reaktorun həm dəyişən və həm də sabit cərəyanla işləməsinə səbəb olur. Plazmanın temperaturunu (17) – termocütü vasitəsi ilə ölçürlər.

(9, 10) – elektromaqnit sargıclarının köməyi ilə (11) – plazma seli stabilləşir. Qurğunun üstün cəhəti (16) - laval ucluqla təmin olunmasıdır. Laval ucluq qaz qarışığının reaktordan sürətlə çıxmasını təmin edir. Selin sürəti aşağıdakı düstur vasitəsi ilə təyin olunur:

$$v_l = \sqrt{\frac{TR}{M} \cdot \frac{2k}{k-1} \left[1 - \left(\frac{P_l}{P} \right)^{\frac{k-1}{kT}} \right]}$$

burada, v_l – qazın ucluqdan çıxdığı zaman sürəti; k – adiabat əmsalı ($\kappa = c_p/c_v$); P_l – çıxışda qazın təzyiqi; P – isə ucluğun girişində qazın təzyiqidir.

Reaktorda plazmanın kiçik temperaturunda elektron və ionların enerjisi plazma yaradan qaz qarışığının hissəciklərinin effektiv ionlaşma enerjisindən aşağıdır. Aydın ki, belə şəraitdə kimyəvi reaksiya sürətlənir və bu da plazma qurğusunun ölçülərini kiçiltməyə imkan verir. Plazmokimyəvi çökdürmə üsulunun köməyi ilə karbonun qazşəkilli mənbələri (metan, asitilen və ya karbon monoksidi) hər hansı yüksək enerji mənbələrinin təsirinə məruz qalır və molekullar atomlara parçalanır. Bu atomlar katalizatorla örtülmüş isti altlığa çökdürülür. Katalitik plazmokimyəvi çökdürmə üsulundan istifadə edərək, nanoboruların diametrinə və inkişaf sürətinə nəzarət etmək olar. Katalizatorun hissəciyinin diametrindən asılı olaraq bir və ya daha çox nanoboru alınır.

Nanoelektronikanın indiki inkişaf mərhələsində nanoölçü səviyyəsində elementlərin reallaşması yalnız sənaye mikroelektronikası texnologiyası ilə inteqrasiya şəraitində mümkün olur. Məhdudlaşdırıcı faktor kimi texnologiyanın iki səviyyəsinin interfeysinə reallaşması çıxış edir: nano və mikro. Yeni fazaya daxil olan metal aralıq birləşmələri krizisi ballistik keçiricilik mexanizminə malik olan nanostrukturların keyfiyyətini əhatə edir [1].

Hirallıq bucağı və diametrdən asılı olaraq nanoborular metal və ya yarı keçirici tipli keçiriciliyə malik olurlar. Uyğun olaraq birincilər molekulyar, tunel strukturlar və ya şüalanma mənbələri əsasında yaradılan qurğular üçün ideal kontakt rolunu, ikincilər isə nanoelektronikanın aktiv elementləri: düzləndirici diodlar, tranzistorlar, kimyəvi və bioloji qəbuledicilər rolunu oynayır.

Nanoboruların elektrik xassələrinin təyin edilməsində əsas ölçü alətləri aşağıdakılardır:

- Lcad platası əsasında volt-ampere xarakteristikalarını ölçən rəqəmsal dördzondlu tutucu;

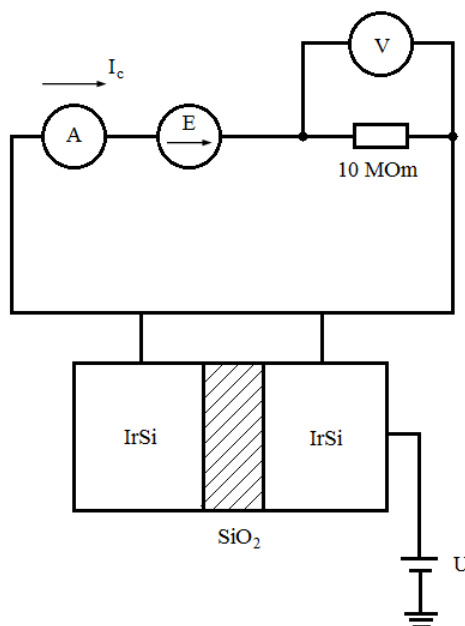
- US68003 analoq universal amperevoltmetr və TEC23 gərginlik mənbəyi ilə təchiz olunmuş çoxzondlu optik qurğu;

- COJIBEP – P7 (HT - MΦT) kontrolleri əsasında VAX (volt-ampere xarakteristikaları) rəqəmsal ölçmələr sisteminə birləşdirilmiş dördzondlu tutucu.

Əvvəllər titan nanodarlaşmaların statik elektrik xarakteristikalarının tədqiqi zamanı istifadə edilmiş Lcad platası tətbiq olunmaqla ölçmə metodikası [2] işində ətraflı təsvir olunmuşdur. Lakin, plata idarəedicisi kompyuterin sistem blokuna qoşulduğundan və küylərin ləğv edilməsi sisteminin zəifliyindən ölçülən cərəyanların aşağı sərhədi 10 mKA tərtibində olur ki, bu da aşağıda göstərəcəyimiz kimi tətqiq olunan strukturdan cərəyan keçdikdə kritik vəziyyət alacaq.

İşdə istifadə edilən əsas qurğu test kristalının optik mövqeləşdirmə sistemli və tutucu qoşulmuş zond qurğusu olacaqdır. Hazırlanmış konstruksiya nanoboru qarışığını kontaktlara yatırılmasını, statik elektrik xassələrinin ölçülməsini və nanoborunun keçiriciliyinin idarə olunmasının sahə effektini tədqiq etməyə imkan verir.

Şəkil 2-də 0,1-dən 10 mKA-ə qədər cərəyanları ölçməyə imkan verən sxem göstərilmişdir. Bu zaman qoşa elektrodla E gərginlik mənbəyinə ardıcıl qoşulmuş 10 MOm müqavimətə malik rezistor vasitəsi ilə U_{Ci} gərginliyi verilir. Dövrədə axan cərəyan qida mənbəyinin müqaviməti ilə məhdudlanır $U_{Ci} = 10 \text{ V}$ olduqda 1 mKA qiymətini alır. Bu məhdudiyyət iridiumla nanoboru arasındakı kontaktın qızmaması məqsədi ilə qoyulur.



Şək.2. Orta sahələrdə elektrik xarakteristikalarının ölçülməsi sxemi.

Çoxzondlu qurğu əsasında sistemlər orta sahələrdə strukturların keçiriciliyinin, tranzistor effektinin ölçülməsi üçün və məntiq elementlərinin formalaşması zamanı istifadə edilir. Ölçmələrə məhdudiyyəti istifadə edilən qurğular qoyur. Analox ampermetrinin qeyd edə biləcəyi minimal cərəyan 0,1 mKA qiymətini alır ki, bu da Lcad palatasının imkanlarından xeyli aşağıdır və bir neçə on millivolt gərginlikdə nanoamper cərəyanların ölçülməsi üçün kifayət deyil.

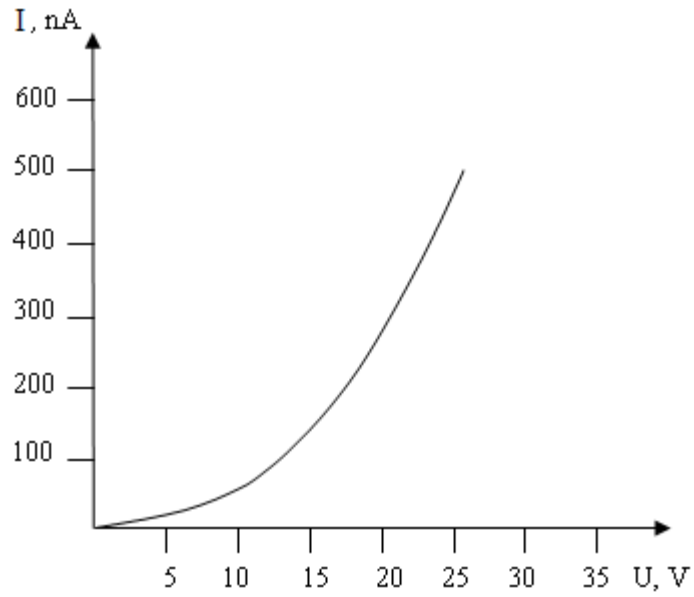
Zəif sahələrdə və nanoborular əsasında yüksəkomlu strukturlarda ölçmələr aparmaq üçün cərəyanların ölçülməsinin C3M COJIBEP – P47 aparat təminatına qoşulmuş rəqəmsal sistemindən istifadə edilmişdir. Baxılan sistem iynə ilə keçirici nümunə arasında tunel cərəyanının qeyd edilməsi üçün istifadə edilir. Sxem -10-dan +10 V-a qədər 0.3 mV addımla axan cərəyanın modulunu 0,05 mKA-ə qədər məhdudlaşdırmaq şərti ilə gərginlik verməyə imkan verir.

Çoxlaylı karbon nanoborularına bir-birin daxilinə koaksial olaraq yerləşdirilmiş müxtəlif diametrlə birlaylı bir neçə nanoboru kimi baxmaq olar. Standart mikroelektronika sxeminə inteqrasiya zamanı belə bir fakt əsas mənə kəsb edir ki, nanoboruda nəqliyyat 1 mkm məsafədən böyük məsafələrdə ballistik olur [3]. Bu zaman 1000 mKA-ə qədər cərəyanları buraxılması mümkün olur.

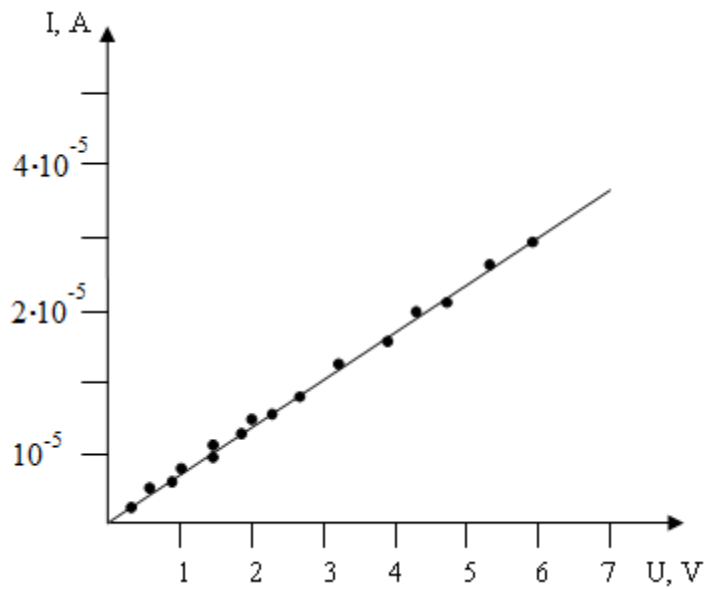
Qeyd edək ki, nanoborular üçün belə “nəhəng” qiymətlər yalnız ideal kontaktlarla olan eksperimentlərdə alınır belə ki, altlığa nanoboruların çökdürülməsi zamanı onlar keçirici elektrodlarla örtülülər. Əks halda, bir neçə MOm müqavimətə malik kontaktlar yaranır.

İridium elektrodla üzərində yerləşən (şəkil 3) çoxlaylı nanoborudan təşkil olunmuş strukturun müqaviməti kiçik cərəyanlar oblastında 200 MOm, cərəyan sıxlığının yüksək olan oblasta keçid zamanı isə diferensial müqavimət azalmağa başlayır və $U = 28 \text{ V}$ olduqda 27 MOm qiymətini alır [4].

Bir neçə paralel keçiricilik kanallarının mövcud olması səbəbindən volt-ampere xarakteristikası $0,3 \div 1,2$ M Ω müqavimətdə prinsipial olaraq xətti olur ki, bu da elektrodlar üzərində yerləşən nanoboruların kontakt müqavimətinə uyğun gəlir.



Şək.3. İr elektrodlar əsasında Şottki diodunun volt-ampere xarakteristikası.



Şək.4. Çoxlaylı nanoborunun volt-ampere xarakteristikası.

Çoxlaylı nanoboru dəstəsinin keçiriciliyinin xüsusiyyəti, kontaktın termik sabilliyini saxlamaq şərti ilə bir neçə on mikroampere cərəyan buraxmaq imkanındır (şəkil 4).

-
1. Керимов Э.А. Energy of optical transitions of metal nanotubes European Science Review, 2014, January-February, №1, Austria, Vienna, p. 163-167.
 2. Banhart F., Ajayan P.M. Carbon onions as nanoscopic pressure cells for diamond formation. Nature (London), 1996, 382, P. 433.
 3. Ma X. Size - controlled short nanobells: Growth and formation mechanism, Appl. Phys, Lett, 2000, 77, Vol. 25, P. 4136-4138.
 4. Лебедев Н.Г. Физико-химические свойства нанотубулярных систем в кластерных моделях твердых тел. Автореф. докт. дис. ИБХФ РАН, М. (2006). 40 с.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕСТОГО КРИСТАЛЛА И ПРОВОДИМОСТЬ НАНОТРУБОК

КЕРИМОВ Э.А., МУСАЕВА С.Н.

Многочисленные эксперименты на данном материале показали относительно высокую проводимость при комнатной температуре, и отсутствие какой-либо управляемости проводимостью со стороны внешнего электрического поля.

Ключевые слова: нанотрубки, наноструктур, проводимость, выпрямительный диод, зондовое устройство, высокоомные структуры, многослойные нанотрубки.

WAYS OF RECEIVING CRYSTAL AND CONDUCTIVITY NANOTUBES

KERIMOV E.A., MUSAYEVA S.N.

Many experiments on the given material show the relatively high conductivity at room temperature and absence of conduction controllability from the direction of external electric field.

Keywords: nanotubes, nanostructures, conductivity, rectifying diode, probe device, high-resistance structures, multilayer nanotubes.