

METAL SİLİSİDİ - SİLİSİUM İFRAT NAZİK KONTAKTLARIN ALINMASI ÜSULU

E.Ə. KƏRİMOV, S.N. MUSAYEVA*

Silahlı Qüvvələrin Hərbi Akademiyası,

Akademik Şəfaət Mehdiyev küç. 136, AZ 1065

Azərbaycan Texniki Universiteti, H. Cavid pros. 25, AZ 1073*

Məqalədə ifrat nazik IrSi – Si təbəqələrinin alınması üçün qurğu tam təsvir edilir. Həmçinin, materialın səthində adsorbsiya olunmuş atomlarla manipulyasiya üsulları göstərilir.

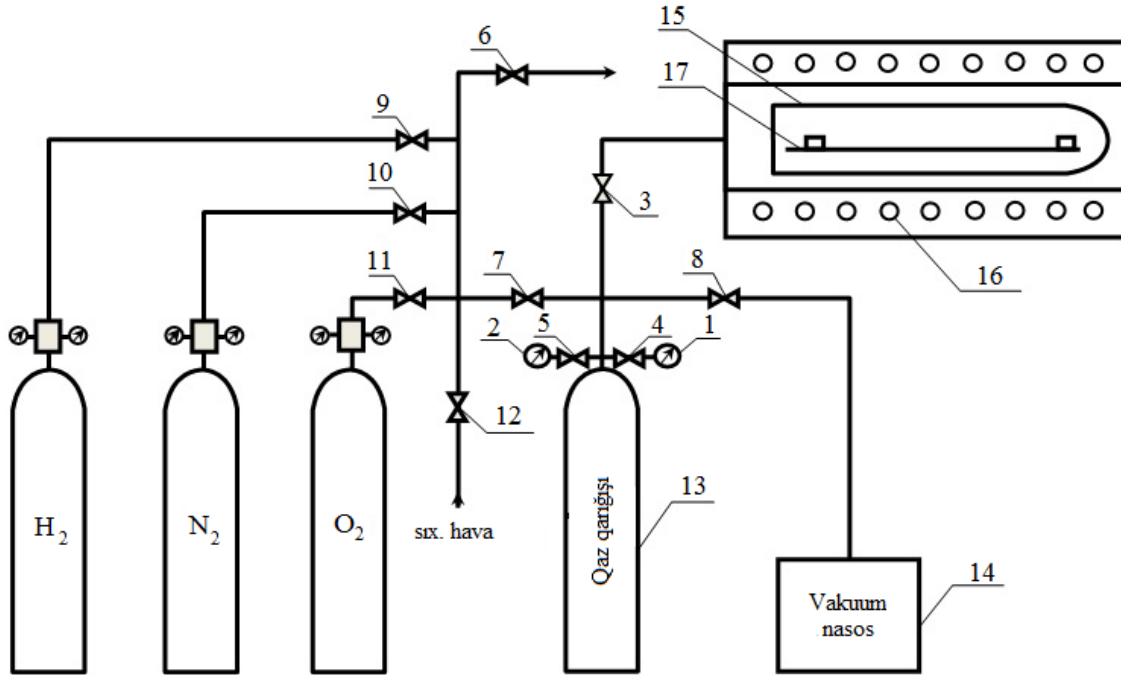
Açar sözlər: Şottki çəpəri, tablama, fotohəssaslıq, potensial çəpər, Fauler formulu, silisidlər, altlıq, fotolitoqrafiya.

UOT: 666.9-129

PACS: 73.40.Ns, 73.40.Sx, 72.10.-d

İfrat nazik IrSi – Si təbəqələrinin alınması üçün qurğu reaksiya kamerasından və qaz magistralından yığılmışdır (şəkil 1). Reaksiya kamerası kvarts borudan 15, qızdırıcı 16 və silisium lövhələr üçün kasetlərdən 17 ibarətdir. Silisium lövhələrin termiki emalı zamanı həmçinin, bərdəfəlik kvarts ampulalar istifadə edilmişdir. Termiki emalı

həyata keçirməzdən əvvəl kvarts ampulalar vakuumba 1200°C temperaturda 2 saat müddətində təmizlənmişdir. Bundan sonra ampulaya platinli silisium lövhələr yerləşdirilir və ampulalardan hava 10^{-4} mm.c.s. qalıq təzyiqi qalana kimi çıxarılır.



Şəkil 1.

İşçi kamerada 200–700°C temperatur diapazonu $\pm 2^\circ$ dəqiqliklə avtomatik termonizamlama sistemləri vasitəsi ilə dəstəklənir. Qaz qarışığı reaksiya zonasına qaz magistralından verilir. Qurğu, reduktor və manometrlə təchiz olunmuş sıxılmış hidrogen, azot və oksigen balonları; 3–12 ventilləri, nümunə qaz qarışığı üçün 13 balonu, uyğun olaraq yüksək və alçaq təzyiqləri ölçmək üçün 1 və 2 nümunə manometrləri, 14 vakuumba nasosa malikdir. Nümunə qaz qarışıqlarının alınması zamanı qurğuda aşağıdakı iş rejimi nəzərdən keçirilir. 6, 7 və balonun 13 ventilləri açılır. Bu zaman 13 balonunda qalan qaz qarışığı atmosfərə atılır. Sonra 6 və 7 ventilləri bağlanır 8 ventili açılır və 14 vakuumba nasosu işə salınır. 13 balonunda vakuumba yaradı-

lır. Bundan sonra 8 ventili bağlanır və vakuumba nasosu söndürülür. Əvvəlcədən komponentlərin verilmiş konsentrasiyasına görə 13 balonunda hər bir komponent və bütün qaz qarışığı üçün birlikdə yaradılan lazımi təzyiq hesablanır. Bundan sonra 7, uyğun olaraq azot və oksigen balonlarının 10 və 11 ventilləri açılır.

Azot və oksigen balonlarının reduktorunun köməyi ilə çıxış manometrinə görə təzyiq qərarlaşdırılır. Bundan sonra 13 balonunun ventili açılır və azot və ya oksigen 13 balonuna daxil olmağa başlayır. 5 ventili kiçik zaman müddətində periodik açaraq 2 manometrinin göstəriciləri müşahidə olunur. Bu manometrin göstəricisi müəyyən bir qiymət aldıqda, 13 balonunun ventili bağlanır. Bundan

sonra 10 və 11 ventilləri bağlanır. Sonra 5 və 9 ventilləri açılır. Balonun reduktorunun köməyi ilə müəyyən olunan komponentin təzyiqini hesablama nəticəsində alınmış qiymətdən böyük qiymətdə qərarlaşdırılır. 13 balonunun ventili açılır və 2 manometrinin göstəriciləri müşahidə olunmaqla balon müəyyən olunan komponentin təzyiqinin hesablanmış qiymətinə qədər doldurulur. Müəyyən olunan komponentin təzyiqinin hesablanmış qiyməti alındıqdan sonra hidrogen və azot balonunun reduktorları, uyğun olaraq 9 və ya 12 bağlanır. Hidrogen və ya azot balonlarının reduktorlarının köməyi ilə onların çıxış manometr-lərinə görə hesablanmış maksimal təzyiqin qiymətindən böyük təzyiq qərarlaşdırılır. 9 və ya 10 və 4 ventilləri açılır. Sonra 16 balonunun ventili açılır və 1 manometrinin göstəricilərini müşahidə etməklə 13 balonunun təzyiqin hesablanmış qiymətinə qədər doldurulması həyata keçirilir. Bundan sonra 13 balonunun ventili, hidrogen və ya azot balonlarının 5 reduktorları və 9 və 10 ventilləri bağlanır. Alınmış nümunə qaz qarışığı 1–2 saat müddətində sürüşmənin diffuziya prosesləri tamamlanana qədər saxlanılır.

Analoji olaraq üç və dörd komponentli qaz qarışıqları alınan zaman hərəkət edirlər. 4 balonunu əvvəlcədən vakuum halına gətirdikdən sonra balona növbə ilə 1 və 2 balonlarından təzyiqi ondakı təzyiqə bərabər qaz daxil edirlər. Bu təzyiqin qiyməti aşağıdakı mülahizələrdən təyin olunur. P_1 – təzyiqinə qədər analiz olunan qaz ilə dolduqdan sonra 4 balonu üçün aşağıdakı ifadəni yazma bilirik:

$$P_1 V = Z_1 N_1 R_0 T \quad (1)$$

4 balonuna qaz daxil olduqdan sonra bu balonda təzyiq P_{qar} – qiymətini alacaq və:

$$P_{qar} V = Z_{qar} N_{qar} R_0 T \quad (2)$$

burada, V – 4 balonunun həcmi, N_1 və N_{qar} – 4 balonunda uyğun olaraq analiz olunan qazın və qaz qarışığında molların sayı, Z_1 və Z_{qar} – uyğun olaraq analiz olunan qazın və qaz qarışığının sıxılma əmsalı, R_0 – universal qaz sabiti, T – balonda qazların mütləq temperaturudur. (1)-i (2)-yə bölsək:

$$\frac{P_1}{P_{qar}} = \frac{Z_1}{Z_{qar}}, \quad \frac{P_1}{P_{qar}} = \left(\frac{Z_1}{Z_{qar}} \right) \cdot r \quad (3)$$

burada, $r = N_1/N_2$ – “qaz qarışığı” balonunda qaz mol payıdır. Balonda qazın analiz olunan komponentinin həcmi konsentrasiyası $X_{baş}$ – bərabər olarsa, qarışıqda bu komponentin konsentrasiyası:

$$X = r \cdot X_{baş} \quad (4)$$

olacaq.

(3) və (4)-ü nəzərə alaraq:

$$X = \left(\frac{Z_{qar}}{Z_1} \right) \left(\frac{P_1}{P_{qar}} \right) \cdot X_{baş} \quad (5)$$

Əgər balonda qaz yalnız bir analiz olunan komponentdən ibarətdirsə, onda qaz qarışığında onun konsentrasiyası:

$$X = \left(\frac{Z_{qar}}{Z_1} \right) \left(\frac{P_1}{P_{qar}} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

(5) və (6) ifadələrindən istifadə edərək 4 balonunda bu balonun əvvəlcədən analiz olunan qazla P_1 – təzyiqinə qədər doldurulduğu zaman verilmiş “x” konsentrasiyasını almaq üçün lazım olan P_{qar} – təzyiqi təyin edilir. Bəzi qazlar üçün sıxılma əmsalı müxtəlif ədəbiyyatlarda [1] aşağıdakı qrafik şəkilində verilir:

$$Z = f(P, T)$$

Əgər konkret bir qaz üçün belə qrafik yoxdursa, onda bütün qazlar üçün aşağıdakı qrafiki istifadə etməyə imkan verən uyğun hallar qanunundan istifadə edərək təyin etmək mümkündür:

$$Z = f(\pi, \tau); \quad \pi = \frac{P}{P_{kr}} \quad (7)$$

$$\tau = \frac{T}{T_{kr}} \quad (8)$$

burada, π və τ – gətirilmiş təzyiq və temperaturdur, uyğun olaraq, P və T Z -in təyin olunduğu təzyiq və temperaturdur; P_{kr} və T_{kr} – qazın kritik təzyiqi və temperaturudur. Əgər qaz çoxkomponentli olarsa, belə qaz üçün:

$$\pi = \frac{P}{P_{nk}} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{T}{T_{nk}} \quad (10)$$

$$P_{nk} = \sum_{i=1}^n X_i T_{ikr} \quad (11)$$

$$T_{nk} = \sum_{i=1}^n X_i T_{ikr} \quad (12)$$

burada, P_{nk} və T_{nk} – qaz qarışığının i – ci komponentinin psevdokritik təzyiq və temperaturudur.

Yuxarıda göstəriləndən əlavə çoxkomponentli qazlar üçün Z_{qar} – təyin olunması üçün təcrübə ilə yaxşı uzlaşan aşağıdakı ifadəni istifadə etmək olar:

$$Z_{qar} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i Z_i}{100} \quad (13)$$

burada, Z_i – qaz qarışığının ümumi təzyiq və temperaturunda i – ci komponentin sıxılma əmsalıdır.

Elektron, atom – güc və tunel mikroskopiyasının (GTM), həmçinin, informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı ona gətirdi ki, ayrı-ayrı atomların özlərini necə aparmasını müşahidə etmək geniş tədqiqatçı kütləsinə müyəssər oldu. Bundan əlavə, müasir texnika ayrı-ayrı atomları yalnız müşahidə etmək yox, həm də onlarla manipulyasiya etməyə – səth üzrə diyirlətməyə, yerlərini dəyişdirməyə və s. imkan verir. GTM-in köməkliyi ilə digər inkişaf mərhələsinə qədəm qoyuldu, atom səviyyəsində birbaşa texnoloji əməliyyatlar aparılmağa başlandı. GTM-in zonduna uyğun gərginlik verdikdə onu özünəməxsus atom “kəsicisi” kimi istifadə etmək mümkündür.

Müasir zond mikroskopları nanotexnologiyanın əsas alətləridir. Kifayət qədər modernləşdirildikdən sonra onlar nəinki tədqiq olunan obyektlərin topologiyasını (həndəsi xarakteristikalar), həm də digər göstəriciləri (maqnit və elektrik xassələri, bərklik, səthin tərkibinin bircinsliyi və s.) – özü də fəza ayırdetməsinin nanometr ölçüsündə öyrənməyə imkan verir.

Müxtəlif parametrlərin təyinindən əlavə müasir zond mikroskopları nanoobyektlərlə manipulyasiya etməyə imkan verir – ayrı-ayrı atomları tutmaq və onları yeni mövqelərə daşımaq, müxtəlif cismlərin səthinə yeni xassələr verməklə bir atom enində naqillərin atom yığılmasını həyata keçirmək və s. Bu isə öz növbəsində tələb olunan nanostrukturuları, yığılan obyektə addım-addım lazım olan atomları əlavə edərək atom-atom konstruksiya etməyə imkan yaradır. Bu prosesə ətraflı nəzər salaıq. Tutaıq ki, materialın səthində altlııın atomları ilə bu və ya digər əlaqələrlə müəyyən bir mövqedə saxlanılan adsorbsiya olunmuş atom vardır. Skanetmə prosesində dəyişməz tunel cərəyanı rejimində zond bu adsorbsiya olunmuş atoma yaxınlaşdııı zaman atomun trayektoriyası təhrif olunur ki, bu da səthin topologiyası haqqında informasiya mənbəyi

rolunu oynayır. Bu zaman zondun ucluıı ilə adsorbsiya olunmuş atom arasında məsafə elə olur ki, onlar arasında istənilən qüvvələr atomu səthlə baıılayan qüvvələrdən kiçik olur. Deməli, adsorbsiya olunmuş atom onun üzərindən zondun ucluıı keçərkən yerində qalır. Əgər zondun ucluıı adsorbsiya olunmuş atoma daha yaxın məsafəyə yaxınlaşarsa, ucluııla atom arasındakı qarşılıqlı təsir atomla səth arasındakı qarşılıqlı təsirdən daha güclü olur. Belə olan halda zond atomu öz arxasınca darta bilir. Tutulmuş atomu zondun ucluıı ilə altlııı arasındakı məsafəni artırmaq yolu ilə səthin istənilən nöqtəsində qoymaq mümkündür. Zonda tətbiq olunmuş gərginliyi dəyişməklə atomun tutulması və atılması prosesini daha etibarlı etmək olar [2]. Belə üsulla materialın səthində adsorbsiya olunmuş atomları qruplaşdırmaq və səthdə atom-atom müxtəlif nanostruktururlar qurmaıı olar. GTM-nin iynəsi vasitəsi ilə atomlarla manipulyasiyanın iki üsulu mövcuddur – şaquli və üfüqi. Şaquli manipulyasiya zamanı lazım olan atom tutulduııdan sonra zonu bir neçə anııstrem qaldırmaııla səthdən qopardırlar. Atomun səthdən qopardılması prosesini cərəyanın sıçrayııları ilə nəzarətdə saxlayırlar.

- [1] *Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шервуд.* Свойства газов и жидкостей. Л.: Химия, 1982.
- [2] *И.П. Суздалев.* Нанотехнология. Физикохимия нанокластеров, наноструктур и наномате-

риалов. М. : Либроком, 2009, 592 с. (Серия: Синергетика: от прошлого к будущему).

E.A. Kerimov, S.N. Musaeva

METHOD OF IRSI - SI THIN CONTACTS OBTAINING

In article installation for obtaining IrSi - Si thin contacts and principle its working in given mode are fully described. Also, methods of manipulating of atoms adsorbed on the surface of the material are introduced.

Э.А. Керимов, С.Н. Мусаева

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХ ТОНКИХ КОНТАКТОВ СИЛИЦИД МЕТАЛЛА – КРЕМНИЙ

В статье полностью описывается установка для получения сверх тонких контактов IrSi – Si. А также представлены способы манипуляции атомов адсорбированных на поверхности материала.

Qəbul olunma tarixi: 03.09.2018