

Ա.Վ. ԱՂԱԲԵԿՅԱՆ

ՍԵՎ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԻ ՇԵՐՏՈՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾ ՔԱՅԻՆ ԱՐԱՏՆԵՐԻ ՀԵՏԵՐԱՑՈՒՄԸ

Պատրաստվել և հետազոտվել են թիկունքային կողմում մերձմակերևութային սև սիլիցիումի (b-Si) շերտով սիլիցիումային հարթակներ: Ցույց է տրվել, որ b-Si-ի շերտը՝ որպես հետեր, զգալիորեն փոքրացնում է սիլիցիումային հարթակների աշխատանքային դիմային կողմում օքսիդացման փաթեթավորման արատների խտությունը:

Առանցքային բաղեր. սիլիցիումային հարթակ, սև սիլիցիում, հետեր, օքսիդացում, արատ:

Ներածություն: Սև սիլիցիումը (black silicon - b-Si) բյուրեղային սիլիցիումի նանոկառուցվածքային շերտ է՝ կազմված մեծ խտությամբ բարակ ասեղիկներից, որոնց բարձրությունը կարող է կազմել 0.3...10.0 մկմ, իսկ տրամագիծը՝ 0.05...1.0 մկմ [1]: Ասեղիկների առկայությունն այս նյութին տալիս է մուգ երանգավորում, որտեղից էլ այն ստացել է իր անվանումը:

Գրականությունում հաճախ b-Si-ը բնութագրվում է որպես ծակոտկեն սիլիցիումի տարատեսակ: Ինչպես և ծակոտկեն սիլիցիումը [2], այն ևս ունի լուսային ճառագայթների բարձր կլանման հատկություն, քանի որ մեծ խտությամբ հարակից ասեղիկներից տեղի են ունենում լուսային ճառագայթի բազմաթիվ անդրադարձումներ: Այդ հատկության շնորհիվ՝ b-Si-ը համարվում է հեռանկարային նյութ որպես արևային էլեմենտների հակաանդրադարձող մակերևութային շերտ, և ներկայումս իրականացվող հետազոտությունները կենտրոնացված են հենց այս խնդրի լուծման վրա [3-5]:

Սակայն ծակոտկեն սիլիցիումի հետ կառուցվածքային նմանությունը թույլ է տալիս ենթադրել, որ b-Si-ը, ինչպես և իր նախորդ տարատեսակը, կարող է ունենալ նաև այլ գործառական նշանակություններ, մասնավորապես, կիրառվել որպես բյուրեղային սիլիցիումային հարթակների կառուցվածքային արատների հետեր (getter): Մասնավորապես [6] աշխատանքում դիտարկվել է ծակոտկեն սիլիցիումի շերտով կառուցվածքային արատների արտաքին պլանար հետերացման (external planar gettering - EPG) արդյունավետությունը: Հիմնավորվել է, որ սիլիցիումային հարթակի դիմային կողմի ոչ աշխատանքային տիրույթներում (օրինակ, հարթակների կտրատման համար նախատեսված մասերում) ձևավորված ծակոտկեն սիլիցիումի շերտը, մեծ մակերևութային մակերեսի շնորհիվ, բարձր ջերմաստիճանային թրժման ընթացքում ներքաշում և կլանում է հարթակում առկա ոչ ցանկալի խառնուրդները (հիմնականում՝ մետաղական) և դրանով իսկ

հետագա տեխնոլոգիական գործընթացների ժամանակ կասեցնում աշխատանքային տիրույթներում այնպիսի կառուցվածքային արատների առաջացմանը, ինչպիսիք են դիսլոկացիաները, օքսիդացման փաթեթավորման արատները և այլն: Արդյունքում լավանում են այդպիսի հարթակների հիման վրա պատրաստվող կիսահաղորդչային սարքերի և միկրոսխեմաների աշխատանքային բնութագրերը, և մեծանում է պիտանի արտադրանքի ելքի տոկոսը:

Դիտարկվել է սիլիցիումային հարթակների կառուցվածքային արատների հետերացման հնարավորությունը b-Si-ի շերտով, երբ վերջինս ձևավորվում է հարթակների թիկունքային կողմում: Այդպիսի արտաքին հետերացումն անվանում են «կողմնային» (external lateral gettering - ELG), և դրա կիրառման առավելությունը EPG-ի համեմատ պայմանավորված է հետերի տարածքային ավելի փոքր հեռավորությամբ աշխատանքային տիրույթներից, քանի որ հարթակների հաստությունը կազմում է ընդամենը մի քանի հարյուր մկմ:

Նմուշների պատրաստումը: Որպես ելակետային կիրառվել են Չոխրալսկու մեթոդով աճեցված, (100) բյուրեղագիտական կողմնորոշմամբ, 2.0 Օմ.սմ³ տեսակարար դիմադրությամբ և երկկողմանի ողորկված P-տիպի սիլիցիումային հարթակներ:

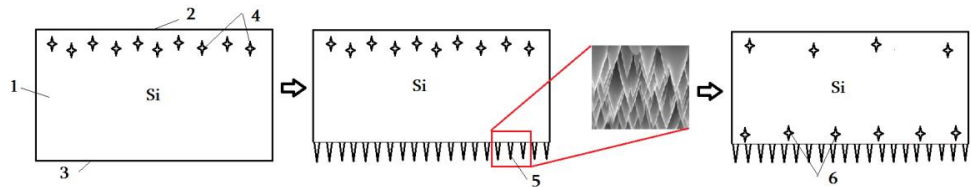
Հետերացնող b-Si-ի շերտը ձևավորելու համար սիլիցիումային հարթակը ոչ աշխատանքային կողմից իոնապլազմային մշակման սարքավորումում ենթարկվել է ռեակտիվ իոնային խաճատման պասսիվացնող և խաճատող գազային խառնուրդի միջավայրում: Կիրառվել է 1:20 հարաբերությամբ SF₆-ի և O₂-ի գազային խառնուրդ: Սև սիլիցիումի շերտի ստացումն իրականացվում է հետևյալ ռեժիմում.

- իոնային աղբյուրի հզորությունը՝ 100 Վտ,
- հաճախականությունը՝ 13.56 ՄՀց,
- ճնշումը խցիկում՝ 50 մՏոր,
- SF₆-ի հոսքը՝ 80 սմ³/րոպե,
- O₂-ի հոսքը՝ 30 սմ³/րոպե,
- շեղման լարումը՝ 100 Վ,
- հարթակի և խցիկի ջերմաստիճանները՝ 30°C և 50°C,
- տևողությունը՝ 5...10 րոպե:

Արդյունքում ձևավորվում է b-Si-ի 0.5...1.0 մկմ հաստությամբ (կախված ռեակտիվ իոնային խաճատման տևողությունից) մերձակերևութային հետերացնող շերտ: Այնուհետև հարթակը օքսիդացվել է 1100°C ջերմաստիճանում 80 րոպե տևողությամբ, չոր թթվածնի միջավայրում, որի ընթացքում տեղի են ունենում b-Si-ի շերտի միջոցով ոչ ցանկալի խառնուրդները ներքաշում և կլանում: Պատ-

րաստված նմուշների հետ միաժամանակ օքսիդացվել են նաև հսկիչ (առանց b-Si-ի շերտի) սիլիցիումային հարթակներ:

Նմուշների հետազոտումը: Արատների հետերացման գործընթացի տեխնոլոգիական երթուղին բերված է նկարում, որտեղ պատկերված են ելակետային սիլիցիումային հարթակը (1), հարթակի դիմային (2) և թիկունքային (3) կողմերը, հարթակի աշխատանքային դիմային կողմում ոչ ցանկալի խառնուրդների բաշխվածությունը (4), b-Si-ի մերձմակերևութային շերտը և դրա տեսաձրող էլեկտրոնային մանրադիտակով ստացված լայնական կտրվածքի միկրոֆոտոպատկերը (5), ոչ ցանկալի խառնուրդների հետերացումը b-Si-ի շերտի միջոցով (6):



Նկ. Ելակետային սիլիցիումային հարթակների արապների հետերացման տեխնոլոգիական երթուղին

Ընտրովի խաճատման մեթոդով կիրառելով Սիրտլի խաճատիչ, հայտաձևվել են նմուշների և հսկիչ սիլիցիումային հարթակների աշխատանքային կողմում օքսիդացման փաթեթավորման արատների խատաճման փոսիկները, իսկ դրանց դիտարկումը և արատների խտության գնահատումը կատարվել են օպտիկական մանրադիտակի միջոցով: Հետազոտությունների արդյունքները բերված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Նմուշների և հսկիչ հարթակների արապների խտությունները

Հարթակ	Հսկիչ	Պատրաստված նմուշ
Արատների խտությունը, $\mu\text{մ}^2$	8.3×10^5	74

Աղյուսակից հետևում է, որ b-Si-ի մերձմակերևութային շերտը նպաստում է սիլիցիումային հարթակների աշխատանքային կողմում օքսիդացման փաթեթավորման արատների խտության զգալի փոքրացմանը: Կարելի է եզրակացնել, որ b-Si-ի շերտը, մեծ մակերևութային մակերեսի շնորհիվ, ապահովում է նշված կառուցվածքային արատների առաջացման սաղմերի ներքաշում-կլանում:

Նշենք նաև, որ b-Si-ի շերտով հետերացման գործընթացը տեխնոլոգիապես հեշտ իրագործելի է, համատեղելի է ժամանակակից կիսահաղորդչային տեխնոլոգիական մեթոդների հետ, և հնարավորություն կա՝ այն միաժամանակ կիրառելու բազմաքանակ հարթակների մշակման դեպքերում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Ayvazyan G.Y.** Crystalline, Porous and Black Silicon: Research and Application.- Yerevan: Chartaraget, 2020.- 240 p.
2. **Koroteenkov G., Cho B.K.** Silicon Porosification: State of the Art // Solid State Mat. Sci. – 2010.- V. 35. - P. 153-260.
3. **Lv J., Zhang T., Zhang P., Li S.** Review Application of Nanostructured Black Silicon // Nanoscale Res. Lett. - 2018.- V. 13.- P. 1-10.
1. **Այվազյան Կ.Գ.** Բարձր արդյունավետությամբ արևային տարրեր և կայաններ. - Եր.:Գասպրինտ, 2016. – 198 էջ:
2. **Otto M., Algasinger M., Branz H., Gesemann B.** Black Silicon Photovoltaics // Advanced Optical Materials. – 2015. – V. 3 (2). - P. 147-164.
3. **Айвазян Г.Е., Скворцов А.М.** Эффективность геттерирования структурных дефектов полупроводниковых пластин слоем пористого кремния // Изв. Вузов. Сер. Приборостроение.- 2002.- Т. 45, № 7.- С. 63-65.

A.V. AGHABEKYAN

ГЕТТЕРИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ СЛОЕМ ЧЕРНОГО КРЕМНИЯ

Подготовлены и исследованы кремниевые подложки с приповерхностным слоем черного кремния (b-Si) на обратной стороне. Показано, что слой b-Si в качестве геттера значительно снижает плотность окислительных дефектов упаковки на рабочей лицевой стороне кремниевых подложек.

Ключевые слова: кремниевая подложка, черный кремний, геттер, окисление, дефект.

A.V. AGHABEKYAN

GETTERING THE STRUCTURAL DEFECTS BY A BLACK SILICON LAYER

Silicon substrates by near-surface black silicon (b-Si) layer on the reverse side have been prepared and investigated. It is shown that the b-Si layer as a getter significantly reduces the density of oxidation induced stacking faults on the working front side of silicon substrates.

Keywords: silicon substrate, black silicon, getter, oxidation, defect.