

Գ.Շ. ՇՄԱՎՈՒՅԱՆ

**p-GaSb/n-GaAs ԴԻՈԴՆԵՐԻ ՀՆԱՐԱՎՈՐ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ
ՋԵՐՄԱԼՈՒՍԱՎՈԼՏԱՅԻՆ ՍԱՐՔԵՐՈՒՄ ԵՎ ԱՐԲԱՆՅԱԿԱՅԻՆ
ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԷԼԵՄԵՆՏՆԵՐՈՒՄ**

Բարելավվել են մետաղ - օրգանական գոլորշու փուլային էպիտաքսիայի եղանակով աճեցված p-GaSb/n-GaAs դիոդների բնութագրերը՝ դիոդները ենթարկելով ֆլուորաթթվային մշակման ու հետագա ջերմամշակման: Ուսումնասիրվել է ջրածնի ներմուծման և ջերմաստիճանի ազդեցությունը այդ դիոդների լուսային վոլտ-ամպերային բնութագրերի և լուսազգայունության վրա: Առաջարկվել են ֆլուորաթթվային ու ջերմային մշակման այնպիսի պայմաններ, որոնց դեպքում զգալիորեն լավացել է հետերոանցման որակը: Արդյունքում զգալիորեն բարելավվել են p-GaSb/n-GaAs դիոդի վոլտ-ամպերային բնութագրերը և լուսազգայունությունը, նպատակահարմար է դարձել դրանց կիրառումը ջերմալուսավոլտային սարքերում և արբանյակային արևային էլեմենտներում:

Առանցքային բառեր. ջերմալուսավոլտային սարքեր, արբանյակային արևային էլեմենտներ, ֆլուորաթթվային մշակում, ջերմամշակում, մետաղ - օրգանական գոլորշու փուլային էպիտաքսիա:

Վերջին տասնամյակում մեծ հետաքրքրություն ներկայացնող ջերմալուսավոլտային էլեմենտները [1, 2], որոնք ինֆրակարմիր ճառագայթումը փոխակերպում են էլեկտրականության, հնարավորություն են տալիս օգտագործել կենցաղում (փայտ, բնական գազ, ածուխ, կենսազանգված, վառարաններ, ջեռուցիչներ), արտադրությունում, ռազմական ոլորտում, տիեզերքում և ատոմակայաններում անջատված աննպատակ կորչող ջերմությունը, ինչպես նաև վերականգնել ջերմային կորուստները:

Որպեսզի ջերմալուսավոլտային էլեմենտներն առավելագույն չափով կլանեն 700...1700°C ջերմաստիճան ունեցող ջերմային աղբյուրի ճառագայթման էներգիան, դրանց պատրաստման համար օգտագործում են խառնուրդային կիսահաղորդիչներ, կիսահաղորդչային միացություններ, քվանտային հորեր ու կետեր ունեցող կիսահաղորդչային բարդ բազմաշերտ կառուցվածքներ: Ջերմալուսավոլտային էլեմենտների նման բարդ կառուցվածքները պատրաստվում են մետաղ - օրգանական գոլորշու փուլային էպիտաքսիայի կամ մետաղ - ճառագայթ էպիտաքսիայի տեխնոլոգիաներով:

Ներկայումս մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում հետերոանցում ունեցող դիոդները, որոնք առավելություն ունեն հոմոանցում ունեցող դիոդների նկատմամբ՝ զգայուն են ավելի մեծ սպեկտրալ տիրույթում, սակայն ունեն համեմատաբար վատ բնութագրեր. վոլտ-ամպերային բնութագրի հակառակ ճյուղը չի հագնում, և լուսազգայունությունը համաչափ չէ սպեկտրալ ամբողջ տիրույթում: Հիմնականում հետաքրքրություն են ներկայացնում համատեղելի հետերոանցումներ ունեցող դիոդները, քանի որ անհամատեղելի հետերոանցումներ ունեցող դիոդներ աճեցնելն ուղեկցվում է հետերոանցման սահմանում արատների և դիսլոկացիաների մեծ քանակության առկայությամբ, ինչը վատացնում է դիոդների բնութագրերը:

Հաղթահարելով GaSb և GaAs կիսահաղորդիչների ցանցերի 7,54 % անհամատեղելիության հետևանքով առաջացած աճեցման դժվարությունները՝ ընտրվել են հետերոանցման աճեցման լավարկված պայմաններ [2], որոնք հնարավորություն են տվել փոքրացնել հետերոանցման արատների և դիսլոկացիաների խտությունը: Հետերոանցումներն ուսումնասիրվել են մեծ թույլատվություն ունեցող էլեկտրոնային մանրադիտակով [2]: Ստացված հետերոանցումների հիման վրա պատրաստվել են GaSb/GaAs դիոդներ [3, 4]: Դիոդների վոլտ-ամպերային բնութագրերի և լուսազգայունության կորերը խիստ կախված են էպիտաքսիալ շերտի աճեցման ջերմաստիճանից, հաստությունից և հետերոանցման էպիտաքսիալ շերտերի փոխադարձ դասավորությունից [3]: Պատրաստված դիոդների լուսազգայունությունը համաչափ չէ սպեկտրալ ամբողջ տիրույթում, իսկ առավելագույն արժեքը 800 նմ ալիքի երկարությունում 10% է [3], ինչը լավ արդյունք է 7,54 % ցանցերի անհամապատասխանություն ունեցող GaAs և GaSb կիսահաղորդիչների համար:

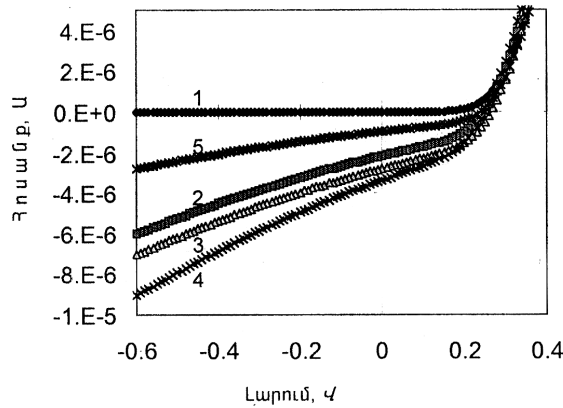
Այսպիսով, չնայած աճեցման լավագույն պայմանների ընտրությանը՝ p-GaSb/n-GaAs դիոդների հետերոանցման սահմանում առկա են էլեկտրականապես ակտիվ դիսլոկացիաներ, ինչպես նաև գեներացիոն-ռեկոմբինացիոն կենտրոններ հանդիսացող արատներ [3], որոնք թույլ չեն տալիս բարելավել p-GaSb/n-GaAs դիոդների բնութագրերը և ստանալ առավել արդյունավետ դիոդներ: Դիոդների բնութագրերը բարելավելու դեպքում հնարավոր կդառնա դրանց կիրառումը ջերմալուսավոլտային սարքերում և արբանյակային արևային էլեմենտներում:

Աշխատանքի նպատակն է՝ բարելավել p-GaSb/n-GaAs դիոդների բնութագրերը՝ վերացնելով կամ պասիվացնելով հետերոանցման աճեցման ընթացքում առաջացող անխուսափելի դիսլոկացիաներն ու արատները և ստանալ առավել արդյունավետ դիոդներ, որոնք կարող են կիրառվել ջերմալուսավոլտային սարքերում և արբանյակային արևային էլեմենտներում: Այդ նպատակով p-GaSb/n-GaAs դիոդները մշակվել են ֆլուորաթթվում, ապա ենթարկվել ջերմամշակման: Ուսումնասիրվել է ջրածնի ներմուծման և ջերմաստիճանի ազդեցությունն այդ դիոդների վրա: Ջրածնի ներմուծման միջոցով արատների պասիվացումը III-V կիսահաղորդչային միացություններում և GaSb-ում ուսումնասիրվել են [6, 7] աշխատանքներում: Ջրածնային պլազմայի տաքացման ազդեցությունը InGaAs քվանտային հորերի ֆոտոլյումինեսցենցիայի վրա քննարկվել է [8] աշխատանքում և ցույց է տրվել, որ տաքացումը նպաստում է ֆոտոլյումինեսցենցիայի ինտենսիվության մեծացմանը:

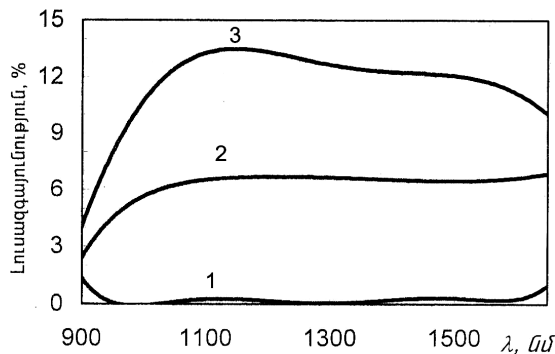
Աշխատանքը կատարվել է Անգլիայում՝ Օքսֆորդի և Հալի համալսարանների համագործակցությամբ, [3] աշխատանքի փորձնական հետազոտությունների շարունակությունն է, կատարված հետազոտությունների մի մասը զեկուցվել է գիտաժողովում [5]: Ուսումնասիրվել են 0,5 մմ հաստությամբ և 20 մմ տրամագծով p-GaSb տակդիրի վրա Ստրանսկի-Կրաստանով մեխանիզմով և մետաղ - օրգանական գոլորշու փուլային էպիտաքսիայի եղանակով աճեցված p-n հետերոանցումներից կազմված p-GaSb/n-GaAs դիոդները: GaSb և GaAs էպիտաքսիալ շերտերի գումարային հաստությունը կազմել է 2,4 մկմ:

Ֆլուորաթթվային մշակման և հետագա ջերմամշակման ազդեցությունը p-GaSb/n-GaAs դիոդների լուսային վոլտ-ամպերային բնութագրերի և լուսազգայունության վրա համապատասխանաբար բերված են նկ. 1-ում և 2-ում: Նկ. 2-ում

բերված է լուսազգայունության կորի երկար ալիքային տիրույթը, քանի որ հիմնական առանձնահատկությունները դիտվում են այդ տիրույթում: Դիոդների վոլտ-ամպերային բնութագրերի և լուսազգայունության կորերը ստացվել են վոլտ-ամպերային բնութագրեր և լուսազգայունություն չափող հայտնի մեթոդներով:



Նկ. 1. Ֆլուորաթթվային մշակման և հետագա ջերմամշակման ազդեցությունը p-GaSb/n-GaAs դիոդների լուսային վոլտ-ամպերային բնութագրերի վրա. 1 - մթնային վոլտ-ամպերային բնութագիր, 2 - մինչև ֆլուորաթթվային և ջերմային մշակումը, 3 - 10 րոպե ֆլուորաթթվային մշակումից և 150°C ջերմաստիճանում 3-ժամյա ջերմամշակումից հետո, 4 - 10 րոպե ֆլուորաթթվային մշակումից և 200°C ջերմաստիճանում 1-ժամյա ջերմամշակումից հետո, 5 - 10 րոպե ֆլուորաթթվային մշակումից և 250°C ջերմաստիճանում 1-ժամյա ջերմամշակումից հետո



Նկ. 2. Ֆլուորաթթվային մշակման և հետագա ջերմամշակման ազդեցությունը p-GaSb/n-GaAs դիոդների լուսազգայունության վրա. 1 - մինչև ֆլուորաթթվային և ջերմային մշակումը, 2 - 10 րոպե ֆլուորաթթվային մշակումից և 150°C-ում 3-ժամյա ջերմամշակումից հետո, 3 - 10 րոպե ֆլուորաթթվային մշակումից և 200°C ջերմաստիճանում 1-ժամյա ջերմամշակումից հետո

Դիոդի 10 րոպե ֆլուորաթթվային մշակումից և 150°C ջերմաստիճանում 3-ժամյա ջերմամշակումից հետո 20%-ով մեծանում են և(պարապ ընթացքի լարումն ու կարճ միացման հոսանքը` (նկ. 1, կոր 3), և լուսազգայունությունը (նկ. 2, կոր 2): Դիոդի ջերմաստիճանը մինչև 200°C բարձրացնելիս նորից մեծանում են ինչպես պարապ ընթացքի լարումն ու կարճ միացման հոսանքը` 50%-ով (նկ. 1, կոր 4), այնպես էլ լուսազգայունությունը (նկ. 2, կոր 3): Ընդ որում, այս դեպքում լուսազգայունության կորը սպեկտրալ ամբողջ տիրույթում, դառնում է համեմատաբար հա-

մաչափ, իսկ լուսազգայունության առավելագույն արժեքը 1150 նմ ալիքի երկարությամբ կազմում է 13,5 %: Դիողը մինչև 250°C ջերմաստիճան տաքացնելիս կարճ միացման հոսանքը կտրուկ փոքրանում է 70 %-ով, վոլտ-ամպերային բնութագրի հակառակ ճյուղն ուղղվում է (նկ. 1, կոր 5), իսկ լուսազգայունությունը՝ համարյա անհետանում (նկ. 2, կոր 1):

Ֆլուորաթթվային մշակումը և հետագա ջերմամշակումը նպաստում են, որ դիողների վրա ադսորբվի ջրածին: Էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ հետերոանցման սահմանին ադսորբված ջրածինը դիֆուզվում է դեպի հետերոանցման խորքը: Ջրածնի ներմուծման և ջերմաստիճանի ազդեցության հետևանքով պասիվանում են հետերոանցման սահմանի արատները, վերանում են գեներացիոն-ռեկոմբինացիոն կենտրոնները և դիպոկացիաները, որոնք նպաստում են հետերոանցման որակի բարձրացմանը: Արդյունքում բարելավվում են դիողի բնութագրերը: Դիողը մինչև 250°C ջերմաստիճան տաքացնելու դեպքում կարճ միացման հոսանքի կտրուկ փոքրացումը և լուսազգայունության համարյա վերացումը հաստատում է ջրածնի կարևոր դերը դիողի բնութագրերի բարելավման գործում:

Այսպիսով, ջրածնի ներմուծման և ջերմաստիճանի ազդեցության հետևանքով բարելավվում են p-GaSb/n-GaAs դիողների բնութագրերը, նպատակահարմար է դառնում դրանց կիրառումը ջերմալուսավորային սարքերում և արբանյակային արևային էլեմենտներում: Այսինքն, դիողի ֆլուորաթթվային և ջերմային մշակման միջոցով հաջողվում է ստանալ համեմատաբար համաչափ լուսազգայունության կոր՝ կորուստ չունենալով առավելագույն արժեքի մեջ, ինչպես նաև զգալիորեն մեծացնել դիողի կարճ միացման հոսանքը՝ նվազագույն կորուստ ունենալով վոլտ-ամպերային բնութագրի հագեցվածության աստիճանում:

Աշխատանքն իրականացվել է ՆԱՏՕ-ի PDD(CP)-(FEL.RIG 980772) վերամիավորման դրամաշնորհի շրջանակներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Haywood S. K.** Thermophotovoltaics: Can they make a significant contribution? // Energy and Environment. - 2000. - V. 11, N 1. - P. 81-91.
2. **Kim J.-H., Seong T.-Y., Mason N. J., Walker P. J.** Morphology and defect structures of GaSb islands on GaAs grown by Metalorganic Vapor Phase Epitaxy // Journal of Electronic Materials. - 1998. - V. 27, N 5. - P. 123-127.
3. **Haywood S. K., Zheng L., Sweileh G. M., Lakrimi M., Mason N. J., Walker P. J.** Effect of GaAs growth temperature on p-GaSb/n-GaAs diode characteristics // IEEE Proceedings. - Opto. - 1998. - V. 145. - P. 287-291.
4. **Zheng L., Haywood S. K., Verschoor G., Mason N. J.** p-GaSb/n-GaAs heterojunctions for thermophotovoltaic and solar cell applications // IEEE Proceedings. - Opto. - 2000. - V. 147. - P. 205-208.
5. **Shmavonyan G. Sh., Zheng L., Haywood S. K., Mason N. J.**, Effect of temperature and hydrogen incorporation on p-GaSb/n-GaAs diodes for thermophotovoltaic and solar cell applications. // Abstracts of 2000 Annual Conference of British Association for Crystal Growth, Manchester. - 2000. - P. 99 - 102.
6. **Dutta P. S., Sreedhar A. K., Bhat H. L., Dubey G. C., Kumar V., Dieguez E., Pal U., Piqueras J.**, Passivation of surface and bulk defects in p-GaSb by hydrogenated

- amorphous silicon treatment // Journal of Applied Physics. – 1996. -V. 79, N 6. - P.15-19.
7. **Dutta P., Sangunni K. S., Bhat H. L., Kumar V.** // Phys. Rev. B51. - 1995.- P. 2153 – 2159.
 8. **Murray R.** // Quantum Dots 2000 Meeting, Sheffield University. – 2000 June. - P. 11-20.

ՀՊՃՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 18.03.2004:

Г.Ш. ШМАВОНЯН

**ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ p-GaSb/n-GaAs ДИОДОВ В
ТЕРМОФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ ПРИБОРАХ И
СПУТНИКОВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

Улучшены характеристики p-GaSb/n-GaAs диодов, изготовленные методом фазовой эпитаксии металл-органическим паром. С этой целью диоды подвергались травлению в плавиковой кислоте и дальнейшей термообработке. Исследовано влияние водорода и температуры на световые вольт-амперные характеристики и фоточувствительность этих диодов. Предложены такие условия травления в плавиковой кислоте и термообработки, при которых существенно улучшено качество гетероперехода. В результате существенно повышены вольт-амперные характеристики и фоточувствительность p-GaSb/n-GaAs диодов. Показана целесообразность их использования в термофотовольтаических приборах и спутниковых солнечных элементах.

G.SH. SHMAVONYAN

**POSSIBLE APPLICATION OF p-GaSb/n-GaAs DIODES IN
THERMOPHOTOVOLTAIC DEVICES AND SATELLITE SOLAR CELLS**

The characteristics of MOVPE grown p-GaSb/n-GaAs diodes are improved. For that purpose the diodes were treated in HF acid and subsequently annealed. The effect of hydrogen incorporation and temperature on the I-V curves under illumination and on spectral response of those diodes are investigated. Terms of HF dip and subsequent annealing are suggested, according to which the quality of heterojunction is improved. As a result of this the I-V characteristics and spectral response of p-GaSb/n-GaAs the diodes have essentially improved, their application has become expedient in thermophotovoltaic devices and satellite solar cells.