

## 2012 წლის სამეცნიერო-ტექნოლოგიურ სამუშაოთა მოკლე ანგარიში

### ნახევარგამტარული მასალათმცოდნეობისა და ტექნოლოგიების განყოფილება

თემის დასახელება :

#### ნანოზომებიანი სტრუქტურები მაღალეფექტური ფოტოდეტექტორების შესაქმნელად

თემის აქტუალობას მნიშვნელოვან წილად განაპირობებს სპეციფიკური ელექტროფიზიკური მახასიათებლების მასიური Si-Ge შენადნობების ფუძეზე მაღალეფექტური ნახევარგამტარული ხელსაწყოების, კერძოდ, ფართო ინფრაწითელი დიაპაზონის ფოტოდეტექტორების დამუშავების რეალური შესაძლებლობები.

განხორციელდა EQ-SKJ-50CZ სისტემის ჩოხრალსკის სადნობი დანადგარის ვაკუუმური, გაცივების, ელექტრული და ტემპერატურის რეგულირების სისტემების აწყობისა და გაშვების სამუშაოები. მიღებულია Ge, Si და  $Si_{0.98}Ge_{0.02}$  მასიური კრისტალების ექსპერიმენტული ნიმუშები.

შესწავლილია საცდელი კრისტალებისა და გფრ-ში ჩოხრალსკის მეთოდით მიღებული მონოკრისტალური სილიციუმის ფუძემდებლების მიკროსტრუქტურა, დამახასიათებელი დეფექტების ჩასახვისა და მოძრაობის აქტივაციის ენერგეტიკული მახასიათებლები, თერმული დამუშავებისა და დეფორმაციის გავლენით მათი ცვლილებათა კანონზომიერებანი.

განალიზებულია ლიტერატურულ წყაროებში (>60) არსებული სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაცია:

- ქვანტური წერტილებიანი III-V ჰეტეროსტრუქტურების ფუძეზე შექმნილი ინფრაწითელი დეტექტორები;
- იონური იმპლანტაციითა და შემდგომი მოწვით განპირობებული დეფექტების გავლენა სილიციუმის ოპტიკურ თვისებებზე;
- სილიციუმში ნანოკლასტერების (ქვანტური წერტილების) შექმნა იონური იმპლანტაციისა და შემდგომი მოწვის მეთოდით;
- ლიტერატურული მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრა იმპლანტერის “ვეზუვი-3M“ დანადგარზე სამუშაოდ მინარევების ტიპები (B, F, N და Ge) და იონური იმპლანტაციისა და შემდგომი მოწვის რეჟიმები სილიციუმის ნანოსტრუქტურებისათვის.

განხორციელდა (100) ორიენტაციის  $n$ -ტიპის მონოკრისტალური სილიციუმის ფირფიტაში  $10^{12}$ - $10^{15}$   $см^{-2}$  დოზისა და 50კევ ენერგიის პირობებში ბორის იონების

იმპლანტაციისა და შემდგომი მოწვის პროცესი. შესწავლილია მიღებული იონიმიპლანტირებული სტრუქტურის მიკროსტრუქტურა, ოპტიკური და ელექტროფიზიკური მახასიათებლები.

გამზებულია ჰოლის ეფექტის გამოზომი "ECOPIA – HMS-3000" სისტემის (სამხრეთ კორეა) ავტომატიზირებული დანადგარი; მიმდინარეობს პროფილირებული ნიმუშების (Ge, Ge:B, Si, Si:B და  $Si_{0.98}Ge_{0.02}$ ) ელექტროფიზიკური მახასიათებლების კვლევის სამუშაოები. რენტგენულ დიფრაქტომეტრზე ДРОН-3 განისაზღვრა Si და Si-Ge ფუძემრეების კრისტალოგრაფიული ორიენტაცია და მესრის პარამეტრის სიდიდეები.

თემის დასახელება : Si-Ge მასიური მონოკრისტალების ფუძემრეების, ეპიტაქსიური და ლეგირებული ფენებისა და მზის ენერჯის გარდამქმნელების საცდელი ნიმუშების დამუშავება და კვლევა.

განხორციელდა ჩოხრალსკის სადნობი დანადგარის EQ-SKJ-50CZ ინსტალაცია, ელექტრული, ვაკუუმური, გაცივებისა და ტემპერატურის რეგულირების სისტემების ხანგრძლივად მოქმედების რეჟიმების ოპტიმიზაციის სამუშაოები.

ამოქმედებულია ალმასის დისკზე დასაჭრელი, სახეხი და საპოლირებელი, კრისტალოგრაფიული ორიენტაციის განსაზღვრისა და მიკროსტრუქტურის საკვლევი დანადგარ-მოწყობილობები. მათი გამოყენებით შესწავლილია ეტალონური მონოკრისტალების (Si, Si:B, Si:As) ფუძემრეების სტრუქტურისა და ელექტროფიზიკური თვისებების მახასიათებლები.

შესრულდა C 3348 დანადგარის მოდერნიზაციისა და პროფილაქტიკის სამუშაოები გაზური ფაზური და თხევად-ფაზური ეპიტაქსიური პროცესების განსახორციელებლად. აღდგენილია ვაკუუმური, ელექტრული, წყლით გაცივებისა და რეგულირების სისტემები თხევად-ფაზური ეპიტაქსიის ლუმელისათვის. გაზური ფაზური ეპიტაქსიის პროცესებისათვის მიმდინარეობს ტემპერატურისა და წყლით გაცივების რეგულირების, გაზების ნაკადების სისტემების სამონტაჟო სამუშაოები.

მონოკრისტალური n -  $Si_{0.98}Ge_{0.02}$  შენადნობის (111) კრისტალოგრაფიულ სიბრტყეზე ბორის იონების იმპლანტაციითა და შემდგომი ფოტონური და თერმული მოწვით შეიქმნა p-n გადასასვლელი.

მონოკრისტალური p -  $Si_{0.98}Ge_{0.02}$  შენადნობის (111) კრისტალოგრაფიულ სიბრტყეზე აზოტის იონების იმპლანტაციითა და შემდგომი ფოტონური და თერმული მოწვით შეიქმნა p-n გადასასვლელი.

მიმდინარეობს აღნიშნული p-n გადასასვლელების ოპტიკური, ელექტროფიზიკური და სტრუქტურული მახასიათებლების დადგენის სამუშაოები.

მიმდინარეობს იონური იმპლანტაციის მეთოდით SiGe ჰეტეროსტრუქტურების შექმნის სამუშაოები ძვის ენერგიის ფოტოელექტრული გარდამქმნელებისა და ინფრაწითელი დიაპაზონის ფოტოდეტექტორების დასამზადებლად.

მიმდინარეობს №466 და №467 საერთაშორისო პროექტების გეგმებით გათვალისწინებული სამუშაოები.

SRIM-2012 პროგრამით ხორციელდება იონიმიპლანტაციური SiGe ჰეტეროსტრუქტურების რადიაციული და სტრუქტურული მახასიათებლების განსაზღვრის სამუშაოები.

#### თემის დასახელება :

**YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub> ტიპის მეტალოკერამიკული შენადნობების მიღება და კვლევა მაღალტემპერატურული ზეგამტარი მასალებისა და მოწყობილობების შესაქმნელად**

შესწავლილია მიღების ტექნოლოგიური პირობები და მყარსხეულოვანი რეაქციის მეთოდით მიღებულია ფხვნილოვანი მაღალტემპერატურული ზეგამტარი კერამიკა(მტზკ) **YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>**, რომელიც კომპაქტირებულია პლაზმურ-ნაპერწყლური მეთოდით.ელექტროფიზიკური მახასიათებლების ტემპერატურული დამოკიდებულების გაზომვებით განსაზღვრულია N-S გარდაქმნის ტემპერატურა T<sub>c</sub> და ტემპერატურული ინტერვალი.ნაჩვენებია,რომ გარდაქმნის N-S გარდაქმნის ტემპერატურა 1-1,5K-ით მცირდება დეფორმირებულ მდგომარეობაში, ამასთან ერთად 25-30%-ით იზრდება N-S გარდაქმნის ტემპერატურული ინტერვალი.

გამოვლენილია ელექტრული წინააღმდეგობის ამაღლება 300-750 K ინტერვალში, რაც ძირითადად განპირობებულია ვაკანსიური წარმოშობის (ვაკანსია, ვაკანსია+მინარევის ატომი, ვაკანსიების ასოციაციები) დეფექტების გამრავლებით დეფორმაციის გავლენით. შესწავლილია თერმული გაფართოება ფართო ტემპერატურულ ინტერვალში. ოთახის ტემპერატურის ზედა ინტერვალში ფარდობითი წაგრძელების გრაფიკზე გამოვლენილია ანომალური გადახრები 470-650 ინტერვალში, რაც განპირობებულია ჟანგბადის ატომების “აორთქლებით” ორეულებისა და დისლოკაციების ბირთვების არეებიდან და აღნიშნული დეფექტების ძვრადობის გაზრდით.

გრეხითი რხევების სიხშირისა და მილევის დეკრემენტის მეთოდით დადგენილია, რომ მცირდება რელაქსაციური პროცესების აქტივაციური მახასიათებლები 10-15%-ით, იზრდება პროცესების ინტენსივობა. წარმოდგენილია შესაძლებელი მექანიზმი, როგორც დისლოკაციური წარმოშობის დეფექტების ჩასახვა და მიგრაცია გარეშე ძაბვის ველში მინარევებისაგან გაღარიბებულ კოტრელის

ატმოსფეროებში. გამოვლენილია ძვრის მოდულის აბსოლუტური სიდიდის შემცირება “10%-ით 80-300K ინტერვალში;

მიღებული შედეგები ავლენენ მიღების ტექნოლოგიის, თერმული დამუშავების და ფიზიკური მახასიათებლების ურთიერთ-კორელაციური დამოკიდებულებების გამოვლინების შესაძლებლობას.

## არატრადიციული ენერგეტიკის განყოფილება

### თემის დასახელება:

ორგანულ საწვავზე მომუშავე ფართო მოხმარების თერმოელექტრული გენერატორის საცდელი ნიმუშის შექმნა და მობილური ფოტოელექტრული გარდამქმნელის საცდელი ნიმუშების დამზადება.

- დამზადებულია ორი მონოლითური თერმოელექტრული ბატარეა ცხლად დაწნეხილი n- და p-ტიპის თერმოელექტრული  $Si_{0,68}Ge_{0,32}$  შენადნობების ფუძეზე. საკომუტაციო მასალებად გამოყენებულია ცხელ მხარეზე ცხლად დაწნეხილი  $Si+5\text{მას.}\%FeSi_2+0,2\text{მას.}\%B$  შენადნობის ფირფიტა, ცივ მხარეზე კი – გრაფიტის ფირფიტა. ორივე ბატარეის ცხელ მხარეზე მიკრომზარები წარმოიქმნა, რაც შესაბამისი კომუტაციური მასალისა და თერმოელექტრული მასალის ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტის მნიშვნელობების განსხვავებულობით არის გამოწვეული. მათი მქც-ის მნიშვნელობები ~ 3%-ს შეადგენს, რაც 20%-ით ნაკლებია გამოყენებული თერმოელექტრული მასალის პოტენციურ მქც-ზე. ბატარეების ენერგეტიკული დანაკარგები ძირითადად ბზარებზე და კომუტაციურ გადასვლებზე მოდის.
- სინთეზირებულია 200გ.  $Si+20\text{მას.}\%MoSi_2+0,2\text{მას.}\%B$  შენადნობი გამიზ-ნული n- და p-ტიპის თერმოელექტრული  $Si_{0,68}Ge_{0,32}$  შენადნობების ფუძეზე ასაწყობი თერმოელექტრული ბატარეის ცხელი მხარის საკომუტაციო მასალად. დამზადებულია მისგან 10 მკმ-ზე ნაკლები ზომის მარცვლების შემცველი ფხვნილი, რომლისაგან საკომუტაციო ფირფიტის ფორმირები-სათვის საჭიროა მაღალტემპერატურული ვაკუუმური წნეხი.
- დამზადებულია n- და p-ტიპის  $Si_{0,68}Ge_{0,32}$  შენადნობებისა და Si-ისაგან ორას-ორასი გრამი ულტრადისპერსული (5 მკმ-ზე მცირე ზომის მარცვლით) ფხვნილები. მათგან ფორმირებულია შეცხოვნილი ნიმუშები (როგორც დაწნეხილი ნიმუშების

- ალტერნატივა) და შესწავლილია მიღებული ნიმუშების სიმკვრივე, მიკროცტრუქტურა და ელექტრული მახასიათებლები.
- დამზადებულია ინსტიტუტში დაპროექტებული მაღალტემპერატურული (1500°C-მდე) ვაკუუმური წნეხი, ინდუქციური გამახურებელით. მასზე ჩატარებულია საკონტროლო წნეხვები.
  - აშენებულია ცეცხლგამძლე აგურებისაგან შეშის ღუმელი, რომლის ზედა ზედაპირზე მიღწეული მაქსიმალური ტემპერატურა 700°C-ს შეადგენს.
  - დამზადებულია მობილური ფოტოელექტრული გარდამქმნელის საცდელი ნიმუში.

### კრიოგენული ტექნიკის და ტექნოლოგიების განყოფილება

#### თემის დასახელება:

**ულტრადისპერსული ფხვნილები მაღალტემპერატურული ზეგამტარი მასალების მიღების ტექნოლოგიებში.**

დამუშავდა და აეწყო ცვლადი ველის ამთვისებლობის ნამდვილი  $\chi'$  და წარმოსახვითი  $\chi''$  ნაწილების გაზომვის სისტემა.

აწყობილი არის კუთრი  $\rho(T)$  წინაღობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გასაზომი სისტემა (ოთხკონტაქტიანი), რომლის საშუალებით დგინდება საკვლევი ნიმუშის ზეგამტარ მდგომარეობაში გადასვლის ტემპერატურა  $T_c$ .

დამუშავებულია Bi-ფუძიანი მაღალტემპერატურული ზეგამტარის მომზადების ტექნოლოგია. მიმდინარეობს  $Sb_2O_3$  დოპანტის ზეგავლენის შესწავლა Bi-ფუძიანი ზეგამტარის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე.

მყარფაზური რეაქციის მეთოდით მომზადებული იქნა სუფთა საკონტროლო Bi(Pb)-2223 ნიმუში და მიკროზომის  $Sb_2O_3$  დანამატებიანი  $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Ca_2Sr_2Cu_3Sb_xO_y$  ნიმუშები, დოპანტის შემდეგი კონცენტრაციებით:  $x=0.00$ ;  $x=0.04$ ;  $x=0.08$ ;  $x=0.10$ ;  $x=0.12$ ;  $x=0.16$ . მიღებულ ნიმუშებში ფაზების სისუფთავე შემოწმდა რენტგენოფაზური ანალიზის (რფა) მეშვეობით.

მაღალტემპერატურული ზეგამტარებისათვის  $\rho(T)$ ,  $\chi'(T)$ ,  $\chi''(T)$ ,  $b_n(T)$  გაზომვების ექსპერიმენტის ავტომატიზაციის უზრუნველსაყოფად გამოვიყენეთ ფირმა Endress&House-ს კონტროლერი, რომელმაც საშუალება მოგვცა პროცესის მიმდინარეობის უმნიშვნელოვანესი პარამეტრები: ტემპერატურა, საკვლევი ნიმუშიდან ძაბვის ცვლილების გამოძახილი, გამზომი კოჭის ფაზათა წანაცვლების სიდიდე, მაღალი ჰარმონიკების ამპლიტუდის სიდიდე აგვესახა კონტროლერის თხევადკრისტალურ ეკრანზე ციფრული და დიაგრამების სახით რეალური დროის რეჟიმში. მრავალრიცხოვანი პრაქტიკული ექსპერიმენტების ჩატარების შედეგად შევისწავლეთ და შევარჩიეთ მაღალტემპერატურულ ღუმელში სინთეზისას ნიმუშების და ტემპერატურული გადამწოდების განლაგების სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს საუკეთესო შედეგების მიღებას.

### რადიოფიზიკური და ელექტრონული სისტემების მოდელირებისა და სისტემოტექნიკის განყოფილება

თემის დასახელება:

**იდეალურ აირში ბგერის სიჩქარის თეორიული და  
ექსპერიმენტული განსაზღვრა გრავიტაციული  
ეფექტის გათვალისწინებით.**

საანგარიშო პერიოდში მიღებულია შემდეგი შედეგები:

აღმოჩენილია არაერთგვაროვან გარემოში ბგერის გენერაციის ახალი მექანიზმი, რომელიც განპირობებულია სიმკვრივის ცვლილებით მუდმივი მასის პირობებში, როცა იზობარულად იცვლება სითხის მოცულობა ტემპერატურის რხევის შედეგად, რასაც აუცილებლად აქვს ადგილი არაერთგვაროვან გარემოში მექანიკური რხევებისას.

მიღებულია ამ ტიპის ბგერის გავრცელების იზობარული სიჩქარის ანალიზური გამოსახულება  $C_p = (k/mgz)c_p^{1/2} T^{3/2}$ , სადაც  $k$  - ბოლცმანის მუდმივაა,  $m$  - ჰაერის ერთი მოლეკულის მასა,  $g$  - სიმძიმის ძალის აჩქარება,  $z$  - ზღვის დონიდან ათვლილი მანძილი,  $c_p$  - ჰაერის სითბოტევადობა მუდმივი წნევისას, ხოლო  $T$  - ჰაერის აბსოლუტური ტემპერატურაა.

ნაჩვენებია, რომ ბგერის სიჩქარის ჭეშმარიტი მნიშვნელობის კვადრატი ბგერის ადიაბატური და იზობარული სიჩქარეების კვადრატების დაყვანილი მნიშვნელობის ტოლია,  $C^2 = C_s^2 C_p^2 / (C_s^2 + C_p^2)$

მიღებულია ბგერის სიჩქარის ანალიზური მნიშვნელობა

$$C = \left\{ \gamma k T / m \left[ 1 + (\gamma m g^2 z^2) / (c_p k T^2) \right] \right\}^{1/2},$$

საიდანაც ჩანს, რომ ბგერის სიჩქარე

ატმოსფეროში დამოკიდებულია არა მარტო ტემპერატურაზე, როგორც ეს დღეს არის მიღებული, არამედ სიმალეზეც ანუ სიმკვრივეზე, რაც ლოგიკურია. ასევე ჩანს, რომ ერთგვაროვანი გარემოსთვის, როცა  $g = 0$ , ეს სიჩქარე გადადის ბგერის ადიაბატურ სიჩქარეში  $C_s = (\gamma kT/m)$ , სადაც  $\gamma$  ჰაერის ადიაბატის მაჩვენებელია.

მიღებულია გარემოს კუმშვადობის ახალი კრიტერიუმი, რომლის თანახმად, უკუმშვადი შეიძლება იყოს მხოლოდ არაერთგვაროვანი გარემო, ხოლო კუმშვადი-მხოლოდ ერთგვაროვანი გარემო.

მიღებულია მასის უწყვეტობის განზოგადოებული განტოლება არაერთგვაროვანი გარემოსთვის  $d\rho/dt = \partial\rho/\partial t + (\vec{v}\nabla)\rho = -\rho\nabla\vec{v} - \vec{v}\nabla\rho/C_p^2$ , რომელიც ერთგვაროვანი გარემოს მიახლოებაში ( $C_p = \infty$ ) გადადის დღეისთვის ცნობილ და უნივერსალურად მიჩნეულ განტოლებაში.

მიღებულია გრავიტაციული ტალღების განზოგადოებული განტოლება

$$\Delta p' - \bar{g} \frac{1}{C_s^2} \nabla p' + \frac{\bar{g}}{C^2} \left( \frac{2\nabla C}{C} + \frac{\bar{g}}{C_p^2} \right) p' - \frac{1}{C^2} \frac{\partial^2 p'}{\partial t^2} = 0$$

და ნაჩვენებია, რომ ბგერითი ტალღის განტოლება წარმოადგენს მის კერძო შემთხვევას, რაც აბათილებს დღეს არსებულ წარმოდგენას იმის თაობაზე, რომ ბგერითი ტალღა არ წარმოადგენს გრავიტაციულ ტალღას.

ნაჩვენებია, რომ ბგერის რეფრაქციის მოვლენა, რომელიც აიხსნებოდა ბგერის სიჩქარის ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია ბგერის სიჩქარის სიმალეზე დამოკიდებულებით.