

მაგნუმი BY-1A ტიპის დანადგარის მოდერნიზაცია მრავალშრიანი
პერიოდული სტრუქტურის მქონე ოპტიკური დანადგარების მისაღებად

ზ. ვ. ბერიშვილი, ი. ი. კორძაია, დ. გ. ზარდიაშვილი,
გ. გ. აბრამიშვილი, ი. მ. ავალიანი, დ. მ. შალამბერიძე, ი. დ. ივანიძე

სსიპ ინსტიტუტი “ოპტიკა”
თბილისი, საქართველო
zaurberi7@yahoo.com

მიღებულია 2014 წლის 20 ოქტომბერს

მრავალშრიანი პერიოდული სტრუქტურის მქონე ოპტიკური დანადგარების, კერძოდ, ოპტიკურ დეტალებზე გაშუქოვნების ფენების მისაღებად საჭიროა, სპექტრის მოცემულ უბანში სხვადასხვა გარდატეხვის მაჩვენებლების და მინიმალური ოპტიკური დანაკარგების მქონე თხელფენოვანი დიელექტრიკული შრეების დაფენა. ამ შემთხვევაში თხელფენოვანი დიელექტრიკული მასალების ვარგისიანობის ძირითადი პარამეტრებია: გამჭვირვალობა, გარდატეხვის მაჩვენებელი, ერთგვაროვნება, სიმკვრივე, ადგეზია, სისალე, მექანიკური დამაბულობა, მდგრადობა გარემოს ზემოქმედების მიმართ და სხვა. სხივური დანაკარგები – შთანთქმა და გაბნევა – დიელექტრიკულ ფირებში, რომლებიც გამოიყენება გაშუქოვნებისათვის, უნდა იყოს მინიმალური. მრავალშრიან დანადგარებში თითოეული ფენის შთანთქმის კოეფიციენტი k არ უნდა აღემატებოდეს $1 \cdot 10^{-2}$. თხელფენოვანი დიელექტრიკული შრეების ოპტიკური თვისებები მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მათი მიღების მეთოდებზე და ტექნოლოგიურ რეჟიმებზე, როგორებიცაა: ოპტიკური დეტალების ტემპერატურა, დაფენის სიჩქარე, ნარჩენი წნევა ვაკუუმურ კამერაში და სხვა. დაფენის პრიცესში დიელექტრიკული შრეების ოპტიკურ თვისებებზე გავლენას ახდენს აგრეთვე დასაფენი ოპტიკურ დეტალის მასალა, ჩვენს შემთხვევაში – ოპტიკური პოლიმერი. აღნიშნული მასალის თვისებების გათვალისწინებით სასურველი და აუცილებელია დაფენის პროცესების მართვა მაღალი განმეორადობით, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალი ხარისხის ფუნქციონალური დანადგარების მიღებას.

შრომში [1] მოყვანილია 200-ზე მეტი ნივთიერება, რომლებიც გამოიყენება თხელფენოვანი ოპტიკური დიელექტრიკული შრეების მისაღებად. ამათგან ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სპექტრის ოპტიკურ დიაპაზონში გამოიყენება დაახლოებით 20 ნივთიერება. ამ ნივთიერებებიდან მაღალი ხარისხის მრავალშრიანი პერიოდული სტრუქტურების მქონე ოპტიკური დანადგარების მისაღებად ჩვენს მიერ შერჩეული იქნა სილიციუმის ორჟანგის (SiO_2) და ცირკონიუმის ორჟანგის (ZrO_2) მასალების თხელი შრეები. აღნიშნული მასალებისგან ფორმირებულ დიელექტრიკულ შრეებს გააჩნიათ მაღალი მექანიკური სიმტკიცე და ქიმიური სტაბილურობა. ისინი ხასიათდებიან მაღალი გამჭვირვალობით ხილული სპექტრის მიმართ. ამ წყვილს, სპექტრის ინფრაწითელ დიაპაზონში გარდატეხვის მაჩვენებლების ერთმანეთისაგან

მცირე განსხვავებისა და შესაბამისი სქელი შრეების ძლიერი მექანიკური დამაბულობის არსებობის გამო პრაქტიკულად არ იყენებენ.

მიუხედავად ამისა, დიელექტრიკული შრეების ეს წყვილი ხშირად გამოიყენება მრავალშრიანი პერიოდული სტრუქტურების მქონე ოპტიკური დანაფარების მისაღებად, რომლებიც ერთნაირი წარმატებით მუშაობენ როგორც ხილულ, ისე ახლო ინფრაწითელი სპექტრის არეში.

ცნობილია, რომ ვაკუუმში გაფრქვევის თერმულ მეთოდებთან (მაგალითად: თერმული (რეზისტიული) აორთქლება, ელექტრონულ-სხივური და ლაზერული აორთქლება) შედარებით, მაგნეტრონულ-პლაზმური გაფრქვევის მეთოდებს გააჩნიათ მთელი რიგი უპირატესობები. ასე მაგალითად, ოპტიკური დეტალების ზედაპირზე დაცემისას გაფრქვეული ნაწილაკების საშუალო კინეტიკური ენერგია გაცილებით მეტია ვიდრე ზემოთ ჩამოთვლილი თერმული მეთოდების შემთხვევაში, ეს მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მიღებული ფირების სისაღეზე, ადგეზიურობაზე და მათ სიმკვრივეზე. მიღებულ დანაფარებს გააჩნიათ ძალიან წვრილი საკუთარი ზედაპირის სიმქისე და, რაც მთავარია ჩვენი ამოცანებისათვის, შესაძლებელია დიელექტრიკული შრეების მიღება დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიურ რეჟიმებში.

მოკლედ განვიხილოთ მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობის ფიზიკური საფუძვლები [2]. ჯვარედინა ელექტრული და მაგნიტური ველების გამოყენება პლაზმაში ელექტრონების ჩაკეტილი სპირალური მრუდის სახის ტრაექტორიების ფორმირებისათვის. მაგნიტური ველი, რომლის ძალწირები გასაფრქვევი სამიზნის ზედაპირის პარალელურია, აკავებს ელექტრონებს უშუალოდ სამიზნის მახლობლობად ჯვარედინი ელექტრული და მაგნიტური ველებით შექმნილ ე.წ. ელექტრონების “ხაფანგში”. ელექტრონების ოსცილაცია და მათი მოძრაობა სპირალურ ტრაექტორიებზე ზრდის იონიზირებადი დაჯახებების რიცხვს, რის შედეგადაც იზრდება პლაზმის სიმკვრივე, რომლის ზემოქმედება სამიზნეზე უზრუნველყოფს სამიზნის მასალის გაფრქვევის მაღალ სიჩქარეს. მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობის განსხვავებულ თავისებურებას წარმოადგენს პლაზმის დიდი კონცენტრაცია უშუალოდ გასაფრქვევი სამიზნის მახლობლობაში, რაც გამოწვეულია მაგნიტური ველის არსებობით. ამ მიზეზით ელექტრონები ვერ აღწევენ დასაფენ ოპტიკურ დეტალებამდე, რაც იცავს ამ დეტალებს ზედმეტი გადახურებისაგან. აღნიშნულ მეთოდს გააჩნია მთელი რიგი უპირატესობები, კერძოდ: შესაძლებელია ლითონების, ნახევარგამტარების, დიელექტრიკების, ოქსიდების, ნიტრიდების და სხვა თხელფენოვანი დანაფარების მიღება კარგი ადგეზიითა და ფიზიკო-ქიმიური თვისებებით, ამასთან, არ ხდება ეკოლოგიურად მავნე ნივთიერებების გამოყოფა. აგრეთვე, მეთოდს არ გააჩნია ეკოლოგიურად მიუღებელი ნივთიერებების ნარჩენები.

წარმოდგენილი სამუშაოს მიზანია მაგნეტრონული გაფრქვევის ექსპერიმენტალურ-ტექნოლოგიური დანადგარის შექმნა ვაკუუმური BY-1A ტიპის დაფენის დანადგარის მოდერნიზაციის გზით, რაც უზრუნველყოფს ოპტიკურ დეტალებზე მრავალშრიანი პერიოდული სტრუქტურის მქონე ოპტიკური დანაფარების მიღებას ერთიან ტექნოლოგიურ ციკლში. აღნიშნული დანადგარის დანიშნულებაა ოპტიკურ დეტალებზე გაშუქოვნების ფენების მიღების ოპტიმალური ტექნოლოგიების დამუშავება და მიღებული შრეების გამოყენება სხვადასხვა კვლევებში, ოპტიკური ხელსაწყოების საწარმო ნიმუშების დამზადებასა და პერსპექტივაში, მათი მცირე წარმოებაში.

ვაკუუმური დანადგარის ხუფქვეშა მოწყობილობის კონსტრუქციის დაგეგმარებისას ჩვენი მთავარი მოთხოვნა იყო მაგნეტრონული გაფრქვევის ორი მოწყობილობის და მბრუნავ დისკოზე დამაგრებული დასაფენი ოპტიკური დეტალების განლაგების ისეთი გეომეტრიის განსაზღვრა, რომელიც უზრუნველყოფდა ოპტიკური დეტალების დაფარვას ერთნაირი სისქის ფენით.

ვაკუუმური დანადგარის ხუფქვეშა მაგნეტრონული გაფრქვევის ორი მოწყობილობის, მბრუნავი დისკოს და მასზე განლაგებული ოპტიკური დეტალების დამჭერის მქონე ნახვრეტები (ათი პოზიცია), უძრავ დისკოზე განლაგებული ნახვრეტები (2 პოზიცია) და მაგნეტრონების საფარის ოპტიმალური განლაგება შესრულებულია კონსტრუირების 3D ფორმატში. ამან მოგვცა აღნიშნული დეტალების ვაკუუმური დანადგარის ხუფქვეშა კომპაქტურად განლაგების შესაძლებლობა და რაც ერთ-ერთი წინაპირობაა იმისა, რომ, დიდი წარმადობით, ერთიან ვაკუუმურ ციკლში განხორციელდეს ოპტიკური დეტალებზე მაღალი ხარისხის გაშუქოვნების შრეების მიღება.

დასმული ამოცანის განსახორციელებლად შესრულდა შემდეგი სამუშაოები:

- ვაკუუმური დანადგარის ხუფქვეშა ჩვენს მიერ კონსტრუირებული და დამზადებული გადამყვანების და ვაკუუმური განმხოლოებების გამოყენებით დამონტაჟდა პლანარული მაგნეტრონული გაფრქვევის ორი მოწყობილობა. დამონტაჟებული მაგნეტრონები წარმოადგენენ კლასიკურ პლანარული მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობებს, წყლის გაცივების სისტემით და 100 მმ დიამეტრის სამიზნით;
- ორივე მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობისთვის დამონტაჟებულია საფარი;
- ვაკუუმური ხუფის ზედა ნაწილზე ჩვენს მიერ კონსტრუირებული და დამზადებული გადამყვანის და ვაკუუმური განმხოლოებების გამოყენებით დამონტაჟდა RGA 200 ტიპის კვადრუპოლური მას-სპექტრომეტრი [3];
- განხორციელდა აირის სისტემის კონსტრუირება, დამზადება და მონტაჟი;
- დამზადდა მუდმივი და იმპულსური ძაბვის კვების ბლოკები და მაღალი ძაბვის გადამრთველის (RFDC "PlasmaSwitch") გამოყენებით მიუერთდა მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობას.

ხშირ შემთხვევაში, მიღებული დანაფარების ხარისხი დამოკიდებულია არა მარტო ვაკუუმური სისტემის და მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობების მახასიათებლებზე, არამედ მათი კვების ბლოკზეც, განსაკუთრებით მაშინ, როცა საქმე გვაქვს რეაქტიულ მაგნეტრონულ გაფრქვევასთან და გვინდა მივიღოთ სილიციუმის ორჟანგი (SiO_2). ამ შემთხვევაში მუდმივი კვების წყაროს გამოყენებისას პლაზმაში გარკვეული სიხშირით წარმოიქმნება მცირე სიდიდის რკალური განმუხვტები, რაც ართულებს ტექნოლოგიურ პროცესის კონტროლს და უარყოფითად მოქმედებს მიღებული შრეების ხარისხზე. თუ მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობაზე ნაცვლად მუდმივი ძაბვისა მოვდებთ იმპულსურ ძაბვას, მისი სიხშირის გაზრდისას რკალური განმუხვტები კლებულობს და 50 – 60 კჰც სიხშირის ზევით საერთოდ ქრებიან.

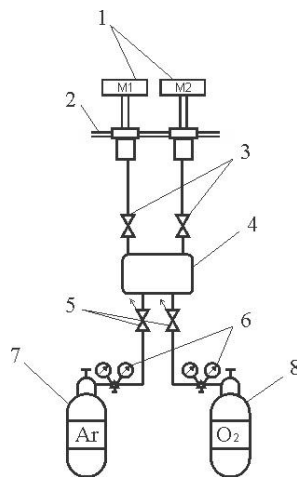
ამის გათვალისწინებით ჩვენი მაგნეტრონების ელექტრომომარაგების სისტემა შედგება ორი ავტონომიური ბლოკისაგან. ერთი, მუდმივი ძაბვის კვების ბლოკი, რომელსაც შეუძლია უზრუნველყოს ძაბვა 800 ვ, დენით 1.5 ამპერამდე. და მეორე, რეაქტიული გაფრქვევების რეჟიმებისათვის, იმპულსურ ძაბვის კვების ბლოკი

(სიხშირით 50 – 100 კჰც). აღნიშნული სისტემა იძლევა საშუალებას მიეწოდოს მუდმივი ან იმპულსური ძაბვები ორივე მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობებს და უზრუნველყოს მათი როგორც ერთდროული, ისე ცალცალკე მუშაობის რეჟიმი.

როგორც ცნობილია [4], ვაკუუმური დანადგარის ხუფქვეშ ნარჩენი გაზების მთლიანი წნევის გაზომვა არ არის საკმარისი დაგეგმილი ტექნოლოგიური ამოცანების გადასაჭრელად. ჩვენს შემთხვევაში აუცილებელია არა მარტო ხუფქვეშ არსებული ნარჩენი გაზების შემადგენლობის ცოდნა, რომლის გარემოში მიმდინარეობს ტექნოლოგიური პროცესები, არამედ ამ შემადგენლობის კონტროლიც.

ვაკუუმური სისტემის ხუფქვეშ ნარჩენი გაზების შემადგენლობა განისაზღვრება ტუმბოების სისტემების მახასიათებლებით, ვაკუუმური ხუფის კედლების და ხუფქვეშ დამონტაჟებული კონსტრუქციების გაუაირიანების ხარისხით, დასაფენი ობიექტის შემადგენლობით და მიწოდებული გაზების სისუფთავით. გარდა ამისა, ნარჩენი გაზების შემადგენლობების ანალიზით შესაძლებელია დადგინდეს ნორმებიდან გადახრის ძირითადი მიზეზი. მაგალითად, ვაკუუმური სისტემის გერმეტიზაციის დარღვევა. ჩვენს შემთხვევაში ვაკუუმურ ხუფქვეშ პარციალური წნევის გასაზომად გამოიყენება, ჩვენს მიერ დამონტაჟებული RGA 00 ტიპის ნარჩენი გაზების ანალიზატორი.

მუშა აირის (ინერტული და რეაქტიული) ნაკადის ავტომატური მართვის და რეგულირების მოწყობილობა AALBORG (ორი კომპლექტი) ჰერმეტიულად მიერთებულია, ერთი მხრივ, მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობებთან უშუალოდ გაფრქვევის ზონაში (რეაქტორში), ხოლო მეორე მხრივ, აირის სისტემასთან და შემდეგ არგონის და ჟანგბადის ბალონებთან შესაბამისად, ისე, როგორც **ნახაზზე 1** არის ნაჩვენები.

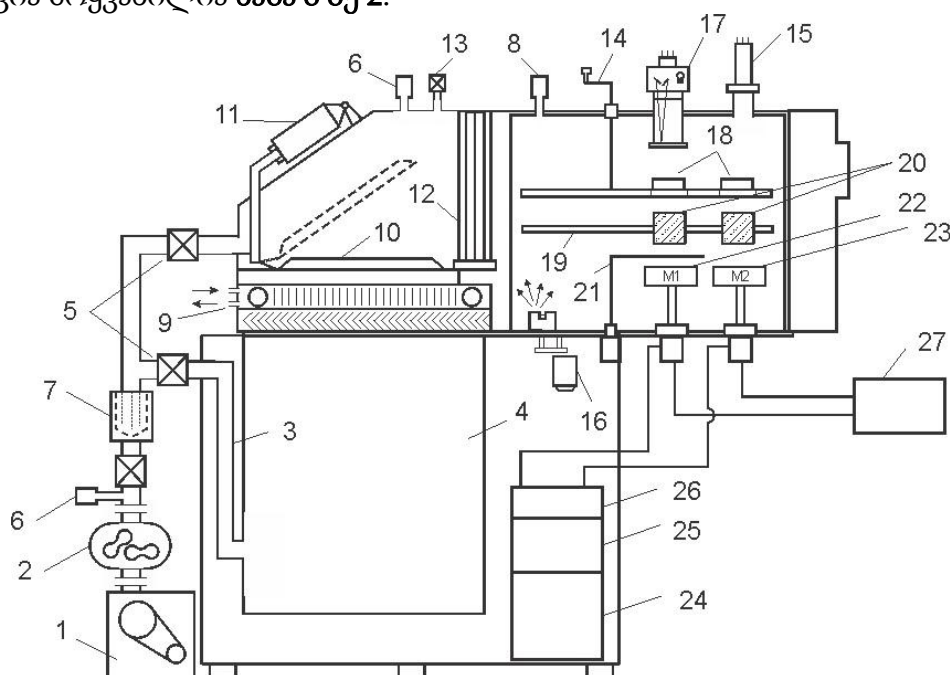


ნახაზი 1. მოდერნიზირებული ვაკუუმური BY-1A ტიპის დანადგარის აირის სისტემის სქემა: 1 – M₁ და M₂ პლანარული მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობები; 2 – ვაკუუმური ხუფქვეშა ფილა; 3 – ვაკუუმური ონკანი; 4 – აირების შერევის რეზერვუარი; 5 – AALBORG ტიპის აირის ნაკადის ავტომატური მართვის და რეგულირების მოწყობილობა; 6 – რედუქტორი; 7 – არგონის ბალონი; 8 – ჟანგბადის ბალონი.

აღნიშნული სქემა საშუალებას იძლევა მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობების რეაქტორს მიეწოდოს, როგორც მხოლოდ ერთი აირი (მაგალითად,

Ar), ასე ორი აირის წარევი (მაგალითად, Ar და O₂) მათი კონტროლირებადი შემცველობით. ჩვენს მიერ კონსტრუირებული და დამზადებული სისტემა უზრუნველყოფს რეაქტორში აირების – არგონის და ჟანგბადის – სასურველ პარციალური წნევების რეგულირებას ხელსაწყოზე ფიქსირებული მნიშვნელობის $\pm 1\%$ სიზუსტით.

მრავალშრიანი პერიოდული სტრუქტურის მქონე ოპტიკური დანადგარების მიღების ვაკუუმური BY-1A ტიპის დაფენის მოდერნიზირებული დანადგარის კონსტრუქცია მოყვანილია **ნახაზზე 2**.



ნახაზი 2. ვაკუუმური BY-1A ტიპის დაფენის მოდერნიზირებული დანადგარის კონსტრუქცია: 1 – ფორვაკუუმური ტუმბო; 2 – ორროტორიანი ტუმბო;

3 – ფორვაკუუმური გამოტუმბვის ხაზი; 4 – დიფუზიური ტუმბო; 5 – ფორვაკუუმური სარქველები; 6 – თერმოწყვილური წნევის გადამწოდი; 7 – სორბციული ჩამჭერი; 8 – მაღალი ვაკუუმის გადამწოდი; 9 – კრიოგენული ჩამჭერი; 10 – მაღალვაკუუმური საკეტი; 11 – საკეტის ჰიდროამძრავი; 12 – დამცავი ცხაურა; 13 – ჰაერის შემშვები სარქველი; 14 – დასაფენი ობიექტის ბრუნვის ამძრავი; 15 – კვადრუპოლური მასსპექტრომეტრი; 16 – ტიგელის ამძრავი (დაკონსერვებულია);

17 – სპექტროფოტომეტრი (დაკონსერვებულია); 18 – მბრუნავი დისკო ოპტიკური დეტალების დამჭერით; 19 – უძრავი დისკო; 20 – ცილინდრული ეკრანი; 21 – საფარი; 22 – M₁ პლანარული მაგნეტონული გაფრქვევის მოწყობილობა სილიკონის სამიზნით;

23 – M₂ პლანარული მაგნეტონული გაფრქვევის მოწყობილობა ცირკონიუმის სამიზნით; 24 – მუდმივი ძაბვის კვების ბლოკი; 25 – იმპულსურ ძაბვის კვების ბლოკი; 26 – მაღალი ძაბვის გადამრთველის (RFDC “PlasmaSwitch”), 27 – აირის სისტემის სქემა.

ვაკუუმური BY-1A ტიპის დაფენის დანადგარის ხუფქვემ მაღალი წნევის მისაღებად სისტემაში ჩართულია ფორვაკუუმური ტუმბო (1), ორროტორიანი ტუმბო (2), რომელიც ფორვაკუუმური გამოტუმბვის ხაზით (3), სორბციული ჩამჭერით (7) და ფორვაკუუმური სარქველებით (5) მიერთებულია დიფუზიურ ტუმბოსთან. მაღალვაკუუმური საკეტი (10) საკეტის ჰიდროამძრავით (11) უზრუნველყოფს

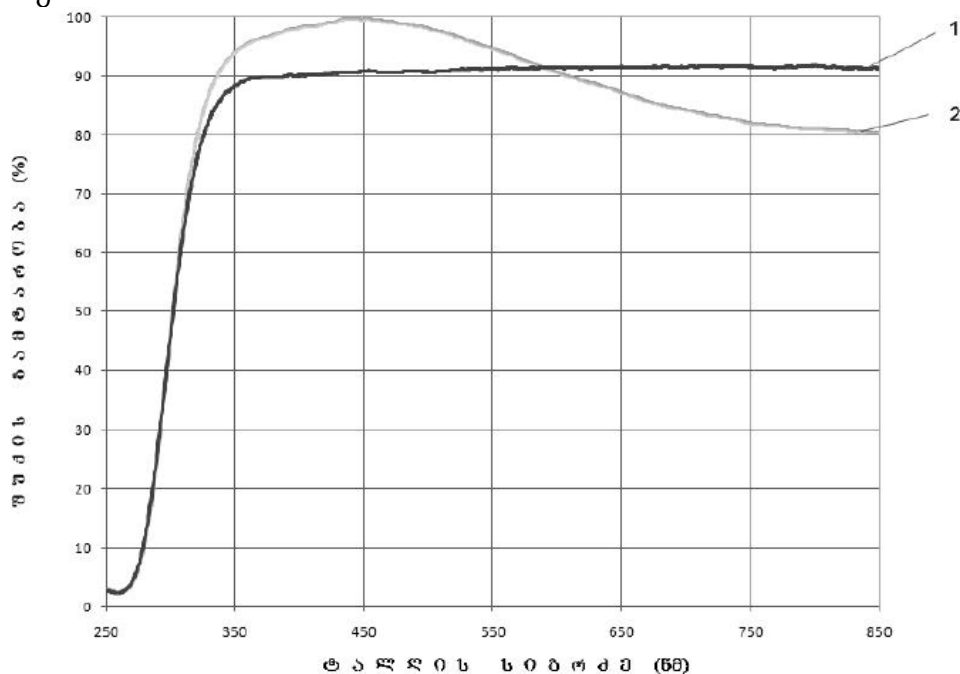
დიფუზიური ტუმბოს დაცვის ცხურას (12) გავლით დაფენის ვაკუუმურ ხუფთან ჰერმეტიკულ მიერთებას და განმხოლოებას. სორბციული ჩამჭერი (7) და კრიოგენული ჩამჭერი (9) ზღუდავენ ტუმბოებიდან დაფენის ვაკუუმურ ხუფქვეშ ზეთის ნაწილაკების მოხვედრას. წნევის თერმოწყვილური გადამწოდების (6) და წნევის მაღალვაკუუმური გადამწოდის (9) დანიშნულებათ, შესაბამისად, დაბალი და მაღალი წნევების გაზომა და კონტროლი. ტექნოლოგიური პროცესების დამთავრების შემდეგ ვაკუუმურ ხუფქვეშ ჰაერის შეშვება ხდება ჰაერის შემშვები სარქველის (13) მეშვეობით. კვადრუპოლური მასსპექტრომეტრი (15) განკუთვნილია ვაკუუმურ ხუფქვეშ ნარჩენი გაზების შემადგენლობის კონტროლისა და ანალიზისათვის. საფარის (21) დანიშნულებათ გაფრქვევის ზონისა და დასაფენი ოპტიკური დეტალების განმხოლოება.

ფუძემდებ (ჩვენს შემთხვევაში პოლიმერული მასალისაგან დამზადებული ოპტიკური ლინზა), რომლის ზედაპირზე ეფინება მრავალშრიანი პერიოდული სტრუქტურების მქონე გაშუქოვნების დანაფარები, დამაგრებულია მბრუნავ დისკოზე ოპტიკური დეტალების დამჭერით (18). დისკოს ფიქსირებული კუთხით შემობრუნება ხორციელდება ხელით ოპერატორის მიერ. მანძილი დისკოსა და მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობის სამიზნის ზედაპირს შორის 95 მმ-ია. აღნიშნული სამიზნის ზედაპირიდან 80 მმ მანძილზე მოთავსებულია მეორე უძრავი დისკო (19), რომელსაც ორივე მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობის გასწვრივ ამოჭრილი აქვს 80 მმ დიამეტრის ნახვრეტი. ამ ნახვრეტზე გაფრქვეული ნაწილაკების მოძრაობის გასწვრივ დამაგრებულია 80 მმ დიამეტრის და 35 მმ სიმაღლის ცილინდრული ეკრანი (20). უძრავ დისკოს (19) გააჩნია ნულოვანი პოტენციალი. ცილინდრული ეკრანი (20) ზღუდავს მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობების განსხვავებული სამიზნეებიდან გაფრქვეული მოლეკულების ურთიერთ გადაფარვას და მნიშვნელოვნად ზრდის დანაფარების სისქეების ერთგვაროვნებას [5]. ორი ფიქსირებული პოზიციის მქონე საფარი (21) ყოფს სივრცეს გაფრქვევის ზონასა და მბრუნავ დისკოზე დამაგრებულ ოპტიკური დეტალებს შორის. მისი დანიშნულებათ დაიცვას ოპტიკური დეტალები გაჭუჭყიანებისაგან, გამოწვეული დაფენის პროცესის საწყის პერიოდით და აგრეთვე, მათ ზედაპირზე დაფენის პროცესის შეწყვეტა (ან დაწყება), საფარის (21) შემობრუნება ხორციელდება ელექტრომაგნიტური მოწყობილობის გამოყენებით.

მოდერნიზირებული ვაკუუმური BY-1A ტიპის დანადგარი მუშაობს შემდეგნაირად: დაფენის ტექნოლოგიური პროცესი იწყება მბრუნავ დისკოზე ოპტიკური დეტალების დამჭერის (18) მეშვეობით წინასწარ გაუცხიმიებული ოპტიკური დეტალის (ლინზის) ჩატვირთვით. ვაკუუმური დანადგარის ხუფქვეშ ზღვრული ვაკუუმის (10^{-4} პა) მიღების შემდეგ სამუშაო აირის ნაკადის ავტომატიური მართვის და რეგულირების მოწყობილობის AALBORG მეშვეობით მაგნეტრონული გაფრქვევის ორივე რეაქტორში მიეწოდება სამუშაო აირი (არგონი + ჟანგბადი კონცენტრაციით 75 : 25) და ხუფქვეშ იქმნება 10^{-1} პა რიგის სამუშაო წნევა. მაღალი ძაბვის გადამრთველის (RFDC "PlasmaSwitch") (26) გამოყენებით კვების ბლოკის წრედში ჩაერთვება M_1 მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობა სილიკონის სამიზნით. ამის შემდეგ ირთვება იმპულსური ძაბვის კვების ბლოკი (25) და გამოსავალი იმპულსური ძაბვის თანდათანობით მომატებით M_1 მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობაზე მიიღწევა ღვივადი განმუხტვა. ცდების საფუძველზე წინასწარ დადგენილი ტექნოლოგიური რეჟიმების დამყარების შემდეგ დასაფენი ობიექტი ბრუნვის ამძრავის (14) მეშვეობით გადადის M_1 მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობის დაფენის

პოზიციაზე. საფარი (21), რომელიც ყოფს სივრცეს გაფრქვევის ზონაში, სპეციალური ტუმბლერის ჩართვით გადაადგილდება M_2 მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობის პოზიციაზე. ამასთან, ირთვება წამზომი და დაიწყება ლინზაზე სილიციუმის ორჟანგის (SiO_2) პირველი შრის დაფენის პროცესი. წინასწარი გამოთვლებით დადგენილი დაფენის პროცესისთვის საჭირო დროის ამოწურვის შემდეგ ტუმბლერი გამოირთვება და საფარი (21) გადაინაცვლებს გაფრქვევის ზონაში. ამით ლინზაზე SiO_2 პირველი შრის დაფენის ტექნოლოგიური პროცესი მთავრდება. იმპულსური ძაბვის თანდათანობით დაკლებით M_1 მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობაზე იმპულსური ძაბვა გამოირთვება.

ამის შემდეგ მაღალი ძაბვის გადამრთველის (RFDC “PlasmaSwitch”) (26) გამოყენებით კვების ბლოკის წრედში გადართვება M_2 მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობა ცირკონიუმის სამიზნით. შემდეგში ირთვება იმპულსური ძაბვის კვების ბლოკი და გამოსავალი იმპულსური ძაბვის თანდათანობით მომატებით M_2 მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობაზე მიიღწევა ღვივადი განმუხტვა. ცდების საფუძველზე წინასწარ განსაზღვრული ტექნოლოგიური რეჟიმების დამყარების შემდეგ დასაფენი ობიექტის ბრუნვის ამძრავის (14) მეშვეობით ოპტიკური დეტალი გადადის M_1 მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობის დაფენის პოზიციაზე. საფარი (21) სპეციალური ტუმბლერის ჩართვით გადაადგილდება M_2 მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობის პოზიციაზე და ყველაფერი მეორდება, რის შედეგადაც ლინზაზე ეფინება ცირკონიუმის ორჟანგის (ZrO_2) მეორე შრე. დიელექტრიკული შრეების დაფენის ზემოთ მოყვანილი ტექნოლოგიური პროცესები მეორდება იმდენჯერ, რამდენი გაშუქოვნების შრის მიღებაც არის დაგეგმილი. ჩვენს შემთხვევაში სამჯერ. ამის შემდეგ იხსნება ჰაერის შემშვები სარქველი (13) და დაფენილი ოპტიკური დეტალი ჩამოიტვირთება.



ნახაზი 3. პოლიმერული მასალისაგან დამზადებული ოპტიკური ლინზის სპექტრალური მახასიათებელი გაშუქოვნების ფენის დაფენამდე (1) და დაფენის შემდეგ (2).

მოდერნიზირებული ვაკუუმური BY-1A ტიპის დანადგარის ტესტირებისათვის განხორციელდა მრავალშრიანი პერიოდული სტრუქტურების მქონე გაშუქოვნების ფენების მიღება $\lambda = 350$ ნმ-დან $\lambda = 900$ ნმ-მდე სპექტრის ზონაში. ცალკეული ფენების სისქეები აღნიშნულ სისტემებში იცვლებოდა დიაპაზონში: სილიციუმის ორჟანგისათვის SiO_2 ($n = 1.47$) – (59 – 153) ნმ და ცირკონიუმის ორჟანგისათვის ZrO_2 ($n = 1.97$) – (44 – 114) ნმ. კონკრეტულად, გათვლილი და მიღებულია პოლიმერული მასალისაგან დამზადებულ ოპტიკურ ლინზაზე სამი ფენისაგან შემდგარი გაშუქოვნების შრეები: პირველი შრე SiO_2 სისქით 74 ნმ, მეორე შრე ZrO_2 სისქით 55 ნმ, მესამე შრე SiO_2 სისქით 74 ნმ.

ჰოლანდიური ფირმის Avantes Avaspec სპექტრომეტრით ULS 2040 გამოკვლეული იქნა პოლიმერული მასალისაგან დამზადებული ოპტიკური ლინზის სპექტრალური მახასიათებელი გაშუქოვნების ფენის დაფენამდე და დაფენის შემდეგ (ნახაზი 3).

სპექტრალური მახასიათებლებიდან ჩანს, რომ გაშუქოვნების შემდეგ ლინზის მიერ გატარებული სინათლის ინტენსივობას გააჩნია მაქსიმუმი $X_{\max}$ სპექტრის 434 ნმ მნიშვნელობისათვის. სპექტრის აღნიშნული უბანში ლინზის მიერ გატარებული სინათლის ინტენსივობა დაფენამდე 90.72 %-ია, ხოლო დაფენის შემდეგ 99.81 %.

მითითებები

1. Э. С. Путилин. Оптические покрытия. 2010, Санкт Петербург: СПб ГУИТМО.
2. P. J. Kelly, R. D. Arnell. Magnetron sputtering: A review of recent developments and applications. Vacuum, 2000, 56 , 159-172.
3. Г. С. Ануфриев, Б. С. Болтенков, А. И. Рябинков. Масс-спектры высокого разрешения остаточного газа в металлической вакуумной системе. ЖТФ, 2006, 76, 61-66.
4. გ. დ. დგებუაძე, ზ. ვ. ბერიშვილი, ს. ვ. სიხარულიძე. პლანარული მაგნეტრონული გაფრქვევის მოწყობილობა. საქართველოს პატენტი, № 2013 5725 B, 2013.