

(19) საქართველოს  
ინტელექტუალური  
საკუთრების  
ეროვნული ცენტრი  
საქპატენტი



(11) **GE P 2015 6237 B**  
(10) AP 2014 13089 A  
(51) Int. Cl. (2006)  
**H 02 N 3/00**

(12) **ბამობონეგაზე პატენტის აღწერილობა**

(21) AP 2013 13089

(22) 2013 05 16

(24) 2013 05 16

(44) 2014 10 10 №19

(45) 2015 01 26 №2

---

(73) ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი (GE)

ქ. ჩოლოყაშვილის გამზ. 3-5, 0162,

თბილისი (GE)

(72) ავთანდილ თავხელიძე (GE)

---

(54) *თერმობონეგა და თერმობონეგის ბარდამბონეგის*

*ელექტროდების კონფორმული ზედაპირების მიღების ხერხი*

(57) ხერხი ითვალისწინებს არაკონფორმული ზედაპირების მქონე სქელი და თხელი მონოკრისტალური ფუძეშრების შეკავშირებას, მათ მაღალტემპერატურულ გამოწვას, გამოწვის პროცესში შეკავშირების დროს წარმოქმნილი ელასტიკური დეფორმაციის გარდაქმნას პლასტიკურ დეფორმაციაში და გაცივების შემდეგ ფუძეშრების განკავშირებას.

მუხლები: 1 დამოუკიდებელი

ფიგურა: 1

**GE P 2015 6237 B**

## ბამოგონებაზე პატენტის აღწერილობა

ბამოგონება განეკუთვნება ფიზიკისა და საინჟინრო დარგებს და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სითბური ენერჯის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნისათვის და აგრეთვე, გაცივებისათვის.

ცნობილია, რომ ნახევარდამტარული ენერჯის გარდამქმნელების მარგი ქმედების კოეფიციენტი ძალიან დაბალია და შეადგენს 3-8 %. ეს გამოწვეულია პარაზიტული სითბოს ნაკადით ცხელი ელექტროდიდან ცივი ელექტროდისაკენ. ნახევარდამტარულისაგან განსხვავებით თერმოიონულ და თერმოტუნელურ გარდამქმნელებს აქვთ ვაკუუმური ნანოდრეხო ელექტროდებს შორის. ვაკუუმის სითბოგამტარობა ფორმალურად ნულის ტოლია. შესაბამისად, ვაკუუმურ ხელსაწყოებში სითბოს პარაზიტული ნაკადი არ არსებობს. ამიტომაც, ეფექტურობის თვალსაზრისით, თერმოიონული და თერმოტუნელურ ხელსაწყოებს მნიშვნელოვანი უპირატესობა აქვთ. თერმოტუნელური გარდამქმნელები, აგრეთვე, გამოირჩევა მაღალი ენერჯის ნაკადით. ისინი შედგება ბრტყელი ემიტერისა და კოლექტორისაგან, რომლებიც ვიწრო ვაკუუმური ღრეხითია გაყოფილი. ელექტრონები შთანთქავენ სითბურ ენერჯიას ემიტერში, დაძლევენ პოტენციალურ ბარიერს (ან კვანტურ-მექანიკურად ტუნელირებენ მასში) და გამოყოფენ სითბურ ენერჯიას კოლექტორში. იმისათვის, რომ მივიღოთ მნიშვნელოვანი სითბოს გადატანა დაბალ ტემპერატურებზე (ოთახის ტემპერატურა), ელექტროდების გამოსვლის მუშაობა  $\phi = 0.2-0.4$  eV-ს არ უნდა აღემატებოდეს. უმეტესი მასალებისათვის  $\phi > 4$  eV. ეს მოთხოვნაზე ერთი რიგით მეტია. ამ წინააღმდეგობის დასაძლევად გამოყენებული იყო ელექტრონის კვანტურ-მექანიკური ტუნელირება. ელექტრონის ტუნელირებით მიიღწევა დიდი ელექტრული დენი მაღალი  $\phi$ -ს შემთხვევაშიც კი. შემუშავებული იყო კონფორმული ელექტროდების მიღების ტექნოლოგია. მარგი ქმედების კოეფიციენტის (ან გაცივების კოეფიციენტის) გასაზრდელად, ელექტრონები იფილტრებოდნენ ენერჯის მიხედვით, კოლექტორზე დამატებულ ფენაში. აღმოჩნდა, რომ 5-10 ნმ სიგანის ვაკუუმური ნანო-ღრეხოს მიღება დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ტექნოლოგიურ პრობლემებთან. მთავარი პრობლემაა ვიწრო ნანო-ღრეხოს მიღება დიდ ფართობებზე. დიდი ფართობები (1 სმ<sup>2</sup>-ის რიგის) აუცილებელია იმისათვის, რომ მივიღოთ ელექტრონების დიდი ნაკადი და შესაბამისად, სითბოს დიდი ნაკადი ცხელსა და ცივ ელექტროდებს შორის. მხოლოდ ამ გზით შეიძლება გარდამქმნელის გამოსასვლელზე მაღალი სიმძლავრის მიღება და მნიშვნელოვანი კონკურენციის გაწევა სხვა სახის ენერჯის გარდამქმნელებისათვის. თერმოტუნელური ენერჯის გარ-

დამქმნელებისა და გამაცივებლების პრაქტიკული გამოყენება განხილული იყო ამ სფეროს მრავალ ნაშრომში.

დიდ ფართობზე (გლობალური) ტუნელირების მისაღებად საჭიროა პოლირებული ზედაპირები. თანამედროვე პოლირების მეთოდები 500 ნმ/სმ ზედაპირის გლობალურ სიმრუდეს იძლევა. საუბედუროდ, ეს ორი რიგით უარესია იმაზე, რასაც თერმოტუნელირება მოითხოვს (5-10 ნმ/სმ). იმავედროულად, იგივე პოლირების მეთოდები იძლევა 0.3 ნმ-ზე ნაკლებ ლოკალურ სიგლუვეს. ეს საკმარისია ლოკალური ტუნელირების მისაღებად, მაგრამ ელექტროდის გლობალური სიმრუდე ხელს გვიშლის ელექტროდების ურთიერთ დაახლოებაში და გლობალური ტუნელირების განხორციელებაში. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად ჩვენ შევიმუშავეთ ზედაპირის გამეორების (რეპლიკაციის) ახალი ტექნოლოგია.

სიახლე მდგომარეობს იმაში, რომ ჩვენ ელექტროდებად ვიყენებთ ერთი და იგივე მასალის, ვთქვათ სილიკონის Si, თხელ და სქელ მონოკრისტალურ ფუძეშრებს (ფიგ. 1ა). დასაწყისში თხელი ფუძეშრის ზედაპირი შეკავშირდება (bonding) სქელი ფუძეშრის ზედაპირთან (ფიგ. 1ბ), ზედაპირების შეკავშირების ერთ-ერთი მეთოდის გამოყენებით. ეს მეთოდები იყენებს გლუვი ზედაპირების დაახლოებისას, ატომებს შორის ადრულ ვანდერ-ვალსის ძალებს. შეკავშირების პროცესში, თხელი ფუძეშრე ელასტიკურად დეფორმირდება და მიიღებს სქელი ფუძეშრის ფორმას. შემდგომ, შეკავშირებული ფუძეშრეები გამოიწვება მაღალ ტემპერატურაზე. გამოწვის პროცესში, თხელ ფუძეშრეში ელასტიკური დეფორმაცია მოიხსნება და გარდაიქმნება პლასტიკურ დეფორმაციად. გაცივების შემდგომ, ფუძეშრეები განკავშირდება (debonding) და ამგვარად, მიიღება ორი კონფორმული ფუძეშრე (ფიგ. 1ვ, თხელი ფუძეშრე არის სქელის რეპლიკაცია). შემდგომ, ასეთი ფუძეშრეები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს თერმოიონული და თერმოტუნელური გარდამქმნელების ელექტროდების დასამზადებლად.

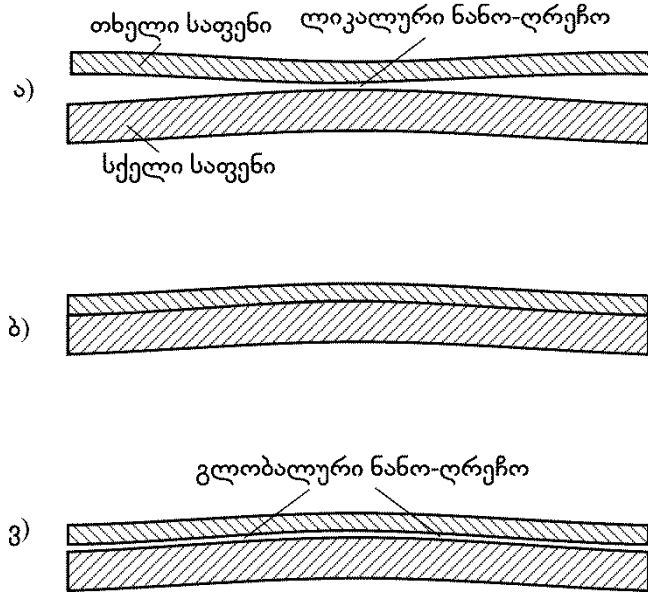
Si ფუძეშრეების გამოწვის შემდეგ განცალკევების ერთ-ერთი ტექნოლოგიური ვარიანტია სილიკონის დიოქსიდის  $\text{SiO}_2$  დამხმარე ფენის (sacrificial layer) გამოყენება. თხელი (ან სქელი) ფუძეშრის ზედაპირზე, შეკავშირების დაწყებამდე, თერმულად (ან სხვა მეთოდით) გაიზრდება  $\text{SiO}_2$  თხელი (0.1-1 მიკრონი სისქის) ფენა. შემდგომ მოხდება ფუძეშრეების ზედაპირების შეკავშირება Si და  $\text{SiO}_2$  ზედაპირების შეკავშირების ტექნოლოგიის გამოყენებით. გამოწვის შემდგომ კი ფუძეშრეები განცალკევდება  $\text{SiO}_2$  დამხმარე ფენის სელექტიური მოწამვლის საშუალებით. დიდი ფართობის მქონე ფუძეშრეების შემთხვევაში მიზანშეწონილია თხელ ფუძეშრეში

გაკეთდეს მცირე დიამეტრის ნახვრეტები იმისათვის, რომ დაჩქარდეს  $\text{SiO}_2$  -ის მოწამვლის პროცესი.

#### გამოგონების ფორმულა

თერმოიონული და თერმოტუნელური გარდამქმნელების ელექტროდების კონფორმული ზედაპირების მიღების ხერხი, რომელიც ითვალისწინებს არაკონფორმული ზედაპირების მქონე სქელი და თხელი მონოკრისტალური ფუძეშრების შეკავშირებას, მათ მაღალტემპერატურულ გამოწვას, გამოწვის პროცესში შეკავშირების დროს წარმოქმნილი ელასტიკური დეფორმაციის გარდაქმნას პლასტიკურ დეფორმაციად და გაცივების შემდეგ ფუძეშრების განკავშირებას.

თერმოიონული და თერმოტუნელური გარდამქმნელების ელექტროდების კონფორმული ზედაპირების მიღების ხერხი



ფიგურა 1. ფუძემრეების კვეთა: ა) თხელი და სქელი ფუძემრეები; ბ) შეკავშირებული ფუძემრეები; ვ) გამოწვის შემდგომ განკავშირებული ფუძემრეები.