Ni VA Cu ARALASHMA ATOMLARINING KREMNIY SENSORLARINING ELEKTROFIZIK XUSUSIYATLARIGA O'ZARO TA'SIRI

Normuratov Qahramon Tog‘aymuratovich

Toshkent viloyatidagi Astraxan davlat texnika universiteti filiali

Аннотация:

В монокристаллических кремниевых тензометрах определены проводимость и время жизни неравновесных носителей заряда при введении примесей никеля. Установлен оптимальный режим диффузионного процесса. Показано, что в результате взаимодействия примесей никеля и кислорода, введённых при температуре 500°C, подавляется образование термических доноров, и что данное взаимодействие не влияет на образование высокотемпературных термических доноров, формирующихся при 700°C.

Ключевые слова: кремний, химическое осаждение, диффузия никеля, сопротивление, термическая обработка, тензометры, дефект, метод.

Abstract:

In monocrystalline silicon strain gauges, the conductivity and lifetime of nonequilibrium charge carriers were investigated under the introduction of nickel impurities. The optimal diffusion regime was established. It was shown that the interaction between nickel impurities and oxygen at 500 °C suppresses the formation of thermal donors, while this interaction does not affect the formation of high-temperature thermal donors generated at 700 °C.

Keywords: silicon, chemical deposition, nickel diffusion, resistance, heat treatment, strain gauges, defects, method.

Texnologiyada Si:Ni dan foydalanish tenzometrlarni ishlab chiqarishda qo'llanilishi bilan katta qiziqish uyg'otadi. Ni ning qo'shimcha sifatida keng qo'llanilishi yuqori tezlikdagi, yuqori sezgir bosimli konstruksiyalarni ishlab chiqarishda qimmat oltinga alternativa sifatida oqlanadi [1]. Nikelni kremniyga qotishning turli usullari mavjud, ulardan biri kimyoviy bug' cho'ktirishdir. Ushbu

usulning afzalliklari energiya tejaydigan texnologiyalardan foydalanish, vakuum texnologiyasiga ehtiyojni bartaraf etish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishni o'z ichiga oladi.

Bundan tashqari, bu usul yangi xususiyatlarga ega mahsulotlar ishlab chiqarish imkonini beradi: o'zgaruvchan metall qatlam tabiatiga ega ko'p qatlamli kremniy metallizatsiyasi. Texnologiyaning eng muhim bosqichi suvli gipofosfit eritmasidan oz miqdordagi fosforni o'z ichiga olgan nikel plyonkalarini kimyoviy cho'ktirishdir[2]. Bu kremniyga kuchli yopishishni, plastinka yuzasining elektr o'tkazuvchanligini va eritmalardan nikel plyonkalarini keyingi kimyoviy, elektrokimyoviy yoki kontaktli cho'ktirish imkoniyatini ta'minlaydi.

Kimyoviy nikel cho'ktirish reaksiyasida kremniy yuzasiga katalitik faollik berish uchun palladiy va palladiysiz faollashtirish qo'llaniladi. Metall plyonkalarni cho'ktirish uchun plastinkalarni tayyorlash uchun kremniy o'yish amalga oshiriladi. Eritmalarning texnik xususiyatlari va ish sharoitlari: kremniy o'yish uchun yuqori tezlikdagi ishqoriy eritmalar yoki ftor ionlarini o'z ichiga olgan kislotali eritmalar ishlatiladi; kimyoviy nikel qoplamasidan oldin faollashtirish uchun palladiy katalizator eritmasidan cho'ktirish qo'llaniladi yoki palladiysiz faollashtirish amalga oshiriladi; har bir metall yoki qotishma qatlami uchun cho'ktirish operatsiyalarining davomiyligi 5...7 daqiqadan oshmaydi; barcha eritmalar takroriy foydalanish uchun mos keladi. Eritmalarning ish harorati, ularning maqsadiga qarab, 18...98 °C ni tashkil qiladi; ba'zi hollarda, alohida operatsiyalar orasida suv bilan chayish talab qilinmaydi [3].

Yana bir egirlash usuli nikel plyonkasini oksidlangan monokristalli kremniy ustiga qo'yilgan polisilikon plyonkaga eritib, ya'ni magnetron purkash orqali nikel silitsidlarini hosil qilishni o'z ichiga oladi. Kerakli namunani diffuziya orqali olish uchun avval kremniy plastinkasi fosfor bilan lehimlanadi, so'ngra vakuumda magnitron purkash yordamida polisilikon ustiga nikel plyonkasi (500–1200 Å) qo'yiladi [4].

Diffuziya usuli bilan nikel aralashmasi bilan lehimlangan, n- va p-turdagi o'tkazuvchanlikka ega monokristalli kremniydan tayyorlangan tenzometrlarning elektrofizik xususiyatlarini o'rganish uchun Xoll effekti qo'llanildi, bunda o'tkazuvchanlik o'lchovlari doimiy elektr va magnit maydonlar rejimida standart texnika yordamida amalga oshirildi. Nikel bilan lehimlangan kremniy namunalarining optik xususiyatlari yaqin va o'rta infraqizil diapazonda (0,75 ... 25 mkm) spektral asboblar yordamida o'rganildi. Tadqiqotlarda biz fosfor aralashmalarining boshlang'ich konsentratsiyasi bilan dislokatsiya zichligi 5 1013 ... 1015 sm-3 bo'lgan monokristalli kremniy namunalaridan foydalandik. Ushbu namunalarda optik faol kislorod konsentratsiyasi (1 ... 8) 1017 sm-3 va uglerod ~ 1017 sm-3 ni tashkil etdi. Nikel 1100 ... 1250 °C haroratda diffuziya orqali kiritildi [5].

Xona va suyuq azot haroratida yutilish spektriga diffuziya harorati va past haroratli ishlov berishning ta'siri o'rganildi. Differentsial yutilish spektri tavlangan nazorat nikelsiz kremniy namunalariga nisbatan qayd etildi. Namunalarning tekislik-parallelizmi va sayqallashiga alohida e'tibor qaratildi. Namuna qalinligi 1,5 dan 4 mm gacha bo'lgan. Kremniydagi kislorod va nikel konsentratsiyalari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun diffuziya 1000 dan 1370°C gacha bo'lgan haroratlarda amalga oshirildi, bu esa kiritilgan nikel konsentratsiyasini 1016 dan 7 gacha 1017 sm-3 oralig'ida tartibga solish imkonini berdi. Kiritilgan nikel konsentratsiyasi aktivatsiya usuli yordamida aniqlandi.

Qarshilik ρ = 10…100 Ohm.sm bo'lgan kristallarni diffuziya bilan qo'shib qo'yish jarayonida, termik tavlash jarayonida Si<Ni> namunalarining elektrofizik va optik xususiyatlaridagi o'zgarishlar aniqlandi, nikel 7 x 1017 sm-3 kiritilgan nikel konsentratsiyasida E1 = Ev + 0,2 eV va E2 = E c - 0,4 eV energiyalarga ega ikkita akseptor darajasini hosil qiladi. Bu holda, nikel atomlari asosan kristall panjarasining tugunlarida neytral atomlar (Nio), yakka va ikki marta zaryadlangan ionlar (Ni-, Ni--) shaklida joylashgan. Elektroaktiv atomlarning maksimal konsentratsiyasi NNi = 4 x 1014 sm-3.

Dislokatsiyalar bo'ylab harakatlanuvchi elektroneytral nikel atomlari (Nio-3d84s2, Ni-3d54s24p, Ni---3d84s23p2) NiOx tipidagi kislorod bilan komplekslarni, shuningdek, boshqa nuqsonlarga ega komplekslarni hosil qiladi. Nikelning kremniyning asosiy qismida bosqichma-bosqich past haroratli diffuziyasidan so'ng, 3d10 holatidagi nikel atomlarining nanoklasterlari hosil bo'ladi. Yuqori kompensatsiyalangan kremniyda neytral nikel atomlari va elektroaktiv nikel atomlarining nanoklasterlari tomonidan NiOx komplekslarining hosil bo'lishi issiqlik nuqsonlari konsentratsiyasining pasayishi tufayli xususiyatlarning issiqlik barqarorligining keskin oshishiga olib keladi. Ushbu aralashmalarning elektr faol atomlarining konsentratsiyasi umumiy eruvchanlikning ~ 0,1% ni tashkil qiladi va 1014 sm-3 dan oshmaydi va nikelning kislorod bilan o'zaro ta'siri natijasida faol markazlar hosil bo'lmaydi, shuning uchun nikeldan issiqlik barqaror materiallar olish uchun foydalanishning real imkoniyati mavjud. Ta'sirini o'rganish Kompensatsiyalanmagan yoki kuchsiz kompensatsiyalangan kremniyning xususiyatlarini o'rganish uchun nikel 10–40 Ohm sm-1 qarshilikka ega p-turdagi kremniyga va 10–40 Ohm sm-1 qarshilikka ega n-turdagi kremniyga diffuziya qilindi. Diffuziya harorati elektr faol Ni atomlarining konsentratsiyasi dastlabki kichik aralashmalardan sezilarli darajada past bo'lishi uchun tanlandi, ya'ni nikelning kiritilishi namuna parametrlarining o'zgarishiga olib kelmadi.

Xoll o'lchovlari, shuningdek, IQ yutilish va rekombinatsiya emissiya spektrlariga ko'ra, nikel atomlarini o'z ichiga olgan markazlar aniqlanmadi. [4] ga ko'ra, ilgari Ni atomlarini o'z ichiga olgan nuqsonlar bilan bog'liq bo'lgan 0,861, 0,867 va 0,875 eV dagi PL polosalari issiqlik bilan ishlov berilgan, qotishtirilmagan nikel materialida va mis aralashmalarini o'z ichiga olgan Si kristallarida ham kuzatildi.

Nikel diffuziyasidan keyin yuqori tozalikdagi kremniy uchun olingan natijalarni tahlil qilishdan quyidagi asosiy naqshlarni shakllantirish mumkin:

• diffuziya tavlash haroratining oshishi bilan materialning solishtirma qarshiligining ortishi kuzatiladi va kompensatsiya darajasi quyma ichida o'rganilayotgan plastinkaning o'q bo'ylab joylashishiga bog'liqlikni ko'rsatadi, bu esa undagi asosiy fon texnologik aralashmalar (O, C va boshqalar) miqdorini belgilaydi;

• Tdiff. ning oshishi bilan muvozanatsiz zaryad tashuvchilarning ishlash muddatining qisqarishi kuzatiladi: Tdiff.>960°C da τ 2-3 marta kamaydi va bu parametrning ~ (2-3) μs gacha eng sezilarli pasayishi 1000°C dan yuqori haroratlarda kuzatildi.

Shunday qilib, olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, kremniyga nikel aralashmasining diffuziya usulida kiritilishi n-Si uchun kompensatsion aralashma sifatida ishlatilishi mumkin. Eksperimental tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, elektr faol atomlarning maksimal konsentratsiyasiga ega, barqaror aralashma energiyasi darajasi bilan bir xil darajada qo'shilgan namunalarni tavlash haroratiga (1000 dan 1350°C gacha) qarab 1,5 dan 2 soatgacha tavlash vaqti bilan olish mumkin. Yuqori harorat chegarasi Si-Ni tizimidagi samarali transformatsiyalar bilan belgilanadi, bu esa sirtga yaqin nikel qatlamining hosil qiluvchi xususiyatlarining fon texnologik aralashmalariga nisbatan "yo'qolishiga" olib keladi: kremniydagi Ni ning o'ta to'yingan qattiq eritmasining 600 dan 700°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida sodir bo'ladigan pastki parchalanishi.

1. Фойдаланилган адабиётлар

1. Насриддинов С.С., Маннанов М.И., Соатов А.Қ., Ибодуллаев Ш.Н. Cu атомлари билан легирланган кремний асосида терморезисторлар яратишнинг физик ва технологик имкониятлари. ФарПИ илмий-техник журнали. 2022 й. Том 26 №1, 22-26 бетлар.
2. Насриддинов С.С., Хамракулов А.К., Тураев М.Р., Нормуратов К.Т., Саидова Ф.С. Влияние скорости охлаждения на электрофизические свойства

кремниевых тензодатчиков. Science and world International scientific journal № 3 (127), 2024

3. Nasriddinov S.S., Esbergenov D.M. Kinetics of formation of complex defects in silicon doped with zinc and nickel. European Science Review Scientific journal № 1–2 2022 (January – February) 40-45.
4. Насриддинов С.С., Маннанов М.И., Есбергенов Д.М., Турсунметова З.А. Термоанемометрический резистор на основе кремния, легированного медью. НТЖ ФерПИ. 2022. Т.26. В.3.
5. Nasriddinov S.S., Khamrakulov A.K., Turaev M.R., Normuratov K.T., Saidova F.S. The effect of the cooling rate on the electrophysical properties of silicon load cells. SCIENCE AND WORLD International scientific journal № 3 (127), 2024.