

Abdukarimov Abdulaziz Abdubanayevich

Namangan davlat texnika universiteti dotsenti

abdukarimovabdulazuz8@gmail.com

+998972523262

Suvanov Azizbek Xusniddin o'g'li

Namangan davlat texnika universiteti doktoranti

azizbeksuvanov94@gmail.com

+998993007400

Nematullayev Jasurbek Rustamjon o'g'li

Namangan davlat texnika universiteti doktoranti

jasurnematullayev@gmail.com

+998900507231

YARIMO'TKAZGICHLARDA TENZOEFFEKT HODISASI

Annotatsiya: Ushbu maqolada yarimo'tkazgich materiallarda, xususan, kremniyda tenzoeffekt hodisasining fizik asoslari va matematik ifodasi tahlil qilinadi. Tenzoeffekt - tashqi mexanik kuch ta'sirida materialning elektr qarshiligining o'zgarishi - zamonaviy mikroelektronika va sensor texnologiyalarning ajralmas qismi hisoblanadi. Kremniy kristallarida deformatsiya tufayli zaryad tashuvchilarning harakatchanligi va konsentratsiyasi o'zgaradi, bu esa elektr xossalarga bevosita ta'sir qiladi. Maqolada elektr qarshilikning nisbiy o'zgarishiga asoslangan matematik model hamda π koeffitsient orqali ifodalangan umumiy tenglamalar keltirilgan.

Kalit so'zlar: Si-kremniy, Ge-Germaniy, MEMS-Mikro-Elektron Mechanical System,

Абдукаримов Абдулазиз Абдубаневич

Доцент Наманганского государственного технического университета

abdukarimovabdulazuz8@gmail.com

+998972523262

Суванов Азизбек Хусниддин угли

Докторант Наманганского государственного технического университета

azizbeksuvanov94@gmail.com

+998993007400

Нематуллаев Жасур Рустамжон угли

Докторант Наманганского государственного технического университета

jasurnematullayev@gmail.com

+998900507231

ЯВЛЕНИЕ ТЕНЗОЭФФЕКТА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Аннотация: В данной статье рассматриваются физические основы и математическое выражение тензоэффекта в полупроводниковых материалах, в частности, в кремнии. Тензоэффект - это изменение электрического сопротивления материала под воздействием внешней механической силы - является неотъемлемой частью современной микроэлектроники и сенсорных технологий. Деформация кристаллической решетки кремния приводит к изменению подвижности и концентрации носителей заряда, что напрямую влияет на его электрические свойства. В статье приведены математические модели, основанные на относительном изменении сопротивления, и общие уравнения, выраженные через тензорезистивный коэффициент π .

Ключевые слова: Si- кремний, Ge- германий, МЭМС-

(Микроэлектромеханическая система)

Abdukarimov Abdulaziz Abdubanayevich

Associate Professor at Namangan State Technical University

abdukarimovabdulazuz8@gmail.com

+998972523262

Suvanov Azizbek

Doctoral student of Namangan State Technical University

azizbeksuvanov94@gmail.com

+998993007400

Nematullayev Jasur

Doctoral student of Namangan State Technical University

jasurnematullayev@gmail.com

+998900507231

TENZOEFFECT PHENOMENON IN SEMICONDUCTORS

Abstract: *This article analyzes the physical principles and mathematical formulation of the piezoresistive (tenzo) effect in semiconductor materials, particularly in silicon. The tenzo effect - a change in a material's electrical resistance under external mechanical stress - is an integral part of modern microelectronics and sensor technologies. Deformation of the silicon crystal lattice alters the mobility and concentration of charge carriers, which directly affects its electrical properties. The article presents mathematical models based on relative resistance changes and general equations expressed using the piezoresistive coefficient π .*

Key words: *Si-silicon, Ge- germanium, MEMS - Micro-Electro-Mechanical System*

Kirish. Yarimo‘tkazgich materiallarda elektr xossalarning tashqi ta’sirlarga nisbatan o‘zgaruvchanligi mikroelektronika va sensor qurilmalarda keng foydalaniladi va ulardan biri, tenzoeffekt hodisasidir. Bu hodisa ayniqsa yarimo‘tkazgichlarda, masalan, kremniy (Si) va germaniy (Ge) da kuchli ifodalanadi

Tenzoeffekt zamonaviy bosim datchiklari, mikroelektromexanik tizimlar (MEMS), deformatsiyani o‘lchovchi asboblari va boshqa yuqori aniqlik talab qilinadigan qurilmalarning asosi hisoblanadi.

Ma’lumki, chuqur darajadagi aralashmalarga ega kremniy tashqi bosimga juda sezgir. Tenzometrlarni ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish uchun chuqur darajali yarimo‘tkazgichlarda deformatsiya ta’sirining fizik qonunlarini o‘rganish kerek [1].

Adabiyotlar tahlili va tadqiqot metodologiyasi. Tenzoeffekt - bu materialning elektr qarshiligi tashqi mexanik kuch ta’sirida o‘zgarishidir. Bu o‘zgarish kristall panjaraning deformatsiyasiga bog‘liq bo‘lib, yarimo‘tkazgichlarda zaryad tashuvchilarning harakatchanligi va konsentratsiyasi sezilarli darajada o‘zgaradi [2]. Ayniqsa, yarimo‘tkazgichlar ichidagi chuqur sathli kiritmalar bu jarayonga kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Tenzoeffekt ikki asosiy mexanizmga asoslanadi

birinchisi geometrik deformatsiya natijasida materialning fizik o'lchamlari o'zgaradi. Ikkinchisi elektron tuzilishdagi o'zgarish bo'lib, bunda deformatsiya energetik zonalarning siljishiga olib keladi, bu esa zaryad tashuvchilar soni va harakatchanligini o'zgartiradi. Bu esa tashqi bosim o'zgarishini yuqori aniqlikda o'lchovchi tenzodatchiklar yasash imkonini beradi. Shu bois bu sohaga qiziqish kundan kunga ortib bormoqda. Ushbu ishda tenzoeffekt hodisasida qarshilik o'zgarish ifodasi keltirilgan.

Tenzoeffektning matematik ifodasi quydagicha ifodalashimiz mumkin.

Buning uchun elektr qarshilik formulasidan foydalanib.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (1)$$

Agar kremniy na'munasiga bir aniq yo'nalishda mehanik bosim ta'sir etirilsa masalan cho'zilsa. Natijada materialning l uzunligi va S ko'ndalang kesim yuzasi va solishtirma qarshilik ρ ham o'zgarishi mumkin.

Uzunlik: $l = l_0 + \Delta l$

Ko'ndalang kesim yuzasi: $S = S_0 - \Delta S$ kamayadi.

(1) chi ifodaga logarifmik funktsiyani qo'llasak quyidagi tenglama kelib chiqadi.

$$\ln R = \ln \rho + \ln l - \ln S \quad (2)$$

(2) chi tenglamani differensiallab quyidagi ifoda ega bo'lamiz.

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l} - \frac{dS}{S} \quad (3)$$

Bu yerda: $\frac{dl}{l} = \varepsilon$ - nisbiy deformatsiya, $\frac{dS}{S} = -2\nu\varepsilon$ ko'ndalang kesim yuza, ν - Puasson koeffitsientini hisobga olsak (3) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\frac{dR}{R} = (1 + 2\nu) \cdot \varepsilon + \frac{d\rho}{\rho} \quad (4)$$

Tenglama (4) dagi ε o'rniga ushbu ifodani qo'ysak $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ tenglamamiz quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\frac{dR}{R} = (1 + 2\nu) \cdot \frac{\sigma}{E} + \frac{dp}{\rho} \quad (5)$$

Bu yerda E -yung moduli, σ - mehanik kuchlanish.

Barcha o'zgaruvchilarni bitta koeffitsientga birlashtirib quyidagicha yozish mumkin [3].

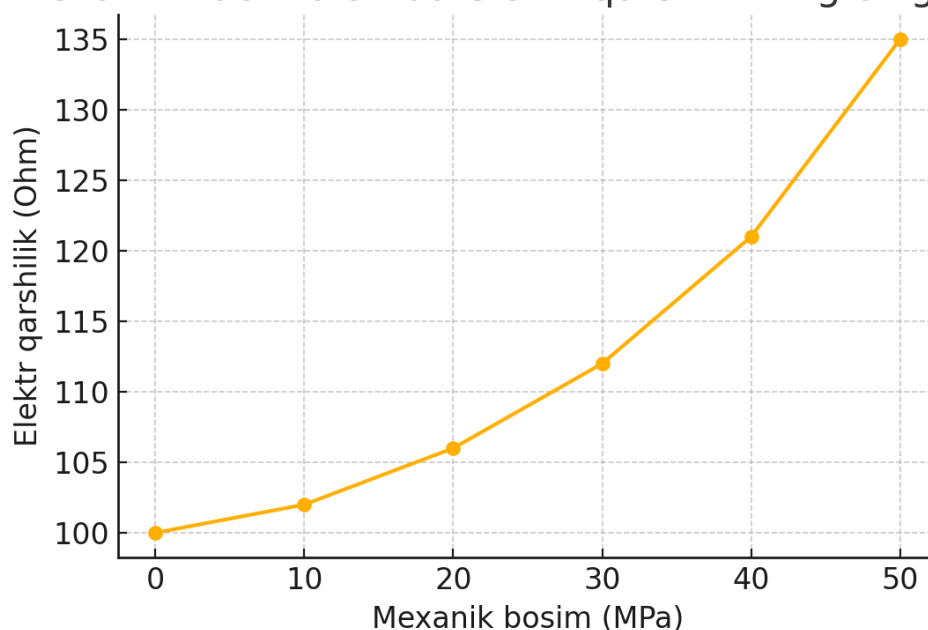
$$\frac{dR}{R} = \pi \cdot \sigma \quad (6)$$

Bu yerda π - o'z ichiga geometric va fizik o'zgarishlarni oladi.

Yarimo'tkazgich materiallarda bu qiymat metallarga qaraganda yuzlab marta katta bo'lishi mumkin.

Kremniyda tenzoeffekt kuchli ifodalangan bo'lib, kristallografik yo'nalishlarga (masalan, [100], [110], [111]) nisbatan sezgir [4]. Bosim ta'sirida elektronlarning harakatchanligi o'zgaradi. Bu esa materialning elektr xossalariga bevosita ta'sir qiladi. Kuzatiladigan xususiyatlar n-tip kremniyda elektr o'tkazuvchanlik deformatsiya bilan o'zgaradi, p-tip [5] kremniyda bu ta'sir yanada murakkab bo'lib, teshiklar tasodifiy yo'nalishda harakatlanadi, Tenzoqarshilik π koeffitsient kremniyda juda katta qiymati bo'lib, bu uni sensorlar uchun eng yaxshi ekanligini anglatadi.

Mexanik kuch ta'sirida elektr qarshilikning o'zgarishi



Grafikda mexanik bosim (MPa) va elektr qarshilik (Ohm) orasidagi bog‘liqlik tasvirlangan. Bosim oshgani sari qarshilik ortib boradi. Bu hodisa kristall panjara deformatsiyasi, energetik zonalarning o‘zgarishi, va tashuvchi zarralarning harakatchanligi o‘zgarishi bilan bog‘liq.

Xulosa. Tenzoeffekt yarimo‘tkazgich materiallarning tashqi mexanik ta’sirlarga nisbatan yuqori sezuvchanligini anglatadi. Ayniqsa, kremniyda bu hodisa elektronlarning harakatchanligi va energik zonalar tuzilmasi bilan chambarchas bog‘liq. Tenzoeffektni to‘g‘ri tahlil qilish va nazorat qilish orqali, yuqori aniqlikdagi datchiklar, monitoring tizimlari va mikroelektron qurilmalar ishlab chiqish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O.O. Mamatkarimov “ДИНАМИЧЕСКИЙ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫЙ ЭФФЕКТ В ПРИМЕСНОМ КРЕМНИИ” Конференция посвященная 90-летию академика С.А.Азимова. Ташкент, 18-19 ноября 2004 г
2. M.K. Boxodirxonov, N.F. Zikirillayev, X.M. Iliyev “Yarimo‘tkazgichlar fizikasi” Toshkent-2016

3. Gary K. Johns “MODELING PIEZORESISTIVITY IN SILICON AND POLYSILICON”, Journal of Applied Engineering Mathematics April 2006, Vol.2
4. S.M. SZE, M.K. LEE “Semiconductor devices” 3rd edition 2010
5. Sarra Dehili, Damien Barakel, Laurent Ottaviani, Olivier Palais “ Nickel and gold identification in p-type silicon through TDLS: a modeling study” Eur. Phys. J. Appl. Phys, 2021.
6. Müller M, Richter H. “Deep-level impurities in silicon under uniaxial stress,” Semiconductor Science and Technology, 2020.