



УКРАЇНА

(19) UA (11) 20677 (13) A

(51) G 01 R 19/08

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВО

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

без проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23 XII. 1993 р.

Публікується
в редакції заявника

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧОГО СТРУМУ ТЕНЗОРЕЗИСТОРА

1

2

(21) 95052244

(22) 04.05.95

(24) 02.09.97

(46) 27.02.98. Бюл. № 1

(47) 02.09.97

(72) Байцар Роман Іванович, Островський
Ігор Петрович, Новаковська Зоя Володи-
мирівна, Островська Анастасія Степанівна

(73) Державний університет "Львівська
політехніка"

(57) Спосіб визначення робочого струму тен-
зорезисторів, на основі ниткоподібних кри-
сталів кремнію, який полягає в тому, що
визначають геометричні параметри кри-
сталів чутливого елементу тензорезистора

та подають на нього постійну напругу, який
відрізняється тим, що на тензорезистор
з кристалами чутливого елементу діаметром
20-56 мкм подають напругу до 5 В, визнача-
ють напруженість електричного поля та роз-
раховують густину робочого струму по
формулі

$$I = 357,779 + 52,974E - \\ - 8696,1d - 8573,892E \cdot d$$

де E – напруженість електричного поля;

d – діаметр кристалу,

і по ній визначають величину робочого стру-
му.

Винахід належить до області
вимірювальної техніки і може бути викори-
станий для визначення характеристик
напівпровідникових тензорезисторів при їх
виготовленні.

Відомий спосіб визначення робочого
струму тензорезистора, при якому визнача-
ють геометричні параметри кристалів чутли-
вого елемента тензорезистора (ЧЕ) і
подають на нього постійну напругу [Седых
Н.К., Ермаков А.П., Дрожжин А.И., Бечарни-
ков В.К., Антипов С.А. Электрофизические
свойства тензорезисторов на основе ните-
видных кристаллов кремния и их использо-
вание в преобразователях деформации и

давления. Деп. рукопись № 1481-85, Воро-
неж, 1984, с. 25-29].

Тому, що вольтамперні характеристики
(ВАХ) тензорезисторів на основі нитко-
подібних кристалів (НК) кремнію в області
великих струмів мають нелінійний характер,
то для забезпечення високої точності
вимірювання, робочий струм через тензоре-
зистор не повинен перегрівати його. робо-
чий струм тензорезистора з врахуванням
геометричних параметрів ниткоподібних
кристалів (ЧЕ тензорезистора), розрахо-
вується по формулі

$$I = \frac{\sqrt{(T - T_0) \cdot H}}{R}$$

(19) UA (11) 20677 (13) A

де $(T-T_0)$ – допустиме перегрівання тензорезистора; T – температура тензорезистора; T_0 – температура оточуючого середовища; H – коефіцієнт теплового розсіяння системи тензорезистор – клей – пружний елемент; $R = \rho l/S$ – опір тензорезистора при температурі T_0 , де ρ – питомий опір кристала, l – його довжина, S – площа поперечного перерізу. Цей струм повинен відповідати лінійній ділянці ВАХ, яка підлягає закону Ома у всьому діапазоні робочих температур.

Але в цьому способі для визначення допустимого перегрівання ЧЕ тензорезистора $(T-T_0)$ виникає необхідність в проведенні додаткових експериментальних досліджень, які полягають в наступному.

Для визначення робочої температури тензорезистора знімають температурну залежність опору ЧЕ $[R = f(T)]$ в інтервалі температур, що досліджується. Виходячи з того, що по ВАХ важко визначити початок нелінійності, будують залежність $R = f(I)$. І по цим графікам виявляють ділянки, де опір залишається постійним, що відповідає допустимому перегріванню ЧЕ.

Також, з-за неможливості точно визначити величину коефіцієнта розсіяння H , точність визначення робочого струму тензорезистора є невисокою.

В основу винаходу поставлене завдання створення способу визначення робочого струму тензорезистора, в якому відбір кристалів певного розміру і подача на них напруги в певному обмеженому діапазоні, дозволяє визначити струм без зняття вольт-амперної характеристики тензорезистора, що забезпечує простоту і надійність вимірювань, а за рахунок цього скорочується час і підвищується точність вимірювань.

Поставлене завдання вирішується тим, що у способі визначення робочого струму тензорезисторів на основі ниткоподібних кристалів, який полягає в тому, що вимірюють геометричні розміри кристалів чутливого елемента тензорезистора та подають на нього постійну напругу, згідно винаходу, відбирають кристали чутливого елемента діаметром 20–56 мкм, подають на них напругу до 5В, визначають напруженість електричного поля, вираховують густину робочого струму по формулі

$$j = 357,779 + 52,974E - 8696,1d - 8573,892E \cdot d,$$

де E – напруженість електричного поля, d – діаметр кристалу, і по ній визначають величину робочого струму.

В способі, що пропонується, не губиться час на визначення ВАХ, так як спосіб дозво-

ляє передбачити робочий тепловий режим НК різних геометричних розмірів без зняття їх вольт-амперних характеристик, що дає значне підвищення продуктивності оператора, який проводить, наприклад, експериментальні дослідження при виготовленні напівпровідникових тензорезисторів. Також застосування цього способу дозволяє проводити точні вимірювання без використання дорогих термометрів опору із дорогіших металів (наприклад, платини), що значно зменшує вартість робіт.

На кресленні приведені ВАХ НК Si р-типу з діаметрами 56 мкм – 1, 32 мкм – 2 і 20 мкм – 3 при кімнатній температурі.

Спосіб здійснюють наступним чином.

Визначають геометричні параметри кристалів – довжину кристалів чутливого елемента l та їх діаметр d . Відбирають кристали діаметром від 20 до 56 мкм. Подають на ЧЕ тензорезистора напругу U до 5В. Визначають напруженість електричного поля $E = U/l$. Визначають густину робочого струму j по формулі $j = 357,779 + 52,974E - 8696,1d - 8573,892E \cdot d$. Розраховують площу попереч-

ного перерізу НК $S = \frac{\pi d^2}{4}$ і далі визначають робочий струм тензорезистора $I_{роб.} = j \cdot S$.

Суть винаходу пояснюється наступним чином. По лінійній ділянці ВАХ (фіг.) визначають робочий струм $I_{роб.}$ кристалів, який залежить від діаметра кристалів d . Робочий струм виражається через густину струму $j =$

$I_{роб.}/S$, де $S = \frac{\pi d^2}{4}$ – площа поперечного перерізу кристалу. Вимірюють довжину кристалу l і визначають напруженість електричного поля $E = U/l$.

Для визначення зв'язку між густиною струму j , діаметром НК d та напруженістю електричного поля E застосовують метод математичного моделювання експеримента. Математична модель подається у вигляді рівняння

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1X_2,$$

де X_1 та X_2 – кодові величини, які відповідають E і d , відповідно, а шукане невідоме Y – величині j .

В таблиці подана матриця двофакторного експеримента при вивченні впливу напруженості електричного поля E і геометричних розмірів ниткоподібних кристалів кремнію d на густину струму j .

На основі чотирьох результатів (досвідів) вивчення ВАХ НК різних діаметрів (криві № 1 і № 3 на фіг.) складають матрицю (див. табл.). Кожний результат подають у вигляді рівняння

$$J = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1 X_2$$

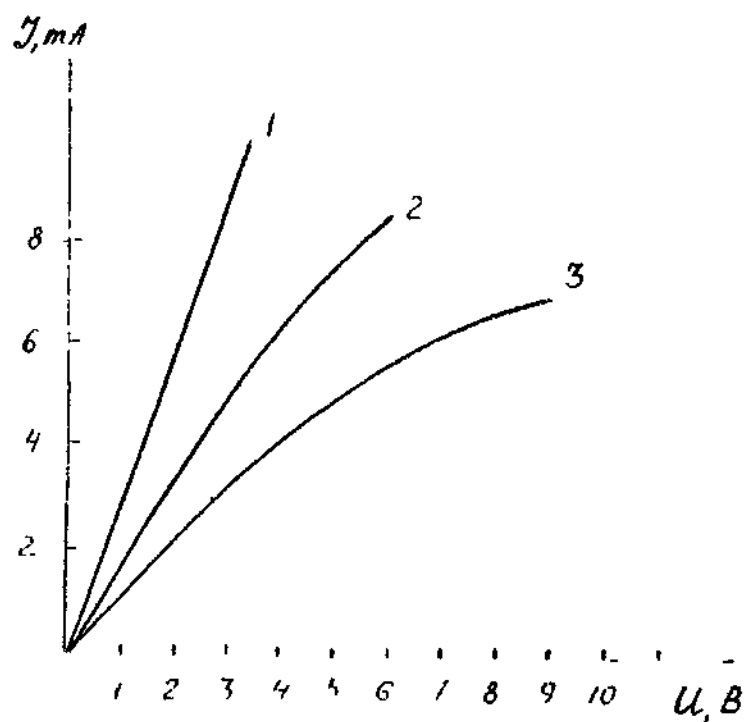
Таких рівнянь складено чотири. Вирішуючи систему чотирьох рівнянь, визначають коефіцієнти регресії b_0, b_1, b_2, b_3 через реальні фізичні величини E і d .

Шляхом моделювання результатів дослідження ВАХ НК Si p-типу різних діаметрів отримана аналітична залежність.

$$J = 357,779 + 52,974E - 8696,1d - 8573,892E \cdot d, \text{ яка має практичне застосування для визначення робочого струму ЧЕ на НК Si p-типу певного діаметра в їх інтервалі 20–56 мкм та при заданій напрузі } U \text{ на ЧЕ в інтервалі до 5В, що відповідає лінійній ділянці ВАХ для кристалів з вказаними геометричними розмірами.}$$

5

Рівні факторів		X ₁ (E, В/см)		X ₂ (d, мкм)	
Основний рівень		25		38·10 ⁻⁴	
Інтервал варіювання		15		18·10 ⁻⁴	
Нижній інтервал		10		20·10 ⁻⁴	
Верхній рівень		40		56·10 ⁻⁴	
№№ зп	Рівні змінних				Результат (відклик)
Номер експер.	X ₁	X ₂	E, В/см	d, мкм	J, А/см ²
1	1	1	40	56·10 ⁻⁴	513
2	1	-1	40	20·10 ⁻⁴	1780
3	-1	1	10	56·10 ⁻⁴	360
4	-1	-1	10	20·10 ⁻⁴	700



Упорядник

Техред М.Келемеш

Коректор А. Обручар

Замовлення 4396

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101