

УДК 621.382/181.4

Вадим Дмитрієв, Євген Швець, к.т.н, проф.

Запорізька державна інженерна академія, Україна

ВПЛИВ ІНЖЕКТОВАНИХ НЕОСНОВНИХ НОСІЇВ ЗАРЯДУ НА ПАРАМЕТРИ ДІОДУ З БАР'ЄРОМ ШОТТКИ

Vadiim Dmitriev, Yevgen Shvets, Ph.D., Prof.

THE INFLUENCE OF THE INJECTED MINORITY CARRIERS ON THE SCHOTTKY BARRIER DIODES PARAMETERS

Дослідження, про які йдеться у доповіді відносяться до галузі мікроелектроніки. Неосновні носії заряду відіграють істотну роль при випрямленні на бар'єрі Шоттки [1-6]. Цей вплив досліджувався в режимах середніх і великих сигналів в роботах [1, 2] та в режимі малих постійних і змінних сигналів для високоомних напівпровідників з неоднорідним розподілом легуючої домішки в області бар'єру в роботах [1-3]. В рамках теорії термоіонної емісії розглядався вплив граничних умов [3-6], в тому числі і для основних носіїв заряду [2-6].

Вихідною системою рівнянь є рівняння Пауссона, рівняння дифузії та рівняння безперервності. Для аналізу було розглянуто планарну конструкцію діода Шоттки з рівномірним розподілом легуючої домішки і омичними контактами (рис. 1).

Для n-напівпровідника струм основних носіїв описується виразом[4]:
де n_s - поверхнева концентрація електронів; n_0 - концентрація електронів на поверхні, розрахована з використанням рівня Фермі в металі; V_r - швидкість рекомбінації:

$$V_{nr} = (AT^2)(qN_c),$$

де A - постійна Річардсона; N_c - ефективна густина станів у зоні провідності; T - температура.

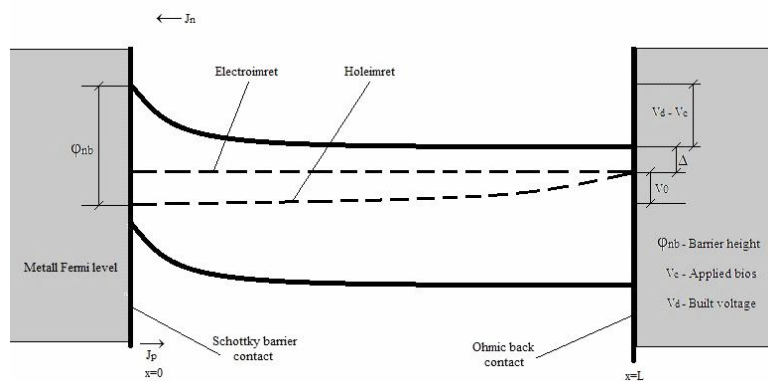


Рисунок 1 - Зонна діаграма діода Шоттки

Розглянуто, який вплив має просторовий заряд на характеристики приладів з бар'єрами Шоттки.

Для великих бар'єрів у приконтактній області виникає інверсний шар. При нульовому зміщенні поля у контакту E_c дорівнює [2-5]:

$$E_c = \left\{ \frac{2qN_d}{\epsilon} \left[V_d - \frac{kT}{q} \left(1 - \frac{p_0}{N_d} \right) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

де V_d - контактний потенціал діода.

Поле у поверхні напівпровідника знижується, а бар'єр Шоттки стає більш прозорим. Цей ефект стає більш помітним для великих бар'єрів і напівпровідників з

малим рівнем легування.

Зі зростанням зовнішнього зміщення, відношення γ , яке дорівнює відношенню компоненти струму неосновних носіїв до повного струму, зростає [1-3]. Цей ефект стає відчутним, коли концентрація неосновних носіїв у збідненій області стає одного порядку з концентрацією легуючої домішки в приконтактній зоні. При цьому зростання інжекції одного струму починає перевищувати зростання струму неосновних носіїв і γ падає. Іншою причиною є вплив контактів. При прямому зсуві може наставати стадія збіднення інжекції з контактів, тоді γ також починає падати.

Для зразків з малою висотою бар'єру насичення провідності у функції щільності робочого струму інжекції настає раніше, тоді як у зразків з $\phi > 0,8$ еВ насичення практично відсутнє, а провідність зростає лінійно зі зростанням струму інжекції. Ця обставина пов'язана з впливом модуляції провідності в приконтактній області діода, який обумовлено внеском неосновних носіїв в повний струм діода.

Таким чином, використовуючи звичайний розв'язок системи рівнянь для напівпровідників, показано, що внесок неосновних інжекттованих носіїв в повний заряд в напівпровіднику зі збільшенням рівня інжекції прагне до деякого максимуму, величина якого визначається механізмом розсіювання електронів в напівпровіднику, при цьому малосигнальний імпеданс більшості діодів Шоттки має індуктивний характер. Урахування впливу неосновних носіїв в області просторового заряду у контакту діода Шоттки призводить до появи залежності робочих характеристик діода від струму інжекції, накопичення заряду і спотворення поля в приконтактній області. У малосигнальному режимі для розрахунку схеми заміщення діодів Шоттки можна використовувати модель р-п переходу [2-5]. При цьому нехтується зміна висоти потенційного бар'єру за рахунок накопичення неосновних носіїв заряду в приконтактній області. Цю обставину слід враховувати, коли концентрація неосновних носіїв стає порівнянної з концентрацією легуючої домішки в діоді.

Перелік посилань

1. Анализ экспресс-методов исследования инжекционных свойств невыпрямляющих контактов / В.С. Дмитрієв, Є.Я. Швець //Sword. – 2013 - вып. 4. - Т. 8. -С. 60 - 63.
2. Исследование инжекционных свойств контактов металл-полупроводник /В.С. Дмитрієв, Е.Я. Швець, Дмитрієва Л.Б.// Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Україна-Польща: діалог культур в контексті євроінтеграції». - 2014. - Запоріжжя. - ЗДІА. – Т. 2. – С. 226 - 228.
3. Развитие физической модели неоднородных контактов металл-полупроводник /В.С. Дмитрієв // Materialy X mezinbrodnn vědecko - praktickб konference «Modernn vymoženosti vědy – 2014».-Дні 39. «Technický vědy».-Praha. - 2014. - Чехия. - Praga-Publishing House «Education and Science». -Т. 39. - С. 3-5.
4. Стриха В.И. Контактные явления в полупроводниках – К.: Наукова думка, 1982. - 224 с.
5. Родерик Э.Х. Контакты металл-полупроводник. Пер.с англ. - М.: Радио и связь. - 208 с.
6. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. - М.: Мир. 1984. – 456 с.