

РЕЗЮМЕ

Ушбу ишда туннель диодида ҳосил бўлаган ортиқча ток Чайновез модели билан Нотт ва Демассанинг назарияси асосида таҳлил қилиб чиқилди. Туннель диодидаги ортиқча токнинг ўзгариши бўйича Франц-Кельдеш модели асосида электр майдоннинг турли қийматларида туннель диоднинг вольт-ампер характеристикаси олинди.

РЕЗЮМЕ

В данной работе избыточный ток, генерируемый в туннельном диоде анализировался с моделью Чайновеза, на основании теории Нотта и Демасса. По изменению избыточного тока туннельного диода на основе модели Франца-Кельдеша при различных значениях электрического поля получена вольт-амперная характеристика туннельного диода.

SUMMARY

In this paper, the excess current generated in the tunnel diode was analyzed with the Chynowez model, based on the theory of Knott and Demass. Based on the Franz-Keldesh model for various values of the electric field, the current-voltage characteristic of the tunnel diode was obtained from the change in the excess current of the tunnel diode.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЛЛИЯ И СУРЬМЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕГИРОВАННОГО, ДИФФУЗИОННЫМ СПОСОБОМ В КРЕМНИИ

Б.О.Исаков – базовый докторант

Ташкентский государственный технический университет

Таянч сўзлар: кремний, галлий, сурьма, концентрация, диффузия, диффузия коэффициенти.

Ключевые слова: кремний, галлий, сурьма, концентрация, диффузия, коэффициент диффузии.

Key words: silicon, gallium, antimony, concentration, diffusion, diffusion coefficient.

Введение. Основные источники энергии для производства электроэнергии были признаны неустойчивыми. Например, при сжигании ископаемого топлива (угля, нефти и природного газа) в атмосферу выбрасывается большое количество CO₂, что может привести к серьезным изменениям климата, таким как глобальное потепление, повышение уровня моря и изменение количества осадков. Атомные электростанции более экологичны (нулевые выбросы CO₂). Однако эти станции могут быть чрезвычайно опасными, если они не будут использоваться так безопасно, как во время Чернобыльской катастрофы 1986 года, или если произойдут стихийные бедствия, такие как Фукусима. По причинам, упомянутым выше, очень важно более широко использовать чистые и возобновляемые источники энергии. Возобновляемые источники энергии, в частности, могут быть решены путем преобразования солнечной энергии в электричество. Солнечная энергия преобразуется непосредственно в электрическую посредством фотогальванического (ФЭ) эффекта, открытого и продемонстрированного Нобелевским лауреатом Бекерелем [1-3].

Солнечные панели традиционно делятся на три разных поколения: солнечные панели на основе кремния, тонкопленочные солнечные панели и солнечные панели на основе нанокристаллов. Невозможность контролировать ключевые параметры, такие как подвижность носителей зарядов в кремнии, ограниченная энергия поля и структура энергетических зон ограничивает возможности кремния. Однако кремний составляет 26-27% земной поверхности, а промышленная технология производства кремния дешевле и распространеннее, чем другие полупроводниковые материалы. Поэтому кремний по-прежнему является ведущим материалом в полупроводниках, используемых в электронике и солнечных панелях. Поэтому во всем мире ведутся как теоретически, так и практически научные исследования по контролю основных параметров кремния и повышению эффективности кремниевых солнечных панелей.

Теоретические расчеты. В работе Ахмада Мостафы и Мамуна Медраса [Бинарные фазовые диаграммы и термодинамические свойства кремния и основных легирующих элементов (Al, As, B, Bi, Ga, In, N, P, Sb и Tl)] показана параметры диффузии галлия и сурьмы в кремнии.

$$D_i = A \cdot e^{\left(\frac{B[\text{eV}]}{kT}\right)} \left[\frac{cm^2}{s} \right] \quad (1)$$

Где А – величина, равная коэффициенту диффузии при бесконечной температуре [2].; В – энергия активации; D_i – коэффициент диффузии.

Таблица 1.

Элементы	A	B
Al	0.317	-3.023
As	8.85	-3.97
B	3.79	-3.645
Bi	1.08	-3.85
Ga	3.81	-3.552
In	3.13	-3.668
N	200000	-3.24
P	1.03	-3.507
Sb	40.9	-4.158
Tl	1.37	-3.7

Используя данные в табл.1 и выражение (1), можно рассчитать коэффициент диффузии при заданной температуре.

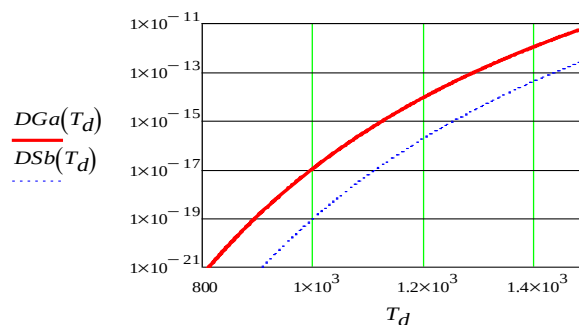


Рис.1. График температурной зависимости коэффициентов диффузии элементов галлия и сурьмы.

График глубины проникновения концентрации элементов определяется следующим выражением (2):

$$C(x) = C_0 \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{D(T) \cdot t}}\right) \quad (2)$$

Здесь C(x) – концентрация элемента, C₀ – максимальная растворимость элемента в кремнии, x – глубина проникновения, D(T) – коэффициент диффузии, t – время диффузии.

Максимальную растворимость галлия и сурьмы в кремнии можно определить по следующему графику [4-5]:

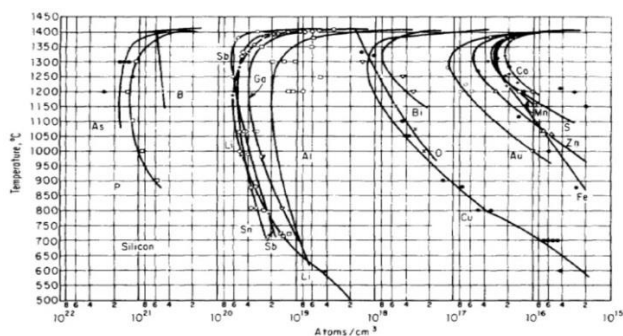


Рис.2. Температурная зависимость растворимости элементов кремниевого полупроводникового материала. Используя рис.2, мы можем построить ниже таблицу 2.

Таблица 2.

T, °C	C ₀ (x·10 ¹⁹), cm ⁻³	
	Sb	Ga
1000	4	3>2
1050	5>4	4>3
1100	5>4	4>3
1150	6>5	4
1200	6>5	4
1250	6	4
1300	7>6	4>3

Используя выражения (1) и (2) и таблицу 2, можно получить распределение концентраций элементов галлия и сурьмы при различных временах свыше 1200°C.

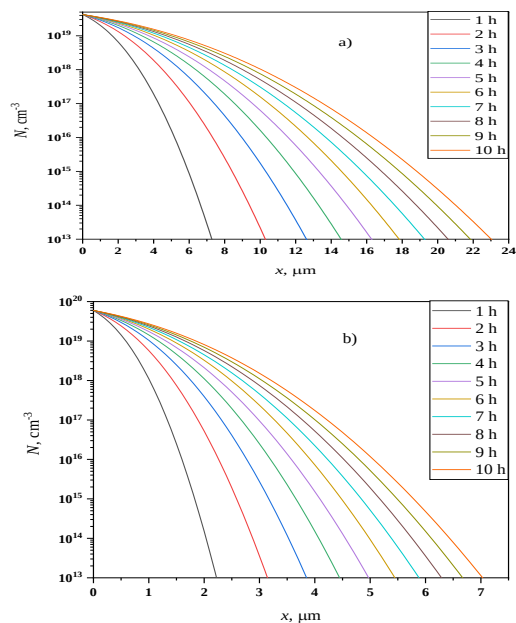


Рис.3. а) Распределение галлия в кремнии по времени при 1200°C, б) сурьмы в кремнии по времени при 1200°C

Закключение. На основе этих расчетных результатов мы можем разработать эксперименты, для дальнейшего их проведения. Суть теоретических расчетов и математического моделирования процесса диффузии состоит в том, что это уменьшает количество неэффективных экспериментов, помогает нам быстрее и легче достигать точных результатов, а также снижает энергозатраты и немного уменьшает финансовые расходы.

В нашей следующей работе мы будем рассматривать, насколько результаты эксперимента подтверждают теоретические расчеты.

Литература

1. Ahmad Mostafa, Mamoun Medraj. Jurnal Materials 2017, 10, 676; doi:10.3390/ma10060676/ Basel, Switzerland/Impact Factor 3.623 (2020)
2. Бахадурханов М.К., Исамов С.Б. Журнал технической физики. 2021, том 91, вып. 11/DOI: 10.21883/JTF.2021.11.51528.60-21/Санкт-Петербург, Россия ФТИ им. А.Ф.Иоффе
3. Bakhadyrkhanov M.K., Avupov K.S., Mavlyanov G.Kh., Isamov S.B. Semiconductors, 44 (9), 1145 (2010). Главный редактор Роберт А. Сурис. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия.
4. Shaghayegh Esfahani. Materials Science and Engineering University of Toronto. Solvent Refining of Metallurgical Grade Silicon Using Iron 2010/ Copyright by Shaghayegh Esfahani 2010/Shaghayegh Esfahani Master of Applied Science Materials Science and Engineering University of Toronto 2010/All content following this page was uploaded by Shaghayegh (Sherry) Esfahani on 04 June Toronto, Canada: 2015.
5. Bakhadyrkhanov M.K., Sodikov U.X., Iliev Kh.M., Tachilin S.A. Tuerdi Wumaier. Materials Physics and Chemistry, 1, 89 (2019)/The International Journal of the Materials Research Society-Taiwan (MRS-T). The Impact Factor of this journal is 4.094.

РЕЗЮМЕ

Ушбу ишда назарий жихатдан кремнийга диффузия усулида лигерланган галлий ва сурма элементлари концентрациясини тақсими-ти MathCad дастури ёрдамида математик модели назарий тадқиқ қилинган. Назарий ҳисоблашлар ва диффузия жараёнини математик моделлашнинг моҳияти шундаки, тажрибаларни бехудага оид бормаслик, киришма атомларини кремнийга кириб бориш чуқурлигини диффузиядан олдиндан аниқлаш ва олиб бориладиган тажрибаларни режалаштириш, натижаларни ишоничлигини оширишдан иборат.

РЕЗЮМЕ

В данной работе с помощью программы MathCad теоретически исследована математическая модель распределения концентраций элементов галлия и сурьмы легированных диффузией в кремний. Суть теоретических расчетов и математического моделирования процесса диффузии состоит в том, чтобы не проводить эксперименты впустую, заранее определить глубину проникновения примесных атомов в кремний до осуществления диффузии и спланировать эксперименты и повышение достоверности результатов.

SUMMARY

In this work is theoretically investigated using the MathCad program, a mathematical model for the distribution of the concentrations of the elements of gallium and antimony doped by diffusion into silicon. The essence of theoretical calculations and mathematical modeling of the diffusion process is not to conduct experiments in vain, to determine in advance the depth of penetration of impurity atoms into silicon before diffusion occurs, and to plan experiments and increase the reliability of the results.

BORLAND C++ BUILDER PROGRAMMALASTIRIW TILINIŇ GRAFIKALIŇ IMKANIYATLARINAN PAYDALANIŇ

P.J.Kalxanov – fizika-matematika ilimleri boyınsha filosofiya doktori

A.A.Orinbaev – magistrant

Ўзбекистон Республикаси Президенти Администрацияси Ўзбекистон Республикаси Президентининг Ўзбекистон Республикаси Президентининг Ўзбекистон Республикаси Президентининг

Tayanch soʻzlar: dasturlash, C++ Builder, grafika, canvas, windows, rasm, choʻtk, shrift, qalam, komponentlar.

Ключевые слова: программирование, C++ Builder, графика, canvas, windows, картина, кисть, шрифт, перо, компоненты.

Key words: programming, C++ Builder, graphics, canvas, windows, picture, brush, font, pen, components.

Házirgi kúnde programmalastırıwga bolğan qızıǵıwshılıq turaqlı túrde artıp barmaqta. Bul kúndelikli turmısımızda informaciya texnologiyalarınń rawajlanıwı

hám engiziliwi menen baylanıslı. Eger qandayda bir insan kompyuter menen shuǵıllansa, ol jaǵdayda programmalastırıwdı úyreniwge bolğan qızıǵıwshılıǵı yáki