

На рис. 2 и рис. 3 представлены характеристики ток-напряжение и напряжение-мощность (кривые IV и PV) соответственно при различном облучении с постоянной температурой на основе уравнений моделирования. Отметим, что в настоящей работе солнечное излучение изменяется со значениями 1000, 800, 600, 400, 200 и 550 Вт/м² а это средняя освещенность, при температуре в стандартных условиях 25°C. На рисунках показано, что ток фотоэлектрической ячейки зависит от излучения при постоянной температуре. Однако, когда облучение увеличивается, ток и напряжение фотоэлемента увеличиваются. Это приводит к увеличению выходной мощности в этом рабочем состоянии.

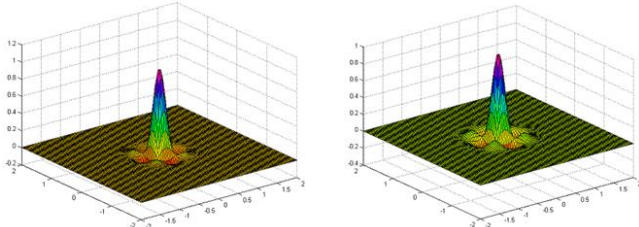


Рис. 3. Характеристики фтоэлемента при различном облучении при постоянной температуре 25 °С.

На рисунках ниже показано изменение вольтамперной характеристики фотоэлектрической ячейки при различных температурах и освещенности. Как видно из рисунков, фотоэлектрические характеристики уменьшаются при повышении рабочей температуры, а выходное напряжение резко снижается, что повлияет на

снижение полезной выходной мощности при повышении температуры.

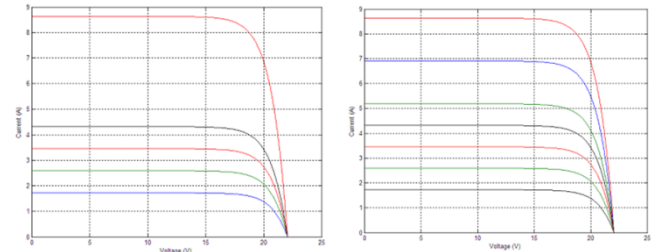


Рис. 4. ВАХ при переменном облучении при постоянной температуре 25 °С.

Согласно анализу и получению результатов, ВАХ при изменении сопротивления модуля при сохранении постоянной температуры и облучения при 1000 Вт/м² и 25°C соответственно. В этом случае влияние сопротивления приводит к отклонению точки максимальной мощности на большую величину. Эффект очень мал, и в некоторых случаях им можно пренебречь. Обычно значение R_{sh} очень велико, поэтому им можно пренебречь.

Заключение. Таким образом, мы определяли имитационную модель фотоэлектрической ячейки на основе схемы, чтобы позволить оценить электрическое поведение ячейки в отношении изменений параметров окружающей среды температуры и освещенности. Точная электрическая модель фотоэлектрического модуля представлена на основе математических уравнений.

Литература

1. Экер Дж., Червин А. (1999). Набор инструментов Matlab для совместной разработки систем реального времени и систем управления. Материалы Шестой международной конференции по вычислительным системам и приложениям реального времени. RTCSA'99 (Кат. № PR00306), -С. 320–327.
2. Муньос Дж., и Диас, П. (2010). Лаборатория виртуальных фотоэлектрических энергетических систем. 1737–1740.
3. Интерактивные виртуальные лаборатории с использованием MATLAB/Simulink, 21 (5), 798–813.

РЕЗЮМЕ. Ушбу мақола ҳарорат ва ёруғлик каби атроф-муҳит параметрларининг ўзгариши билан боғлиқ ҳолда ҳужайра-нинг электр ҳаракатини баҳолаш учун схемага асосланган PV ҳужайра симуляция моделини белгилайди. Фотоволтаик модуль-нинг электр модели математик тенгламалар асосида аниқланади. Умумий модел MATLAB/Simulink муҳитида амалга оширилган ва ёритишни ўзгарувчи сифатида қабул қилади ва ВАХни чиқаради.

РЕЗЮМЕ. В статье определяется имитационная модель фотозлемента на основе схемы, позволяющая оценить электрическое поведение элемента в отношении изменений параметров окружающей среды – в частности, температуры и освещенности. Электрическая модель фотозлемента модуля определяется на основе математических уравнений. Общая модель была реализована в среде MATLAB/Simulink и принимает освещенность в качестве переменных параметров и выводит ВАХ.

SUMMARY. This article defines a circuit-based PV cell simulation model to evaluate the cell's electrical behavior in relation to changes in environmental parameters, such as temperature and light. The electrical model of the photovoltaic module is determined based on mathematical equations. The general model was implemented in the MATLAB/Simulink environment and accepts illumination as variables and outputs the VAX.

MATRICANÍŇ JORDAN NORMAL FORMASÍ

T.T.Kalekeeva – *pedagogika ilimleri boyınsha filosofiya doktori, docent*

Z.J.Djumabekova – *magistrant*

Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutı

Tayanch so‘zlar: Jordan normal shakl, matritsa, kvadrat matritsa, kanonik matritsa, determinant bo‘luvchilar, invariant omillar.

Ключевые слова: нормальная форма Жордана, матрица, квадратная матрица, каноническая матрица, делители определителя, инвариантные множители.

Key words: Jordan normal form, matrix, square matrix, canonical matrix, determinant divisors, invariant factors.

Anıqlama. Eger F maydandaǵı kvadrat matricanıń diagonaldaǵı barlıq elementler óz-ara teń, hár bir qatarda diagonaldaǵı elementniń óń tárepinde turǵan element birge teń hám qalǵan barlıq elementler nolge teń bolsa, bunday matrica Jordan ketegi dep ataladı:

$$J_k(\alpha) = \begin{pmatrix} \alpha & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 1 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \alpha & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \alpha \end{pmatrix}$$

Bul jerdegi α san jordan keteginiń menshikli sanı dep ataladı.

$$J_1(\alpha) = J_2(\alpha) = \begin{pmatrix} \alpha & 1 \\ 0 & \alpha \end{pmatrix}$$

Anıqlama. Eger F maydandaǵı kvadrat matricanıń bas diagonalı izbe-iz jaylasqan Jordan ketekshelerden ibarat jáne bul keteklerden sırtındaǵı barlıq elementler nol bolsa, bunday matrica *jordan matricası* dep ataladı[1].

Solay etip, jordan matricası uyqas $J_{k_1}(\alpha_1), J_{k_2}(\alpha_2), \dots, J_{k_s}(\alpha_s)$ jordan keteklerdiń izbe-izligi menen tolıq anıqlanadı, bul jerde $k_1, k_2, \dots, k_s$ hám $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_s$ sanlar hár túrli bolıwı shárt emes. Atap aytqanda, diagonal matrica – birinshi tártipli Jordan keteklerinen payda etilgen jordan matricası bolıp tabıladı. Ulıwma jaǵdayda jordan matricası tómendegi kóriniske iye:

$$J = \begin{pmatrix} J_{k_1}(\alpha_1) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & J_{k_2}(\alpha_2) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & J_{k_s}(\alpha_s) \end{pmatrix} \quad (1)$$

1-teorema. $J_k(\alpha) - \lambda E$ matrica ushın

$\varepsilon_1(\lambda)=1, (i=1, k-1), \varepsilon_k(\lambda)=(\lambda-\alpha)^k$ ya'niy ol tóمندegi

kanonikalıq λ -matricaga ekvivalent

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ & & & 1 & 0 \\ 0 & & & 1 & (\lambda - \alpha)^k \end{pmatrix} \quad (2)$$

Dálillew. Bul

$$J_k(\alpha) - \lambda E = \begin{pmatrix} \alpha - \lambda & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \alpha - \lambda & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 1 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \alpha - \lambda \end{pmatrix} \quad (3)$$

matricanın determinantı $(\alpha - \lambda)^k$ ğa teń. Determinant bóliwshi $\delta_k(\lambda)$ unitar bolǵanı ushın $\delta_k(\lambda) = (\lambda - \alpha)^k$. Eger (3) dıń birinshi baǵanası hám aqırǵı qatarın óshirsek, diagonalında 1 sanı, diagonaldıń joǵarısında 0 sanı bolǵan matricanı alamız. Bunnan $\delta_1(\lambda) = 1$. Bul matricada birdey nomerli qatar hám baǵanaları izbe-iz óshirip, bul $\delta_{k-1}(\lambda) = \dots = \delta_1(\lambda) = 1$ ekeni kórinedi.

Nátiyje. $J_k(\alpha) - \lambda E$ matricanıń rangı onıń tártibine teń

bolip, $D(J_k(\alpha) - \lambda E) = \{(\lambda - \alpha)^k\}$, ya'niy birden-bir

$(\lambda - \alpha)^k$ kópağzalıdan ibarat.

Mısal. Matricanıń Jordan normal formasın tabıń[4]

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -4 & 4 & 0 \\ -2 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Sheshiliwi: A matricanın xarakteristikalıq teńlemesin dúzemiz

$$|A - \lambda E| = \begin{vmatrix} -\lambda & 1 & 0 \\ -4 & 4 - \lambda & 0 \\ -2 & 1 & 2 - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

$$-\lambda((4-\lambda)(2-\lambda)) - (-4(2-\lambda)) =$$

$$= -\lambda(4-\lambda)(2-\lambda) + 4(2-\lambda) = (2-\lambda)^3 = 0$$

$\lambda = 2.$

Onda A matricasının Jordan normal forması

$$J_A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}.$$

2-teorema. C maydandağı hár qanday A matrica qandayda bir jordan matricasına uqsas. Bul Jordan matricası A arqalı jordan ketekleriniń ornın almasınıwına shekem dállik menen tabıladı (bul Jordan matricalarınıń hár biri A matricasınıń jordan normal forması dep ataladı) [1].

Dálillew. $A \in C^{n \times n}$ berilgen bolsın. Oğan uqsas bolğan $J \in C^{n \times n}$ jordan matricasını tabamız. A hám J matricaların uqsaslıǵı olardıń xarakteristikalıq $A - \lambda E$ hám $J - \lambda E$ — matricaların ekvivalentligine teń kúshli.

Matricanın xarakteristikalıq $\det(A - \lambda E)$ kópazalını kóremiz. Ol tek 1 kompleks korengge iye (kórenler eseli menen esaplanganda). Bul $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ sanlar $\varphi(\lambda)$ dın turli

kórenleri $k_1, \dots, k_t$ natural sanlar – bul kórenlerdiń eselisi bolsın. Onda $k_1 + \dots + k_t = n$ hám

bolsin. Onda $k_1 + \dots + k_t = n$ hám

$$\varphi(\lambda) = (-1)^n (\lambda - \lambda_1)^{k_1} \dots (\lambda - \lambda_t)^{k_t}.$$

Bunnan $A - \lambda E$ matricanıń rangı onıń tártibine teńligi kelip shıǵadı.

Bul $\varepsilon_1(\lambda), \dots, \varepsilon_n(\lambda)$ kópágzalılar $A - \lambda \bar{E}$ matricanıń invariant kóbeytiwshileri bolsın. Onda

$$\varepsilon_1(\lambda) \dots \varepsilon_n(\lambda) = \delta_n(\lambda) = (\lambda - \lambda_1)^{k_1} \dots (\lambda - \lambda_t)^{k_t}.$$

Bunnan $\varepsilon_{n-p+1}(\lambda), (p=\overline{1, q})$ invariant kóbeytiwshiler

tómendegi kóriniske iye:

$$\mathcal{E}_{n-p+1}(\lambda) = (\lambda - \lambda_1)^{k_{1p}} (\lambda - \lambda_2)^{k_{2p}} \dots (\lambda - \lambda_t)^{k_{tp}}.$$

Eger bul aňlatpada qandayda bir λ_t kóren qatnaspasa, saykes $(\lambda - \lambda_t)^{k_p}$ kóbeytiwshini birge teń dep esaplaymız.

Bunday kóbeytiwshi ushın $k_{in} = 0$.

Buğan tiykarlanıp $A - \lambda E$ matricaniń elementar bolıwshileri

[illegible]

kóriniske iye[3].

Jordan ketekləri menen elementar boliwshiler arasındağı uyqaslıqtan, sızıqlı operatordıń diagonallasıwshılıǵı onıń barlıq elementar bóliwshileriniń birinshi tártipli ekenligine teń kúshli. Aqırǵı shárt bolsa óz gezeginde eń keyingi $\mathcal{E}_n(\lambda)$ invariant kóbeıytıwshiniń eseli kórenleri joqlıǵına teń kúshli. Solay etip, sızıqlı operatordıń diagonallawshı bolıwı ushın onıń eń keyingi invariant kóbeıytıwshisiniń eseli kórenleri bolmawı zárúr hám jetkilikli.

F sanlı maydan sonday bolsa, ol jaǵdayda $\det(A - \lambda E)$ karakteristikalıq kópǵızalı sıızıqlı kóbeytiwshilerge ajıralsa, teoremanıń bunday F maydan hám sıızıqtı A operatorlar ushın orınlı bolıwı dálillewden tikkeley kórinedi. Kerisinshe, F maydandaǵı A matrica F maydandaǵı qanday da bir Jordan matricesına uqsa bolsın. Onda $A - \lambda E$ menen $J - \lambda E$ invariant kóbeytiwshileri birdey, sonday eken $\det(A - \lambda E) = (-1)^n \varepsilon_1(\lambda) \dots \varepsilon_n(\lambda)$ kópǵızalı hám sıızıqlı kópǵızalılarǵa ajıraladı. Solay etip, tomendegi teorema orınlı.

3-teorema. F maydandaǵı shekli olshemli sıızıqlı keńislikte sıızıqlı operatordıń jordan bazisi bar bolıwı ushın onıń xarakteristikalıq kópaǵzalısı F maydanda sıızıqlı kóbeytishilerge ajıralıwı zárúr hám jetkilikli[3].

Mısal kóremiz.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -3 & 4 \\ 4 & -1 & 8 \\ 6 & -7 & 7 \end{pmatrix}$$

Matricaga uqsas jordan matricani tabamiz.
Xarakteristikaliq

$$A - \lambda E = \begin{pmatrix} 1-\lambda & -3 & 4 \\ 4 & -7-\lambda & 8 \\ 6 & -7 & 7-\lambda \end{pmatrix}$$

kópágzalınıń determinant bóliwshileri $\delta_i(\lambda)=1$,

$$\delta_2(\lambda)=1 \text{ (bul } \begin{vmatrix} 4 & -7 & -\lambda \\ & -7 & \\ 6 & & \end{vmatrix}=6\left(\lambda+\frac{7}{3}\right),$$

$$\begin{vmatrix} 4 & 8 \\ 6 & 7 & -\lambda \end{vmatrix} = -4(\lambda + 12) \text{ minorlar } \acute{o}z \text{ ara apiwayı),}$$

$$\delta_3(\lambda) = \lambda^3 - \lambda - 5\lambda - 3 = (\lambda - 3)(\lambda + 1)^2.$$

$$\text{Bunnan } \varepsilon_1(\lambda) = \varepsilon_2(\lambda) = 1, \varepsilon_3(\lambda) = (\lambda - 3)(\lambda + 1)^2.$$

Elementar bóliwshiler $(\lambda - 3)$ hám $(\lambda + 1)^2$. Olarǵa 3 sanınan hám ketge

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

jordan kletkaları saykes keledi.

Demek, A matrica bul

$$J = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Jordan matricasına uqsas.

Misal. Matricanın Jordan normal formasın tabıń[2]

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 2 \\ 3 & 0 & 1 \\ -2 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Sheshiliwi: B matricanın xarakteristikalıq teńlemesin dúzemiz

$$|B - \lambda E| = \begin{vmatrix} -\lambda & 3 & 2 \\ 3 & -\lambda & 1 \\ -2 & 2 & 1 - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

Determinanttı esaplasaq tómendegige iye bolamız

$$\lambda^3 - \lambda^2 - 9\lambda + 9 = 0.$$

Kóbeytiwshilerge jiklep $(\lambda - 1)(\lambda - 3)(\lambda + 3) = 0$.

Bunnan $\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 3, \lambda_3 = -3$ menshikli mánisler

shıǵadı.

Onda B matricasınıń Jordan normal forması

$$J_B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & -3 \end{pmatrix}.$$

Ádebiyatlar

1. Хожиев Ж., Файнлейб А.С. Алгебра ва сонлар назарияси курси: Математика ва механика-математика факультетлари талабалари учун дарслик. –Т.: “Ўзбекистон”, 2001, 304-б.
2. Проскуряков И.В. Сборник задач по линейной алгебре. –Москва: 1966, - С. 384.
3. Тронин С.Н. Лекции по алгебре. Выпуск 2. // Жорданова нормальная форма матрицы. –Казань: 2012, -С.78.
4. Бортакоский А.С., Пантелеев А.В. Линейная алгебра в примерах и задачах. Глава 7. -Москва: «Высшая школа», 2005.

REZYUME. Ushbu maqolada matritsaning normal shakli matritsa polinomlarini bir nechta misollarda yechish orqali tuzilgan.

РЕЗЮМЕ. В статье нормальная форма матрицы Жордана строится путем решения матричных полиномов на нескольких примерах.

SUMMARY. In this article, the Jordan normal form of a matrix is constructed by solving matrix polynomials in several examples.

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ОБРАБОТКА КАРБИДКРЕМНИЕВЫХ ДИОДОВ ШОТТКИ $\text{Au-TiB}_x\text{-n-SiC 6H}$

А.Б.Камалов – доктор физико-математических наук, профессор

С.К.Абдужалиев – доктор философии по физико-математическим наукам

Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза

Д.Абдуллаева – магистрант

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

Таянч сўзлар: кремний карбиди, Шоттки барьеры, барьер баландлиги, ноидеаллик фактори.

Ключевые слова: карбид кремния, барьер Шоттки, высота барьера, фактор неидеальности.

Key words: silicon carbide, Schottky barrier, barrier height, factor nonideality.

В последние годы, несмотря на сложности технологии получения структурно-совершенного карбида кремния, интерес к исследованию полупроводниковых приборов, изготовленных на основе этого материала сильно возрос. Причиной этого являются уникальные свойства полупроводникового карбида кремния [1]. Отличительной особенностью диодных структур на основе карбида кремния является их высокая термическая и радиационная стойкость. Эффекты, обусловленные влиянием термообработок и воздействия на такие структуры высокоэнергетической ионизирующей радиации хорошо изучены и учтены в технологии соответствующих карбидкремниевых приборов. Однако слабо изучены радиационные эффекты в карбидкремниевых приборных структурах при малых дозах радиационных воздействий. Тогда, как в технологии Si и GaAs приборов методы низкодозовых радиационных обработок нашли применение еще в 80-х годах прошлого века [2]. В качестве малодозовых воздействий ряд авторов использовал сверхвысокочастотные обработки, которые по своим эффектам были аналогичны низкодозовым ионизирующим обработкам (γ -радиация, быстрые электроны) [2, 3, 4]. В то же время практически не известны работы по влиянию сверхвысокочастотного излучения на свойства карбидкремниевых приборных структур, в том числе с барьером Шоттки. Поскольку последние представляют интерес для использования их в качестве активных элементов в сверхвысокочастотной электро-

нике, то исследование эффектов стимулированных малодозовыми сверхвысокочастотными обработками представляются интересными как с точки зрения эксплуатации приборов, так и технологической, как возможность управления свойствами поверхностно-барьерных структур.

В этой работе приведены результаты исследований карбидкремниевых диодных структур, обработанных сверхвысокочастотным излучением. Диодные структуры изготавливались на массивном монокристаллическом карбиде кремния n-типа (политип 6H), выращенном методом Лели. Толщина слоя TiB_x была 80нм, Au-100нм. Диаметр диодной структуры ~200мкм. Режим облучения осуществлялся в свободном пространстве при неизменном расстоянии от выхода волновода до облучаемого образца. Частота облучения 2,45 ГГц, удельная мощность ~1,5 Вт/см². Интенсивность сверхвысокочастотного воздействия варьировалась изменением времени экспозиции. Температура разогрева образцов при данном типе и длительности обработки не превышала комнатной. До и после сверхвысокочастотного облучения измерялись вольтамперные характеристики диодных структур, из которых рассчитывались высота барьера ϕ_B и фактор идеальности n . На рис. 1. приведены прямые ветви вольт-амперной характеристики диода Шоттки до и после сверхвысокочастотного облучения. Видно, что вольт-амперные характеристики описываются зависимостью