

Все дальнейшие расчеты проведены на сетке последнего варианта ($n_x = 38$, $n_y = 58$, $n_z = 23$). В табл. 2 приведены результаты расчетов при разной глубине базы и перепадах проводимости.

Приведенные результаты показывают необходимость проведения трехмерных расчетов, хотя в случае малой глубины базы (0,5 мкм для рассматриваемого варианта) двумерные расчеты обеспечивают приемлемую точность (максимальная погрешность 23 %).

1. Кремниевые планарные транзисторы / В.Г. Колесников, В.И. Никишин, В.Ф. Сынов и др.; Под ред. Я.А. Федотова. М., 1973.

2. Ферри Д., Эйкерс Л., Гринич Э. Электроника ультрабольших интегральных схем. М., 1991.

3. Hebert F., Roulston D.J. // Sol. St. Electronics. 1988. Vol. 31. № 2. P. 283.

4. Idem. // Sol. St. Electronics. 1988. Vol. 31. № 8. P. 1235.

5. Мулярчик С.Г., Шевкун И.М., Зиневич А.А. // Радиофизика и электроника: Сб. науч. тр. Мн., 2000. Вып. 4. С. 181.

6. Мулярчик С.Г. Численное моделирование микроэлектронных структур. Мн., 1989.

Поступила в редакцию 22.01.2001.

Мулярчик Степан Григорьевич – доктор технических наук, профессор, декан факультета радиофизики и электроники БГУ.

Шевкун Игорь Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики БГУ.

Зиневич Александр Александрович – студент 5-го курса факультета радиофизики и электроники БГУ.

УДК 621.396.67

В.И. ДЕМИДЧИК, Р.В. КОРНЕВ

АНТЕННАЯ МОДЕЛЬ КИРАЛЬНЫХ РАССЕИВАТЕЛЕЙ

The scattering properties of a chiral particle in the form of a helix loop with attached rectilinear conductors were analyzed using the method of integral equations.

В настоящее время все большее внимание уделяется проблеме изучения искусственных изотропных и анизотропных сред, обладающих двойным круговым лучепреломлением в микроволновом диапазоне (так называемые киральные среды), что связано прежде всего со специфическими свойствами рассеяния электромагнитных волн на объектах с киральными включениями. Киральные среды перспективны для создания различных устройств СВЧ, радиопоглощающих материалов и покрытий.

Для синтеза киральных сред чаще всего используют маленькие металлические или керамические спирали, хаотично распределенные в диэлектрике. Определение материальных параметров таких сред базируется на известных микроволновых характеристиках отдельных киральных элементов.

Цель работы – моделирование характеристик рассеяния одиночного элемента в виде витка спирали с подключенными прямолинейными проводниками и определение зависимости этих характеристик от геометрических параметров элемента.

Рассмотрим находящийся в однородном и изотропном пространстве рассеиватель, который облучается плоской электромагнитной волной (рис. 1). Волна распространяется вдоль луча, определяемого углами θ_0 и φ_0 сферической системы координат, а вектор электрического поля волны задается углом γ_0 относительно плоскости, проходящей через ось Z и вектор направления распространения:

$$E^{ct} = E_0^{ct} \cdot l^{i \cdot k \cdot r} e_E,$$

$$\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} = x \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi + y \cdot \sin \theta \cdot \sin \varphi + z \cdot \cos \theta,$$

$$e_E = (-\cos \theta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \gamma - \sin \varphi \cdot \sin \gamma; \sin \gamma \cdot \cos \varphi - \cos \theta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \gamma; \sin \theta \cdot \cos \gamma).$$

Внешнее поле E^{ct} возбуждает на поверхности частицы токи, которые создают рассеянное поле E^{sc} .

Расчет рассеянного поля проводился методом моментов на основе интегрального уравнения Поклингтона по методике, описанной в [1]. На основании информации об амплитудно-фазовом распределении тока определялось поле излучения киральной частицы и ее эффективный поперечник рассеяния (ЭПР) [2]:

$$\sigma(\theta_0, \varphi_0) = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{|E^{рас}(\theta_0, \varphi_0)|^2}{|E_0^{ct}|^2}.$$

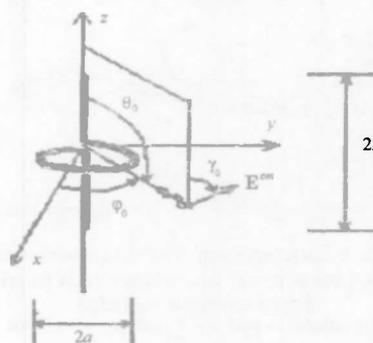


Рис. 1. Геометрия кирального рассеивателя

Значение ЭПР в зависимости от геометрических параметров киральной частицы позволяет судить об ее отражательных свойствах.

Исследовалась частотная зависимость ЭПР для основной и деполаризованной компонент при различных геометрических параметрах частицы и различных углах падения возбуждающей электромагнитной волны.

На рис. 2 показана зависимость ЭПР от длины вибраторных плеч частицы при $\theta_0=90^\circ$; $\varphi_0=0^\circ$; $\gamma_0=90^\circ$. Радиус спирали $a=5$ мм, толщина провода $2r_0=0,2$ мм. Вектор E^{ct} перпендикулярен прямолинейным отрезкам проводника частицы, а виток спирали функционирует как приемник, обеспечивающий возбуждение частицы. В итоге вибраторные плечи частицы служат источником, создающим электрическое поле, параллельное оси Z. Рассеивающая реакция частицы определяется полной энергией, обусловленной токами в участках витка спирали и прямолинейного провода.

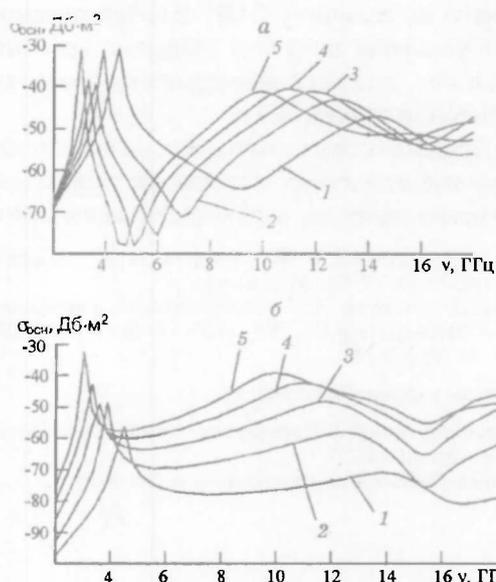


Рис. 2. Зависимость ЭПР основной и деполаризованной компонент поля от длины вибраторных плеч частицы:

1 - $l=0$; 2 - $l=2$ мм; 3 - $l=4$ мм; 4 - $l=6$ мм; 5 - $l=8$ мм

Из рис. 2, а видно, что при увеличении длины вибраторных плеч ЭПР основной компоненты поля изменяется незначительно. Это связано с тем, что вибраторные плечи перпендикулярны основной компоненте поля и не вносят вклад в его формирование. В то же время значение деполаризованной компоненты поля (рис. 2, б) заметно возрастает при увеличении длины вибраторов.

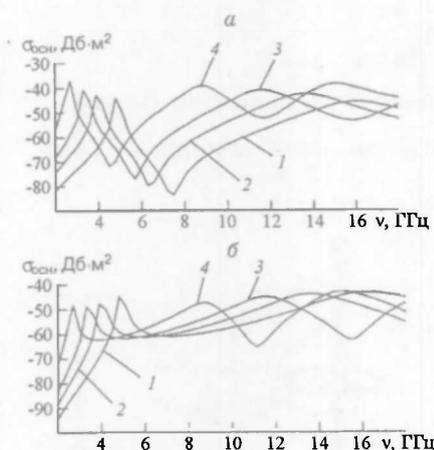


Рис. 3. Зависимость ЭПР основной и деполаризованной компонент поля от радиуса спирали частицы:
1 – $a=3$ мм; 2 – $a=4$ мм; 3 – $a=5$ мм; 4 – $a=7$ мм

На рис. 3 показана аналогичная зависимость для различных радиусов спирали при $l=5$ мм, $r=0,1$ мм и тех же величинах θ , φ , γ . Как видно из рисунка, увеличение радиуса спирали приводит к возрастанию ЭПР основной компоненты поля (рис. 3, а) и почти не влияет на ЭПР деполаризованной компоненты (рис. 3, б).

Результаты расчетов, приведенные на рис. 2, 3, показывают также, что зависимость σ от частоты носит колебательный характер, что обусловлено резонансными явлениями, когда общая длина проводника рассеивателя приблизительно кратна целому числу полуволн. Эмпирические данные и данные других авторов [3] подтверждают подобный характер частотной зависимости ЭПР для киральных элементов в виде маловитковых спиралей.

В целом результаты численного эксперимента показывают, что изменение длины вибраторов или радиуса витка спирали позволяет существенно влиять на величину ЭПР деполаризованной компоненты и при определенных условиях получать значения, сравнимые с ЭПР волны основной поляризации. Это дает возможность управлять поляризацией рассеянного киральной частицей поля.

Предполагаемая методика позволяет анализировать рассеивающие свойства как отдельных киральных элементов, таких как маловитковые металлические спирали, омега-частицы и их модификации, так и их систем.

Предполагаемая методика позволяет анализировать рассеивающие свойства как отдельных киральных элементов, таких как маловитковые металлические спирали, омега-частицы и их модификации, так и их систем.

1. Демидчик В.И., Рунов А.В., Калашников Н.В. // Изв. вузов. Радиоэлектроника. 1983. Т. 26. № 3. С. 82.

2. Васильев Е.Н. Возбуждение тел вращения. М., 1987.

3. Marriotte F., Tretjakov S. A. // IEEE Antennas and Propagation Magazine. 1996. Vol. 38. № 2. P. 22.

Поступила в редакцию 11.01.2001.

Демидчик Валерий Иосифович – кандидат технических наук, доцент кафедры радиофизики и электроники БГУ.

Корнев Руслан Владимирович – магистрант.

УДК 621.382.323-416

В.М. БОРЗДОВ, В.О. ГАЛЕНЧИК

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ЧАСТИЦ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ В СУБМИКРОННОМ МОП-ТРАНЗИСТОРЕ С УЧЕТОМ УДАРНОЙ ИОНИЗАЦИИ

The numerical model of the electron transport in submicron MOSFET was developed. The influence of impact ionization on mean energy and drift velocity in the device channel was studied using this model.

Дальнейший прогресс в развитии современной микроэлектроники невозможен без широкого использования численных методов моделирования интегральных схем (ИС) на этапе их разработки и проектирования. В то же