

Висновки. 1. Сформульовано загальні підходи щодо синтезу математичних моделей ізоляції трансформаторів напруги;
2. Обґрунтовано розрахункові схеми для знімання частотних характеристик трансформатора напруги типу НОМ-10.

1. *Electrical environment of transformers. Impact of fast transients. Prepared by CIGRE JWG A2-A3-B3.21 (FORMER JWG 12-13-23.21) // ELECTRA 2. – February 2005. – № 218.* 2. *Ганус А.И., Старков К.А. Повреждаемость трансформаторов напряжения в областных электрических сетях АК “Харьковоблэнерго” и мероприятия по её снижению // Світлотехніка і енергетика. – 2003. – № 1. – С. 76–82* 3. *Теоретические основы электротехники. Т. 1: Основы теории линейных цепей / Под ред. проф. П.А. Ионкина. – М.: Высшая школа, 1976. – 544 с.*

УДК 621.382.001

Р.А. Пеленський

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ТЗЕ

МАГНІТНІ ЗАРЯДИ ТА МАГНІТНІ ЄМНОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК

© Пеленський Р.А., 2006

Розглянемо механізми формування подвійних магнітних та електричних шарів заряду в тонких плівках та вплив цих шарів на характеристики приладів, виконаних на тонкоплівковій основі.

Let’s consider the mechanisms of forming the magnetic and electrical layers of charge in the membrane structures. We’ve got the integral equations for analysis of the current fluency processes in the membranes, taking into consideration the disturbance of spin and charge continuums of environments.

Вступ. Електродинаміка у своєму розвитку пройшла три основні етапи. На першому інтерес становить лише заряд електрона. З розвитком електроніки виникла потреба враховувати і заряд і енергетичний стан носія заряду. Це невелике розширення можливостей електродинаміки призвело до розвитку трильйондоларової мікроелектронної промисловості. На сучасному етапі розвиток наноелектроніки та спінтроніки вимагає урахування в рівняннях усереднених полів наноструктур цілої низки квантових ефектів.

Електродинаміка суцільних середовищ не спроможна розв’язувати поставлені наноелектронікою задачі. Довелося створювати електродинаміку несучільних середовищ – середовищ з розривами однорідного стану. В однорідних середовищах в локальних областях структури відсутній некомпенсований магнітний момент. У наноструктурах через розриви атомних зв’язків на поверхні виникають магнітні поверхневі стани, на які захоплюються кванти магнетизму. Утворюється поверхневий шар магнітних монополів і індукований в плівковому середовищі розподілений з об’ємною густиною магнітний заряд.

Наукова проблема, яка вимагає термінового вирішення, полягає в потребі побудови польових математичних моделей для середовищ, що містять розриви атомних зв’язків. В іншому випадку нанотехнології будуть значно випереджувати нанотеорію, що сповільнить розвиток наноелектроніки.

Аналіз останніх досліджень у цій царині дає змогу дійти висновку, що до теперішнього часу проблему вирішували лише наполовину, урахуванням в місцях розривів лише подвійних електричних шарів зарядів [1]. Теоретична фізика [2–6] підготувала ґрунт для повного охоплення процесів у наноструктурах.

Задачами цих досліджень є розкриття механізмів формування подвійних магнітних та подвійних електричних шарів зарядів в околі границь розриву наноплівкового середовища, створення математичних моделей для подвійних шарів зарядів та їх взаємодії між собою та з струмами, що протікають в наноструктурах, з використанням апарата теорії електронних кіл на основі уявлень, розкритих в роботах [7, 8].

Магнітні шари зарядів. У безмежному однорідному ізотропному середовищі вся сукупність магнітних моментів (орбітальних та обертальних) є взаємно скомпенсованою у кожній локальній області середовища. У цих областях крім того відсутній розподілений об'ємний заряд.

Розглянемо гіпотетичну задачу виокремлення з безмежного однорідного ізотропного середовища тонкої плівки. Розрив структури середовища призведе до перебігу процесів в спіновому континуумі приповерхневої області. На поверхні плівки утворюється некомпенсований магнітний заряд з поверхневою густиною σ_M . Значення σ_M пов'язане з магнітними індукціями контактуючих середовищ граничними умовами

$$B_{2n} - B_{1n} = \sigma_M, \quad (1)$$

де B_n – нормальні складові вектора магнітної індукції.

Магнітні моменти на поверхні плівки зумовлені власним (спіновим) та переносним (орбітальним) рухом електронів.

З формуванням поверхневого плівкового магнітного заряду в приповерхневій області утворюється розподілений з об'ємною густиною ρ_M магнітний заряд. Тобто, в околі поверхні створюється подвійний шар магнітного заряду (магнітний диполь).

Якщо зобразити плівку в вигляді пологої сфери радіуса R магнітну напругу диполя [9] можна визначити з співвідношення

$$\Psi_M = \frac{MR}{R^3}, \quad (2)$$

де M – некомпенсований магнітний момент.

У статистиці питома магнітна ємність сформованого шару становить

$$C_M = \frac{\sigma_M}{\Psi_M} \quad (3)$$

У системі одиниць СІ наведені величини для одиниці площі плівки мають такі розмірності:

Формування подвійного шару магнітних зарядів плівки можна здійснити на основі інтегрального рівняння

$$\frac{1}{G_M} \frac{dq_M}{dt} + \frac{q_M}{C_M} = \Psi_M, \quad (4)$$

де G_M – питома провідність плівкового середовища під час перенесення магнітного заряду*.

З виокремленням плівки частина вільних носіїв заряду приповерхневих шарів плівки покидає плівку. У приповерхневих шарах плівки і навколишнього середовища утворюється подвійний шар електричних зарядів.

Формування шару завершується тоді, коли напруженість дифузійного поля, відповідального за вихід з плівки носіїв заряду, зрівняється з напруженістю електричного поля, створеного зарядами подвійного електричного шару.

Утворення подвійного магнітного шару зарядів і подвійного електричного шару взаємопов'язані. Коли локальну область плівки покидає вільний електрон, у цій області проходить збурення спінового поля. І, навпаки, зміни магнітного моменту локальної області призводить до змін енергетичного стану вільних електронів, що спричиняє їх переміщення під дією новоутвореного дифузійного поля. Ще потрібно врахувати явище, що виникає під час виокремлення плівки, – це явище створення приповерхневої анізотропії, а під час зведення до поверхневих явищ – поверхневої анізотропії.

* Розмірності величин, що входять в рівняння (2)–(4) в системі одиниць СІ, наведені нижче.

$$\sigma_M \left[\frac{Tл \cdot c}{m^2} \right], M [A \cdot m^2], \rho_M \left[\frac{Bб \cdot c}{m^3} \right], C_M \left[\frac{Гн \cdot c}{m^2} \right], q_M \left[\frac{Bб \cdot c}{m^2} \right], G_M \left[\frac{Om}{m^2} \right].$$

Струм, що протікає у плівці в повздовжньому напрямку під дією сторонніх джерел енергії, обмежується розподіленням у плівці зарядом. Без сумніву, що цей струм взаємодіє з магнітним полем подвійного шару магнітних зарядів, і відхиляється за рахунок цієї взаємодії.

Створення подвійного електричного шару під час виокремлення плівки можна описати рівнянням

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C_e} = U, \quad (5)$$

величини, наведені в рівнянні (5), зручніше використовувати як питомі величини, зараховані до одиниці поверхні плівки: питомий опір шару $R[\text{Ом} \cdot \text{м}^2]$, питома електрична ємність подвійного електричного шару $C_e[\frac{\Phi}{\text{м}^2}]$, електричний заряд одиниці поверхні плівки $q[\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}]$.

За такого введення зарядів подвійних шарів (магнітних та електричних), де розгляд подвійного шару магнітних зарядів здійснюється за аналогією з подвійним електричним шаром зарядів, справедливим є принцип взаємності Максвелла. Рівняння спінового та зарядового континуумів взаємопов'язані

$$\frac{1}{G_M} \frac{dq_M}{dt} + \frac{q_M}{C} + \frac{1}{v} \frac{dq}{dt} = U_M, \quad (6)$$

$$\frac{1}{G} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C_e} + \frac{1}{v} \frac{dq_M}{dt} = U, \quad (7)$$

де коефіцієнт взаємозв'язку v – безрозмірна величина, якщо розглядається плівка загалом.

Під час застосування рівнянь (6), (7) до одиниці площі розмірність v $[\frac{1}{\text{м}^2}]$.

Плівкові резистори. Якщо прикласти до плівки у повздовжньому напрямку постійну напругу від стороннього джерела, у плівці вздовж координати у потече струм. Цей струм взаємодіатиме з магнітним полем розподіленого у плівці шару магнітних зарядів. Магнітна індукція \vec{B} цього шару скерована по координаті x перпендикулярно поверхні плівки. Взаємодія потоку носіїв заряду з магнітним полем спричинить їх відхилення вздовж координати z і зменшення їх рухливості. Крім того, потік носіїв заряду, зумовлений дією сторонньої ЕРС, взаємодіє з поперечним електричним полем подвійного електричного шару плівки. Електрична напруженість цього шару незрівнянно більша від напруженості, що діє у повздовжньому шарі плівки. Чим ближче до поверхні, тим заторможенішим буде потік носіїв заряду. Під дією сильного поперечного поля носії заряду не поверхню плівки не виходять і до поверхні не прилипають. Це можна пояснити так. У тонкоплівковому середовищі дуже чітко проявляються обидві характеристики електрона – заряд і енергія (тіло і душа електрона). Якби електрон відхилився в напрямку поверхні, він опинився би в локальній області плівкового середовища, де його енергетичний стан став би зовсім іншим. Ця обставина не дає йому можливості відхилитись до поверхні, але приводить до зменшення його рухливості.

Отже, плівковим резисторам властивий неоднорідний розподіл густини струму зі зменшенням її під час наближення його до поверхні плівки. Через це осереднений питомий опір плівки може бути в тисячі разів більшим, ніж в електронейтральному середовищі, тобто середовищі, в якому не сформовані приповерхневі магнітний та електричний шари заряду цих самих розмірів, що й тонкоплівковий резистор. Крім того за рахунок взаємодії з полем подвійного шару магнітних зарядів спостерігається нерівний розподіл носіїв заряду по ширині плівки.

Плівкові діоди. Електронно-дірковий перехід формується в околі площини паралельної поверхні плівки в приладах силової електроніки і в площинах, перпендикулярних до поверхні плівки в більшості приладів інформаційної електроніки.

У приладах енергетичної електроніки струмовиводи формуються на поверхнях плівок, струми від них протікають у напрямку, перпендикулярному до поверхні плівки, тобто паралельному напрямку векторів \vec{B} та \vec{E} подвійних шарів електричних та магнітних зарядів, завдяки чому не взаємодіють з ними і на характеристики приладів практично не впливають.

Підбір матеріалів плівок, їх товщин і концентрацій домішок у напівпровідникових матеріалах повинен бути таким, щоб забезпечити мінімальний залишковий опір та мінімальну напругу на приладі за прямого протікання струму і мінімального зворотного струму. У цьому випадку на приладах виділяється мінімальна потужність втрат і можна забезпечувати високі прямі струми та зворотні напруги приладів, тобто задовольняється основна вимога, яку висувають до електронних ключів енергетичної електроніки.

Ситуація різко ускладнюється в приладах інформаційної електроніки. Якщо у плівках шляхом іонної імплантації утворено n^+ чи p^+ кишень циліндричної поверхні цих кишень перпендикулярні поверхням плівок і саме вздовж цих поверхонь зазнають змін величини \bar{B} та \bar{E} подвійних магнітного та електричного шарів заряду. Струми основних електродів приладів виходять з поверхонь цих циліндрів у напрямку, перпендикулярному до них, і взаємодіють з полями подвійних шарів заряду. Від товщини плівок, глибини кишень, параметрів подвійних шарів заряду і властивостей матеріалів плівок залежать основні параметри, сформованих на плівках напівпровідникових приладів.

Висновки. Розглядаючи струмоперенесення в електронних приладах, сформованих на тонкоплівковій основі, потрібно враховувати не тільки заряд носіїв, але й їх енергетичний стан та некомпенсований магнітний момент локальної області плівкового середовища. Моделювання вкладу цих факторів можна здійснювати на основі інтегральних рівнянь (4) та (5), що описують процеси перебудови подвійних шарів заряду, які безпосередньо впливають на струмоперенесення в областях приладів.

1. Шокли У. Теория электронных полупроводников. – М.: Изд-во иностр. лит., 1953. – 715 с.
2. Вакарчук І.О. Квантова механіка. – Львів, 2004. – 784 с.
3. Физика микромира. – М.: Сов. энцикл., 1980. – 528 с.
4. Гуревич А.Г., Мелков Г.А. Магнитные колебания и волны. – М., 1994. – 464 с.
5. Симонов И.Н. Континуальная электродинамика. – К.: Техника, 2001. – 256 с.
6. Федоткин И.М., Бурляй И.Ю., Бельцов Р.И., Бурляй Ю.И. На пути к познанию непроявленного мира. – К.: Техника, 2005. – 354 с.
7. Pelenskyj R. Contradirectional Fields, Proceeding of the 13 International Symposium of Theoretical Electrical Engineering “ISTET 2005”, July 4–6, Lviv, 2005. – P. 73–74.
8. Пеленський Р. Спінтронні процеси в тонкоплівкових приладах // Теоретична електротехніка. – 2005. – Вип. 58. – С. 154–160.
9. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1966. – 624 с.

УДК 535.36

Р.А. Пеленський, І.Р. Пеленська

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра ЕМА

МАГНІТНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ НОСІЇ ІНФОРМАЦІЇ ЖИВОГО ОРГАНІЗМУ

© Пеленський Р.А., Пеленська І.Р., 2006

Розкрито механізми формування подвійних магнітних і електричних шарів зарядів у приграничних шарах біомембран, які виконують функції носіїв інформації в живому організмі. Запропоновано математичні моделі процесів побудови та перебудови шарів заряду.

The mechanisms of forming double magnetic and electrical layers of charges in the alive are exposed. The charges layers are the elements of information system of the alive. The mathematical models of the processes construing and reconstruing charges layers are proposed.

Постановка проблеми. В інформаційних системах живого організму запасено величезні масиви різнорідної інформації: генетичної, мовної, математичної. Відбуваються процеси запам'ято-