

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ
МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ**

УДК 621.382

**ЕЛЕКТРОДИНАМІКА СЕРЕДОВИЩ З РОЗРИВАМИ
АТОМНИХ ЗВ'ЯЗКІВ**

Р. Пеленський

*Національний університет "Львівська політехніка"
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна*

Розв'язано актуальну задачу дослідження процесів у наноструктурах живої і неживої природи й створення методів розрахунку наноструктур. Науковий прорив у цій царині зроблено на підставі поєднання теорії квантових явищ у тонкоплівкових середовищах з електродинамікою. Для врахування ефектів, зумовлених розривами атомних зв'язків, введено подвійні шари магнітних та електричних зарядів, які крім того, виконують функції носіїв інформації.

Ключові слова: подвійні шари електричних і магнітних зарядів, носії інформації живого організму.

Теоретична електротехніка пройшла у розвитку три головні етапи: на першому враховували лише заряд електрона, на другому, зумовленому потребами твердотільної електроніки, – уже і заряд електрона, і його енергетичний рівень, на третьому – етапі нанотеорій, стало неможливо не враховувати спін електрона.

Врахування енергії електрона дало змогу сформуувати мікроелектронну електродинаміку як основу мікроелектронної галузі промисловості. Розрахунки субмікронних інтегральних схем проводять на підставі польових моделей [10, 11].

Теоретичні підвалини для створення електродинаміки наносередовищ (середовищ з розривами атомних зв'язків) закладені нашими попередниками. В 1931 р. Поль Дірак запропонував уведення в теорію магнітного монополя [1], а 1927 р. Хундові вдалося збагнути наявність некомпенсованого магнітного моменту [6, 18] в околі границь розривів атомних зв'язків.

Уведений Діраком магнітний монополь не вписувався в класичну електродинаміку, розбудовану як електродинаміка суцільних середовищ. Бор і Ван Левен довели теорему про неможливість класичного пояснення магнетизму. Ці обставини спричинили неузгодженості в класичній електродинаміці, "Теорії Великого Об'єднання" і теоріях Дірака–Бора–Ван Левена [6, 9].

Створення теорії нанофізичних процесів можливе лише в разі врахування обергальних властивостей матерії. Електрон обертається навколо осі, утворюючи обергальний магнітний момент, завдяки обертанню навколо ядра утворюється орбітальний магнітний момент частинки. Під час розгляду суцільних середовищ ці

моменти в локальній області середовища себе взаємно компенсували. Тут спіни електронів становлять $1/2$ та $-1/2$. Хундом з'ясовано, що в разі збурення спінового континуума внаслідок розриву атомних зв'язків на поверхні наноструктури спінова хвиля утворює середовище, в якому спіни є паралельними ($1/2$ та $1/2$). Парашар речовини на відстані від поверхні перетворюється в ортошар на поверхні, і виникає некомпенсований магнітний момент.

На поверхневі магнітні рівні [6], які існують також завдяки переліченим вище ефектам, захоплюються кванти магнетизму – магнітні монополі Дірака. Магнітний квант потоку становить $2,06785 \cdot 10^{-15}$ Вб, а магнетон Бора – $9,2741 \cdot 10^{-24}$ А·м². В квантовій електроніці і нелінійній оптиці [6, 20] визначено рівняння руху магнітного моменту, а отже, і рівняння руху потоку квантів магнетизму. Захоплені на поверхневі магнітні рівні кванти магнетизму утворюють поверхневий магнітний шар зарядів (його густина G_m). Цей шар індукує в плівковому середовищі розподілений з об'ємною густиною ρ_m магнітний заряд. Між цими одинарними магнітними шарами утворюється магнітне поле.

Аналогічно можуть бути проаналізовані обставини створення подвійних електричних шарів зарядів і електричного поля, що оповиває наноплівку. Внаслідок розривів атомних зв'язків на поверхні плівки існує система електронних станів, відкритих І.С. Таммом 1932 р. [6], на які захоплюються вільні електрони з утворенням поверхневого електричного заряду (густина його G_e) і наведеного в плівці розподіленого з питомою густиною ρ_e об'ємного заряду. В рівняннях класичної електродинаміки існування цього заряду враховано.

Отже, тонка плівка, не приєднана до жодних джерел енергії, має систему внутрішніх магнітних і електричних полів, подвійні магнітні й електричні шари зарядів, які впливають на процеси струмоперенесення та хвилеутворення в плівках [12, 15, 16, 21].

Електромагнітні рівняння середовища з розривами міжатомних зв'язків.

Для врахування процесів збурення спінового континуума, спричених розривами атомних зв'язків на поверхні наноструктур, утворення некомпенсованого магнітного моменту, властивого мікросвіту, пропонуємо змінити рівняння електродинаміки до такого вигляду:

$$\operatorname{rot} \bar{H} = \bar{\delta}_e + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t}; \quad (1)$$

$$\operatorname{rot} \bar{E} = -\bar{\delta}_m - \frac{\partial \bar{B}}{\partial t}; \quad (2)$$

$$\operatorname{div} \bar{B} = \rho_m; \quad (3)$$

$$\operatorname{div} \bar{D} = \rho_e. \quad (4)$$

У макросвіті з його скупченнями трильйонів атомів та їхніми колективними взаємодіями існування стаціонарного магнітного поля без руху зарядженого джерела неможливе, і $\bar{\delta}_m$ та ρ_m , що є в рівняннях (2), (3), дорівнюють нулю.

У мікросвіті ситуація кардинально інша. Мікрочастинки мають власний магнітний момент. Коливання навіть одного магнетона Бора збуджує спіновий континуум [2, 4, 19], є рух магнітного моменту в наноструктурі, можливий рух потоку квантів магнетизму, величини $\bar{\delta}_m$ та ρ_m у локальних областях наноструктур мають ненульові значення.

У наноплівках, крім електромагнітного поля, зумовленого квантами електрики та їхнім рухом, існує спінове поле – першопричина створення в поверхневих областях подвійного магнітного шару зарядів і магнітного поля, що оповиває плівку і є наслідком прояву квантових ефектів, відкритих Хундом, а не кільцевим струмом, як у макросвіті.

В усереднену теорію полів наноструктур вклинились квантові ефекти. Електродинаміка працює в квантовому світі, де є розриви атомних зв'язків, поверхневі магнітні рівні і поверхневі електронні стани, розміщені, наприклад, у забороненій зоні напівпровідника.

Крім внутрішніх магнітного й електричного полів наноплівки, існують зустрічно спрямовані [21] протиполя – дифузійне, яке виносить електрони на поверхневі електронні стани, і спінове, яке виносить невірноважений магнітний момент – квант магнетизму, на поверхневий магнітний рівень. У статичі ці пари полів і протиполів себе взаємно компенсують.

У наноплівковому мікросвіті дуже важливою характеристикою є робота виходу А електрона. Від її значення залежить довжина електромагнітної хвилі λ , випромінюваної наноструктурою.

Застосуємо до рівняння (2) операцію div і, врахувавши рівняння (3), отримаємо рівняння неперервності для магнітного струму – для потоку квантів магнетизму:

$$div \bar{\delta}_m + \frac{\partial \rho_m}{\partial t} = 0. \quad (5)$$

З векторного аналізу відомо, що $div rot \bar{E} = 0$.

Аналогічно на підставі рівнянь (1) та (4) отримаємо рівняння неперервності струму:

$$div \bar{\delta}_e + \frac{\partial \rho_e}{\partial t} = 0. \quad (6)$$

Зв'язки між зарядами ρ_e та ρ_m і потенціалами полів, яким ці заряди завдячують існуванню в середовищі, через що вони не виносяться на поверхню плівки згідно з законами максвелівської релаксації, визначені на підставі принципу взаємності Максвелла [3]

$$\frac{\partial \rho_e}{\partial \psi_c} = \frac{\partial \rho_m}{\partial \chi}, \quad (7)$$

де ψ_c і χ – потенціали спінового і дифузійного полів, відповідно. У рівнянні (7) враховані першопричини винесення електричних і магнітних зарядів на поверхневі рівні. Зв'язки між потоками та силами, що діють у наноплівковому середовищі, записані у звичній формі:

$$\bar{B} = \mu_a \bar{H}; \quad (8)$$

$$\bar{D} = \varepsilon_a \bar{E}; \quad (9)$$

$$\bar{\delta}_e = -e\mu_n n \cdot \text{grad}(\chi + \varphi); \quad (10)$$

$$\bar{\delta}_m = -e\lambda_m \left(\frac{\bar{B}}{\mu_a} - \text{grad} \psi_c \right), \quad (11)$$

де μ_a – рухомість електронів; n – їхня концентрація в локальній області наносередовища; λ_m – питома магнітна провідність локальної області наносередовища.

Якщо розглядати наноструктури живого організму, то потрібно враховувати магнітну та діелектричну в'язкість середовища, і рівняння (8) та (9) будуть ускладнені до вигляду

$$\bar{B} = \mu_a \bar{H} + \tau_m \mu_a \frac{\partial \bar{H}}{\partial t}; \quad (12)$$

$$\bar{D} = \varepsilon_a \bar{E} - \tau_e \varepsilon_a \frac{\partial \bar{E}}{\partial t}, \quad (13)$$

де τ_m та τ_e – магнітна та електрична сталі часу процесів намагнічування та поляризації, відповідно.

У статистиці, якщо нема струмів у середовищі, у найпростішому випадку нев'язких середовищ (формули (8) та (9)), для скалярних магнітного ψ_m та електричного φ потенціалів на підставі формули (3), (4) отримаємо рівняння Пуассона, за допомогою яких обчислюють параметри подвійного магнітного та подвійного електричного шарів зарядів плівки:

$$\text{div} \mu_a \text{grad} \psi_m = -\rho_m; \quad (14)$$

$$\text{div} \varepsilon_a \text{grad} \varphi = -\rho_e. \quad (15)$$

Існування в локальній області плівкового середовища розподілених об'ємних магнітних та електричних зарядів зумовлене спіновим та дифузійними полями середовища. Якщо в однорідному середовищі значення цих потенціалів уважати такими, що дорівнюють нулю, то як граничні умови треба використовувати їхнє значення на поверхні, відраховуване від рівня Фермі. В конкретній локальній

області вони набувають значень ψ_c та x , за малих збурень зв'язок об'ємних густин зарядів з потенціалами можна записати так:

$$\rho_m = \nu_m \psi_c ; \quad (16)$$

$$\rho_e = \nu_e \chi , \quad (17)$$

де ν_m та ν_e – коефіцієнти зв'язку між об'ємними зарядами та спіновими і дифузійними потенціалами.

У статистиці скалярне магнітне та спінове поля себе взаємно компенсують, дифузійне та електричне поля також діють як поле і протиполе [13, 14, 21] і себе взаємно компенсують. З огляду на це для одновимірного випадку подвійного шару зарядів отримаємо рівняння

$$\frac{\partial^2 \psi_m}{\partial x^2} - \frac{\nu_m}{\mu_a} \psi_m = 0 ; \quad (18)$$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial \delta^2} - \frac{\nu_e}{\epsilon_a} \phi = 0 . \quad (19)$$

Якщо потенціали поверхневих магнітних рівнів і поверхневих електронних станів, відповідно, позначити ψ_{mn} і ϕ_n , то отримаємо розв'язок розподілу потенціалів та розподілених об'ємних зарядів:

$$\psi_m = \psi_{mn} e^{-\sqrt{\frac{\nu_m}{\mu_a}} \cdot x} ; \quad (20)$$

$$\phi = \phi_n e^{-\sqrt{\frac{\nu_e}{\epsilon_a}} \cdot x} . \quad (21)$$

Для найбільше вивченого матеріалу – кремнію – ми маємо точні співвідношення між зарядами і потенціалами:

$$\rho_e = en_0 \left(1 - e^{-\frac{e\phi}{kT}} \right) . \quad (22)$$

Виконані на кремнії розрахунки дають строге співвідношення результатів, отриманих на підставі польових моделей і експерименту.

Унаслідок виконаних розрахунків отримано значення питомого заряду подвійного електричного шару $2,72 \cdot 10^{-8} \left(\frac{\hat{E}\hat{e}}{i^2} \right)$ і напругу подвійного шару 0,305 В. У перерахунку на один поверхневий електронний стан отримаємо ємність подвійного електричного шару $\tilde{N}_{\hat{n}\hat{o}} = 0,5 \cdot 10^{-19} \left(\frac{\hat{o}}{\hat{n}\hat{o}\hat{i}} \right)$. Енергія подвійного

електричного шару зарядів на площі кристала, де є один електронний стан, що захоплює вільний електрон, становить $2,25 \cdot 10^{-21}$ (Åæ).

На підставі аналізу процесів, які відбуваються в наноструктурах живого організму [16], доходимо висновку, що носіями інформації є подвійні магнітні та подвійні електричні шари зарядів.

Якщо з поверхні кристала чи біомембрани забрати записаний за допомогою електрона, захопленого електричним станом, біт інформації, то енергія подвійного електричного шару зарядів ($2,25 \cdot 10^{-21}$ Åæ) перетворюється в фотонне випромінювання $h\nu$ [8]. Тобто випромінюється плоска електромагнітна хвиля в інфрачервоному частотному діапазоні:

$$E = E_m \sin\left(2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right); \quad (23)$$

$$H = H_m \sin\left(2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right). \quad (24)$$

Усі параметри цієї хвилі можна обчислити. Частота її становить $0,54 \cdot 10^{12}$ Åö, довжина хвилі $0,9 \cdot 10^{-4}$ і.

Якщо в матеріалі, який розглядають, перехід з поверхневого рівня на незайнятий енергетичний рівень у валентній зоні відбувається за наносекунду, то з урахуванням того, що відношення напруженостей полів

$$\frac{E_m}{H_m} = \sqrt{\frac{\epsilon_a}{\mu_a}}, \quad (25)$$

можемо розрахувати напруженості ($E_m = 2,2 \cdot 10^{-7} \left(\frac{\text{Å}}{\text{і}}\right)$, $H_m = 2,1 \cdot 10^{-5} \left(\frac{\text{Å}}{\text{і}}\right)$).

Аналогічний підхід використовують під час розрахунку фотонного випромінювання, що виникає в разі забирання біта інформації з подвійного магнітного шару зарядів. Відомості про те, що з наноструктур людського організму знята інформація, поширюються у Всесвіті за допомогою фотонного випромінювання.

Для макросистем магнітний момент речовини дорівнює нулю, а наноплівки – це не макросистеми. Під час їхнього дослідження доводиться враховувати властивості мікрочастинок. А мікросвіт – несиметричний [4, 6, 17]. У верхньому шарі наноплівки є некомпенсований магнітний момент, поверхневі магнітні рівні і захоплені на ці рівні кванти магнетизму – магнітні монополі.

Завдяки можливостям урахування магнітних подвійних шарів зарядів, що оповивають наноструктури, вдається збагнути електромагнітну природу багатьох явищ, властивих людському організму. Це нововведення дає змогу зовсім повному розглядати роботу інформаційних систем живого організму. А в сучасній біологічній науці закодовану в ДНК інформацію пояснюють набором послідовностей з чотирьох нуклеотидів – аденіну, тиміну, гуаніну і цитозину [5, 22]. Про електричні й магнітні можливості зберігання інформації в найновіших

[7] підручниках і монографіях з генетики навіть не згадано. Але в магнітних і електричних подвійних шарах зарядів можуть накопичуватись терабайти інформації. Подвійні шари зарядів як інформаційні середовища наявні на всіх наноструктурах живого організму. Нанодвигуни та наногенератори окремої клітини оповиті подвійними електричними й магнітними шарами, на яких записані програми, відповідно до яких нанопристрої виконують технічні функції (виробляють електроенергію, засвоюють і переробляють харчі тощо).

Медицина і біологія сьогодні є емпіричними науками. Для того, щоб вони стали й теоретичними, потрібне належне врахування електроенергетичних і електроінформаційних властивостей наноструктур живого організму, належний опис полів наносистем організму.

Механізми перетворення здорових клітин у ракові мають електричну компоненту. Якщо органічні молекули верхнього ліпідного шару клітини повертаються мінусом назовні, то клітина перетворюється в ракову. Щоб цього не сталося, потрібна достатня кількість негативно заряджених п'ятиангстремного розміру гормонів, які відіграватимуть роль зміцнювача мембран, приблизно ту ж роль, яку відіграє цемент у бетонній конструкції. Щільно упаковані молекули біоаномембран, крім того, забезпечують міцну імунну систему.

Подвійні шари зарядів заліковують рани наноструктур, зумовлені розривами атомних зв'язків. Науку, яка вивчає ці особливості наносвіту, треба назвати електродинамікою перервних середовищ, електродинамікою наносередовищ або електродинамікою середовищ з розривами атомних зв'язків.

Електродинаміка наносередовищ досліджує системи, які є проміжними між квантовими системами, де працюють закони квантової механіки і де досліджують окремі атоми і молекули, і макросистемами, у яких колективна поведінка сукупності атомів визначає властивості матеріалів. Тому для опису процесів перенесення електричного і магнітного зарядів у наноструктурі потрібно залучити лоренцові сили.

Тоді вектори \bar{E} і \bar{B} треба записати у формі

$$\bar{E} = -\nabla\phi - \frac{\partial\bar{B}}{\partial t} + [\bar{V}_m \bar{B}]; \quad (26)$$

$$\bar{B} = [\nabla\bar{A}] - \frac{1}{c^2} [\bar{V}_e \bar{E}], \quad (27)$$

де \bar{V}_m та \bar{V}_e – швидкості магнітних та електричних носіїв заряду.

Друге рівняння електродинаміки набуває вигляду

$$[\nabla\bar{E}] = -\bar{\delta}_m - \frac{\partial\bar{B}}{\partial t} = -[\nabla(\nabla\phi)] - \frac{\partial}{\partial t} [\nabla\bar{A}] + [\nabla[\bar{V}_m \bar{B}]]. \quad (28)$$

Згідно з формулами векторного аналізу

$$\bar{X}[\bar{Y}\bar{Z}] = \bar{Z}[\bar{X}\bar{Y}] = -\bar{Y}[\bar{X}\bar{Z}]; \quad (29)$$

$$[\nabla(\nabla\phi)] = 0, \quad (30)$$

і з урахуванням формули (29), отримаємо

$$\bar{\delta}_m = \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} [\bar{V}_e \bar{E}] - [\bar{V}_m [\nabla \bar{B}]]. \quad (31)$$

Тобто густина магнітного струму визначена векторами \bar{E} та \bar{B} і швидкостями руху магнітних та електричних носіїв заряду.

Отже, наноструктури живої і неживої природи оповиті подвійними шарами електричних і магнітних зарядів. Завдяки врахуванню цих шарів рівняння електродинаміки вдалось пристосовувати до розрахунку усереднених полів плівок.

У наноструктурах людського організму ці подвійні шари зарядів, мабуть, виконують функції носіїв інформації. Введені подвійні шари зарядів сприяють врахуванню квантових ефектів в електродинаміці тонкопліткових середовищ. Успішна розбудова електродинаміки наносередовищ відбувається за умов урахування явищ поверхневого фазового переходу другого роду [18], що приводять до впорядкування спінів на поверхні, до утворення на поверхні некомпенсованого магнітного моменту і, відповідно, поверхневого шару магнітних зарядів.

-
1. *Атья М., Хитчин Н.* Геометрия и динамика магнитных монополей. М.: Мир, 1991. 148 с.
 2. *Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б.* Квантовая электродинамика. М.: Наука, 1981. 432 с.
 3. *Булатов Н.К., Лундин А.Б.* Термодинамика необратимых физико-химических процессов. М.: Химия, 1984. 334 с.
 4. *Вакарчук І.О.* Квантова механіка. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2004. 783 с.
 5. Довідник з біології / За ред. К.П. Ситника. К.: Наук. думка, 2003. 794 с.
 6. Енциклопедія. Фізика твердого тіла. К.: Наук. думка, 1996. Т. 1. 650 с.
 7. *Жегунов Г.Ф., Жегунова Г.П.* Цитогенетические основы жизни. Харьков: Золотые страницы, 2004. 671 с.
 8. *Клапченко В.І.* Фотонна теорія матерії. К., 2000. 102 с.
 9. *Лидер Э.* Введение в калибровочные теории и “новая физика”. К.: Наук. думка, 1990. 453 с.
 10. *Мулярчик С.Г.* Численное моделирование микроэлектронных структур. Минск: Университетское, 1989. 367 с.
 11. *Николаев Н.М., Фименюк Н.А.* Интегральные микросхемы и основы их проектирования. М.: Радио и связь, 1992. 421 с.
 12. *Пеленський Р.А.* Математичне моделювання процесів струмоперенесення та хвилеутворення // Вісн. НУ “Львів. політехніка”. Елементи теорії та прилади твердотілої електроніки. 2005. № 542. С. 71–75.
 13. *Пеленський Р.А.* К учёту контактных явлений в уравнениях электродинамики // Журн. техн. физики. 1979. Т. 49. №4. С. 889–890.

14. *Пеленский Р.А.* О контактных электрических слоях // *Электричество*. 1982. № 6. С. 65–67.
15. *Пеленський Р.* Спінтронні процеси в тонкоплівкових приладах // *Теор. електротехніка*. 2005. Вип. 58. С. 154–160.
16. *Тикадзуми С.* Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества. М.: Мир. 1983. 642 с.
17. *Федоткин И.М., Бурляй И.Ю., Бельцов Р.И., Бурляй Ю.И.* На пути к познанию непрявленного мира. К.: Техніка, 2005. 353 с.
18. *Юхновский И.Р.* Фазовые переходы второго рода. Метод коллективных переменных. К.: Наук. думка, 1985. 224 с.
19. *Юхновський І.Р.* Основи квантової механіки. К.: Либідь, 2002. 390 с.
20. *Ярив А.* Квантовая электроника и нелинейная оптика. М.: Сов. радио, 1973. 449 с.
21. *Pelenskyj R.* Contradirectional Fields // *Materials of the XIII International Symposium of Theoretical Electrical Engineering “ISTET 2005”*. July 4-7, 2005. Lviv, Ukraine. p. 71–72.
22. *Weaver R.F., Hedrick P.W.* Genetics. Dubuque a. o.: WBC, 1997. XVII. 638 с.

**ELECTRODYNAMIC MEDIA
WITH BREACH OF ATOMIC COMMUNICATION**

R. Pelenskyj

*Lviv Politechnic National University
12, Bandery Str., 79013 Lviv, Ukraine*

An important task to study processes alive and nonalive nanostructures as well as the method of calculation of nanodevices is solved. The scientific progress in this field is possible due to combining of the quantum phenomena theory with electrostatics. To take into account the effects caused by the atomic connection breaking, the double layers of electric and magnetic charges are introduced. Besides it they have a function of information carriers in the alive organisms.

Key words: double layers of electric and magnetic charges, information carriers in the alive organisms.

Стаття надійшла до редколегії 30.10.2006

Прийнята до друку 10.03.2007