
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Физика-математикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Физико-математическая серия
Издается с 1997 года

№ 1 (2018)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Физико-математическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВОо постановке на учет средства массовой информации
№ 14213-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан**Тематическая направленность**публикация материалов в области физики, математики,
механики и информатики**Бас редакторы – главный редактор**

Тлеукенов С. К.

доктор ф.-м.н., профессор

Заместитель главного редактора

Испулов Н. А., *к.ф.-м.н., доцент*

Ответственный секретарь

Куанышева Р. С.

Редакция алқасы – Редакционная коллегияОтелбаев М. О., *д.ф.-м.н., профессор, академик НАН РК*Уалиев Г. У., *д.ф.-м.н., профессор, академик НАН РК*Рахмон А. Х., *PhD (Пакистан)*Ткаченко И. М., *д.ф.-м.н., профессор (Испания)*Демкин В. П., *д.ф.-м.н., профессор (Россия)*Бактыбаев К. Б., *д.ф.-м.н., профессор*Кумеков С. Е., *д.ф.-м.н., профессор*Куралбаев З., *д.ф.-м.н., профессор*Оспанов К. Н., *д.ф.-м.н., профессор*Шокубаева З. Ж., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

МАЗМҰНЫ**ИНФОРМАТИКА****Абдыкеримова Э. А.**

Web-қосымшаны құруда заманауи технологияның мүмкіншіліктері6

Шалтабаев А. А., Тілеубек С.

ЭЕМ-нің микропроцессорларының жұмыс істеу жүйесіне мінездеме 16

МАТЕМАТИКА**Дроботун Б. Н., Хасенов А. К.**

Пропозиционалды есептеулердің локальды және топологиялық қасиеттері I25

Дроботун Б. Н., Хасенов А. К.

Пропозиционалды есептеулердің локальды және топологиялық қасиеттері II34

Мұхтаров М., Кажмурат А. Д.

Тиімді басқаруда вариациялық әдістерді қолдану туралы42

ФИЗИКА**Денисов В. И.**

Эффективті кеңістік-вакуумның сызықты емес электродинамикадағы уақыты53

Жүзбаев С. С., Сабитова Д. С.

Біртекті ортада серпімді толқындардың таралуын компьютерлік моделдеу68

Жукенов М., Досанов Т., Испулов Н., Абдул КадырО существовании поверхностных волн на границе раздела антиферромагнетик Cr_2O_3 82**Тәттібеков Қ. С., Дүйсембиев Е. Е.**

Бір квазисызықты магнетиктер теңдеулерінің жүйесін сандық модельдеу91

БАҒЫТТАР БОЙЫНША ҒЫЛЫМИ-МЕТОДОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР**Айтбаева К. Ж., Асаинова А. Ж.**

«Ақылды» үй жүйесін ұйымдастыруда қосымша құралдарды қолдану99

Жекибаева Б. А., Сагадиева К. К., Бодаубекова Н.

Жаңа ақпараттық технологияның дамуы тарихынан105

Авторларға арналған ережелер.....114

СОДЕРЖАНИЕ**ИНФОРМАТИКА**

- Абдыкеримова Э. А.**
Возможности современных технологий в создании Web-приложений6
- Шалтабаев А. А., Тілеубек С.**
Характеристика работы систем микропроцессоров ЭВМ16

МАТЕМАТИКА

- Дроботун Б. Н., Хасенов А. К.**
Локальные и топологические свойства
пропозициональных исчислений I25
- Дроботун Б. Н., Хасенов А. К.**
Локальные и топологические свойства
пропозициональных исчислений II34
- Мухтаров М., Кажмурат А. Д.**
О применении вариационных методов в оптимальном управлении42

ФИЗИКА

- Денисов В. И.**
Эффективное пространство-время
в нелинейной электродинамике вакуума53
- Жузбаев С. С., Сабитова Д. С.**
Компьютерное моделирование распространения
упругих волн в однородной среде68
- Жукенов М., Досанов Т., Испулов Н., Абдул Кадыр**
О существовании поверхностных волн на границе раздела
антиферромагнетик Cr_2O_3 82
- Таттибеков К. С., Дүйсембиев Е. Е.**
Численное моделирование одной квазилинейной
системы уравнений магнетиков91

НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОТРАСЛЯМ

- Айтбаева К. Ж., Асаинова А. Ж.**
Использование дополнительных приборов
при создании системы «Умный» дом99
- Жекибаева Б. А., Сагадиева К. К., Бодаубекова Н.**
Из истории развития новых информационных технологий105
- Правила для авторов.....101

CONTENT**INFORMATICS**

- Abdykerimova E. A.**
The possibilities of modern technologies in creating Web applications6
- Shaltabayev A., Tyleubek S.**
Characteristics of the operation of microprocessor
systems of electronic computers16

MATHEMATICS

- Drobotun B. N., Khassenov A. K.**
Local and topological properties of propositional calculations I25
- Drobotun B. N., Khassenov A. K.**
Local and topological properties of propositional calculations II34
- Muhtarov M., Kazhmuratov A. D.**
On applying the variation methods in optimum control42

PHYSICS

- Denisov V. I.**
Efficient space-time in the non-linear electrodynamics of the vacuum53
- Zhubayev S. S., Sabitova D. S.**
Computer simulation of propagation of elastic waves
in a homogeneous medium68
- Zhukenov M., Dossanov T., Ispulov N., Abdul Qadir**
About the existence of surface waves on interface antiferromagnet Cr_2O_3 82
- Tattibekov K. S., Duisembiev E. E.**
Numerical simulation of a system of quasi-linear equations of magnets91

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BRANCH RESEARCHES

- Aitbayeva K. Zh., Asainova A. Zh.**
Using additional devices when creating a Smart house system99
- Zhekibaeva B. A., Sagagieva K. K., Bodaybekova N.**
From history of new information technologies' development105
- Rules for authors.....101

**M. Zhukenov¹, T. Dossanov¹,
N. Ispulov¹, A. Qadir²**

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²Department of Electrical Engineering, Sukkur Institute of Business Administration, Sindh, Pakistan

e-mail: ¹marat_k_zhukenov@mail.ru; ²dosts81@mail.ru

ABOUT THE EXISTENCE OF SURFACE WAVES ON INTERFACE ANTIFERROMAGNET Cr_2O_3

Modern progress in science and technology is inextricably linked with the development of our knowledge in the field of composite materials. The range of applications of composite materials is extremely wide - from space vehicles to household appliances. An important place among the known composite materials is occupied by materials whose unique properties are due to the existence of a magnetoelectric effect. For composite materials, there are wide possibilities for varying their physical properties, and thus optimizing the characteristics of devices based on them. Surface waves of different nature are important for development of different facilities and devices. In present study conditions for the existence of surface waves propagating along the plane boundary of antiferromagnetic Cr_2O_3 are obtained using analytical matrix method. It is found that antiferromagnetic magnetoelectric effect takes place, i.e. electric field creates the magnetization and magnetic field creates the electric polarization. Further investigation of the magnetoelectric effect is subject of interest because of its manifestation in graphene sheets.

Keywords: composite materials, magnetoelectric effect, surface waves, antiferromagnetic, matrix method, electric polarization.

INTRODUCTION

The effect of magnetoelectricity in solid matter was predicted by L. D. Landau and E. M. Lifshitz in 1957 [1]. For phenomenologic matter placed in the uniform magnetic and electric field, the change of free energy volume density can be expressed as following:

$$dF = -P_i dE_i - \mu_0 M_i dH_i$$

where P_i – components of an electric polarization vector, M_i – компоненты вектора намагниченности, E_j and H_j – components of the electric and magnetic field. It is possible to get expressions for polarization and magnetization of a matter:

$$P_i = - \left(\frac{\partial F}{\partial E_i} \right)_{H,T}$$

$$\mu_0 M_i = - \left(\frac{\partial F}{\partial H_i} \right)_{E,T}$$

where T – temperature.

Assuming that electric χ^E and magnetic χ^M susceptibility do not depend on E and H , and taking into account magnetoelectric effect we can obtain

$$F = -\frac{1}{2} \chi_{ij}^E E_i E_j - \alpha_{ij} E_i H_j - \frac{1}{2} \chi_{ij}^M H_i H_j$$

From this we can get relationships for matter

$$P_i = \chi_j^E E_j + \alpha_j H_j$$

$$M_i = \chi_j^M H_j + \alpha_j \mu_0 E_j$$

Magnetoelectric susceptibility tensor is, in general, the second rank tensor. I. E. Dzyaloshinskiy theoretically showed that among matters with known magnetic structure there is at least one crystal, namely chrome oxide, where magnetoelectric effect should take place [2]. In 1960, D. N. Astrov experimentally found out magnetoelectric effect in chrome oxide and measured longitudinal and transverse magnetoelectric susceptibility. Astrov's measuring apparatus registered magnetic moment created in a sample under applied electric field. Measurements were conducted at 10 kHz frequency.

Study of magnetoelectric effect in band structures like ferrit-piezoelectric was done by M. I. Bitchurin and V. M. Petrov [4]. Detailed study of resonant magnetoelectric effects in paramagnetic and magnetic-ordered medium was done by M. I. Bitchurin [5], microscopical theory of magnetoelectric effect within magnetic resonance region in magnetic-ordered crystals with 3-d ions presented in [6, 7]. In 2005, Fiebig review was published, there was given analysis of main papers on composite magnetoelectric materials.

The team of Chinese scientists predicted magnetoelectric effect in double layer graphene [9]. Authors examined properties of the graphene ribbon that has zig-zag configuration for which there were predictions of two magnetic subarrays existence [10] that gave magnetic moments of opposite signs on two edges of

the ribbon. Also there were reports about hidden ferrielectric properties of such ribbon [11]. Therefore, it was reasonable to suggest that under applied electric field there was proportional to it magnetic moment in the ribbon that is there was linear magnetoelectric effect.

1. Under absence of volume charge density, current density vectors and harmonic dependence of the wave fields solutions on time Maxwell's equations take following form:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -i\omega \vec{B}; \quad \operatorname{rot} \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = i\omega \vec{D}; \\ \operatorname{div} \vec{B} &= 0; \quad \operatorname{div} \vec{D} = 0; \end{aligned} \quad (1)$$

Dependence of \vec{D} and \vec{B} on \vec{E} and \vec{H} under presence of magnetoelectric effect has the following form:

$$\begin{cases} D_i = \varepsilon_0 \varepsilon_{ij} E_j - \alpha_{ij} H_j \\ B_i = \mu_0 \mu_{ij} H_j - \alpha_{ij} E_j \end{cases} \quad (2)$$

ε_0, μ_0 – absolute dielectric permeability of vacuum; $\varepsilon_{ij}, \mu_{ij}$ – components of relative dielectric and magnetic permeability of medium. α_{ij} – components of the tensor that describes influence of magnetoelectric effect.

Based on the solution written below

$$\vec{F} = \vec{F} \exp(i\omega t - imx - iny) \quad (3)$$

Set of equations (1), (2) can be brought to a set of ordinary differential equations of the first order:

$$\frac{d\vec{u}}{dz} = B\vec{u}; \quad \vec{u} = (E_y, H_x, H_y, E_x)^t \quad (4)$$

Symbol «t» means transpose of the row vector to column vector.

In general, matrix of B coefficients has the following structure:

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{11} & b_{23} & b_{24} \\ -b_{24} & -b_{14} & -b_{11} & b_{34} \\ -b_{23} & -b_{13} & b_{43} & -b_{11} \end{pmatrix} \quad (5)$$

For the antiferromagnetic Cr_2O_3 that is being considered in this article tensor $\hat{\alpha}$ has the following form:

$$\hat{\alpha} = \begin{pmatrix} \alpha_{\parallel} & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_{\parallel} & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_{\perp} \end{pmatrix} \quad (6)$$

When analysing wave propagation along coordinate planes (xz, yz) matrix of B coefficients takes the following structure:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & 0 & b_{14} \\ b_{21} & 0 & b_{23} & 0 \\ 0 & -b_{14} & 0 & b_{34} \\ -b_{23} & 0 & b_{43} & 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

a) if (n=0) xz plane, then b_{ii} elements take the form:

$$b_{12} = i\omega\mu_0\mu_1; \quad b_{14} = -i\omega\alpha_{\perp}; \quad b_{21} = i\varepsilon_0 \left(\frac{m^2}{\beta} \varepsilon_2 + \omega\varepsilon_1 \right); \quad (8)$$

$$b_{23} = -i \left(\frac{m^2}{\beta} \alpha_{\parallel} + \omega\alpha_{\perp} \right); \quad b_{34} = -i\omega\varepsilon_0\varepsilon_1; \quad b_{41} = -i\mu_0 \left(\frac{m^2}{\beta} \mu_2 + \omega\mu_1 \right);$$

b) (m=0) yz plane:

$$b_{12} = -i\mu_0 \left(\frac{n^2}{\beta} \mu_2 + \omega\mu_1 \right); \quad b_{14} = -i \left(\frac{n^2}{\beta} \alpha_{\parallel} + \omega\alpha_{\perp} \right); \quad b_{21} = i\omega\varepsilon_0\varepsilon_1; \quad (9)$$

$$b_{23} = -i\omega\alpha_{\perp}; \quad b_{34} = -i\varepsilon_0 \left(\frac{n^2}{\beta} \varepsilon_2 + \omega\varepsilon_1 \right); \quad b_{42} = -i\omega\mu_0\mu_1;$$

here $\beta = \omega(\alpha_{\parallel}^2 - \varepsilon_0\varepsilon_2\mu_0\mu_2)$.

2 Within the framework of matricant method in 90's of the past century analytical solution of the set of equations (4) was built for wide range of anisotropic medium:

$$T = \frac{\hat{P} - \tilde{p}_2 E}{\tilde{p}_1 - \tilde{p}_2} (E \cos kz + \frac{B}{k} \sin kz) - \frac{\hat{P} - \tilde{p}_2 E}{\tilde{p}_1 - \tilde{p}_2} (\hat{E} \cos \chi z + \frac{\hat{B}}{\kappa} \sin \chi z) \quad (10)$$

Here

$$\hat{P} = \hat{E} + \frac{B^2 h^2}{2} \quad (11)$$

\tilde{p}_1, \tilde{p}_2 – roots of characteristic equation that follows from the condition:

$$\det(\hat{P} - E \cos \tilde{k}h) = 0 \quad (12)$$

k, χ – z components of the wave vector:

$$k^2 = \frac{1}{2h^2}(\tilde{p}_1 - 1); \quad \chi^2 = \frac{1}{2h^2}(\tilde{p}_2 - 1); \quad (13)$$

Exact solution was achieved from averaging periodic nonhomogeneous medium. h – period of nonhomogeneity. In (10) this parameter gets canceled like in (13).

3. Based on (10) the problem of wave refraction and reflection for anisotropic medium was represented and solved analytically.

Thereat, following representation was used:

$$\cos kz = \frac{e^{ikz} + e^{-ikz}}{2}; \quad \sin kz = \frac{e^{ikz} - e^{-ikz}}{2}; \quad (14)$$

Combining $e^{i\omega t - ikz}$ and $e^{i\omega t + ikz}$ from (10) we get:

$$T_{ycp} \Big|_{z=0} = \frac{1}{2} \left(E \mp \frac{B - k\chi B^{-1}}{i(k + \chi)} \right) e^{i\omega t \pm imx} \quad (15)$$

Omitting $e^{i\omega t \pm imx}$, (15) can be written:

$$T_0 = \frac{1}{2}(E \mp R); \quad R = \frac{1}{2i} \frac{B - k\chi B^{-1}}{(k + \chi)} \quad (16)$$

B matrix has the structure as in (7) with elements b_{ij} (8),(9). Inverse matrix B^{-1} :

$$B^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{b_{43}}{\Delta_2^2} & 0 & -\frac{b_{23}}{\Delta_2^2} \\ \frac{b_{34}}{\Delta_1^2} & 0 & -\frac{b_{34}}{\Delta_1^2} & 0 \\ 0 & \frac{b_{23}}{\Delta_2^2} & 0 & \frac{b_{21}}{\Delta_2^2} \\ \frac{b_{14}}{\Delta_1^2} & 0 & \frac{b_{12}}{\Delta_1^2} & 0 \end{pmatrix} \quad (17)$$

$$\Delta_1^2 = b_{12}b_{34} + b_{14}^2; \quad \Delta_2^2 = b_{21}b_{43} + b_{23}^2; \quad k\chi = \Delta_1\Delta_2$$

4. Conditions for the existence of surface electromagnetic wave can be obtained based on matrix R .

Metallized surface of the half-space is considered. At the surface we should take $\vec{E}_\tau = 0$, \vec{E}_τ – parallel component of \vec{E} to the surface.

General form of the condition:

$$R\vec{u} = 0; \vec{u} = (0, H_x, H_y, 0)^t \quad (18)$$

Then

$$\begin{pmatrix} 0 & r_{12} & 0 & r_{14} \\ r_{21} & 0 & r_{23} & 0 \\ 0 & -r_{14} & 0 & r_{34} \\ -r_{23} & 0 & r_{43} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ H_x \\ H_y \\ 0 \end{pmatrix} = 0 \quad (19)$$

From which:

$$r_{12}H_x = 0; r_{43}H_y = 0 \quad (20)$$

or

$$r_{12} = 0; r_{43} = 0 \quad (21)$$

From (7), (17) and (11) we get:

$$r_{12} = \frac{1}{2i(k + \chi)} \left(b_{12} - \frac{k\chi}{\Delta_2^2} b_{43} \right); r_{43} = \frac{1}{2i(k + \chi)} \left(b_{43} - \frac{k\chi}{\Delta_1^2} b_{12} \right) \quad (22)$$

As it follows from (22) both conditions in (21) are equivalent:

$$b_{12} - \frac{k\chi}{\Delta_2^2} b_{43} = b_{12} - \frac{\Delta_1\Delta_2}{\Delta_2^2} b_{43} = b_{12} - \frac{\Delta_1}{\Delta_2} b_{43} = 0 \quad (23)$$

$$b_{43} - \frac{k\chi}{\Delta_1^2} b_{12} = b_{43} - \frac{\Delta_1\Delta_2}{\Delta_1^2} b_{12} = b_{43} - \frac{\Delta_2}{\Delta_1} b_{12} = 0$$

Inserting values in (23) leads to the equation

$$1 - \frac{m^2}{\omega^2 \beta_1 \varepsilon_2 \mu_1 \varepsilon_0 \mu_0} + \frac{\Delta_2}{\Delta_1} = 0$$

$$\Delta_1^2 = \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon_1 \mu_1 - \omega^2 \alpha_\perp^2$$

$$\Delta_2^2 = \frac{m^4}{\omega^2 \beta_1^2 \varepsilon_2 \mu_2 \varepsilon_0 \mu_0} \left[\left(1 - \frac{\omega^2 \beta_1 \varepsilon_1 \mu_2 \varepsilon_0 \mu_0}{m^2} \right) \left(1 - \frac{\omega^2 \beta_1 \varepsilon_2 \mu_1 \varepsilon_0 \mu_0}{m^2} \right) \right]$$

$$-\frac{\alpha_I^2}{\varepsilon_2\mu_2\varepsilon_0\mu_0}\left(1-\frac{\omega^2\beta_1\varepsilon_2\mu_2\varepsilon_0\mu_0\alpha_{\perp}}{m^2\alpha_I}\right)^2\left[1-\frac{c^2}{V^2\beta_1\varepsilon_2\mu_1}\right]^2 = \frac{\Delta_2^2}{\Delta_1^2} = \frac{c^4}{V^4\beta_1^2\varepsilon_2\mu_2(\varepsilon_1\mu_1-\alpha_{\perp}^2c^2)}\left[\left(1-\frac{V^2\beta_1\varepsilon_1\mu_2}{c^2}\right)\left(1-\frac{V^2\varepsilon_2\mu_1}{c^2}\right)-\frac{\alpha_{II}^2c^2}{\varepsilon_2\mu_2}\left(1-\frac{V^2\beta_1\varepsilon_2\mu_2\alpha_{\perp}}{c^2\alpha_{II}}\right)^2\right]$$

CONCLUSION

In this work, some review of literature has been done about studying magnetolectric effect.

Maxwell's system of equations and constitutive equations describing propagation of electromagnetic waves in an anisotropic magnetolectric medium are equated to equivalent system of differential equations of first order. This gives us opportunity to analyze magnetolectric effect on electromagnetic wave propagation along axes planes and in bulk case.

Within the framework of the matricant method the problem of electromagnetic waves reflection and refraction on the border of isotropic and anisotropic medium with magnetolectric effect was formulated and solved.

Conditions for surface electromagnetic waves existence on the plane border of antiferromagnetic material Cr₂O₃.

REFERENCES

1 **Landau, L. D., Lifshitz, E. M.** Statistical physics. – M. : Science, 1976. – P. 564.
 2 **Dzyaloshinskii, I. B.** To a question of magnetolectric effect in anti-ferromagnetics // ZhETF. – 37. – 1959. – P. 881–882.
 3 **Astrov, D. N.** Magnetolectric effect in a chrome oxide // ZhETF. – 40. 1961. – P. 1035–1041.
 4 **Bichurin, M. I., Petrov, V. M.** Magnetic resonance in layered ferrite - ferroelectric structures // ZhTF. – 11.58. – 1988 – P. 2277–2278.
 5 **Bichurin, M. I.** Resonant magnetolectric effects in the paramagnetic and magnetoarranged environments at ultrahigh frequencies, doctoral dissertation. Novgorod polytechnical instit. – 1988. – 288 P.
 6 **Nikiforov, I. S.** Resonant magnetolectric effect in oxide of chrome and borate of iron : master's thesis. – Novgorod state university, 2004. – 166 P.

7 **Fillipov, D. A.** Magnetolectric effect in the magnetoarranged crystals with 3d-ions and ferrite, piezoelectric composites in the field of magnetic and electromechanical resonances: doctoral dissertation. – 2004. –196 P.
 8 **Fiebig, M.** Revival of the magnetolectric effect // J. Phys. D: Appl. Phys. 38. – 2005. – P. R1–R30.
 9 **Zhang, Zh.** et al., Phys. Rev. Lett. 103, 187204. – 2009.
 10 **Okada, S., Oshiyama, A.** Phys. Rev. Lett. 87. 146803. – 2001.
 11 **Fernández-Rossier, J.** Phys. Rev. B 77, 075430. – 2008.
 12 **Tleukenov, S. K., Zhakiyev, N. K., Yeltinova, L. A.** Propagation of coupled waves of different nature in anisotropic continuous media: universal method for theoretical description // General Meeting of Asian Consortium on Computational Materials Science. – Tohoku University, Sendai, Japan, 2012.
 13 **Andrew M. Essin, Ari M. Turner, Joel E. Moore, and David Vanderbilt.** Orbital magnetolectric coupling in band insulators // Physical Review B. – V. 81, 20. – 2010 – P. 13.
 14 Reflection of thermoelastic wave on the interface of isotropic half-space and tetragonal syngony anisotropic medium of classes 4, $\bar{4}$, 4/m with thermomechanical effect / Nurlybek A. Ispulov, Abdul Qadir, M.A. Shah & others / Chin. Phys. B. – Vol. 25. – № 3. – 2016.

Material received on 10.01.18.

М. Жукенов¹, Т. Доссанов¹, Н. Ипулов¹, Абдул Кадыр²

Антиферромагнетик Cr₂O₃ шекара бөлімінде жер үстінгі толқындардың болуы туралы

¹С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;
²Электротехника кафедрасы, Суккур, Искерлік әкімшілік институты, Синд, Пәкістан. Материал баспаға 10.01.18 түсті.

М. Жукенов¹, Т. Доссанов¹, Н. Ипулов¹, Абдул Кадыр²

О существовании поверхностных волн на границе раздела антиферромагнетик Cr₂O₃

¹Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;
²Кафедра электротехники, Институт делового администрирования Суккур, Синд, Пакистан. Материал поступил в редакцию 10.01.18.

Композициялық материалдар саласында біздің біліміміздің дамуына ғылым мен техникадағы қазіргі прогрессты ғыз байланысты болды. Композициялық материалдардың пайдалану спектрі өте кең гарыш аппараттарынан тұрмыстық аспаптарға дейін. Белгілі композициялық материалдар арасында магнитоэлектрлік әсері болғанымен бірегей қасиеттерін түсіндіретін материалдар маңызды орын алады. Композициялық материалдар үшін олардың физикалық қасиеттерін реттеудің кең мүмкіндіктер ашылады, яғни олардың негізінде құрылыстардың сипаттамаларын оңтайландыру. Әр түрлі табиғатты әсер үстіндегі толқындар түрлі құралдар мен құрылыстар жасау үшін маңызды. Осы жұмыста жер үсті толқындар тарайтын бойымен жазық шекарасы антиферромагнетика Cr_2O_3 болу шарттары, талдау матрицант әдісін пайдалана отырып алынады. Антиферромагнитті магнитоэлектрлік әсері болатыны табылған, яғни электр өрісі магниттелуді жасайды, ал магнит өрісі электр поляризацияны жасайтыны табылған. Магнитоэлектрлік әсерін одан әрі зерттеу нәтижесінің графеналарда көрінісі қызығушылық тудырады.

Современный прогресс в науке и технике неразрывно связан с развитием наших знаний в области композиционных материалов. Спектр применений композиционных материалов чрезвычайно широк – от космических аппаратов до бытовых приборов. Важное место среди известных композиционных материалов занимают материалы, уникальные свойства которых обусловлены существованием магнитоэлектрического эффекта. Для композиционных материалов открываются широкие возможности варьирования их физических свойств, а значит и оптимизации характеристик устройств на их основе. Поверхностные волны различной природы важны для создания различных средств и устройств. В настоящей работе получены условия существования поверхностных волн, распространяющихся вдоль плоской границы антиферромагнетика Cr_2O_3 , с использованием аналитического метода матрицанта. Обнаружено, что происходит антиферромагнитный магнитоэлектрический эффект, т.е. электрическое поле создает намагниченность, а магнитное поле создает электрическую поляризацию. Дальнейшее исследование магнитоэлектрического эффекта представляет интерес в результате его проявления в графенах.

ГРНТИ 27.35.29

К. С. Таттибеков¹, Е. Е. Дуйсембиев²

¹к.ф.-м.н., доцент, Физико-математический факультет, Таразский государственный педагогический университет, г. Тараз, 080000, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Физико-математический факультет, Таразский государственный педагогический университет, г. Тараз, 080000, Республика Казахстан

e-mail: ¹konsbek@mail.ru; ²duisembiev_di@mail.ru

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОЙ
КВАЗИЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ МАГНЕТИКОВ**

При температурах отличных от нуля, атомы ферромагнетика не являются неподвижными, а совершают малые колебания около положений равновесия – узлов кристаллической решетки. Из-за этого меняется энергия обменного взаимодействия и возникают взаимодействия между спиновыми волнами и колебаниями решетки (фононами). Поэтому актуален вопрос о математическом исследовании моделей соответствующих ферромагнетикам с деформируемой решеткой. В статье проведена численная реализация задачи Коши для системы нелинейных эволюционных уравнений, описывающие магнито-фононные взаимодействия в 1Д магнетиках. С помощью Фурье-анализа проводится выбор алгоритма расчета, который является надежным по устойчивости и эффективным по соображениям численной реализации решений. Исследование устойчивости проведено в случае модельных уравнений. На основе разработанной методики проведены численные расчеты и анализ результатов.

Ключевые слова: разностная схема, задача Коши, устойчивость, коммутатор, антикоммутатор.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование нелинейных динамических систем – одна из важнейших задач теоретической и математической физики. Прежде всего это вызвано тем, что нелинейные поведения свойственны большинству реальных процессов и уравнения описывающие их используются в самых различных областях естествознания.

Теруге 13.02.18 ж. жіберілді. Басуға 26.02.2018 ж. қол қойылды.
Пішімі 70x100 $\frac{1}{16}$. Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 6,9. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген М. А. Шрейдер
Корректорлар: А. Р. Омарова, К. Б. Жетписбай
Тапсырыс № 3224

Сдано в набор 13.02.2018 г. Подписано в печать 26.02.2018 г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. Бумага книжно-журнальная.
Усл.печ.л. 6,9. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка М. А. Шрейдер
Корректоры: А. Р. Омарова, К. Б. Жетписбай
Заказ № 3224

«Кереку» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz