

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

3

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2015

МАМЫР
МАЙ
MAY

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы :

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і :

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохоз. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохоз. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

N.A. Aitkhozhina, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

E.P. Velikhov, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.
ISSN 1991-3494

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

**BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 1991-3494

Volume 3, Number 355 (2015), 41 – 46

DIAGRAMS OF LOOP ANTENNA ORIENTATION IN THE UNIAXIAL CRYSTAL

B. K. Kudaibergenova

Eurasian national university named after L. N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan.

E-mail: bakit91_91@mail.ru

Key words: loop antenna, directivity pattern of the loop antenna, oneaxis crystal, electromagnetic field, anisotropic metamaterial.

Abstract. In this paper we develop loop antennas directivity pattern whose axis is perpendicular to the oneaxis of the uniaxial crystal, basing on three fundamental solution. Diagram of areas for further areas is shown.

Media with anisotropic properties are widely used in modern radio electronics, astrophysics, and in plasma physics. Anisotropic materials have found wide application in the microcircuits working on ultrahigh frequencies. Thin films from monocrystals are effectively used as waveguide's systems. At present, artificial anisotropic materials are especially actual for the design of microwave integrated circuits and optical devices. The technology advances are making the production of substrates, dielectric anisotropic films and anisotropic material filling more and more convenient. One of the main problems of creating modern radio systems for various applications and antenna technology is the development of high-performance antennas.

Moreover, influence of the medium anisotropy on the radiation antenna can be conveniently represented by its radiation pattern. In this calculation radiation pattern form loop antenna deforms depending on the distance r and remains unchanged in the far field, where the intensity is not along the axis of the antenna.

БІРӨСЬТІ КРИСТАЛЛДАҒЫ ТҰЗАҚ ТӘРІЗДІ АНТЕННАНЫҢ БАҒЫТТАЛУ ДИАГРАММАЛАРЫ

Б. Қ. Құдайбергенова

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Тірек сөздер: тұзақ тәрізді антенна, тұзақ тәрізді антеннаның бағытталу диаграммалары, бірөсьті кристалл, электромагниттік өріс, анизотропты орта.

Аннотация. Берілген жұмыста тұзақ тәрізді антенна осі бірөсьті кристалл өсіне перпендикуляр болғандағы бағытталу диаграммалары көрсетілген.

Антенна тиімділігін, сонымен қатар анизотропты метаматериалды орта құрамын анықтаудың кең таралған түріне антеннаның бағытталу диаграммасын қарастыру жатады [1].

Антеннаның бағытталу диаграммасы станция антеннасының графикалық сипаттамасын көрсетеді. Ол антеннаның кеңістікке берілген бағытқа электромагниттік немесе дыбыс толқындарын шығару және берілген бағыттағы кеңістіктен оларды қабылдау мүмкіндіктерін анықтайды. Антеннаның бағытталу диаграммасы екі жазықтықта – көлденең және тік координаталарда құрылады. Анизотропты метаматериал туралы көптеген отандас және шет елдік ғалымдар еңбегінен көруге болады [2-10]. Соңғы кездері жекелеген мамандар метаматериалдарды теориялық зерттеуден оның негізінде жасалатын АҮЖ-гі құрылғыларды жасап шығаруға көңіл бөле бастады. Ерекше сипаттамаларға ие метаматериалдар антенна габаритін кішірейтуге, күшейту коэффициентін арттыруға және жұмыс істеу жиілік жолағын кеңейтуге мүмкіншілік береді. 2001 жылы алғаш рет метаматериал ұғымын қолданысқа енгізген Техас штатындағы Остин Университетінің профессоры Роджер Вальсер болған. Бұл терминмен, қасиеттері мен сипаттамалары табиғатта бар кәдімгі материалдардың сипаттамаларынан өзгеше композитті құрылымдарды атаған. Метаматериалдарға деген ғылыми қызығушылықтың артуын, бұл саладағы ғылыми мақалалар санының экспоненциалды түрде көбеюі дәлелдейді [11-18].

Анизотропты метаматериалдағы кристалл осіне (x) перпендикуляр тұзақ тәрізді антенна үшін электр өрісінің кернеулігі:

$$E_x = 1/(j\omega\epsilon_0\epsilon_{xx}) (k_y^2 Z_{xx} + d/dy ddy) \cdot \psi_1 \cdot E_{y0} = 1/(j\omega\epsilon_0\epsilon_{yy}) (k_x^2 Z_{yy} + d/dx ddx) \cdot \psi_2 \cdot E_{x0} = 1/(j\omega\epsilon_0\epsilon_{zz}) (k_x^2 Z_{zz} + d/dx ddx) \cdot \psi_1 +$$

Электромагниттік энергия ағынының шамасы мен бағытын анықтайтын Пойнтинг векторы:

Тұзақ тәрізді антеннаның анизотропты ортадағы бағытталу диаграммасы келесі түрде есептелінеді:

$$F_1(\theta, \varphi) = \Pi(\theta, \varphi) \cdot \sin \theta \cos \varphi$$

$$F_2(\theta, \varphi) = \Pi(\theta, \varphi) \cdot \sin \theta \sin \varphi$$

$$F_3(\theta, \varphi) = \Pi(\theta, \varphi) \cdot \cos \theta$$

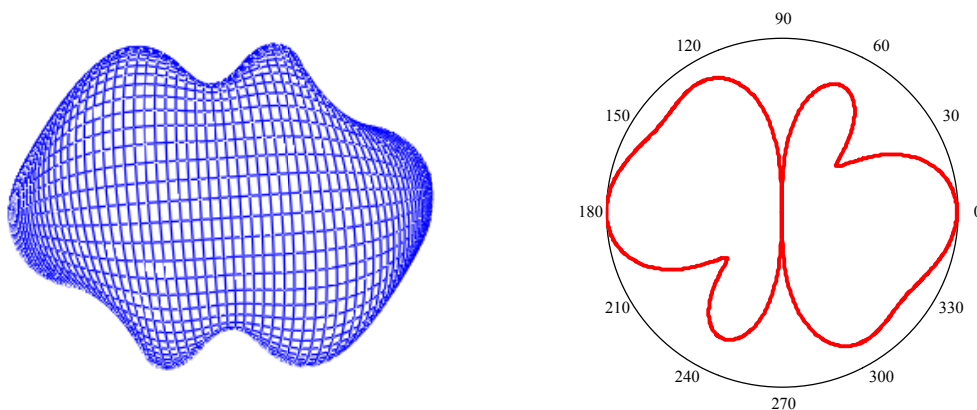
Пойнтинг векторының орташа мәнінің модулі электромагниттік толқын интенсивтілігін көрсетеді, ол келесі өрнек бойынша анықталады:

$$|\Pi| = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{|R_{\Pi}(\theta, \varphi)|}$$

Бағытталу әсерінің көрсеткіші (БӘК) бағытталмаған антенна сәулелену қуатының бағытталған антенна сәулелелену қуатына қатынасы арқылы есептелінетіні белгілі. Бағытталмаған антенна ретінде барлық жаққа біркелкі сәуле тарататын изотропты сәуле таратушыларды [19] қарастыруға болады:

$$D = \frac{P_{\Sigma 0}}{P_{\Sigma \Pi}} \tag{1}$$

мұндағы $P_{\Sigma \Pi}$ - кез келген антенна үшін сәулелену қуаты, $P_{\Sigma 0}$ - бағытталмаған антенна қуаты:



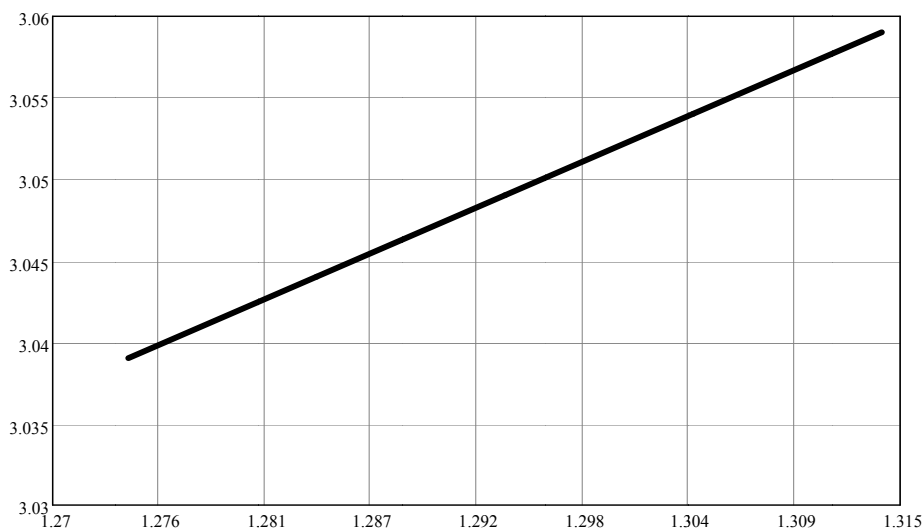
1-сурет – Тұзақ тәрізді антеннаның анизотропты ортадағы бағытталу диаграммасы ($\epsilon=1$, $\varphi=\pi/2$, $r=100,200$)

$$P_{\Sigma \square} = \int_{\Sigma} \frac{E^2}{120\pi} dS, \quad P_{\Sigma \circ} = \int_{\Sigma} \frac{E_0^2}{120\pi} dS \quad (2)$$

Берілген формуланы түрлендіре отырып келесі қатынасты аламыз [20]:

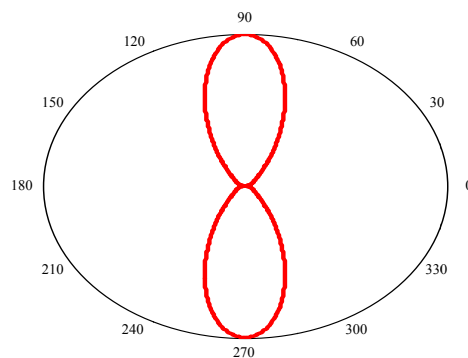
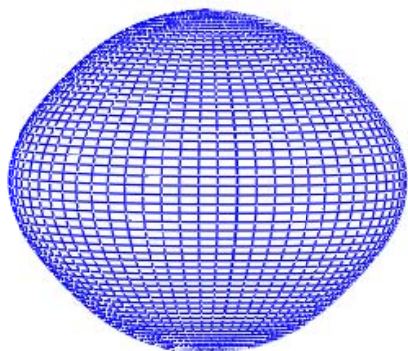
$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} \frac{|\int_{\Sigma} E^2 dS|^2}{\int_{\Sigma} |E|^2 dS} \quad (3)$$

Осы өрнек арқылы тұзақ тәрізді антенна үшін изотропты ортадағы бағытталу әсері көрсеткішінің (БӘК) жиілігіне тәуелділік сұлбасын тұрғызамыз:

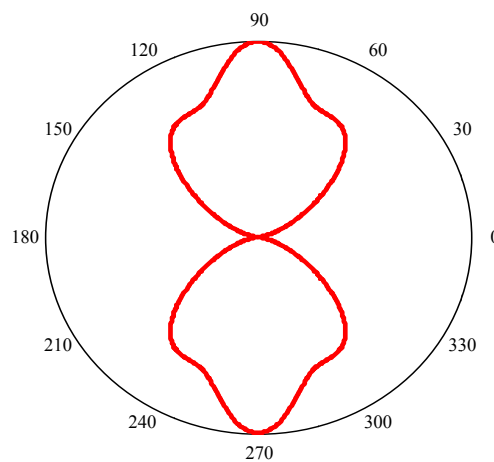
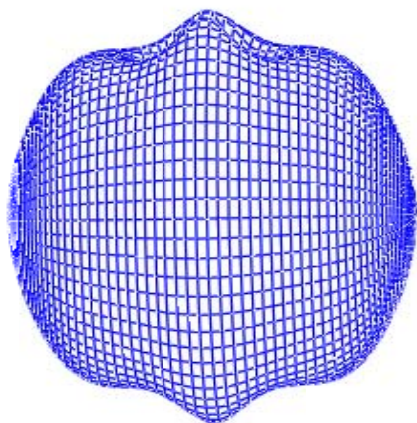


2-сурет – Тұзақ тәрізді антенна үшін анизотропты метаматериалдағы бағытталу әсері көрсеткішінің (БӘК) жиілігіне тәуелділік сұлбасы

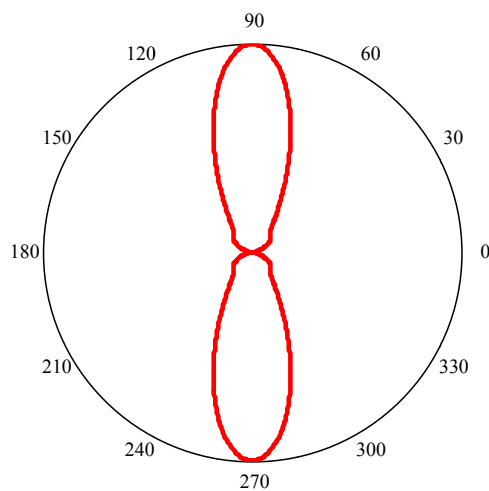
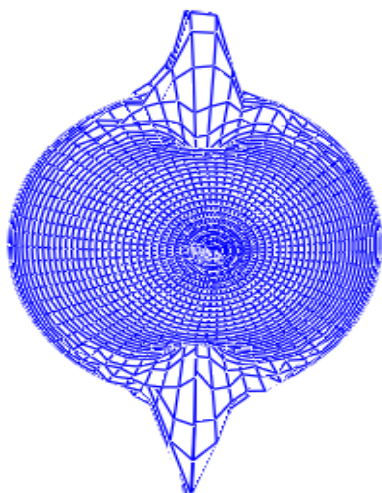
Төменде тұзақ тәрізді антенна үшін жай анизотропты метаматериалдағы және қатты анизотропты метаматериал кезіндегі бағыттау диаграммалары көрсетілген.



3-сурет – Тұзақ тәрізді антеннаның бағытталу диаграммасы ($p = p_{\square}$), $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} = 3$



4-сурет – Тұзақ тәрізді антеннаның бағытталу диаграммасы ($p = p_{\square}$), $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} = 25$



5-сурет – Тұзақ тәрізді антеннаның бағытталу диаграммасы ($p = p_{\square}$), $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} = 50$

Жоғарыда көрсетілген антеннаның бағытталу диаграммаларын салыстыра отырып мынадай қорытындыға келуге болады, анизотроптылық, яғни метаматериалдық деңгейі көп болған сайын бүйірлі жапырақшалар жоғала бастайды, анизотроптылық деңгейі үшкірлене түседі, бағытталу диаграммасы сығыла түседі.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Драбкин А.Л., Зузенко В.Л. Антенно-фидерные устройства. – 1961.
- [2] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука, 1982.
- [3] Рязанов М.И. Электродинамика конденсированного вещества. – М.: Наука, 1984.
- [4] Ахизер А.И., Ахизер И.А. Электромагнетизм и Электромагнитные волны. – М.: Наука, 1985.
- [5] Тлеукепов С.К., Орынбасаров К.А., Оспан А.Т. О свойствах уравнений распространения электромагнитных волн в неоднородных анизотропных средах. // Труды межд. симп., посвящ. 100-летию со дня рождения К. И. Сатпаева. – Ч. 3. – Алматы, 1999.
- [6] Тлеукепов С.К., Орынбасаров К.А., Оспан А.Т. Распространение электромагнитных волн в неоднородных анизотропных диэлектриках ромбической сингонии // Поиск. – 1999. – № 6.
- [7] Clemmow P.C. (Jun. 1963a). The theory of electromagnetic waves in a simple anisotropic medium, Proc. IEE, No. 1, Jun 1963.
- [8] Слюсар В. Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы. – электроника: НТБ, 2011.
- [9] Veselago V.G. “Electrodynamics of substances with simultaneously negative electrical and magnetic permeabilities,” Sov. Phys. Usp. 10, 509-514 (1968).
- [10] Metamaterials: Physics and Engineering Explorations/Edited by N. Engheta and R. W. Ziolkowski. Wiley-IEEE Press, 2010.
- [11] Metamaterials Handbook: Vol. I. Phenomena and Theory of Metamaterials. 926 p. Vol. II. Applications of Metamaterials. 724 p. / Ed. by F. Capolino CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009.
- [12] Pendry J. Negative Refraction Makes a Perfect Lens // Phys. Rev. Lett. 2000. – Vol. 85.
- [13] Радковская А.А., Прудников В.Н., Захаров П.Н., Бабушкин А.К. Волны в магнитных метаматериалах с сильным взаимодействием между элементами. – Москва, 2009.
- [14] Wiltshire M.C.K., Shamonina E., Young I.R., Solymar L. Dispersion characteristics of magneto-inductive waves: comparison between theory and experiment. Electron. Lett., 2003. – p. 215-217.
- [15] Negative-refraction metamaterials: Fundamental Principles and Applications / Ed. by G.V. Eleftheriades, K.G. Balmain. IEEE Press, A John Wiley & Sons, Inc., 2005. 418 p.
- [16] Митра Р. Критический взгляд на метаматериалы. – Радиотехника и электроника, 2007. – Т. 52. – № 9. – С. 1051–1058.
- [17] Cory H., Lee Y.J., Hao Y., Parini C.G. Use of conjugate dielectric and metamaterial slabs as radomes. – IET Microwave Antennas Propagation, Vol. 1, N 1, February 2007, p. 137–143.
- [18] Агранович В.Н., Гинзбург В.Л. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. – М.: Наука. 1965.
- [19] Sautbekov S.S. Radiation of Electric and Magnetic Dipole Antennas in Magnetically Anisotropic Media
- [20] Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. – М.: Радио и связь, 1988. – 440 с.

REFERENCES

- [1] Drabkin A.L., Zuzenko V.L. *Antenna-feeder devices*, 1961.
- [2] Landau L.D., Lifshitz E.M. *Electrodynamics of continuous medium*. M.: Science, 1982. (in Russ.).
- [3] Ryazanov M.I. *The electrodynamics of condensed matter*. M.: Nauka, 1984. (in Russ.).
- [4] Akhiezer A.I., Akhiezer I.A. *Electromagnetism and Electromagnetic waves*. M.: Nauka, 1985. (in Russ.).
- [5] Tleukenov S.K., Orynbasarov K.A., Ospan A.T. *The properties of the equations of propagation of electromagnetic waves in inhomogeneous anisotropic media*. // Proceedings of the Int. Symposium dedicated to the 100th anniversary of the birth of K.I. Satpayev. Part 3 Almaty, 1999. (in Russ.).
- [6] Tleukenov S.K., Orynbasarov K.A., Ospan A.T. *The propagation of electromagnetic waves in a nonuniform anisotropic dielectrics orthorhombic system*. Poisk. - 1999, №6. (in Russ.).
- [7] Clemmow P.C. (Jun. 1963a). *The theory of electromagnetic waves in a simple anisotropic medium*, Proc. IEE, No. 1, Jun 1963.
- [8] Sliusar V. *Metamaterials in antenna technology: history and basic principles*. - Electronics: NTB, 2011. (in Russ.).
- [9] Veselago V.G. *Electrodynamics of substances with simultaneously negative electrical and magnetic permeabilities*, Sov. Phys. Usp. 10, 509-514 (1968).
- [10] *Metamaterials: Physics and Engineering Explorations*. Edited by N. Engheta and R.W. Ziolkowski. Wiley-IEEE Press, 2010.
- [11] *Metamaterials Handbook: Vol. I. Phenomena and Theory of Metamaterials*. 926 p. Vol. II. Applications of Metamaterials. 724 p. / Ed. by F. Capolino CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009.
- [12] Pendry J. *Negative Refraction Makes a Perfect Lens*. Phys. Rev. Lett.- 2000.- Vol. 85.
- [13] Radkovskaya A.A., Prudnikov V.N., Zakharov P.N., Babushkin A.K. *The waves in magnetic metamaterials with strong interactions between the elements*. Moscow, 2009. (in Russ.).

- [14] Wiltshire M.C.K., Shamonina E., Young I.R., Solymar L. *Dispersion characteristics of magneto-inductive waves: comparison between theory and experiment*. Electron. Lett., 2003, p. 215-217.
- [15] *Negative-refraction metamaterials: Fundamental Principles and Applications*. Ed. by G.V. Eleftheriades, K.G. Balmain. IEEE Press, A John Wiley & Sons, Inc., 2005. 418 p.
- [16] Mitra R. *Critical view on metamaterials*. - Technology and Electronics, 2007, Volume 52, № 9. (in Russ.).
- [17] Cory H., Lee Y.J., Hao Y., Parini C.G. Use of conjugate dielectric and metamaterial slabs as radomes. – IET Microwave Antennas Propagation, Vol. 1, N 1, February 2007, p. 137–143.
- [18] Agranovich V.N., Ginzburg V.L. *Crystal Optics with Spatial Dispersion and Excitons*. М.: Nauka. 1965. (in Russ.).
- [19] Sautbekov S.S. *Radiation of Electric and Magnetic Dipole Antennas in Magnetically Anisotropic Media*.
- [20] Weinstein L. *Electromagnetic waves*. - М.: Radio and Communications, 1988. - 440 p. (in Russ.).

ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ПЕТЛЕВОЙ АНТЕННЫ В ОДНООСНОМ КРИСТАЛЛЕ

Б. К. Кудайбергенова

ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Ключевые слова: петлевая антенна, диаграммы направленности петлевой антенны, одноосный кристалл, электромагнитное поле, анизотропная среда.

Аннотация. В данной работе построены диаграммы направленности петлевой антенны, ось которой перпендикулярна к оси одноосного кристалла.

Поступила 22.05.2015 г.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

bulletin-science.kz

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 28.05.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

17,7 п.л. Тираж 2000. Заказ 3.