

ISSN 1028-821X

# Радіо- ЕФізика та Електроніка

3 том 25  
2020

## Засновники

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ  
ТА ЕЛЕКТРОНІКИ ім. О.Я. УСИКОВА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

## Головний редактор

*В.М. Яковенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

## Заступники головного редактора

*П.М. Мележик* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*О.О. Костенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

## Відповідальний секретар

*О.А. Роєнко*

## Члени редакційної колегії

*Ю.О. Аверков* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*В.М. Безрук* (ХНУРЕ, Харків, Україна)

*М.М. Білецький* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*М.І. Дзюбенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*В.К. Іванов* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*В.Д. Карлов* (ХУПС, Харків, Україна)

*А.О. Кириленко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*Ф.В. Ківа* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*Ю.Ф. Лонін* (ІНЦ ХФТІ НАНУ, Харків, Україна)

*К.О. Лукін* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*С.О. Масалов* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*В.А. Маслов* (ХНУ, Харків, Україна)

*О.П. Ніколаєнко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*Р.Е. Пащенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*Ю.В. Прокопенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*В.Б. Разсказовський* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*Ю.К. Сиренко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*О.І. Сухаревський* (ХУПС, Харків, Україна)

*С.І. Тарапов* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*О.В. Тоцький* (НАУ «ХАІ», Харків, Україна)

*М.Т. Черпак* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

*С.М. Шульга* (ХНУ, Харків, Україна)

*В.О. Ямпольський* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

## Міжнародна редакційна рада

*В.П. Кравченко* (ІРЕ РАН, Москва, Росія)

*О.О. Кураєв* (БДУР, Мінськ, Білорусь)

*Л.М. Литвиненко* (ІР НАНУ, Україна, Харків)

*А.Г. Наумовець* (НАНУ, Київ, Україна)

*І.М. Онищенко* (ІНЦ ХФТІ НАНУ, Харків, Україна)

*Л.Ф. Чорногор* (ХНУ, Харків, Україна)

*В.М. Шульга* (ІР НАНУ, Харків, Україна)

*V. Freilikher* (УБІ, Рамат-Ган, Ізраїль)

*S. Gredeskul* (УБГ, Негев, Беер-Шева, Ізраїль)

*M. Hayakawa* (ІСЕ, Токіо, Японія)

*A. Krokhin* (УПТ, Дентон, США)

*M. Lucido* (UCSL, Кассіно, Італія)

*M. Navarro-Cia* (Бірінгемський університет,

Бірінгем, Велика Британія)

*N. Tsitsas* (Університет Аристотеля, Салоніки, Греція)

*K. Yasumoto* (Університет Кюсю, Фукуока, Японія)

Свідцтво про державну реєстрацію друкованого засобу  
масової інформації: КВ № 23825-13665ПР від 15.03.2019 р.

Друкується за рішенням редакційної колегії журналу  
згідно з рекомендацією Вченої ради Інституту радіофізики  
та електроніки НАН України

## Адреса редакції

ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАНУ

12, вул. Акад. Проскури, Харків, 61085, Україна

Тел.: +380(57)315 00 06. Факс: + 380(57)315 21 05

E-mail: nti@ire.kharkov.ua

http://www.re-journal.org.ua

Журнал входить до числа наукових фахових видань,  
які рекомендовані для публікації основних результатів  
дисертаційних робіт

## Founders

THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

O.Ya. USIKOV INSTITUTE FOR RADIOPHYSICS  
AND ELECTRONICS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF UKRAINE

## Editor-in-Chief

*V.M. Yakovenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

## Deputy Editors-in-Chief

*P.M. Melezhiuk* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*A.A. Kostenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

## Executive Secretary

*O.A. Roienko*

## Editorial Board Members

*Y.O. Averkov* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*N.N. Beletski* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*V.M. Bezruk* (KhNURE, Kharkiv, Ukraine)

*N.T. Cherpak* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*M.I. Dzyubenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*V.K. Ivanov* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*V.D. Karlov* (KNAFU, Kharkiv, Ukraine)

*F.V. Kivva* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*A.A. Kirilenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*Y.F. Lonin* (NSC KIPT, Kharkiv, Ukraine)

*K.A. Lukin* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*S.A. Masalov* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*V.A. Maslov* (KhNU, Kharkiv, Ukraine)

*A.P. Nickolaenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*R.E. Pashchenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*Y.V. Prokopenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*V.B. Razskazovsky* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*S.N. Shul'ga* (KhNU, Kharkiv, Ukraine)

*Y.K. Sirenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*O.I. Sukharevskiy* (KNAFU, Kharkiv, Ukraine)

*S.I. Tarapov* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

*A.V. Totitskiy* (NAU KhAI, Kharkiv, Ukraine)

*V.A. Yampolskiy* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

## International Advisory Board

*V.F. Kravchenko* (IRE RAS, Moscow, Russia)

*A.A. Kurayev* (BSUIR, Minsk, Belarus)

*L.N. Lytvynenko* (IRA NASU, Kharkiv, Ukraine)

*A.G. Naumovets* (IP NASU, Kyiv, Ukraine)

*I.N. Onishchenko* (NSC KIPT, Kharkiv, Ukraine)

*L.F. Chernogor* (KhNU, Kharkiv, Ukraine)

*V.M. Shulga* (IRA NASU, Kharkiv, Ukraine)

*V. Freilikher* (BIU, Ramat Gan, Israel)

*S. Gredeskul* (BGU, Beer-Sheva, Israel)

*M. Hayakawa* (Hi-SEM UEC, Chofu Tokyo, Japan)

*A. Krokhin* (UNT, Denton, USA)

*M. Lucido* (UCSL, Cassino, Italy)

*M. Navarro-Cia* (University of Birmingham,

Birmingham, Great Britain)

*N. Tsitsas* (AUTH, Thessaloniki, Greece)

*K. Yasumoto* (Kyushu University, Fukuoka, Japan)

State Registration Certificate of print media:

KB № 23825-13665ПР of 15.03.2019

Published by the Journal's Editorial Board decision  
as recommended by the Academic Council of the O.Ya. Usikov  
Institute for Radiophysics and Electronics, NAS Ukraine

## Editorial office

O.Ya. Usikov IRE of NASU

12, Acad. Proskury St., Kharkiv, 61085, Ukraine

Phone: +380(57)315 00 06. Fax: + 380(57)315 21 05

E-mail: nti@ire.kharkov.ua

http://www.re-journal.org.ua

The Journal belongs to the scientific editions.  
Recommended for publishing the major results  
of dissertations