

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**РОКІВ**

ХАРКІВСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ  
УНІВЕРСИТЕТУ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

1930-2020

**МАТЕРІАЛИ**

**XXIV МІЖНАРОДНОГО МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ**

**РАДІОЕЛЕКТРОНІКА  
ТА МОЛОДЬ  
У ХХІ СТОЛІТТІ**



**Том 7/9/10**

**Харків 2020**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

МАТЕРІАЛИ  
XXIV МІЖНАРОДНОГО МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ

**«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ  
У ХХІ СТОЛІТТІ»**

7 – 9 квітня 2020 р.

**КОНФЕРЕНЦІЯ  
«СУЧАСНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ»**

**КОНФЕРЕНЦІЯ  
«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ  
ТА ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ»**

**КОНФЕРЕНЦІЯ  
«УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ  
ТА КОНКУРЕНТНА РОЗВІДКА»**

Харків 2020

XXIV Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Збірник матеріалів форуму. Том 7/9/10 – Харків: ХНУРЕ. 2020. – 328 с. – pdf 6,1 Мб.

В збірник включені матеріали  
XXIV Міжнародного молодіжного форуму  
«Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті»

Видання підготовлено  
факультетом інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту  
Харківського національного університету радіоелектроніки

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14  
тел./факс: (057) 7021397

E-mail: [mref21@nure.ua](mailto:mref21@nure.ua)

© Харківський національний університет  
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2020

## ОБЪЕМНЫЕ ПЛАЗМОНЫ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО НАНОПРОВОДА

Евсюкова Е.А.

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Стогний Н.П.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. ВМ, тел. (057) 702-13-72)

e-mail: nadiia.stohnii@nure.ua

Topical problem of nanoplasmonics associated with analytical study and effective numerical simulation of stationary fields in 2D metal nanowire based structures has been solved. All possible bulk plasmon types of the wire have been described. Corresponding equations for finding of complex eigenvalues have been obtained. Field distributions in the near field, their eigenfrequencies have been studied.

Исследование коллективных электронных резонансов наночастиц и связанных с ними явлений стимулируется в настоящее время, как общетеоретическими проблемами предсказания и идентификации спектров рассеяния волн и частиц в наноструктурах различных типов [1], так и быстрым расширением круга их научных и практических применений в различных областях физики лазерно-кластерного взаимодействия и нанопластики. В числе таких применений могут быть названы: эффективная генерация высокоэнергичных многозарядных ионов, рентгеновского и ультрафиолетового излучения за счет достижения высокой концентрации энергии поля и плазмы в малом объеме в условиях плазмонного резонанса кластера [2], биомедицинские нанотехнологии, ближнепольная микроскопия, создание нанолазеров [3] и метаматериалов, управляющих потоками оптического излучения, генерация терагерцового излучения и т.д.

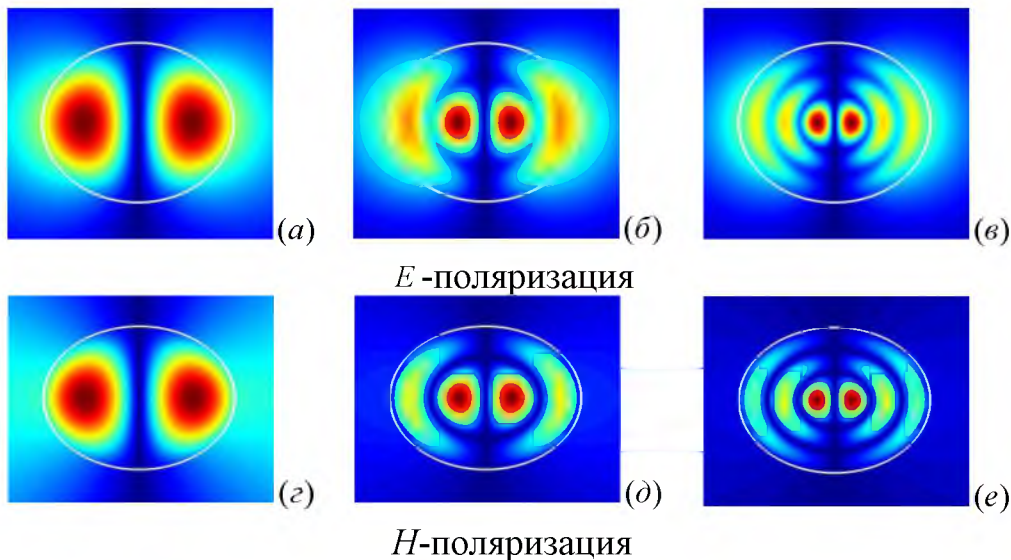
В данной работе рассматривается двумерная задача о собственных состояниях (плазмонных модах) металлического нанопровода. Моделью провода является бесконечный круговой цилиндр радиуса  $a$ , среда внутри которого характеризуется диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_p$  ( $\varepsilon_p = 1 - \omega_p^2 \cdot (\omega(\omega - i\gamma))^{-1}$ , где  $\omega_p$  – плазменная частота,  $\gamma$  – коэффициент поглощения), погруженный в бесконечный недиспергирующий диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_1$ . Рассмотрены поля как  $TM$ -, так и  $TE$ -поляризации. Дисперсионное уравнение для нанопровода имеет бесконечное множество решений при каждом фиксированном  $s$  (число вариаций по углу), как для  $E$ -, так и для  $H$ -поляризованных полей в области прозрачности металла ( $\text{Re}(\omega) > \omega_p$ ). Соответствующие собственные состояния поля называют «объемными» плазмонами.

На рис. 1 представлены распределения ближних полей  $E$ - и  $H$ -поляризованных объемных плазмонов (модули величин  $E_z$  и  $H_z$ , соответственно). Все поля соответствуют случаю одной вариации поля по

угловой переменной ( $s=1$ ) и различаются между собой разным числом вариаций поля вдоль радиуса. Моделирование проводилось для таких значений величин:  $w_p=1$ ,  $\gamma=10^{-3}w_p$ . Для  $E$ -поляризованного объемного плазмона нормированная собственная частота, которая соответствует плазмону с одной вариацией поля вдоль радиуса,  $ka=1,4739+0,182i$ , с двумя вариациями вдоль радиуса –  $ka=3,1634+0,0514i$ , с тремя –  $ka=4,5246+0,0099i$ .

Для  $H$ - поляризованного поля при тех же значениях плазменной частоты и поглощения собственная частота объемного плазмона с одной вариацией поля вдоль радиуса  $ka=1,4458+0,177i$ , с двумя вариациями вдоль радиуса –  $ka=3,0773+0,0482i$ , с тремя –  $ka=4,4939+0,0095i$ .

Установлено, что поля объемных плазмонов для  $H$ - поляризации более локализованы вдоль границы провода по сравнению с  $E$ -поляризацией.



Пространственное распределение объемного плазмона с одной вариацией по углу ( $s=1$ ) и с разными значениями числа вариаций поля вдоль радиуса: (а, г), (б, д), (в, е) – одна, две и три вариации, соответственно.

#### Список используемых источников:

1. Стогний Н.П., Климова Н.П., Бутенко Н.С. Особенности переходных процессов в серебряном нанопроводе с оптически динамической оболочкой. Радиотехника, Вып. 194, С. 97-103, 2018.
2. Стогний Н.П, Сахненко Н.К. «Светлые» плазмоны треугольного или четырехугольного кластера нанопроводов из благородных металлов. Радиотехника, Вып. 190, С. 60-65, 2017.
3. Natarov D. M. Modes of a core-shell silver wire plasmonic nanolaser beyond the Drude formula. J. Opt., vol. 16, no 7, pp. 075002/6, 2014.