

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

УДК 538.566.2;621.372.8

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ МЕТАЧАСТИЦ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ИМПУЛЬСНОГО ВОЛНОВОГО ПОЛЯ, НАПРАВЛЕННО ИЗЛУЧЕННОГО АПЕРТУРНЫМ ИСТОЧНИКОМ

© 2020 г. В. В. Шевченко*

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
ул. Моховая, 11, стр. 7, Москва, 125009 Российская Федерация

*E-mail: sto@cplire.ru

Поступила в редакцию 31.10.2019 г.

После доработки 31.10.2019 г.

Принята к публикации 05.11.2019 г.

Приведены результаты анализа изменения поперечного размера эффективной формы и радиуса кривизны фазового волнового фронта поля метачастиц при их направленном распространении от апертурного источника импульсного волнового поля.

DOI: 10.31857/S0033849420030171

1. В работах [1–3] были введены понятия и рассмотрены некоторые свойства метачастиц импульсных волновых полей (электромагнитного, акустического), направленно излученных апертурными источниками (антеннами, лазерами, акустическими мембранами) и распространяющихся в свободном пространстве и в однородных изотропных средах. В данной работе приводятся преобразованные выражения для параметров структурных функций поля метачастиц: поперечного размера эффективной формы и радиуса кривизны фазового волнового фронта поля метачастиц, которые изменяются в процессе распространения метачастиц от апертуры источника. При этом изменяющаяся часть эффективной формы поля метачастиц является цилиндрической в ближней области от апертуры источника, квазичилиндрической в области дифракции Френеля, квазиконусной в области дифракции Фраунгофера и конусной в дальней области от апертуры источника импульсного волнового поля.

2. Функциональная зависимость

$$w_a(z) = a \left[1 + \left(\frac{z}{S} \right)^2 \right]^{1/2}, \quad (1)$$

$$S = ka^2 = 2\pi a^2 / \lambda = a / \delta_a,$$

показывает (рис. 1) изменение полуширины (радиуса) эффективной формы поля метачастиц при прохождении расстояния $z = vt$ в процессе распространения метачастиц от излучающей апертуры источника импульсного волнового поля [1–3]. Здесь приняты следующие обозначения: a – ра-

диус круглой излучающей апертуры источника импульсного волнового поля,

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \delta_a = \frac{1}{ka}, \quad (2)$$

ω – круговая частота волнового поля, v – скорость распространения, λ – длина волны поля метачастиц, при этом

$$\delta_a = \frac{1}{\pi 2a}, \quad \delta_a^2 \ll 1 \quad \text{при} \quad \frac{\lambda}{2a} \leq 1. \quad (3)$$

Значение $z = S$ можно интерпретировать как расстояние от апертуры источника поля до условной границы перехода импульсного волнового поля из области дифракции Френеля в область дифракции Фраунгофера (см. также ниже).

3. Функциональная зависимость

$$R(z) = z \left[1 + \left(\frac{S}{z} \right)^2 \right] \quad (4)$$

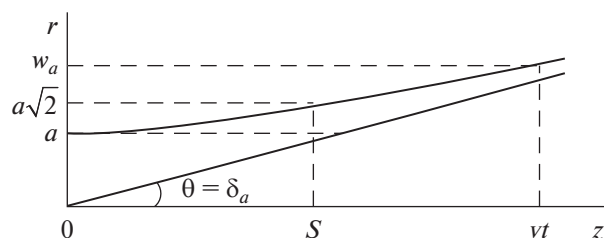


Рис. 1.

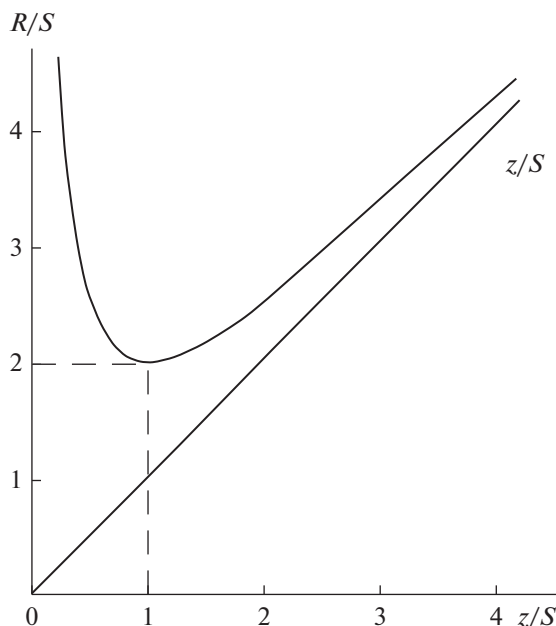


Рис. 2.

показывает (рис. 2) изменение радиуса кривизны фазового волнового фронта поля метачастиц при их распространении от апертуры источника импульсного волнового поля [1]. Из графика рис. 2

видно, что радиус кривизны фазового волнового фронта поля метачастиц имеет минимальное значение $R_{\min} = 2S$ при $z = S$. При этом $w_a(S) = a\sqrt{2}$ (см. рис. 1).

Приведенный результат указывает на то, что расстояние $z = S$ от апертуры источника поля соответствует не условной, а вполне определенной границе перехода от набранной фокусировки (уменьшения радиуса кривизны фронта) поля метачастиц к началу расфокусировки (увеличения радиуса кривизны фронта) поля метачастиц в процессе их распространения от источника поля. Сказанное относится и к импульсному волновому полю в целом, направленно излученному с $R(0) = \infty$, т.е. с плоским фазовым фронтом поля на апертуре источника.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена за счет бюджетного финансирования в рамках государственного задания по теме 0030-2019-0014.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевченко В.В. // РЭ. 2018. Т. 63. № 9. С. 899.
2. Шевченко В.В. // РЭ. 2019. Т. 64. № 3. С. 265.
3. Шевченко В.В. // РЭ. 2019. Т. 64. № 11. С. 1122.