

$$u(r, \alpha, z) = \sum_{m=0}^{\infty} [a_m(r, z) \cos m\alpha + b_m(r, z) \sin m\alpha], \quad (1)$$

где  $a_m$  и  $b_m$  коэффициенты Фурье, являющиеся функциями  $r$  и  $z$ ;

$r$  – радиус инжектора, м;

$z$  – длина игольчатого электрода, м.

После математических преобразований получим окончательную формулу распределения потенциалов (2):

$$u(r, \alpha, z) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k m! r^{2k+m}}{4^k k! (m+k)!} [U_m^{2k}(z) \cos m\alpha + W_m^{2k}(z) \sin m\alpha]. \quad (2)$$

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по соглашению № 14.575.21.0107 о предоставлении субсидии в целях реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы».

Список использованной литературы

1. Мосиевич А.С., Полищук Н.В., Панченко И.М., и др. Электронная обработка материалов, 2006, №6, С. 44-49.

2. Силады. М Электронная и ионная оптика / Пер. с англ. – М.: Мир, С 36 1990. – 639 с., ил. ISBN 5-03-001634-1.

УДК 621.384.663

## ПАРАМЕТРЫ ЖИДКИХ МИКРОЧАСТИЦ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО СОУДАРЕНИЯ С КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ

Н.Д. Семкин, А.М. Телегин, Е.Э. Кривобоков

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва»

Заряженный гидрометеороид можно рассмотреть как пространственный заряд (объемный заряд) в объеме  $V$ . Плотность данного заряда  $r$  Кл/м<sup>3</sup> определяется формулой (1) [1]:

$$r = \frac{dq}{dV}, \quad (1)$$

где  $q$  – заряд, Кл;  $V$  – объем, м<sup>3</sup>.

Пространственный заряд определяет пространственное распределение потенциала  $U$  и напряженности поля  $E$  согласно уравнению Пуассона, которое для среды с постоянной диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} \cdot \text{м}^{-1}$  можно записать как (2):

$$\Delta U = \text{div}E = \frac{-4 \cdot p \cdot r}{\varepsilon_0}. \quad (2)$$

Для исследования заряда гидрометеороида, образованного полупроводниковой жидкостью, возможно, воспользоваться моделью проводимости диэлектрической жидкости Френкеля.

В соответствии с моделью Френкеля, проводимость жидкого диэлектрика  $\sigma$  определяется соотношением (3).

$$\sigma = \sigma_0 \exp \frac{e^{3/2} \cdot E^{1/2}}{(\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon)^{1/2} \cdot k \cdot T}, \quad (3)$$

где  $\sigma_0$  – проводимость при низкой напряженности поля, См;

$e$  – заряд электрона, Кл;

$E$  – напряженность электрического поля, В/м;

$\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость жидкости;

$\varepsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость вакуума,  $\varepsilon_0 = 1$ ;

$k$  – постоянная Больцмана,

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ ;

$T$  – температура, К.

Найдем электрический заряд, который приобретает гидрометеороид на игольчатом электроде. Данную задачу можно рассмотреть как образование объемного заряда жидкости, при учете неоднородностей электрического поля. Для этого найдем поверхностный связанный заряд, образующийся при поляризации диэлектрической жидкости, а также найдем поверхностный свободный заряд на разделе двух сред – «жидкость - вакуум». Данный заряд возникает из-за резкого изменения проводимости сред [2].

Для нахождения объемного заряда в жидкой среде найдем с помощью выражения уравнения сохранения заряда с учетом закона Ома (4).

$$\text{div}(\sigma \cdot \bar{E} + \rho_e \cdot \bar{V} + \frac{\partial}{\partial t} (\varepsilon_0 \cdot \bar{E} + \bar{P})) = 0, \quad (4)$$

где  $\vec{E}$  – вектор напряженности электрического поля,  $\rho_e$  – объемный заряд,  $\vec{V}$  – скорость конвекционных потоков,  $\vec{P}$  – вектор поляризации.

Запишем закон Гаусса (5).

$$\operatorname{div}(\varepsilon_0 \cdot \vec{E} + \vec{P}) = \rho_e. \quad (5)$$

Решим данную систему, при этом примем допущение что,  $\rho_e \cdot \vec{V} = 0$ .

После решения получим выражение (6).

$$\frac{\partial \rho_e}{\partial t} = - \left( \frac{\sigma}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0} \cdot \rho_e + \vec{E} \cdot \operatorname{grad} \sigma \right). \quad (6)$$

При решении выражения (6), примем начальное условие  $\rho_e|_{t=0} = 0$ .

В итоге получим формулу (7).

$$\rho_e = - \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}{\sigma} \cdot \vec{E} \cdot \operatorname{grad} \sigma \cdot \left( 1 - \exp \left( - \frac{\sigma}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0} \cdot t \right) \right). \quad (7)$$

Для установившегося режима справедливо выражение (8).

$$\rho_e = - \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}{\sigma} \cdot \vec{E} \cdot \operatorname{grad} \sigma. \quad (8)$$

Проводимость вакуума равна нулю, вследствие этого свободные заряды под действием электрического поля из объема жидкости выносятся на поверхность раздела сред «жидкость-вакуум». По этому, заряд на границе раздела сред обусловлен только током в жидкости. Запишем данный факт в виде формулы (9).

$$\frac{\partial \sigma_{ГР}}{\partial t} = j|_{ГР} = \sigma E |_{ГР}, \quad (9)$$

где  $\sigma_{ГР}$  – проводимость жидкости на границе раздела сред «жидкость-вакуум»;  $j|_{ГР}$  – плотность тока в жидком диэлектрике,

### Скорость частицы

Расчетная формула скорости частицы (10) приведена в источнике [3] :

$$v = c \cdot \left[ 1 - \left[ 1 - \frac{Q \cdot (u - u_0)}{m_0 \cdot c^2} \right]^{-2} \right]^{1/2}, \quad (10)$$

где  $c$  - скорость света, м/с;  $Q$  - заряд частицы, Кл;  $m_0$  - масса частицы, кг;  $u - u_0$  - разность потенциалов, В.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по соглашению № 14.575.21.0107 о предоставлении субсидии в целях реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы».

Список использованных источников

1. Мосиевич А.С., Полищук Н.В., Панченко И.М., и др. Электронная обработка материалов, 2006, №6, С. 44-49.
2. Энциклопедия физики и техники [Электронный ресурс]. URL: [http://femto.com.ua/articles/part\\_2/3149.html](http://femto.com.ua/articles/part_2/3149.html) (дата обращения 27.02.2016).
3. Силадьи. М Электронная и ионная оптика / Пер. с англ. – М.: Мир, С 36 1990. – 639 с., ил. ISBN 5-03-001634-1.

УДК: 621.396.6

## **РАЗРАБОТКА ТРАНСФОРМАТОРА ИНТЕГРИРОВАННОГО В ПЕЧАТНУЮ ПЛАТУ СЕТЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

В.А.Бойцов, И.В.Лофицкий

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва»

Современные требования к снижению размеров и веса трансформаторов вынуждают искать компромисс между стоимостью и габаритами, добиваться снижения массы и повышения КПД. Впервые разработанные в 80-ых планарные трансформаторы не получили широкого распространения из-за сложной технологии, которая остается непростой и в настоящее время.

Постоянное совершенствование технологического процесса в последние годы позволяет существенно снизить стоимость трансформаторов и сделать их конкурентоспособными.

Преимущества планарных трансформаторов по сравнению с традиционными проволочными изделиями:

- малый вес – 15г-100Вт мощности;
- особо высокая надежность;
- малая индуктивность рассеяния, низкие потери на высокой частоте;
- широкий рабочий диапазон частот: от 50кГц до 1МГц;
- КПД более 98% и хорошее охлаждение конструкции позволяет передавать мощности от десятков до единиц киловатт;
- рабочая температура от -40 до +130 С;
- рабочие напряжения между обмотками более 1000В;