

Моделирование электрического пробоя

Проектная работа. Этап №1

Евдокимов М.М., НФИбд-01-20 Евдокимов И.А., НФИбд-01-20 Манаева В.Е., НФИбд-01-20 Покрас
И.М., НФИбд-02-20 Сулицкий Б.Р., НФИбд-02-20 Новосельцев Д.С., НФИбд-02-20

25 февраля 2023

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Изучить электрический пробой, его вариации и источники.

Задачи первого этапа проекта:

- Составить обзор физического явления электрического пробоя;
- Составить теоретическое описание модели;
- Обосновать практическое применение модели;

Теоретическое введение

Электрический пробой — явление резкого возрастания тока в твёрдом, жидком или газообразном диэлектрике (или полупроводнике) или воздухе, возникающее при приложении напряжения выше критического (напряжение пробоя).



Рис. 1: Пример электрического пробоя

Электрические пробои разделяются по средам, в которых они происходят:

1. Вакуум;
2. Газ;
3. Твердые тела;
4. Жидкости.

Вакуумный пробой (электрический пробой вакуума) - это потеря вакуумным промежутком между электродами свойств электрического изолятора при приложении к нему электрического поля, напряжение которого превышает определённую величину.

Пробой газообразных диэлектриков обусловлен явлениями ударной (ионизация молекулы/атома при «ударе о него» электрона или другой заряженной частицы) и фотонной (ионизация молекулы/атома непосредственно при абсорбции фотонов), энергия которых равна или больше энергии ионизации.

Различают 2 классификации пробоя газа:

1. Пробой газа при неоднородном поле;
2. Пробой газа в однородном поле.

В твёрдых телах существует множество механизмов пробоя. Вот основные из них:

1. Внутренний пробой;
2. Тепловой пробой;
3. Разрядный пробой;
4. Электрохимический пробой.

Электрическая форма пробоя, развивающаяся за время от 10^5 до 10^8 секунды, наблюдается в тщательно очищенных жидких диэлектриках и связывается с инжекцией электронов с катода. $E_{applied}$ при этом достигает 103 МВ/м.

Фактически на электрический пробой жидких диэлектриков влияют многие факторы, к числу которых относятся:

- дегазация жидкости и электродов;
- длительность воздействия напряжения;
- скорость возрастания напряжения и его частота;
- температура, давление и др.

Формулы

$$\oint_S \mathbf{D} \cdot \mathbf{n} ds = 0$$

$$\frac{\Phi}{h^3} = \frac{\Phi_x + \Phi_y + \Phi_z}{h^3} = -\varepsilon \frac{(\varphi_{i+1,j,k} - 2\varphi_{i,j,k} + \varphi_{i-1,j,k})}{h^2} - \varepsilon \frac{(\varphi_{i,j+1,k} - 2\varphi_{i,j,k} + \varphi_{i,j-1,k})}{h^2} - \varepsilon \frac{(\varphi_{i,j,k+1} - 2\varphi_{i,j,k} + \varphi_{i,j,k-1})}{h^2}.$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0.$$

Рис. 2: Уравнение Лапласа

$$\varphi_{i,j} = \frac{1}{4}(\varphi_{i-1,j} + \varphi_{i+1,j} + \varphi_{i,j-1} + \varphi_{i,j+1}).$$

Рис. 3: Уравнения для плоского случая

$$Z = \sum_{k=1}^M E_k^{\eta},$$

Рис. 4: Сумма показателей роста

$$\xi = Z \cdot \text{random.}$$

$$\sum_{k=1}^S E_k^{\eta}$$