



Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Кафедра физической электроники и технологии

Изучение электрофизических процессов в газовом разряде с сэндвич-мишенью (ВАХ)

Студент: Кочин А.В.

Группа: 5208

Руководитель: д.т.н., профессор Шаповалов В. И.

Цель: Изучение газового разряда магнетрона с горячей, холодной и сэндвич мишенями и исследование процессов, которые оказывают влияния на их вольт-амперные характеристики.

Задачи:

1. Разработать экспериментальный стенд для исследования вольт-амперных характеристик;
2. Измерить вольт-амперные характеристики;
3. Проанализировать поведение вольт-амперных характеристик и сделать вывод о процессах, которые оказывают влияние на их вид.

Конструкция распыляемого блока

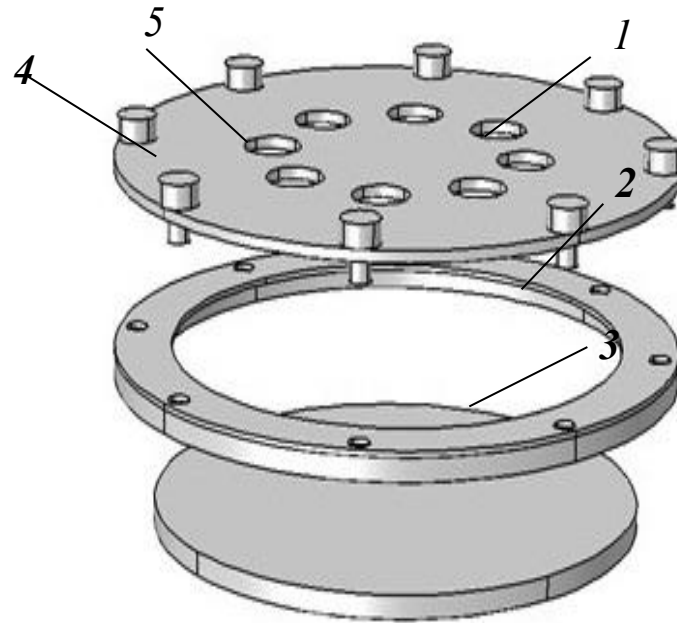


Рисунок 1 – Распыляемый блок с сэндвич-мишенью: 1 – внешняя мишень; 2 – крепежное кольцо, обеспечивающее зазор между мишенями; 3 – внутренняя мишень, охлаждаемая проточной водой; 4 – болты; 5 – прорези

ВАХ магнетрона с горячей и холодной мишенью в среде аргона

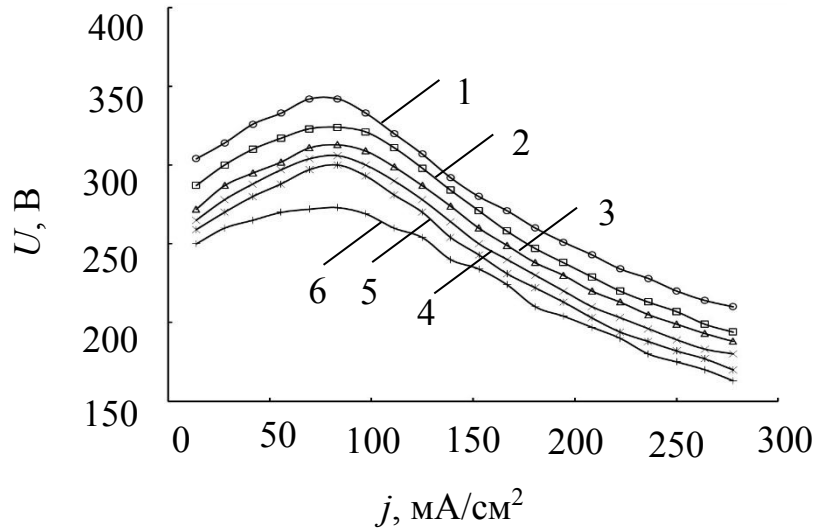


Рисунок 2 – ВАХ разряда магнетрона с титановой горячей мишенью в среде аргона при давлении (мТорр): 1-2; 2-3; 3-4; 4-5; 5-6; 6-7

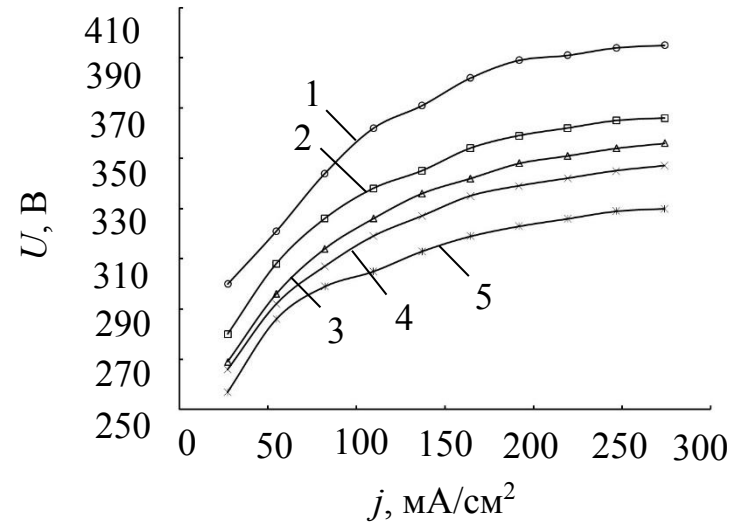


Рисунок 3 – ВАХ разряда магнетрона с титановой холодной мишенью в среде аргона при давлении (мТорр): 1-2; 2-3; 3-4; 4-5; 5-7

ВАХ магнетрона с сэндвич-мишенью с диаметром отверстий 12 мм в среде аргона

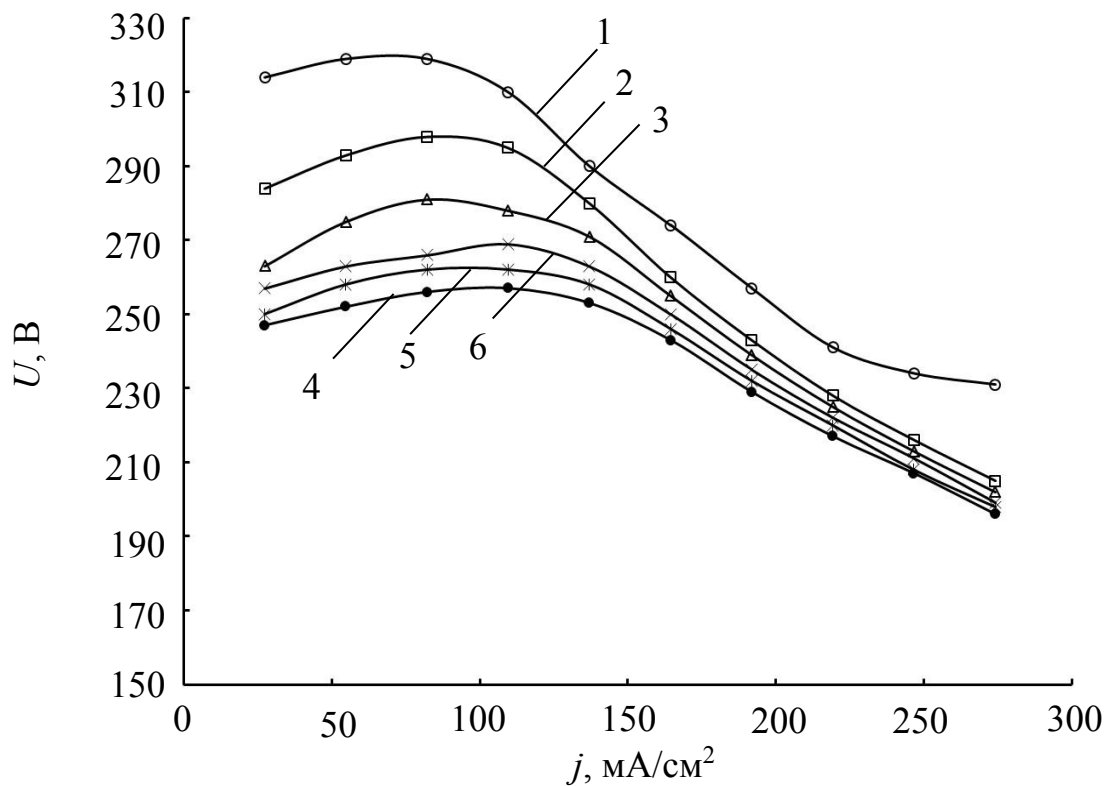


Рисунок 4 – ВАХ разряда магнетрона с титановой сэндвич-мишенью в среде аргона с диаметром отверстий 12 мм при давлении (мТорр): 1-2; 2-3; 3-4; 4-5; 5-6; 6-7

ВАХ магнетрона с сэндвич-мишенью с диаметром отверстий 17 мм в среде аргона

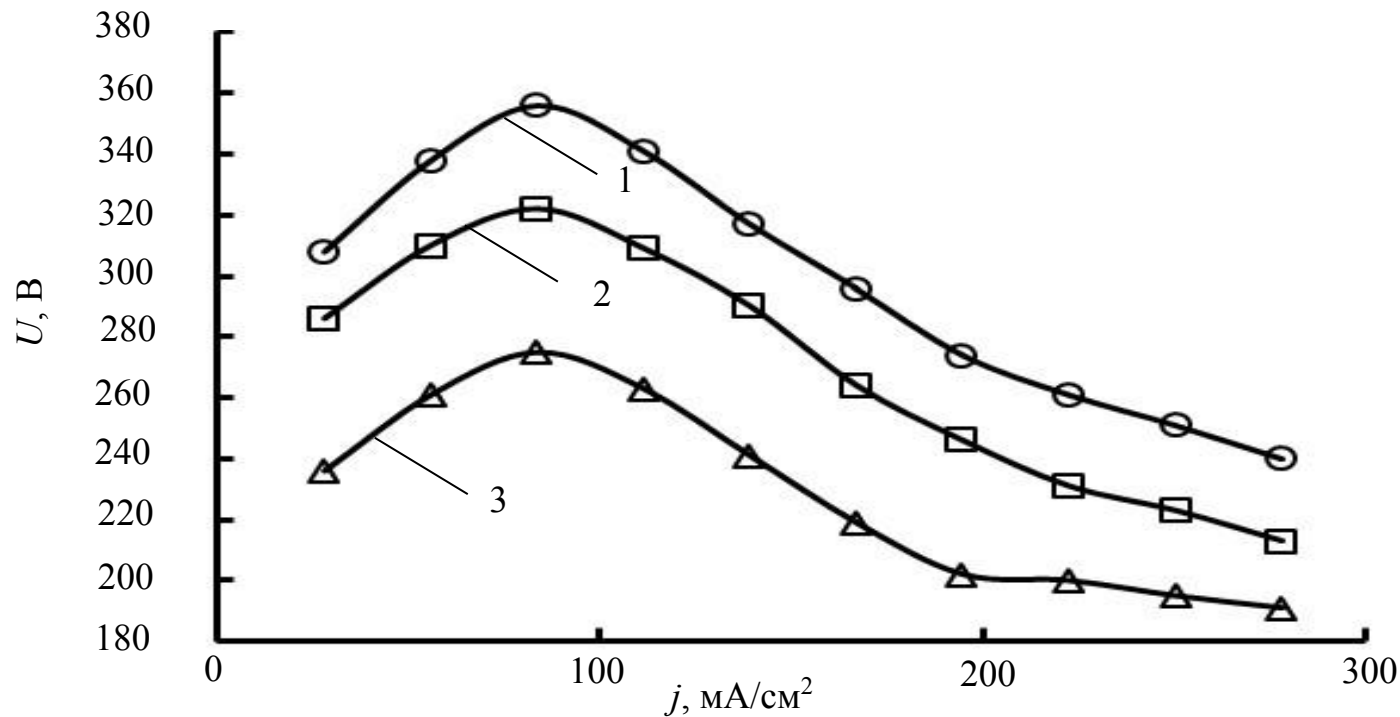


Рисунок 5 – ВАХ разряда магнетрона с титановой сэндвич-мишенью в среде аргона с диаметром отверстий 17 мм при давлении (мТорр): 1-2; 2-3; 3-4

Разряжение газа как процесс влияющий на ВАХ мишени

$$J_{\text{spTi}} = \frac{jT - j_{\Gamma}^{-}(t)}{e(1 + \gamma_{\text{Ti}})} \dot{S}_{\text{Ti}} \quad (1)$$

$$J_{\text{evTi}} = \frac{10 \left(A_{\text{Ti}} - \frac{B_{\text{Ti}}}{T_t} \right)}{\sqrt{2\pi m_{\text{Ti}} k_t}} \quad (2)$$

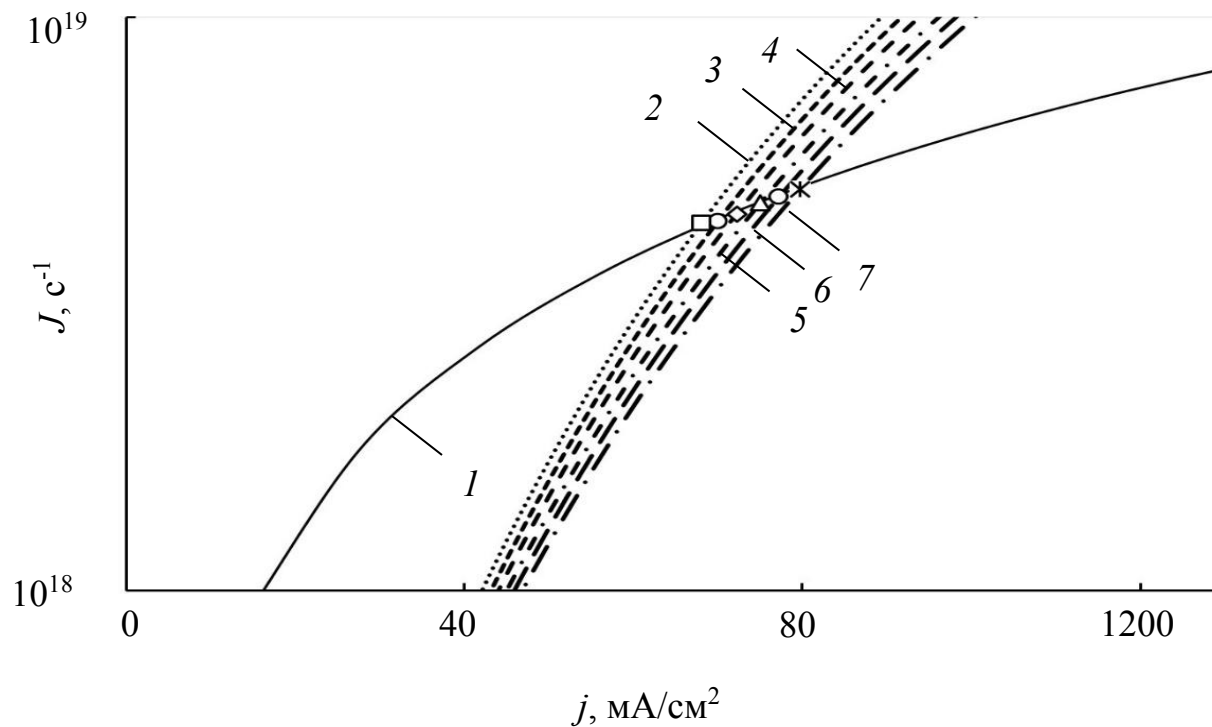


Рисунок 6 – Поток частиц титана при работе магнетрона с горячей мишенью в аргоне: J_{sp} (1) и J_{ev} (2, 3, 4, 5, 6, 7) (мТорр): 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; 6-6; 7-7

$$\delta = \frac{S_{om\epsilon}}{S_t}, \quad (3.3)$$

$$J_{Crev} = \frac{10 \left(A_{Cr} - \frac{B_{Cr}}{T_t} \right)}{\sqrt{2\pi \hbar_{Cr} k_t}}, \quad (3.4)$$

$$J_{Crsp} = j \frac{S_{Cr}}{e(1 + \gamma_{Cr})}, \quad (3.5)$$

$$J_{spST} = (1 - \delta) J_{Tisp} + \delta J_{Crsp}, \quad (3.6)$$

$$J_{evST} = (1 - \delta) J_{Tiev} + \delta J_{Crev}, \quad (3.7)$$

Температурные зависимости для сэндвич-мишени с диаметром отверстий 12 мм

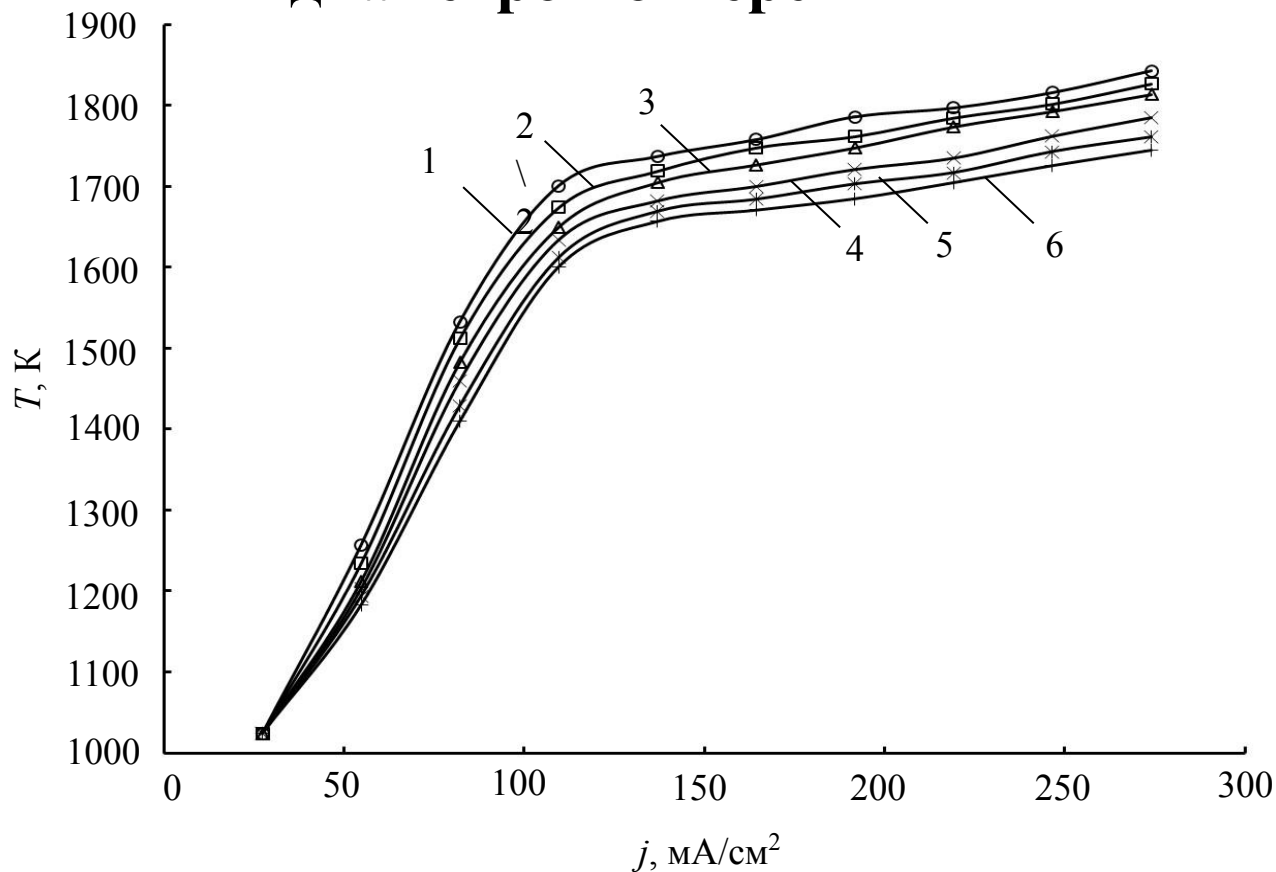


Рисунок 7 – Зависимость температуры от плотности тока для сэндвич-мишени диаметром 12 мм при давлении (мТорр): 1-2; 2-3; 3-4; 4-5; 6-7

Температурные зависимости для сэндвич-мишени с диаметром отверстий 17 мм

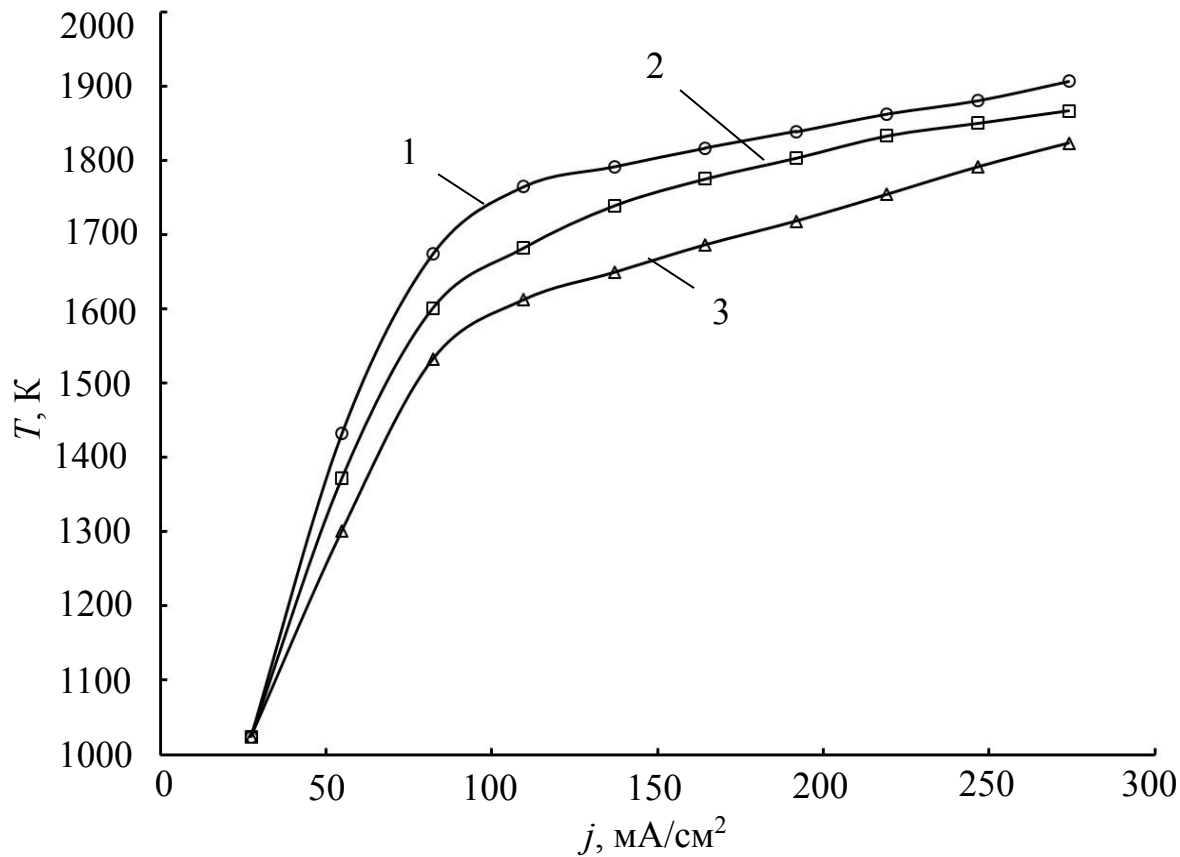


Рисунок 8 – Зависимость температуры от плотности тока для сэндвич-мишени диаметром 17 мм при давлении (мТорр): 1-2; 2-3; 3-4

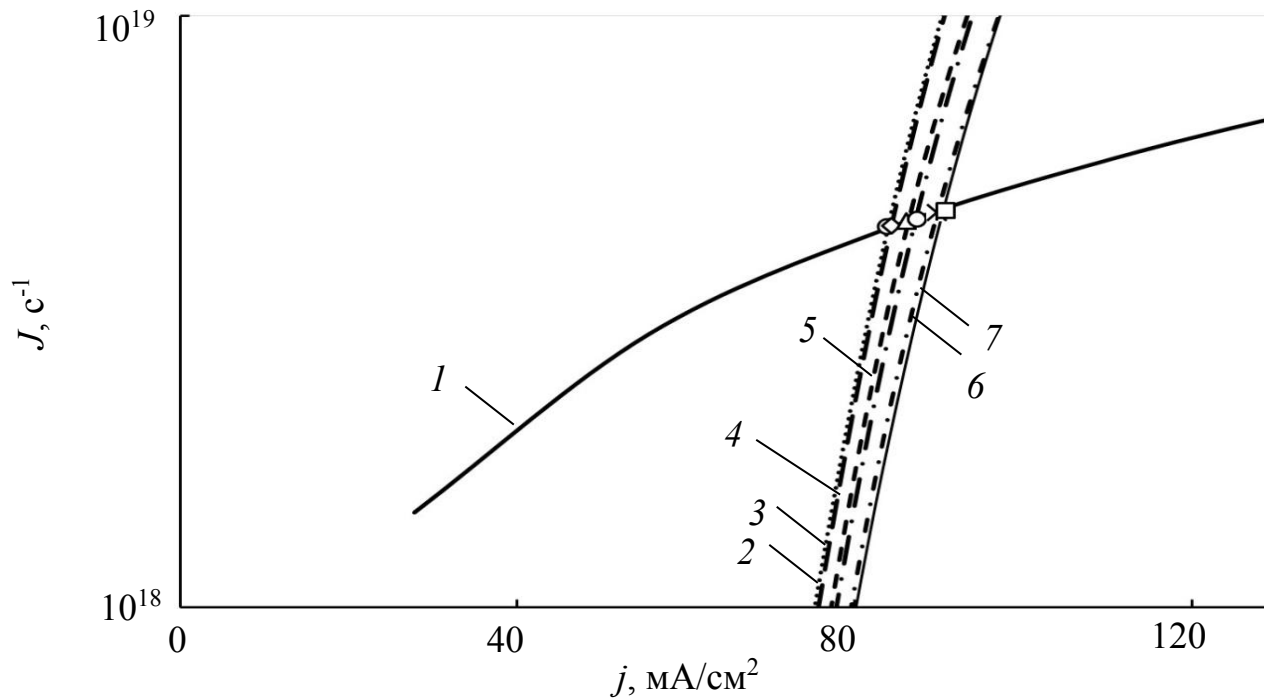


Рисунок 9 – Потоки частиц титана при работе магнетрона с сэндвич-мишенью с диаметром отверстий 12 мм в аргоне: J_{sp} (1) и J_{ev} (2, 3, 4, 5, 6, 7) (мТорр): 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; 6-6; 7-7

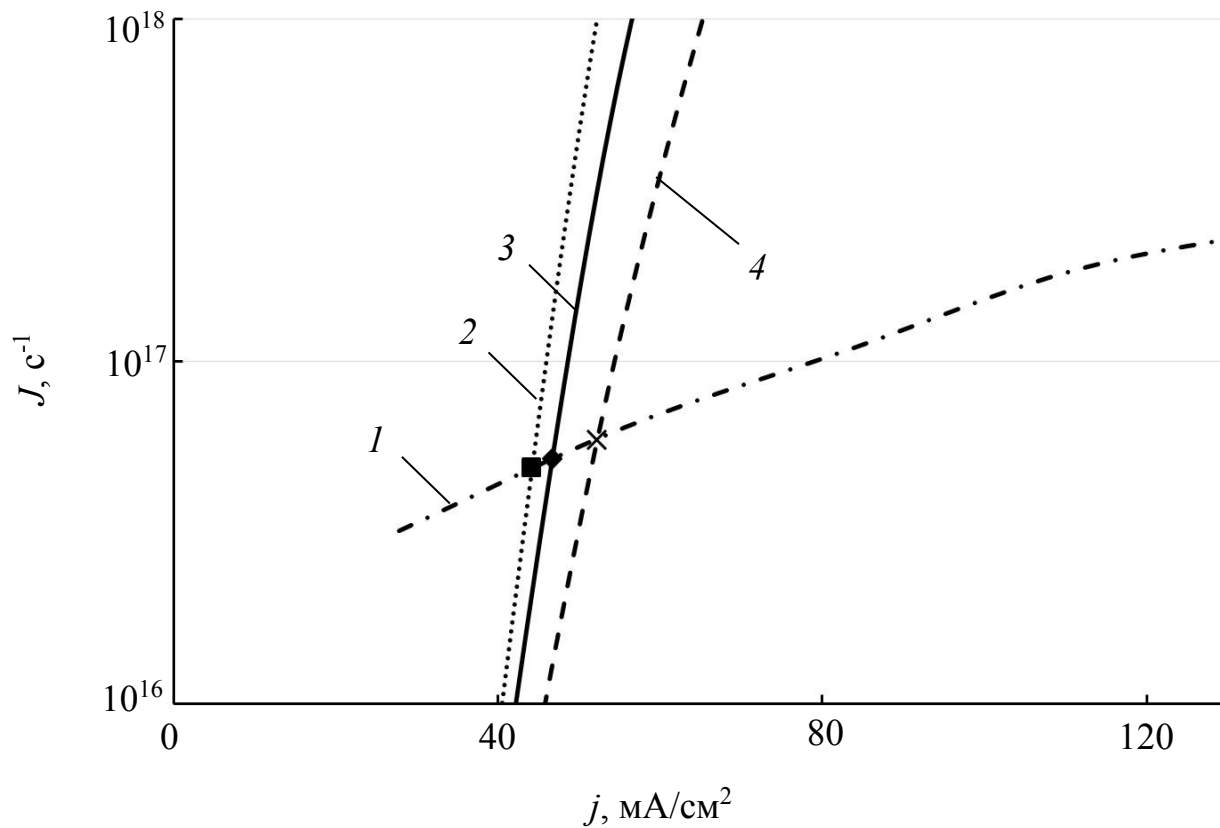


Рисунок 11 – Потоки частиц титана при работе магнетрона с сэндвич-мишенью с диаметром отверстий 17 мм в аргоне: J_{sp} (1) и J_{ev} (2, 3, 4) (мТорр): 2-2; 3-3; 4-4

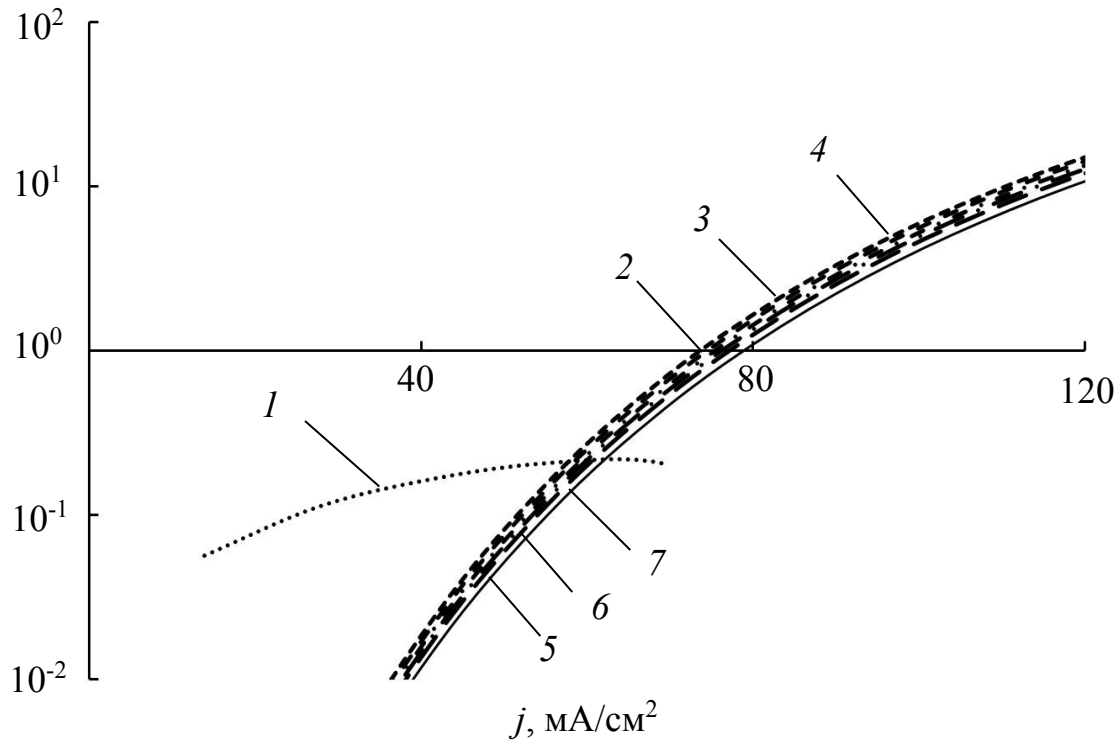


Рисунок 12 – Токи термоэлектронной (2, 3, 4, 5, 6, 7) и ионно-электронной (1) эмиссии при работе магнетрона с горячей мишенью при давлении аргона в (мТорр): 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; 5-5; 6-6; 7-7

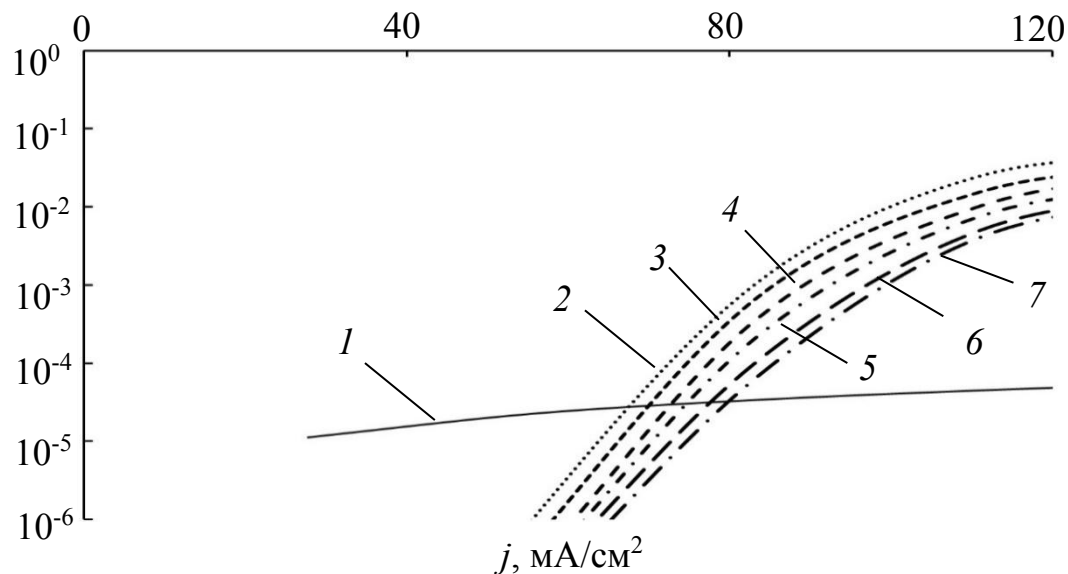


Рисунок 13 – Токи термоэлектронной (2, 3, 4, 5, 6, 7) и ионно-электронной (1) эмиссии при работе магнетрона с сэндвич-мишенью с диаметром отверстий 12 мм при давлении аргона в (мТорр): 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; 5-5; 6-6; 7-7

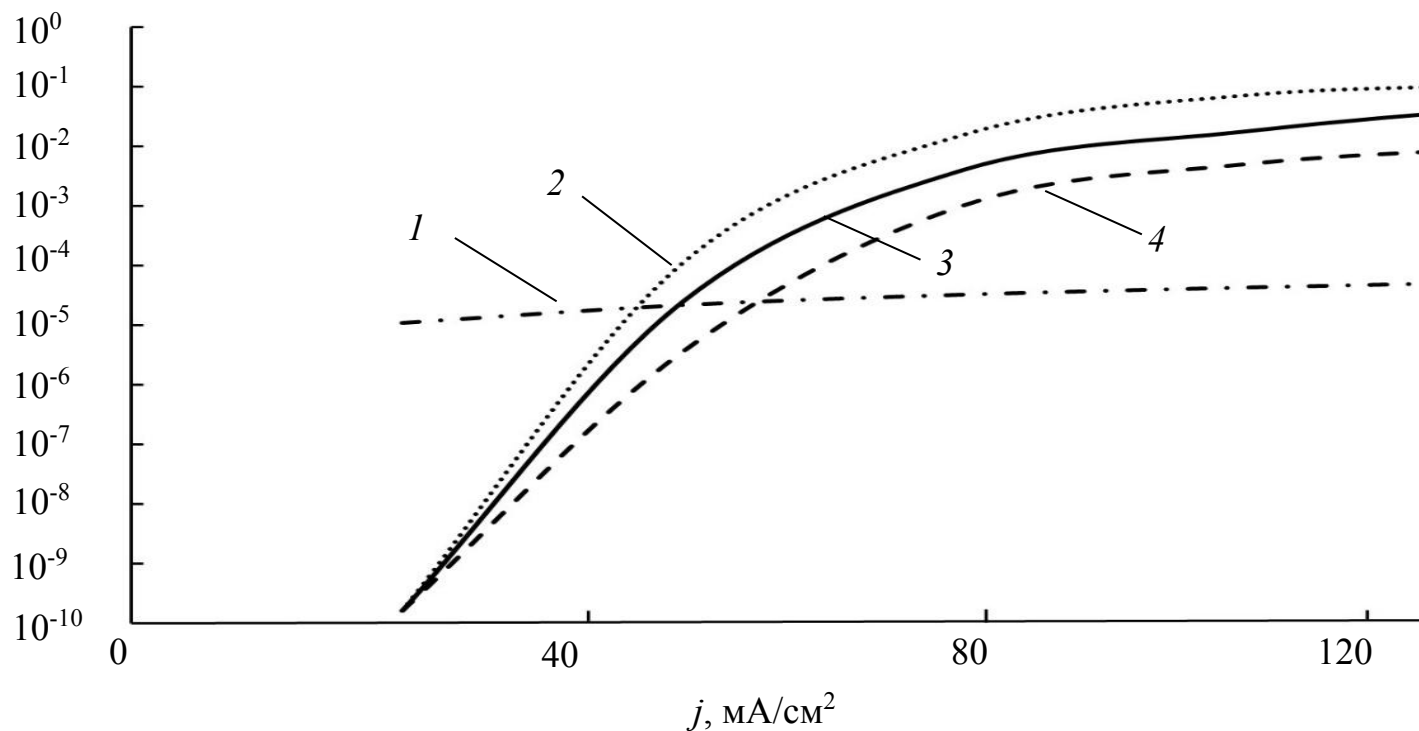


Рисунок 14 – Токи термоэлектронной (2, 3, 4) и ионно-электронной (1) эмиссии при работе магнетрона с сэндвич-мишенью с диаметром отверстий 17 мм при давлении аргона в (мТорр): 2-2; 3-3; 4-4

Выводы:

- Выполненный анализ позволил установить, что с разрежением газа, происходящим вблизи мишени, конкурирует термоэлектронная эмиссия.
- как видно из рисунков 12, 13 и 14 при увеличении давления уменьшается и значение тока термоэлектронной эмиссии. При пересечении зависимостей ионно-электронной и термоэлектронной эмиссии на рисунках можно наблюдать точки, которые свидетельствуют о том, что в данных точках термоэлектронная эмиссия на данных значениях плотности тока играет бóльшую роль, а далее и вовсе становится преобладающим процессом. Это же и отражено на соответствующих ВАХ, которые были приведены на рисунках 2, 4 и 5

- для сэндвич-мишени с диаметром отверстий 12 мм термоэлектронная эмиссия будет вносить существенный вклад и преобладать на промежутке от 69 до 83 мА/см². В свою очередь рисунок 3 этой подтверждает.
- для сэндвич-мишени с диаметром отверстий 17 мм термоэлектронная эмиссия становится преобладающей при токе на промежутке от 44 до 63 мА/см². Точки значимости термоэлектронной эмиссии близки к точкам максимума на ВАХ.

Спасибо за внимание!