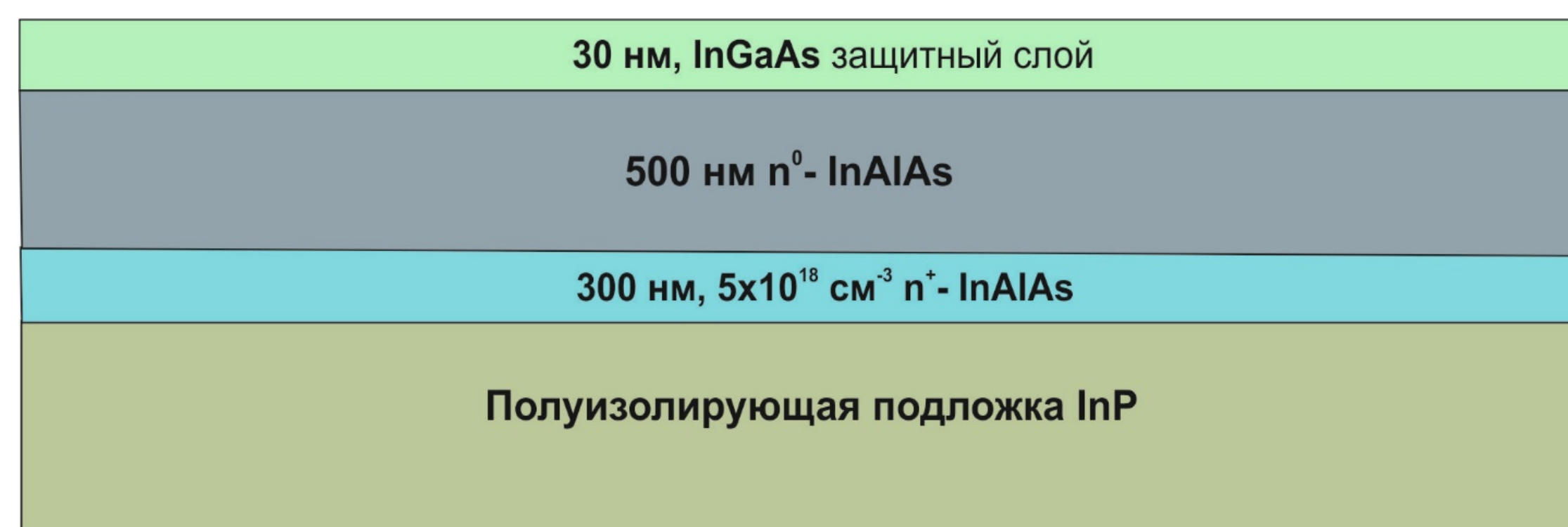


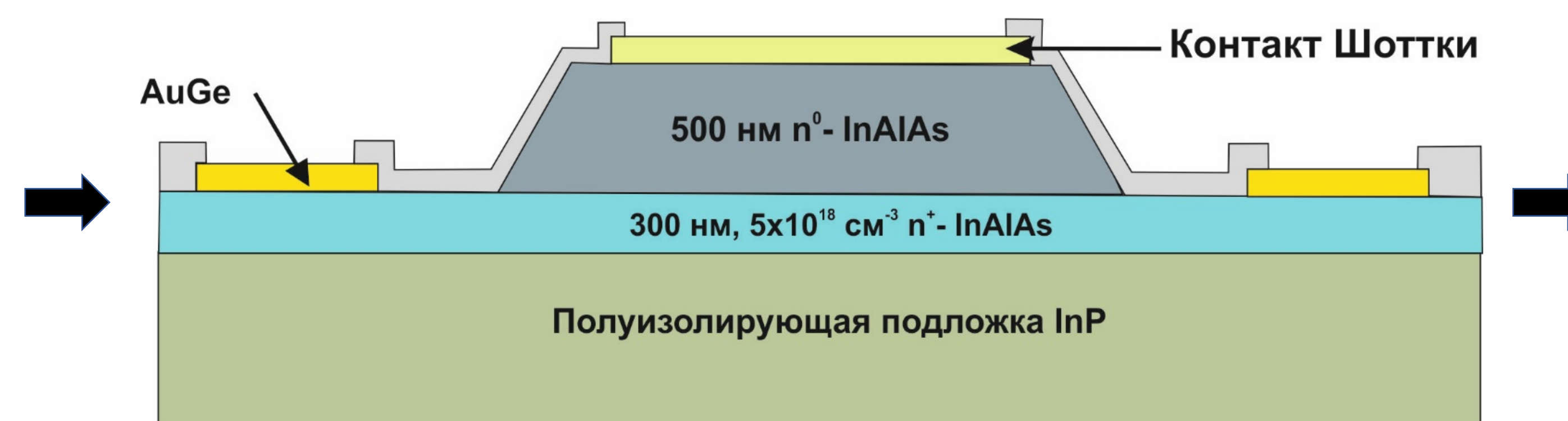
**Введение**

Тройное полупроводниковое соединение In<sub>x</sub>Al<sub>(x-1)</sub>As является функциональным материалом при создании транзисторов с высокой подвижностью электронов и быстродействующих фотодетекторов микроволнового диапазона [1,2]. В частности, гетероструктуры In<sub>0.52</sub>Al<sub>0.48</sub>As/In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As/InP используются для изготовления фотодиодов с барьером Шоттки (БШ), которые применяются в качестве детекторов в оптоволоконных линиях связи [2]. Важно отметить, что свойства Au/Ti/In<sub>0.52</sub>Al<sub>0.48</sub>As барьера Шоттки во многом определяют рабочие характеристики данных детекторов, а также их стабильность и надёжность. Традиционным способом улучшения параметров БШ, таких как коэффициент идеальности (*n*) и высота барьера ( $\phi_b$ ), является отжиг.

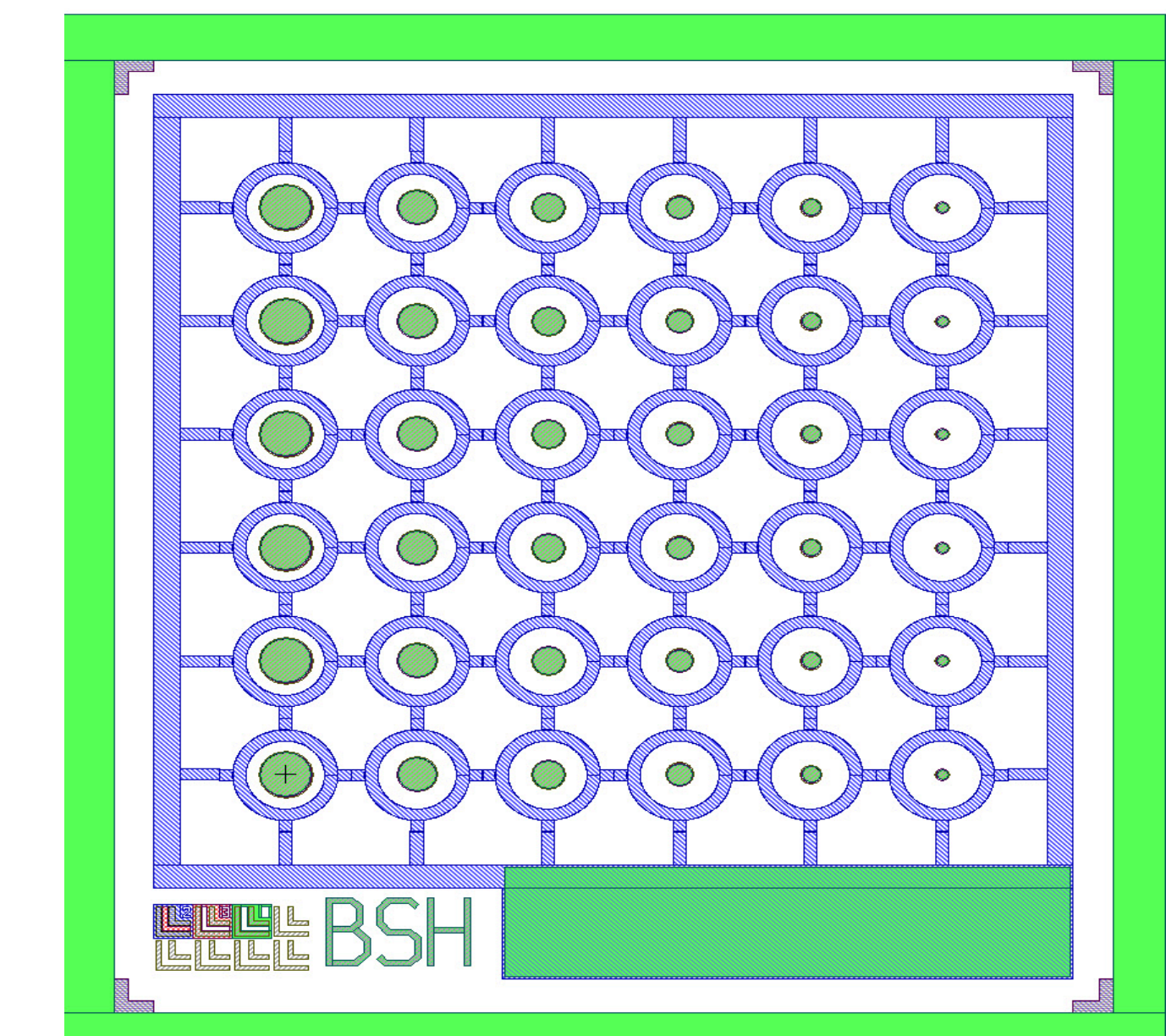
**В данной работе было изучено влияние отжига на параметры ( $\phi_b$ , *n*) Au (200 нм)/Ti (20 нм)/i(n)-In<sub>0.52</sub>Al<sub>0.48</sub>As БШ.**

**Объекты и методы исследования**


Эпитаксиальная гетероструктура



Меза-структура Au/Ti/InAlAs/InP БШ



Топология образца

БШ были сформированы на вершинах меза-структур различного диаметра (*d*) от 50 до 200 мкм [3].

Отжиг проводился в формовочном газе (95% N<sub>2</sub>, 5% H<sub>2</sub>) при температурах 300, 350, 400 и 450 °С в течение 5 минут.

Измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ) проводились в темноте при комнатной температуре.

Для определения параметров БШ была использована теория термоэлектронной эмиссии (ТЭ), в рамках которой ток через БШ описывается формулой (1). При напряжении смещения больше  $3kT/q$  зависимость логарифма тока от напряжения линейная (2) а параметры БШ могут быть вычислены с помощью соотношений (3) и (4), где коэффициенты *a* и *b* обозначают наклон кривой и точку её пересечения с осью ординат, соответственно.

*I* – полный ток, *V* – напряжение смещения, *I*<sub>0</sub> – ток насыщения, *R* – эффективная постоянная Ричардсона, *A* – площадь контакта Шоттки.

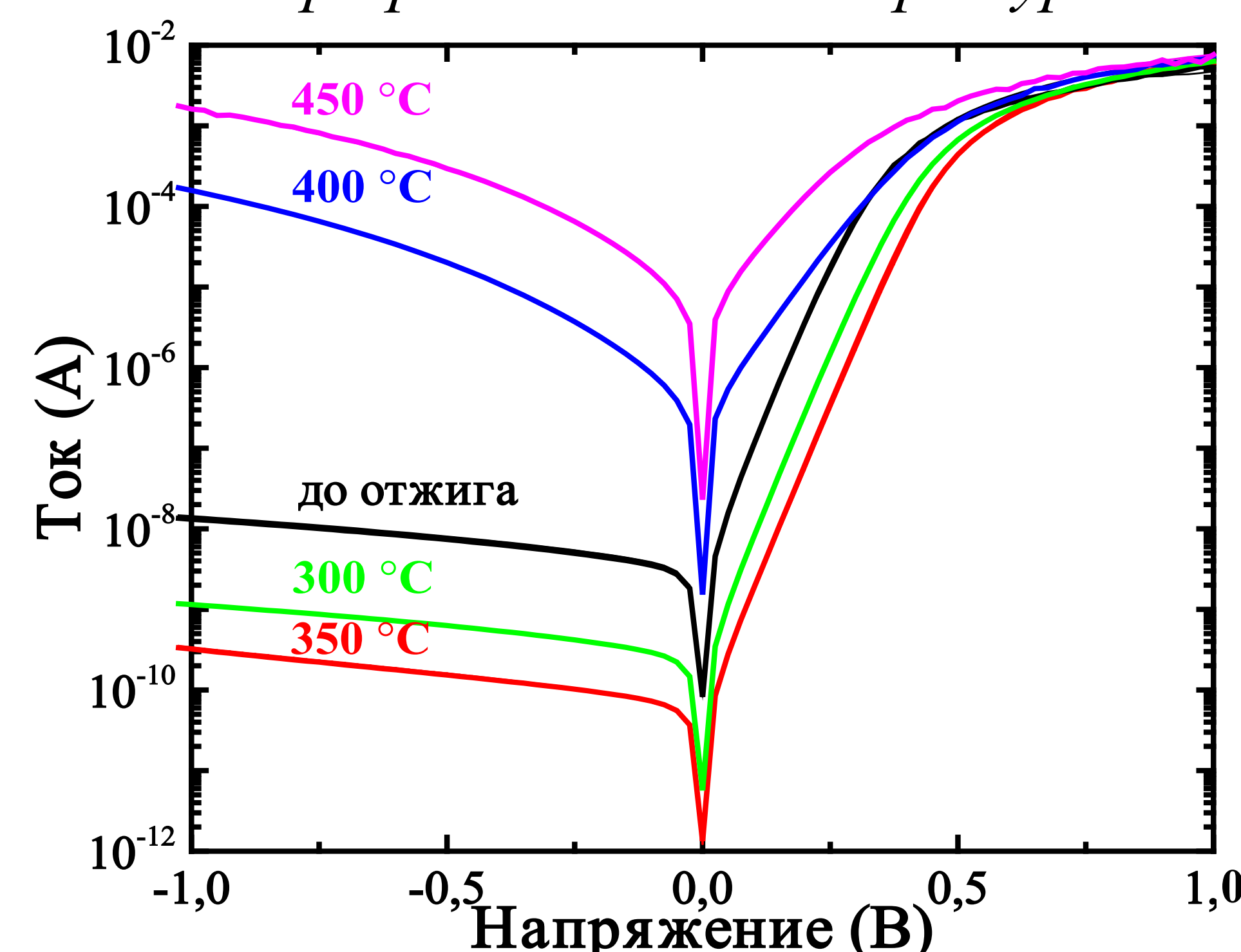
$$I = I_0 \left( e^{qV/nkT} - 1 \right), \text{ где } I_0 = RAT^2 e^{(-q\phi_b/kT)}. \quad (1)$$

$$\ln(I) = \ln(I_0) + \frac{qV}{nkT} \quad (2)$$

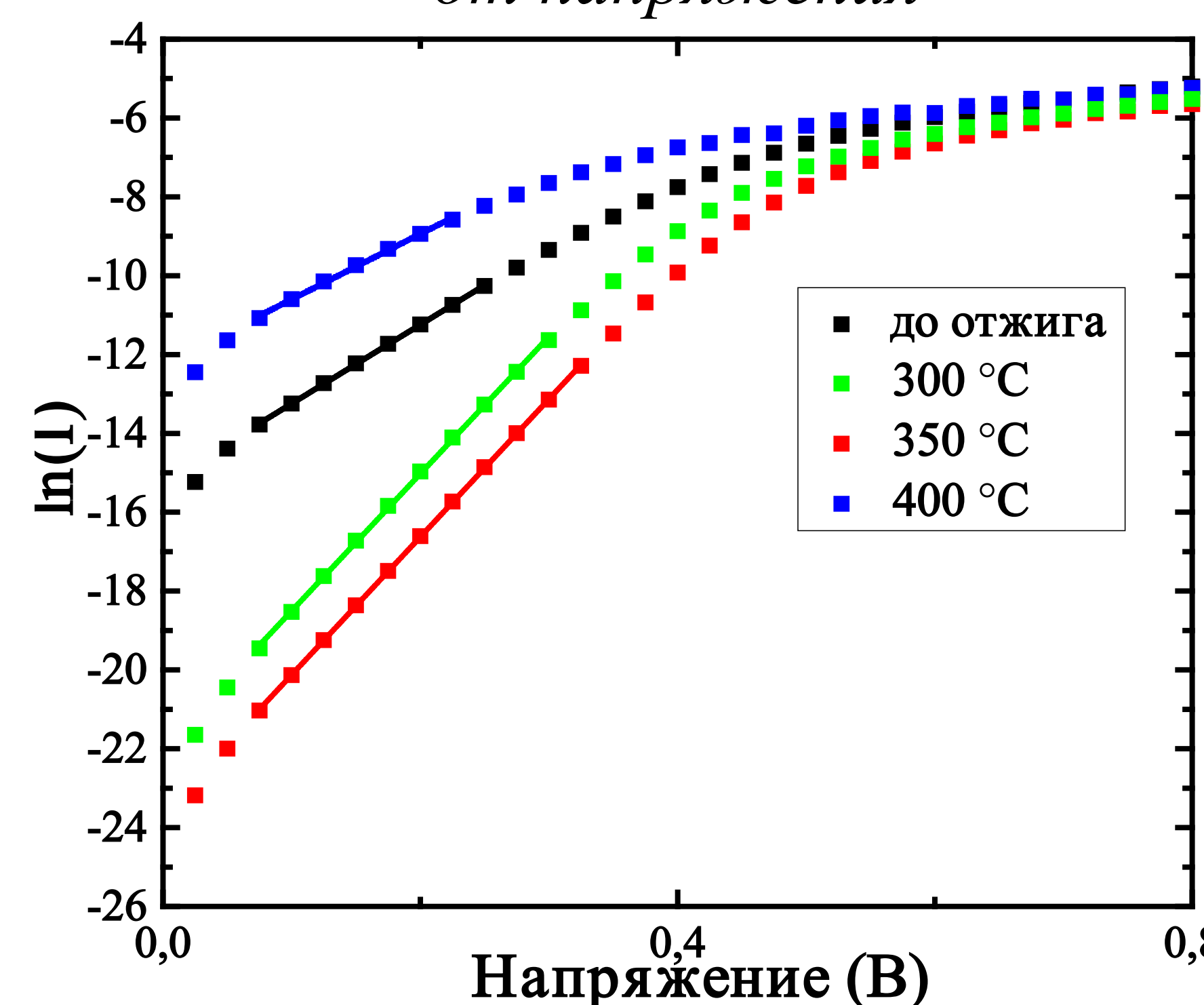
$$n = \frac{q}{kTa}, \text{ и } \phi_{b0} = \frac{kT}{q} (\ln(RAT^2) - b). \quad (3,4)$$

**Экспериментальные результаты**

ВАХ образцов до и после отжига при различных температурах



Зависимость логарифма тока от напряжения



Параметры БШ, полученные с использованием теории ТЭ

Температура отжига	Коэффициент идеальности <i>n</i>	Высота барьера $\phi_b$ , эВ
До отжига	1.1	0.58
300 °С	1.1	0.64
350 °С	1.1	0.69
400 °С	2	0.47
450 °С	Деградация барьера	

На основании данных приведённых в таблице следует что отжиг при температуре 300 и 350 °С приводит к существенному увеличению высоты барьера с 0.58 до 0.64 и 0.69 эВ, соответственно, при сохраняющемся коэффициенте идеальности равному 1.1. Отжиг при температуре 400 °С приводит к резкому ухудшению параметров: высота барьера уменьшается до 0.47 эВ, а коэффициент идеальности возрастает с 1.1 до 2. Дальнейшее повышение температуры отжига приводит к полной деградации барьера.

Таким образом, показано, что отжиг Au/Ti/In<sub>0.52</sub>Al<sub>0.48</sub>As БШ при температуре 350 °С в течение 5 минут может быть использован для увеличения изначально низкой высоты барьера (0.58 эВ) до значений  $\phi_b \approx 0.7$  эВ типичных для данных контактов [3].

 [1] Chizh A. L. et al., *Technical Physics Letters*, **45**, 739 (2019).

 [2] Takahashi T. et al., *IEEE Transactions on Electron Devices*, **64**, 89 (2016).

 [3] Chistokhin I. B. et al. *Materials Science in Semiconductor Processing*, **74**, 193 (2018).