

Международная научно-практическая конференция
«Материаловедение, формообразующие
технологии и оборудование 2020»
(ICMSSTE 2020)

Прыжковая проводимость в монокристаллах разбавленного магнитного полупроводника $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{As}_2$ ($x = 0.005$)

В.С. Захвалинский, Е.А. Пилюк*, Т.Б. Никуличева



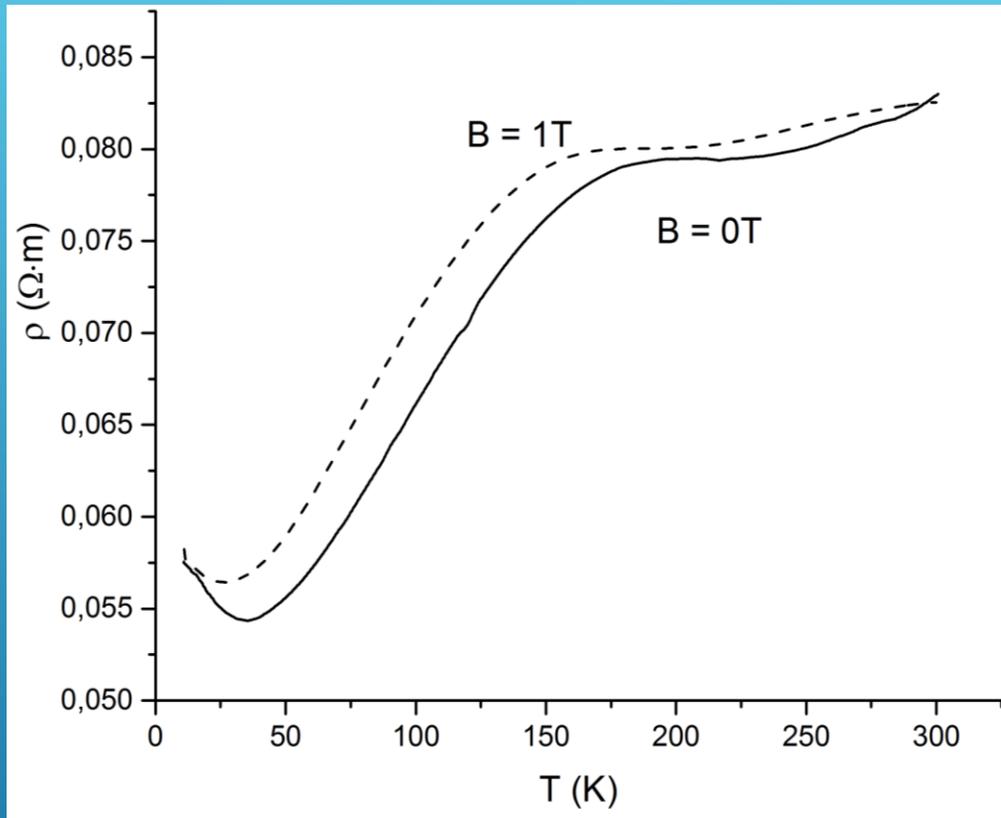
*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
308015, Белгород, ул.Победы, 85*

**e-mail: pilyuk@yandex.ru*

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-00152)

Цель -исследованиях электропроводности и магнетосопротивления в монокристалле твёрдого раствора нового разбавленного магнитного полупроводника $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{As}_2$ ($x = 0.005$).

Zn_3As_2 является полупроводником группы II_2V_5 p -типа проводимости, при комнатной температуре имеет ширину запрещённой зоны $E_g \approx 1$ эВ, тетрагональную кристаллическую структуру и относится к пространственной группе $I4_1cd$ (α -фаза). Твёрдые растворы на основе Zn_3As_2 , где часть атомов As заменена на Mn, относятся к классу разбавленных магнитных полупроводников, которые могут иметь практическое применение в гетероструктурах спинтронных устройств в качестве инжекторов спинполяризованных носителей заряда. Как известно, для успешной интеграции магнитного материала с немагнитными полупроводниками в микроэлектронном приборе необходимо, чтобы они имели сопоставимые величины сопротивления. В этом случае магнитные полупроводники имеют неоспоримое преимущество перед металлами.



Зависимость ρ от T для монокристалла
 $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{As}_2$ ($x = 0.005$)

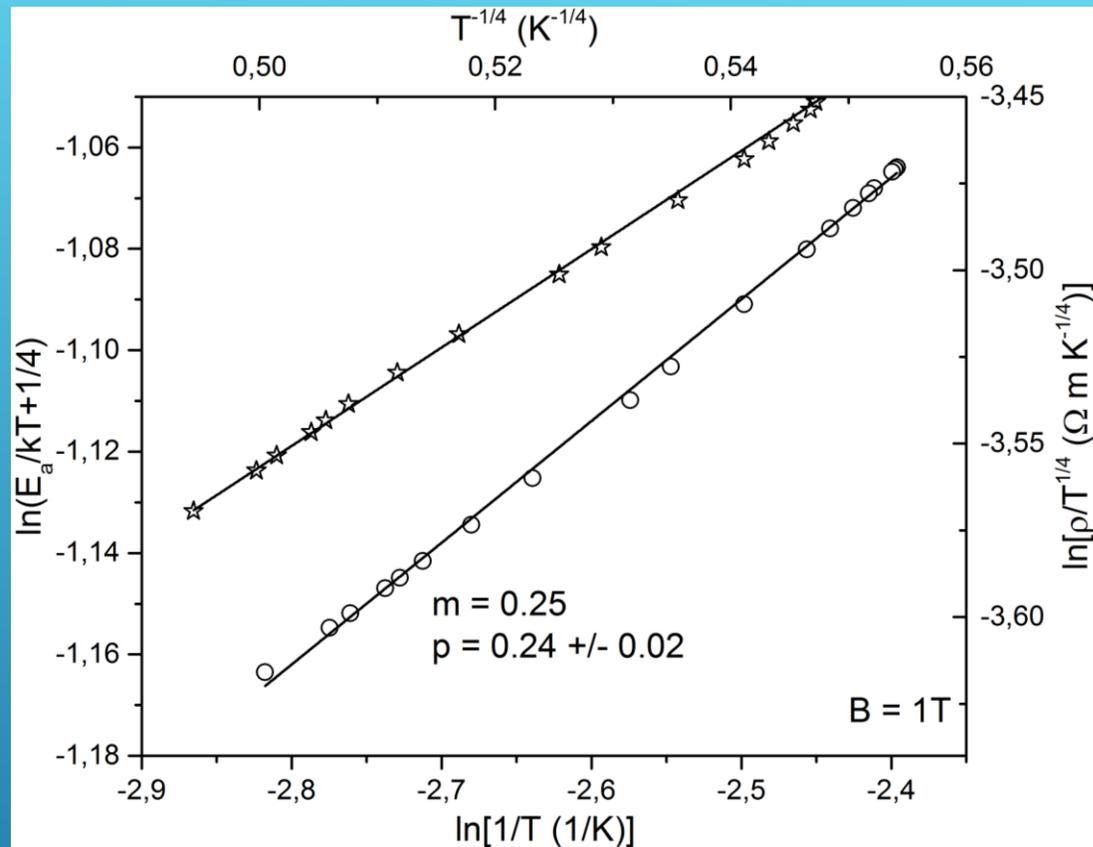
$$\rho(T) = \rho_0 \exp\left[E_A \cdot (kT)^{-1}\right] \quad (1)$$

$$\rho(T) = DT^m \exp(T_0/T)^p \quad (2)$$

$$T_{0M} = \frac{\beta_M}{kg(\mu)a^3}, \quad T_{0SE} = \frac{\beta_{SE}e^2}{\kappa ka} \quad (3)$$

$$E_a \equiv d \ln \rho / d(kT)^{-1} \quad (4)$$

$$\ln \left[E_a / (kT + m) \right] = \ln p + p \ln T_0 + p \ln (T^{-1}) \quad (5)$$



Зависимости $\ln(E_a/kT+1/4)$ от $\ln(1/T)$ (○) и $\ln(\rho/T^{1/4})$ от $T^{-1/4}$ (☆) при $B = 1$ Тл (диапазон температур $11 \div 19$ К)

Коэффициент ρ_0 и энергия активации E_A
в $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{As}_2$ ($x = 0.005$)

| | ρ_0 (Ом·м) | E_A (meV) |
|----------------|-----------------|-------------|
| B = 0 T | 1,54 | 0,249 |
| B = 1 T | 1,66 | 0,250 |

$$W \approx kT_{VM}^{3/4} T_{0M}^{1/4} \quad (6)$$

$$g(\mu) \approx N_A / (2W) \quad (7)$$

$$E_A = F(K) e^2 \kappa^{-1} N_A^{1/3} \quad (8)$$

$$\Delta \approx \frac{k}{2} \sqrt{T_{VM} T_{0M}}, \quad g_0 = \frac{3\kappa^3 (\Delta - \delta)^2}{\pi e^6}, \quad g(\mu) = \frac{N_A}{2k (T_{VM}^3 T_{0M})^{1/4}}, \quad (9)$$

Рассчитанные значения T_{0M} , мягкой кулоновской щели в ПЛС вблизи уровня Ферми Δ , жесткая щель δ , κ , a , W и g для образца $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{As}_2$ ($x = 0.005$)

| | T_{0M} , К | g_μ , см^{-3} мэВ^{-1} | r , нм | a , нм | κ | Δ , мэВ | W , мэВ |
|----------------|-----------------|--|----------|----------|----------|----------------|-----------|
| B = 0 T | 69 | $2.65 \cdot 10^{15}$ | 3.7 | 12 | 165 | 0.18 | 1.13 |
| B = 1 T | 25 | $7.33 \cdot 10^{15}$ | 2.9 | 12 | 180 | 0.04 | 0.53 |

Заключение

- Впервые была исследована температурная зависимость электропроводности и магнетосопротивления монокристаллов разбавленного магнитного полупроводника $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{As}_2$ ($x = 0.005$), полученного модифицированным методом Бриджмена.
- Согласно результатам рентгеновской порошковой дифрактометрии материал был однофазным и соответствовал изоморфным чистому Zn_3As_2 .
- В низкотемпературной области зависимости $\rho(T)$ наблюдался активационный участок от 10 до 40 К в нулевом магнитном поле и от 10 до 30 К в поле $B = 1$ Тл.
- Установлено, что электропроводность на участке температур $11 \div 19$ К соответствовала механизму прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка моттовского типа. Для механизма прыжковой проводимости были определены микропараметры, характеризующие электропроводность $(\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{As}_2$ ($x = 0.005$).