

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ТЕРМО-Э.Д.С. СОЕДИНЕНИЙ A^3B^5

АЛИЕВ М.И., РАШИДОВА Ш.Ш., АЛИЕВ И.М.,
ГУСЕЙНОВА М.А., ДЖАФАРОВА М.А.,

Институт Физики НАН Азербайджана

Исследована термо-э.д.с. в твёрдых растворах $In_{1-x}Ga_xAs$ ($x=0,01;0,04$) и $InAs$, облучённых быстрыми электронами энергией 6 МэВ и дозой $2 \cdot 10^{17}$ эл/см² в интервале 80÷400К. Обнаружено, что во всех кристаллах значение термо-э.д.с. уменьшается при облучении, что является результатом роста концентрации свободных электронов с образованием радиационных дефектов донорного типа. Найдено, что после облучения значение параметра рассеяния в этих материалах становится $r=1/2$, т.е. носители тока рассеиваются на оптической ветви колебаний решётки.

В некоторых тройных твёрдых растворах на основе соединений A^3B^5 исследовалась термо э.д.с. в зависимости от состава и концентрации носителей заряда [1]. Показано, что в системе $Ga_xIn_{1-x}As$ при высоких концентрациях носителей заряда теория об изменении коэффициента Зеебека в зависимости от температуры хорошо согласуется с экспериментом.

Экспериментальные данные [2] для термо-э.д.с. твёрдых растворов $In_{1-x}Ga_xAs$ в зависимости от состава и температуры согласуются с теорией [1].

Изучение коэффициента термо-э.д.с. в кристаллах $In_{1-x}Ga_xAs$ и $InAs$, при одинаковых концентрациях носителей заряда показало, что его значение в твердом растворе больше, чем в исходном $InAs$ [3].

В данной работе исследовано влияние электронного облучения на термо э.д.с. в твердых растворах $In_{0,96}Ga_{0,04}As$, $In_{0,99}Ga_{0,01}As$ и $InAs$ с концентрациями электронов $n=3,4 \cdot 10^{17}$ см⁻³, $1,1 \cdot 10^{17}$ см⁻³ и $2,6 \cdot 10^{16}$ см⁻³, соответственно. Образцы облучались быстрыми электронами с энергией 6 МэВ и дозой $2 \cdot 10^{17}$ эл/см² при комнатной температуре. Коэффициент термо э.д.с. в этих кристаллах измерен в интервале от 80÷400 К до и после облучения.

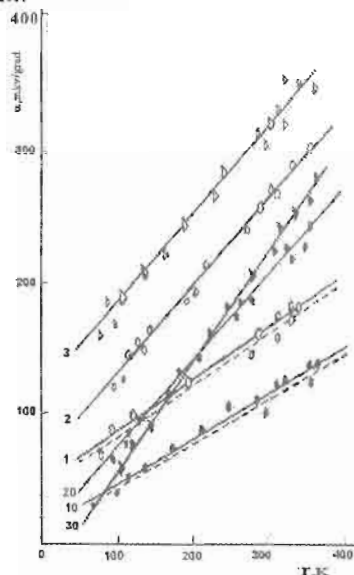


Рис. Зависимость термо-э.д.с. от температуры в кристаллах $In_{0,96}Ga_{0,04}As$ $n=3,4 \cdot 10^{17}$ см⁻³ (пр. 1,10) $In_{0,99}Ga_{0,01}As$ $n=1,1 \cdot 10^{17}$ см⁻³ (пр.2,20) $InAs$ $n=2,6 \cdot 10^{16}$ см⁻³ (пр.3,30). (1,2,3-до облучения, 10,20,30- после облучения.

На рисунке показана зависимость термо э.д.с. от температуры в твердых растворах $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ и InAs . Как видно, значение термо эдс после облучения уменьшается (10,20,30) по сравнению с необлученными кристаллами (1,2,3). Облучение не влияет на наклон кривых в обоих твердых растворах.

Зависимость термо э.д.с. от температуры более резкая в твердом растворе с меньшей концентрацией носителей заряда. На рисунке приведено изменение термо э.д.с. от температуры в InAs до и после облучения (3 и 30). Как видно, с облучением коэффициент Зеебека уменьшается.

В исследованном интервале температур наклон $\alpha(T)$ в облученном кристалле более резкий. Проведенные теоретические расчеты (пунктирная линия) для сплава $\text{In}_{0.96}\text{Ga}_{0.04}\text{As}$ вполне соответствуют экспериментальным результатам. Для расчета термо э.д.с. в зависимости от температуры использована формула из работы [1].

$$\alpha = -\frac{k}{e} \left(A_m + \frac{E_{F(m)}}{kT} \right) \quad (1)$$

где A_m – постоянная для данного состава твердого раствора и зависит от концентрации носителей заряда,

$$A_m = \left[\frac{n_1}{n} x A_1 + \frac{n_2}{n} (1-x) A_2 \right] \quad (2) \quad E_{Fm} = \left[\frac{n_1}{n} x E_{F1} + \frac{n_2}{n} (1-x) E_{F2} \right] \quad (3)$$

Здесь x – состав твердого раствора, n_1 и n_2 концентрации носителей заряда исходных компонентов и n – концентрация носителей заряда твердого раствора при данной температуре, A_1 и A_2 постоянные для исходных компонентов, E_{Fm} – разность энергии между дном зоны проводимости и уровнем Ферми. E_{F1} и E_{F2} различия энергии Ферми в исходных компонентах в зависимости от концентрации электронов в зоне проводимости. Концентрации вычислены по формуле:

$$n = 2 \left(\frac{m_e kT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} e^{(\mu - E_g)/kT} \quad (4)$$

Здесь m_e – эффективная масса электронов, E_g – ширина запрещенной зоны и μ – уровень Ферми. При вычислении термо э.д.с. в твердых растворах вначале рассчитаны постоянные A_1 и A_2 для исходных компонентов по экспериментальным данным α из работ [2,4,5,6].

Термо э.д.с. в твердых растворах с разными концентрациями и составами (кр. 1 и 2) для сплавов с низкой концентрацией. большая, несмотря на то, что по составу они имеют большую часть InAs . И это вполне соответствует результатам работы [1]. Как указано в [1] значение термо э.д.с. сравнительно сильнее зависит от концентрации носителей заряда, чем от состава твердого раствора.

Как видно, во всех кристаллах значение термо э.д.с. уменьшается с облучением, что является результатом роста концентрации свободных электронов с образованием радиационных дефектов донорного типа. Возрастание термо э.д.с. с температурой в твердых растворах с большей частью арсенида индия более резкое, как до, так и после облучения.

Представляет интерес выяснение механизма взаимодействия электронов с радиационными дефектами в твердых растворах $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ и InAs при комнатной температуре на основе анализа термо э.д.с.

В исходном InAs ($n = 2,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$) с не вырожденным электронным газом термо э.д.с. вычисляется по формуле

$$\alpha = -\frac{k}{e} \left[r + 2 + \ln \frac{2(2\pi m kT)}{h^3 n} \right]^{3/2} \quad (5)$$

Исследование термо э.д.с. в InAs до облучения показало, что параметр рассеяния $r = 0$, т.е. носители заряда рассеиваются на акустических колебаниях решетки. После облучения с возрастанием концентрации носителей заряда ($n = 4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$) материал становится вырожденным и термо э.д.с. вычислялась по формуле.

$$\alpha = \frac{k}{e} \left[\frac{(r+2)F_{r+1}(\mu^*)}{(r+1)F_r(\mu^*)} - \mu^* \right] \quad (6)$$

Найдено, что после облучения, значение параметра рассеяния в этих материалах становится $r = 1/2$, т.е. носители тока рассеиваются на оптической ветви колебаний решетки.

- [1] Geeta Anuja, H.C.Gupta and L.M.Tiwari "Thermoelectric Power of III-V Ternary Mixed Crystals". Journal of the Physical Society of Japan., vol.52, №12 (1983), pp. 4283-4285.
- [2] Ш.Ш.Рашидова. Термо-э.д.с. в системе $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$. Мат. Респ. Научн. Конференции аспирантов. Баку 1986, с. 14-15.
- [3] М.И.Алиев, Х.А.Халилов, Х.Я.Халилов. О влиянии нарушения периодичности на некоторые свойства кристаллов - Доклады АН Азерб. ССР. 1980, т. XXXVI, №1, с.26-30.
- [4] Н.П.Кекелидзе, З.В.Квиникадзе. Влияние жесткой радиации на термоэлектрические свойства твердых растворов $\text{InP}_x\text{As}_{1-x}$. Сообщ. АН Груз.ССР, 1979, 95, №3, с.581-584.
- [5] S.K.Sutradhar and D.Chattopadhyay "Thermoelectric power of n-GaAs" J. Phys. C: Solid State Phys. Vol.12. 1979. pp. 1693-1697.
- [6] М.М. Гаджиалиев "Температурные зависимость термо э.д.с. n-InAs в поперечном квантующем магнитном поле." Изв.вузов Физика 2000 №6, стр 105-106.

A³B⁵ ŞÜALANMANIN TERMO.E.H.Q.NƏ TƏSİRİ

**ƏLİYEV M.I., RƏŞİDOVA Ş.Ş., ƏLİYEV İ.M.,
HÜSEYNOVA M.A., CƏFƏROVA M.A.**

İşdə $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ ($x=0.01; 0.04$) və InAs bərk məhlulların 6 MeV enerjiyə malik sürətli elektron dəstəsi ilə 80÷400 K intervalında $2 \cdot 10^{17} \text{ el/sm}^2$ dozada şüalandırılan termo.e.h.q. tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, şüalanma zamanı bərk məhlullarda termo.e.h.q. əmsalı azalır, nəticədə donor tipli radiation defektlərin yaranması ilə sərbəst elektronların konsentrasiyası artır. Müəyyən olunmuşdur ki, şüalanmadan sonra bu kristallarda səpilmə əmsalı $r=1/2$ olur. Yükdaşıyıcılar qəfəsin optik rəqslərindən səpilir.

INFLUENCE OF THE ELECTRONIC IRRADIATION ON THERMO-EMF OF A³B⁵ COMPOUNDS

**ALIYEV M.I., RASHIDOVA Sh.Sh., ALIYEV I.M.,
GUSEYNOVA M.A., JAFAROVA M.A.**

In $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ ($x=0.01; 0.04$) and InAs solid solutions irradiated by fast electrons with energy of 6 meV and doze of $2 \cdot 10^{17} \text{ e/cm}^2$ in the interval of 80-400K, the thermo power has been investigated. It is revealed that in all crystals the thermo-power magnitude decreases on irradiation which is the result of free electron concentration growth with formation of irradiation defects of the donor type. It is found that after irradiation the scattering parameter value in these materials becomes $r=1/2$, i.e. charge carriers scatter on the optical branch of fluctuations of the lattice.