

## Цель исследования

Цель настоящей работы – поиск новых композитных материалов с высокими значениями коэффициента Зеебека.

## Элемент Иоффе

Иоффе А.Ф. сконструировал "партизанский" котелок, который использовался во время Великой Отечественной войны. За счёт теплового потока через термопары пользователь-партизан получал 3 В, что достаточно для питания радиостанции. Изготовлено более 1000 шт.! Иоффе А.Ф. внёс значительный вклад в разработку и применение полупроводниковых термоэлементов, наиболее эффективных на сегодняшний день.



## Актуальность исследования

Композитные материалы, обладающие сравнимыми с полупроводниковыми характеристиками параметры термоэдс, могут служить альтернативой сложным полупроводниковым термоэлементам. Следует отметить высокую температурную стабильность синтезированных керамических композитов, до 500 °С.

## Эксперимент



К композитам припаивались или приваривались электроды, и подключались к цифровому измерителю Ц300. Нагревание проводилось как водой, так и высокой температурой с помощью газовой горелки.

## Идеология работы и составы

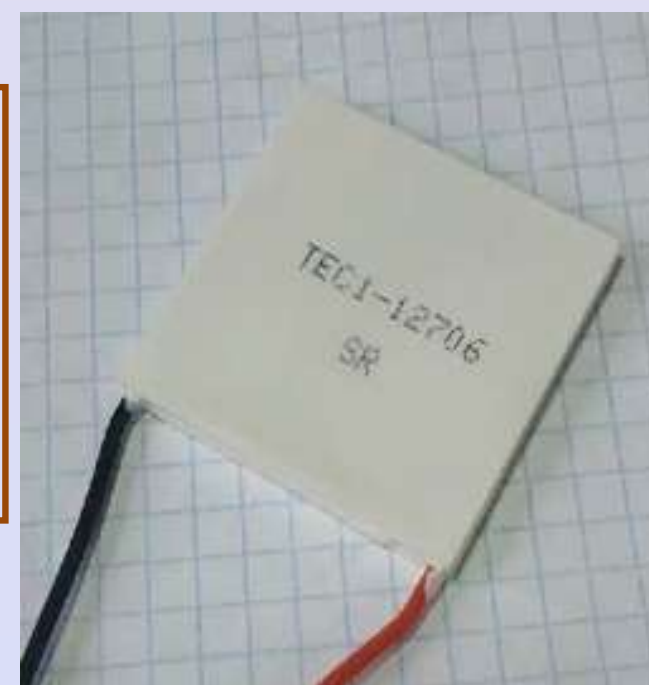
Сущность явления заключается в возникновении ЭДС в проводниках или полупроводниках при разных температурах на их концах. Однако, могут ли композиты достигать значений коэффициента Зеебека, сравнимых с полупроводниковыми элементами?

Условия эффективности: ZT должно быть больше единицы, T – средняя температура.

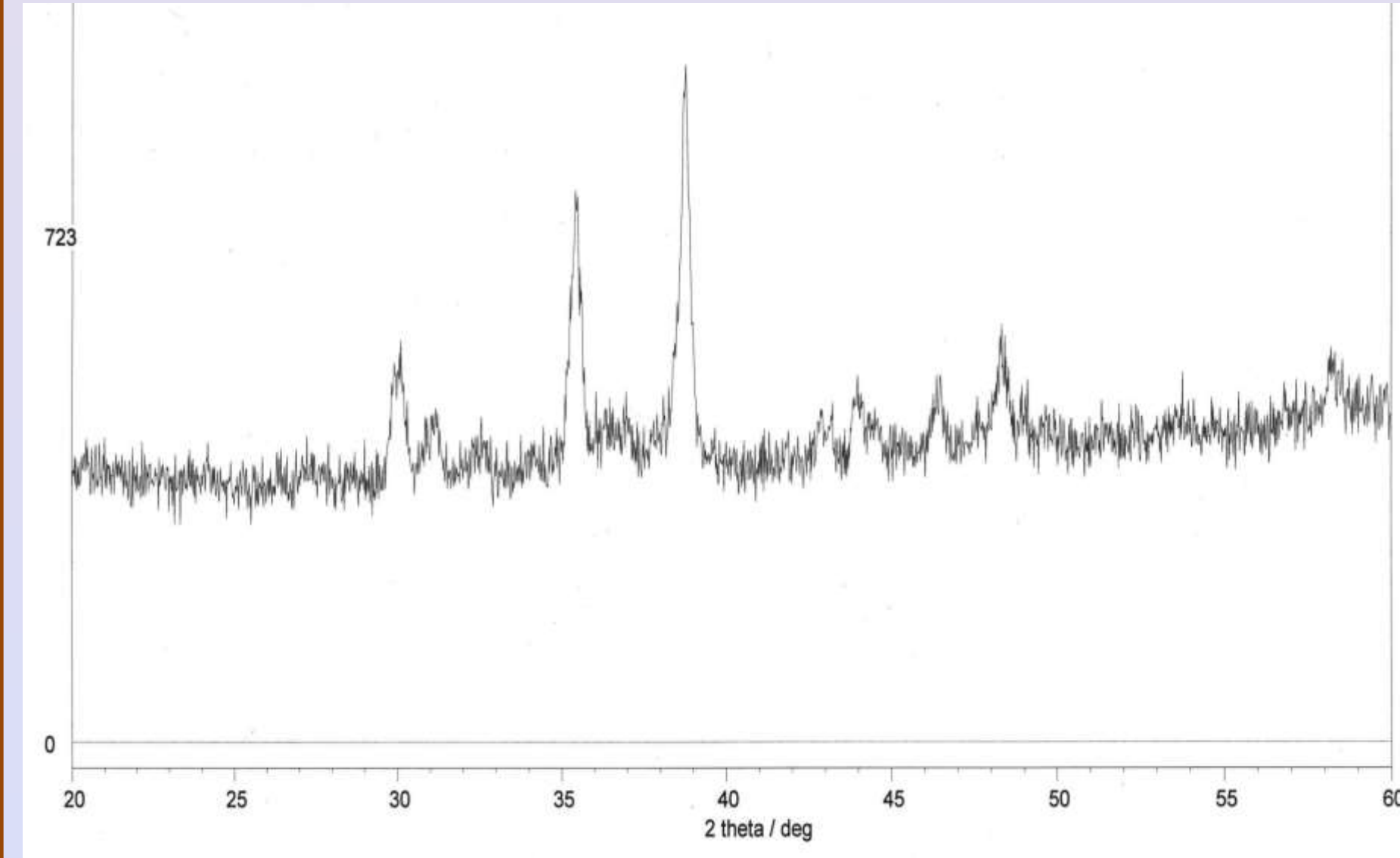
$$Z = \frac{S^2 \sigma}{\lambda}$$

$Z$  – эффективность термоэлектрического преобразования  
 $S$  – коэффициент Зеебека, мкВ/К  
 $\sigma$  – электропроводность, Ом·м  
 $\lambda$  – теплопроводность, Вт/м·К

Элемент Пельтье/Зеебека, в России не производится, S = 1000 мкВ/К



## Рентгеновская дифракция

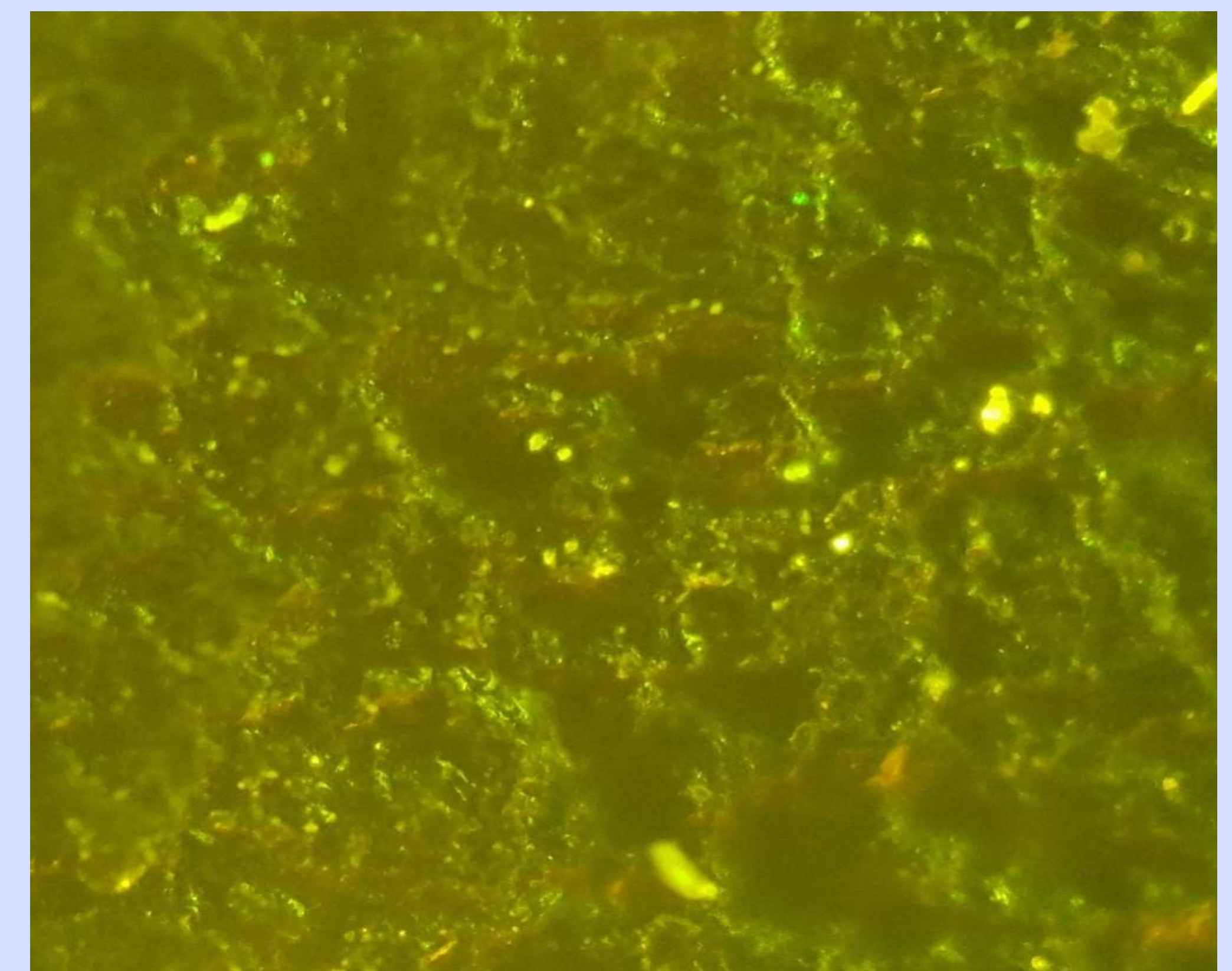


После синтеза композитов при температуре 950 °С в их составе появляются дополнительные фазы – частицы меди и оксиды меди (1, 4).

В нашем эксперименте мы использовали многокомпонентные композиты, состоящие из следующих веществ:

## Оптика

Также был использован микроскоп Zeiss Axio LabA1. В микроскопе реализованы такие методы контрастирования, как светлое поле, темное поле, фазовый контраст, флуоресценция, поляризация.



Фрагмент поверхности состава: CuO<sub>2</sub> 50%/ LSMO 20%/ LiCoO<sub>2</sub> 20%/ GeO<sub>2</sub> 10%. Режим съемки флуоресценция. Светящиеся агломераты – частицы меди. Размеры частиц оксидов меди и манганита порядка 20-40 мкм. Тёмная фаза – оксиды меди и манганит лантана стронция, LSMO.

## Литература

1. Иоффе А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы. Изд-во АН СССР. М.-Л. 1956.
2. Красуцкая Н.С., Клындюк А.И., Евсеева Л.Е., Танаева С.А. Синтез и свойства оксидных термоэлектриков Na<sub>2</sub>CoO<sub>2</sub>. Неорганические материалы, 2016, т. 52, с. 438-444.
3. Гриднев С.А., Калинин Ю.Е., Макагонов В.А. Физические основы увеличения термоэлектрической добротности наноструктурированных материалов. Альтернативная энергетика и экология, 2019, № 34, с. 41-72.
4. Md. M. Mallick and S. Vitta. Giant Enhancement in High-Temperature Thermoelectric Figure-of-Merit of Layered Cobalt Oxide, LiCoO<sub>2</sub>, Due to a Dual Strategy Co Substitution and Lithiation. Inorg. Chem., 2017, V. 56, P. 5827-5938.

## Выводы

- Таким образом, как отмечается и в работе [3], экспериментально показано, что вполне возможно создать термоэлектрические композитные материалы с малой теплопроводностью за счёт рассеяния фононов на границах раздела сред и высоким коэффициентом Зеебека.
- Исследованные композитные материалы имеют коэффициент Зеебека порядка 200 - 600 мкВ/К при токе короткого замыкания 5-50мкА, что ниже, данных для полупроводниковых элементов, однако преимущества композитов состоят в дешевизне и легкости синтеза.