



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МГУ ИМ. ЛОМОНОСОВА
ШКОЛА-ИНТЕРНАТ ИМ. КОЛМОГОРОВА

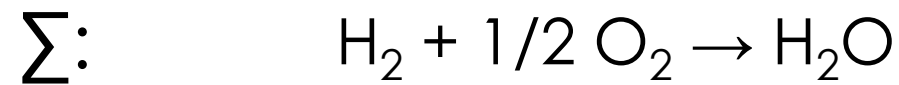
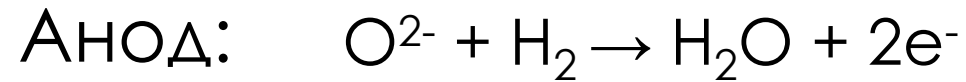


СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ С ПЕРОВСКИТНОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДОВ В СИММЕТРИЧНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Выполнила: Чикинёва Татьяна Юрьевна ученица 11 «Л» класса СУНЦ
МГУ им. Колмогорова
Руководитель: Морозов Анатолий Владимирович
Студент 1-го курса магистратуры
Факультета наук о материалах
МГУ им. М.В. Ломоносова

Москва 2017

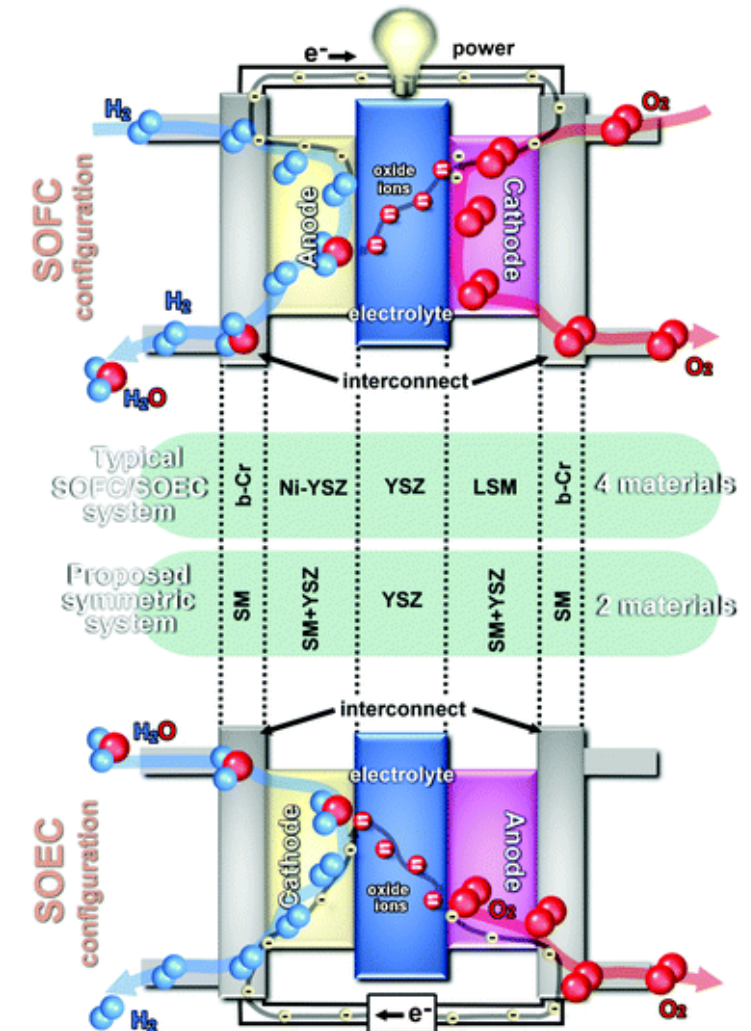
Твердооксидные топливные элементы



$T=600-950^\circ\text{C}$

Преимущества:

- 1) Отсутствие проблемы коксового и серного отравления электродов
- 2) Экономически выгоднее стандартного ТОТЭ



Цели и задачи

➤ Цель работы:

- Поиск новых электродных материалов для симметричных ТОТЭ на основе оксидов с перовскитной структурой.

➤ Задачи практической части

- Синтез новых оксидов $\text{La}_x\text{Ca}_{(1-x)}\text{Fe}_y\text{Mo}_{0,25}\text{Mg}_{0,25}\text{O}_3$ ($x=0,2$ до $0,8$; $y=0,5$ и $0,6$) методом твердофазного отжига.
- Синтез новых оксидов $\text{La}_x\text{Ca}_{(1-x)}\text{Fe}_y\text{Mo}_{0,25}\text{Mg}_{0,25}\text{O}_3$ ($x=0,2$ до $0,8$; $y=0,5$ и $0,6$) цитратным методом и методом золь-геля с применением ТМАОН
- Анализ кристаллической структуры полученных соединений.
- Изучение термической устойчивости в восстановительных и окислительных атмосферах.
- Исследование термического расширения и электропроводности.

Методы синтеза

Взвесили исходные вещества

Перетерли навески в гомогенную смесь

Отжгли смесь с промежуточными перетираниями

Синтез
 $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$

Исходные вещества:

MoO_3 и Fe_2O_3

Проведенные отжики:

650°C - 48 часов (x2)

700°C - 24 часов

800°C - 10 часов

Синтез $\text{La}_x\text{Ca}_{(1-x)}\text{Fe}_y\text{Mo}_{0,25}\text{Mg}_{0,25}\text{O}_3$
($x=0,2$ до $0,8$; $y=0,5$ и $0,6$)

La_2O_3 , CaCO_3 , MgO , Fe_2O_3 и
 $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$

900°C - 12 часов

1300°C - 12 часов

1300°C - 72 часов

Синтез методом мягкой химии

Взвесили
исходные
вещества

Добавили
навески
к растворителю

Довели значение
рН до 7,5

Упарили смесь
до загустевания

Отожгли смесь с
промежуточными
перетираниями

Исходные вещества:

$\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5,25\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 , MgO ,
 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9,25\text{H}_2\text{O}$ и
 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 1,245\text{H}_2\text{O}$

Растворители:

лимонная кислота
($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и HNO_3
лимонная кислота
($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и ЭДТА

Регулятор уровня рН:

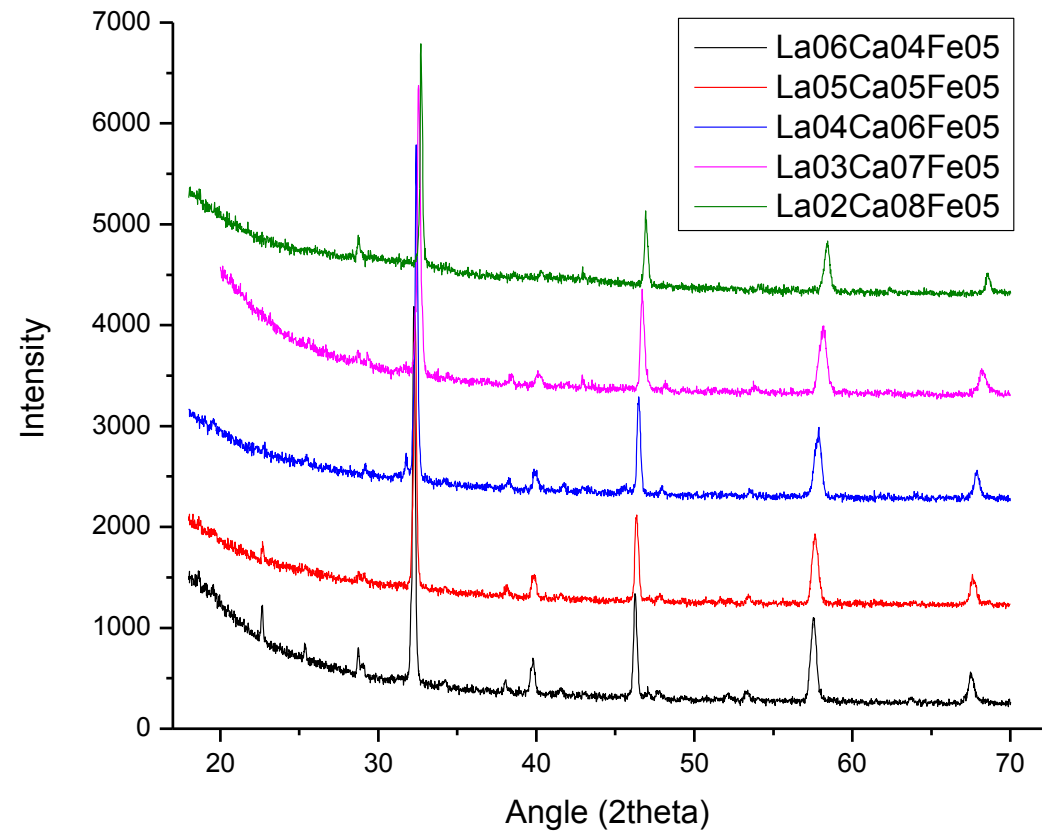
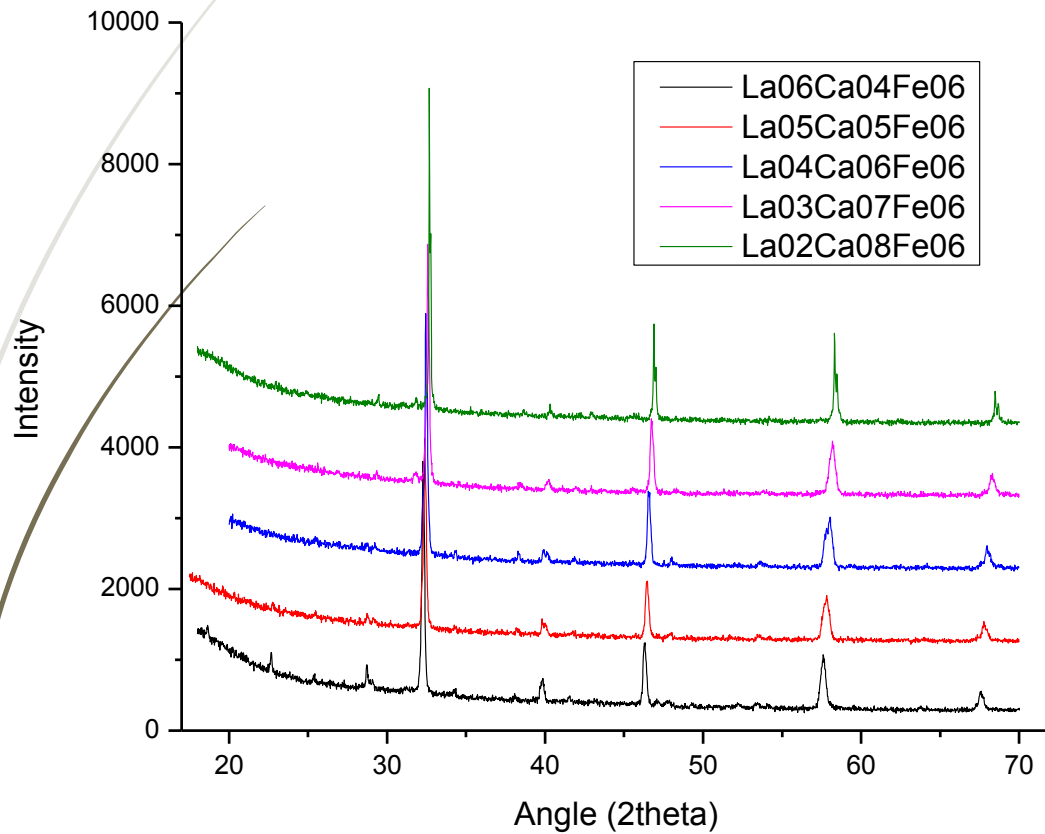
$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
ТМАОН

Проведенные отжижки:

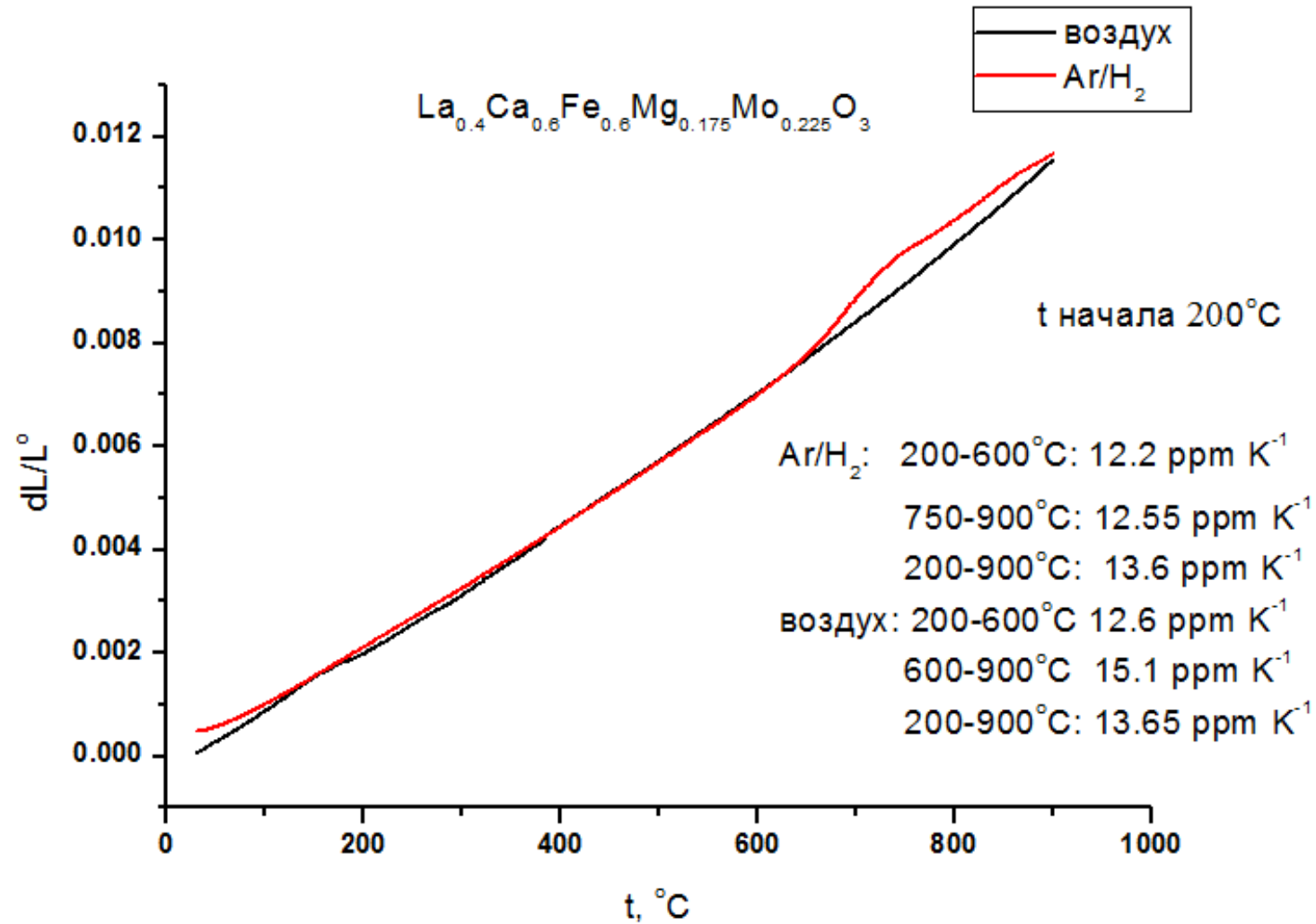
500°C - 5 ч
900°C - 5 ч
1100°C - 24 и 48ч

С помощью синтеза методами мягкой химии с использованием разных растворителей были получены требуемые сложные оксиды. Однако, анализ показал высокое содержание примесей в их составе.

Кристаллическая структура



Термическое расширение



Электропроводность

$T = 1173\text{K}$

$\text{La}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{Fe}_{0.6}\text{Mg}_{0.175}\text{Mo}_{0.225}\text{O}_3$:

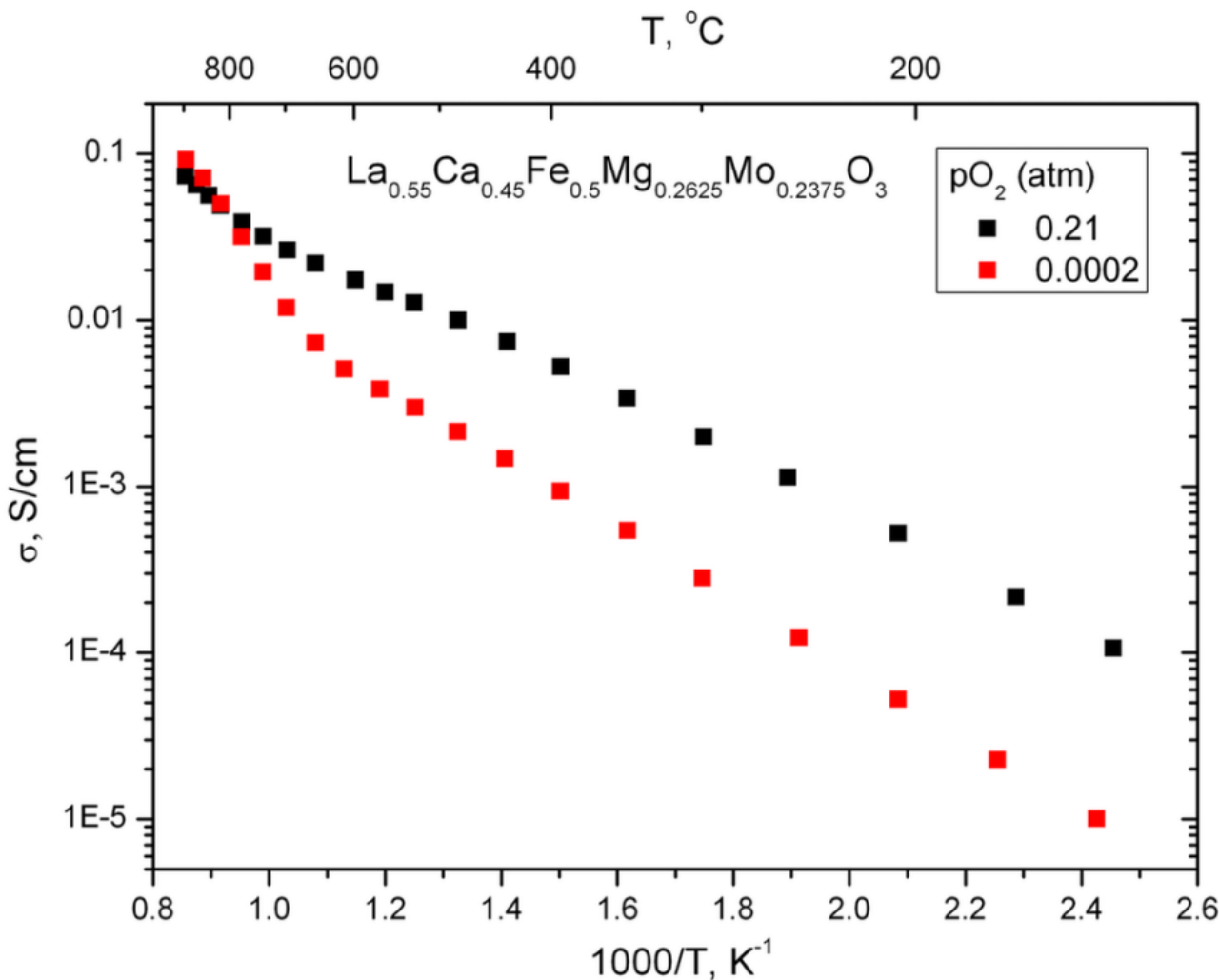
➤ $\sigma = 0.21 \text{ См/см}$ в Ar

➤ $\sigma = 0.24 \text{ См/см}$ на воздухе,

➤ $\text{La}_{0.55}\text{Ca}_{0.45}\text{Fe}_{0.5}\text{Mg}_{0.2625}\text{Mo}_{0.2375}\text{O}_3$:

➤ $\sigma = 0.07 \text{ См/см}$ на воздухе

➤ $\sigma = 0.09 \text{ См/см}$ в Ar



Выводы

- Были синтезированы смешанные оксиды состава $\text{La}_x\text{Ca}_{(1-x)}\text{Fe}_y\text{Mo}_{0,25}\text{Mg}_{0,25}\text{O}_3$ ($x=0,2$ до $0,8$; $y=0,5$ и $0,6$)
- Было показано, что с увеличением степени замещения А-атома уменьшается ромбическое искажение элементарной ячейки перовскита
- По совокупности высокотемпературных свойств данные соединения могут быть перспективными для использования в качестве электродов симметричного ТОТЭ, однако необходимы дополнительные термогравиметрические и другие измерения

Список литературы

- 1. В.С. Багоцкий, А.М. Скундин. *Химические источники тока*. М. Энергоиздат 1981
- 2. Э. Юсти, А. Винзель. *Топливные элементы*. М. Мир 1964
- 3. J. C. Larminie and A. Dicks. *Fuel Cell Systems Explained*. John Wiley and Sons Ltd. New York, 2nd edn. 2003
- 4. N.Q. Minh. *High Temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design and Applications* // **J. Am. Ceram. Soc.** 1993
- 5. M. Rekas. *Electrolytes for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells* // **Archives of Metallurgy and Materials** 2015. V. 60(2), P. 891-896. DOI: [10.1515/amm-2015-0225](https://doi.org/10.1515/amm-2015-0225)
- 6. Chao Su, Moses O.Tadé, Meilin Liu, Zongping Shao. *Progress and Prospects in Symmetrical Solid Oxide Fuel Cells with Two Identical Electrodes* // **ADVANCED ENERGY MATERIALS** 2015 DOI: [10.1002/aenm.201500188](https://doi.org/10.1002/aenm.201500188)
- 7. Juan Carlos Ruiz-Morales, David Marrero-López, Jesús Canales-Vázquez, John T.S. Irvine. *Symmetric and reversible solid oxide fuel cells* // **RSC Advances** 2011 DOI: [10.1039/c1ra00284h](https://doi.org/10.1039/c1ra00284h)
- 8. Chongfeng Guo, Shuiting Wang, Tao Chen, Lin Luan, Yan Xu. *Preparation of phosphors $A\text{Eu}(\text{MoO}_4)_2$ ($A=\text{Li}, \text{Na}, \text{K}$ and Ag) by sol-gel method*. **Applied Physics A** 2008 DOI: [10.1007/s00339-008-4811-9](https://doi.org/10.1007/s00339-008-4811-9)