

**ПОРИСТАЯ КЕРАМИКА
НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ
СЕМЕЙСТВА ТИТАНАТА КАЛЬЦИЯ МЕДИ**

С.Г. Пономарев, М.В. Корнюшин, А.В. Смирнов, М.Н. Кормилицин

Лаборатория керамических материалов и технологий,
ФГБОУ ВО "МИРЭА - Российский технологический университет«,
г.Москва

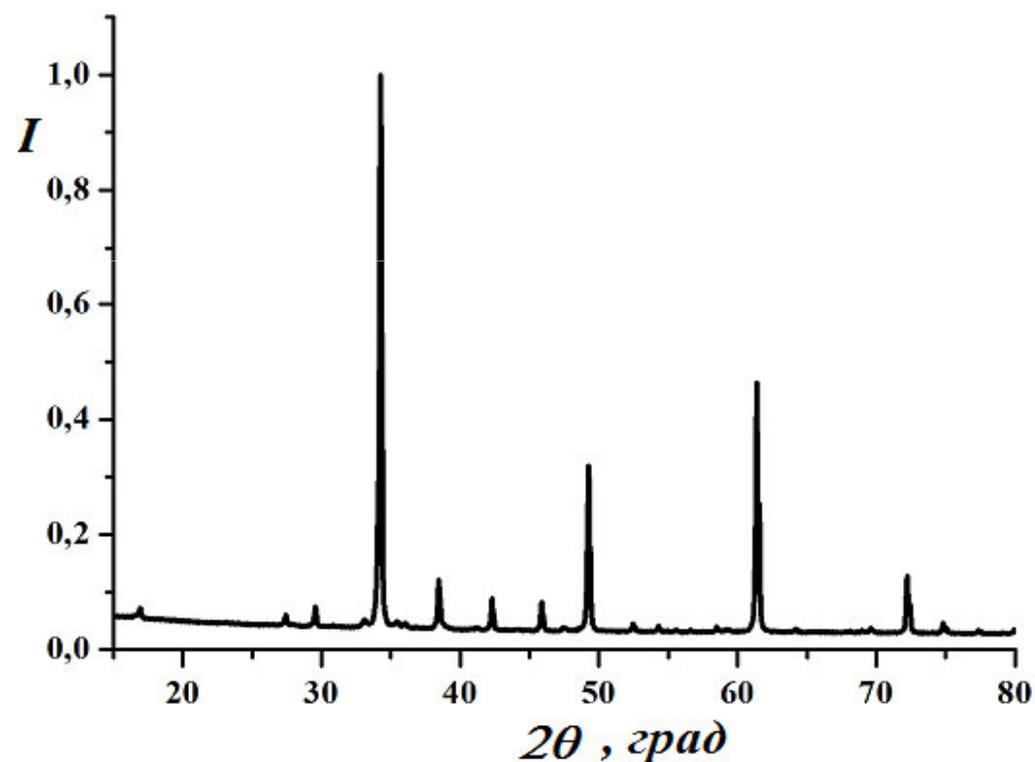
Титанат кальция меди $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ (ССТО)

- Значение относительной диэлектрической проницаемости $\epsilon > 10000$ при комнатной температуре
- Экстремальные значения ϵ сохраняются в широком диапазоне температур от -50 до $+300^\circ\text{C}$.
- При увеличении частоты электромагнитного поля (более 100кГц) значение ϵ падает на несколько порядков.
- Возможное применение: накопители электроэнергии (суперконденсаторы), объемные поглотители паразитных электромагнитных полей, всевозможные преобразователи, датчики, сенсоры.
- Цель данной работы – продемонстрировать возможность получения образцов пористой проницаемой керамики на основе ССТО и исследовать их свойства.

Синтез ССТО

- $4 \cdot \text{TiO}_2 + \text{CaCO}_3 + 3 \cdot \text{CuO} = \text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12} + \text{CO}_2 \uparrow \quad 900^\circ\text{C}$
- Вторичные фазы CaTiO_3 , CuO
- Твердофазный метод, методы «мокрой химии»
- Возможное допирование: $\text{Ca} \longrightarrow \text{Na, Y, Sr, Bi, Eu}$; $\text{Cu} \longrightarrow \text{Ni, Mg, Co, Zn}$; $\text{Ti} \longrightarrow \text{Ga, Ta, Sr}$
- Одновременное допирование в двух подрешетках (Ca, Ti ; Ca, Cu ; Cu, Ti)

Синтез ССТО - РФА



- RowDIX600 (LINEV ADANI, Беларусь, излучение $\text{CuK}\alpha_1$, шаг съемки $0,02^\circ$, — 40кВ/15мА)
- карточка №000-75-2188 ICDD PDF2
- Получен однофазный материал ССТО-1 со средним размером частиц $d_{50} = 1,2\text{мкм}$

Керамика ССТО

- Формования образцов: полусухое вибро прессование (частота 50Гц, амплитуда 60мкм, прижимное давление до 0,1МПа) временное технологическое связующее - 5% водный раствор поливинилового спирта. Заготовки диаметром 18мм, толщиной 2 – 3мм. Обжиг – $T=1100^{\circ}\text{C}$, 2 – 3 часа.
- Образцы керамики ССТО-2: окраска – черный (предположительно присутствие Ti^{3+}), открытая пористость $P_o < 1\%$, плотность 91% от теоретического значения, $\epsilon = 32300$, $\text{tg}\delta = 0,17$ на частоте 1кГц.

Пористая керамика

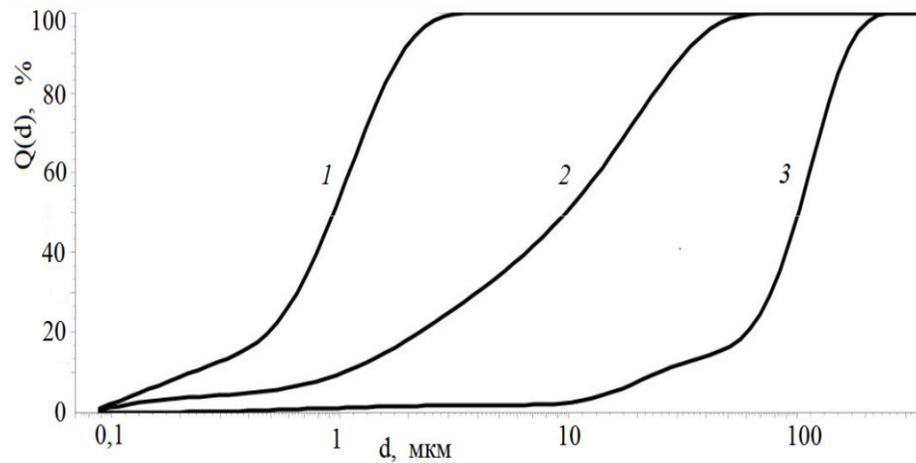


Рис.2. Гранулометрия порошков.
1 – связующее, 2, 3 – наполнитель

- Двухкомпонентная шихта. Связующее – ССТО-1, наполнитель – измельченная керамика ССТО-2.
- Для образцов ССТО-3: 9мас.% связующее и 91% наполнитель (средний размер частиц $d_{50} = 100\text{мкм}$);
- ССТО-4: 25мас.% связующее и 75% наполнитель (средний размер частиц $d_{50} = 10\text{мкм}$).

Пористая керамика - свойства

№	Обозначение	$T_{сп}$, °C	$R \cdot 10^{-5}$, Ом·м	ϵ , (1кГц)	Π_0 , %	ρ_k , г/см ³	D, мкм
1	ССТО-2	1100	0,3	32300	0,6	4,66	--
2	ССТО-3	1080	14	5340	35	2,32	50
3	ССТО-4	1080	12	5720	33	2,40	7

D - средний размер пор, R - удельное электрическое сопротивление

ВЫВОДЫ

- Проведено исследование материалов на основе $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ (ССТО), полученных по керамической технологии.
- Материал ССТО использовался и в качестве связующего, и в качестве наполнителя для получения пористой проницаемой керамики.
- Открытая пористость образцов керамики составила 33 – 35%. Средний размер сквозных пор от 7мкм до 50мкм.
- Диэлектрическая проницаемость композитов уменьшается в 5 – 6 раз при увеличении удельного электрического сопротивления в 10 – 15 раз по сравнению с плотной керамикой ССТО.
- Рассмотренные образцы пористой керамики проницаемы для жидкостей и газов, что позволяет использовать их для различных приложений, например датчиков составов газов.