

# Тема 10. ВЧ электромагнитные поля в процессах получения керамических тугоплавких материалов для атомной энергетики

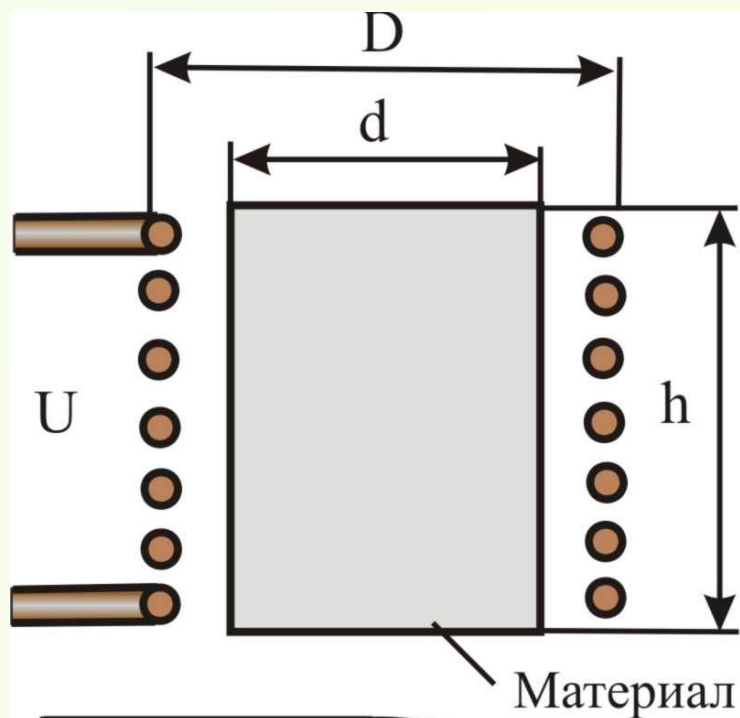
10.1. Сравнение возможностей плазменных и электромагнитных методов получения керамических материалов. Недостатки плазмоструйных процессов получения керамических материалов перечислены ниже.

1. Малое время пребывания реагирующих веществ в плазме (примерно 10-5 -10-1 с).
2. Сильная зависимость параметров плазменных процессов от транспортных свойств частиц (текучесть, сыпучесть и т.д.).
3. Трудно выделить конденсированные продукты из потока плазмы.
4. Нагрев в плазме является косвенным. Эффективность теплообмена недостаточна. Нужны специальные меры.
5. Трудно получить тугоплавкие вещества в компактном виде.

Эти и другие недостатки прямоструйных плазменных процессов вынуждают искать другие, более эффективные методы подвода энергии.

Внешние поля влияют на термодинамику фазовых переходов, изменяется баланс энергии в системе.

Расширяется диапазон параметров, которыми можно управлять (раньше было  $P, V, T$ ; теперь добавились  $E, H$  (напряжённости электрического и магнитного полей), электрическая и магнитная проницаемости, поляризация и т.д.



## Система получения карбидов прямым индукционным нагревом шихты оксидов с углеродом

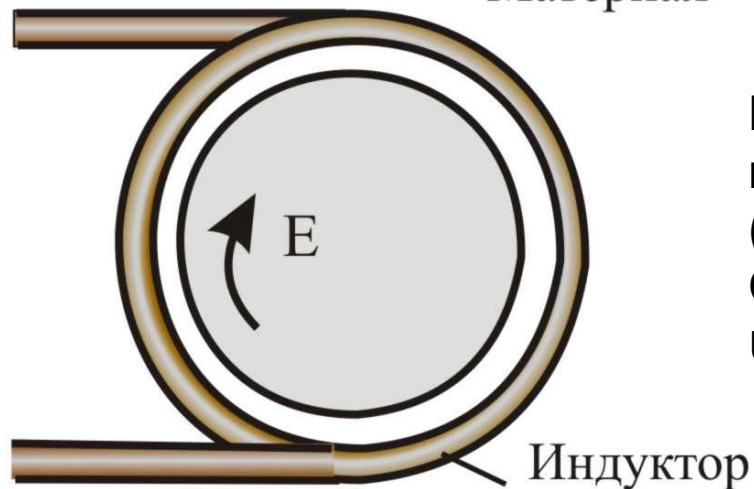
$D$  – диаметр индуктора

$h$  – высота индуктора

$d$  – диаметр столба нагреваемого материала

$U$  – напряжение на зажимах индуктора

$E$  – напряженность электрического поля



Пример 1. Индукционный нагрев  
шихты

(оксиды + углерод).

Синтез карбидов и выделение  $\text{CO}_2$ .

$U = 8$  кВ; частота 13, 56 МГц.

UF6 разлагается на UF4+F2.

$F_2 + 2KI = 2I + 2KF$  – фтор связывается калием  
а йод выделяется в фтор-йодном  
конверторе

## **10.2. Применение внешних полей для интенсификации физико-химических процессов**

**Механизм влияния – обычно весьма сложный.**

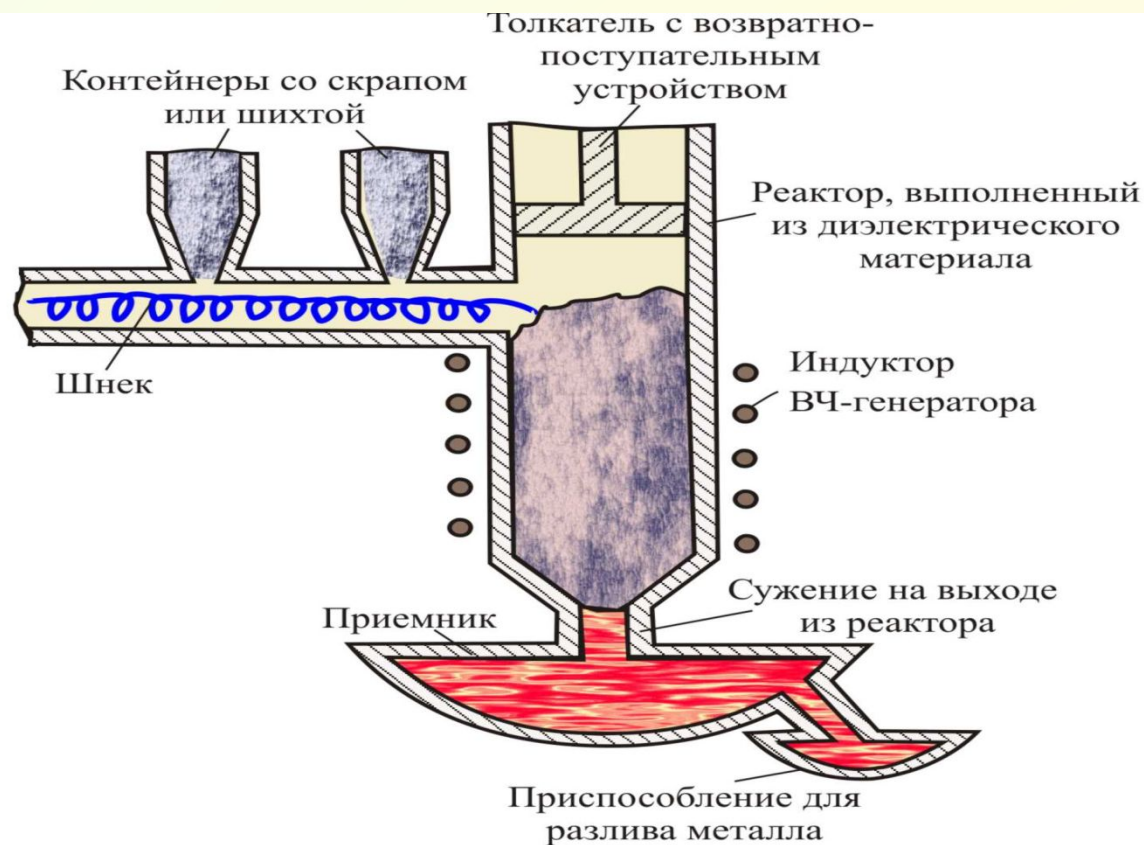
**Требуется напряжённость электрического поля более  $10^7$  В/м.**

**Постоянные и низкочастотные поля малоэффективны. Реально надо иметь более 1 МГц.**

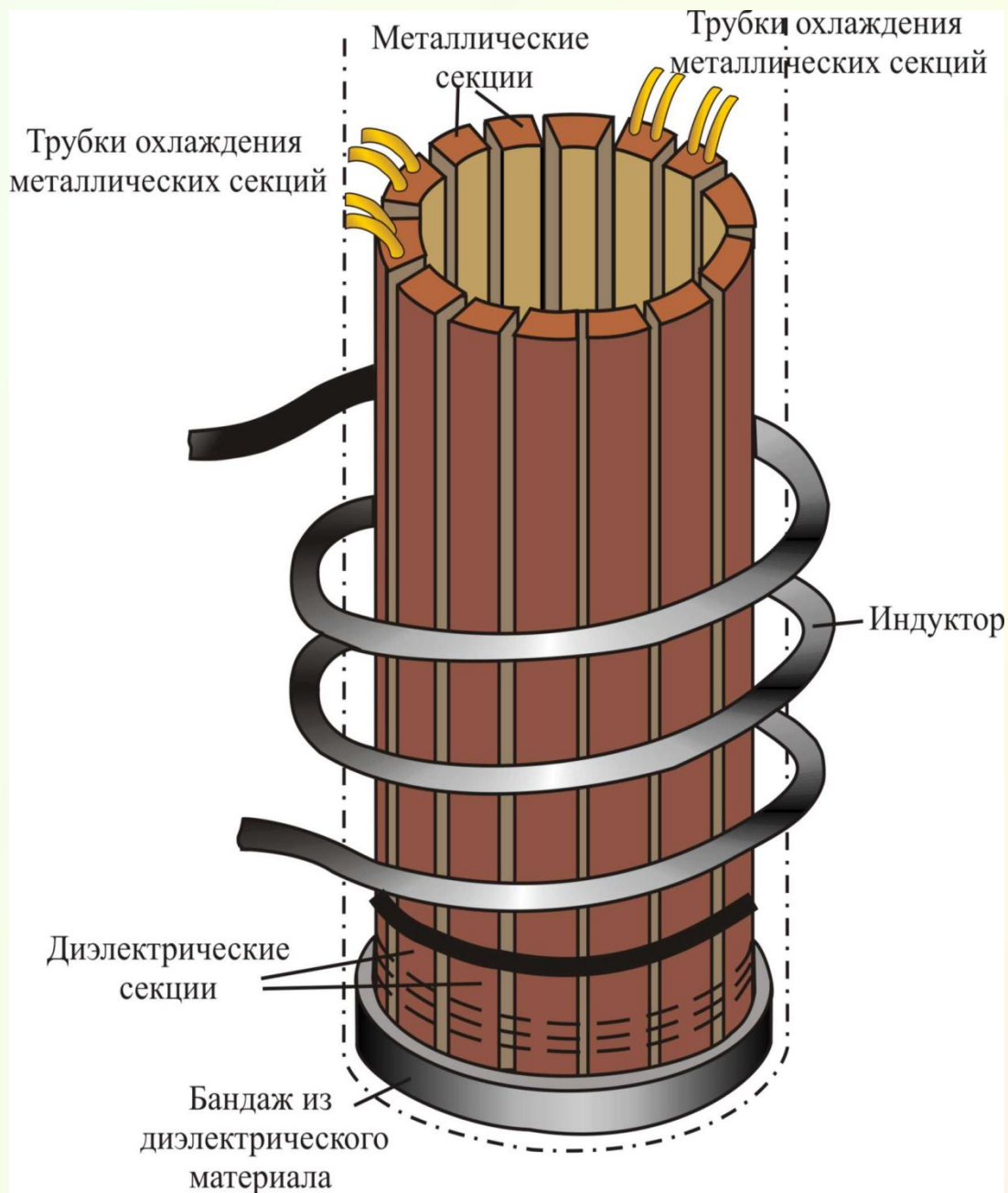
**Области применения:**

- экстракция;**
- сорбция;**
- стимулирование внутреннего массопереноса в ионообменных смолах;**
- сушка;**
- иногда заметно влияние на скорость химических реакций.**
- высокочастотные поля наиболее эффективны для обработки диэлектриков и полупроводников.**

### 10.3. Использование прямого индукционного нагрева для плавки полупроводников и диэлектриков



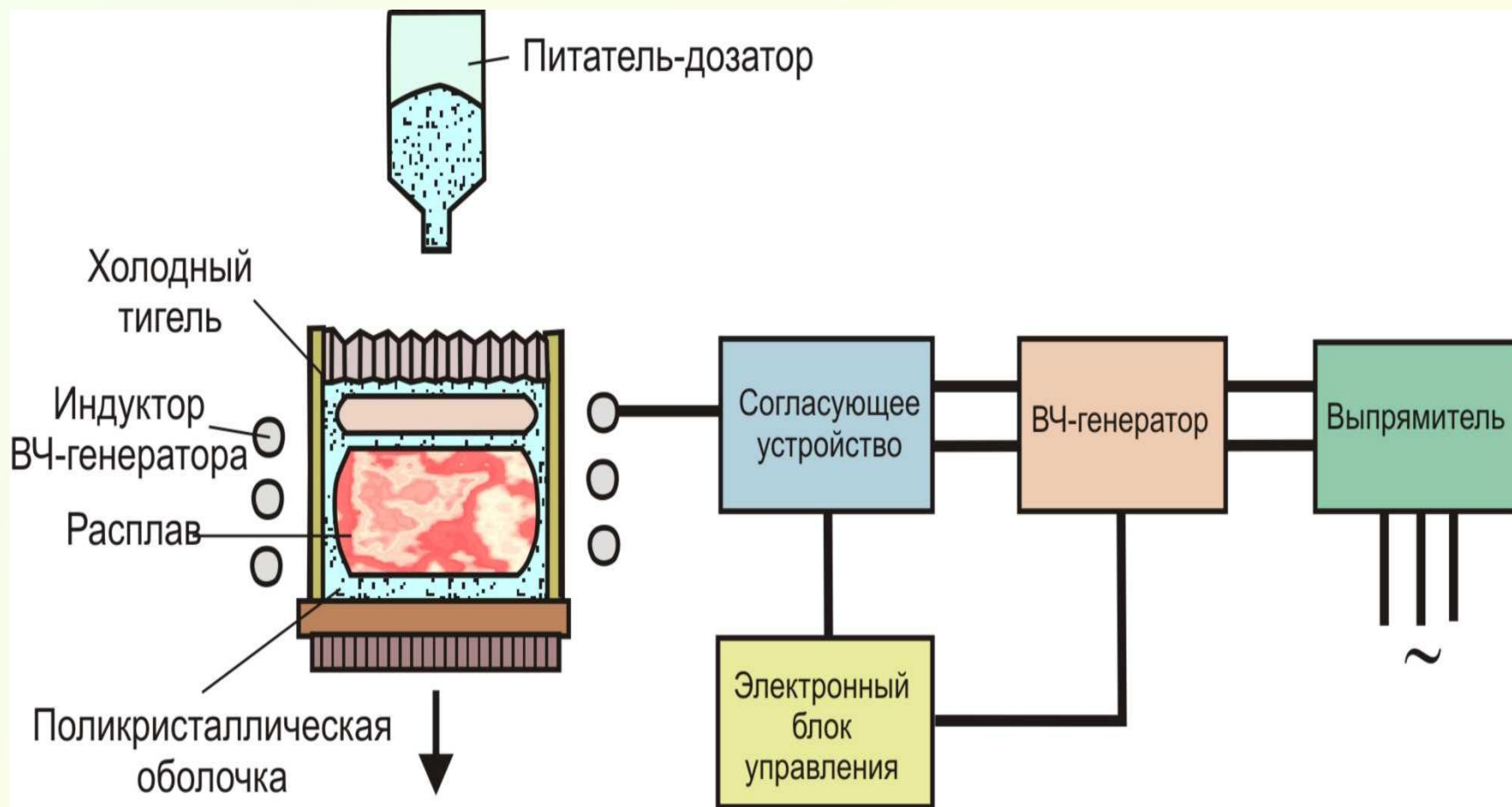
**Схема установки для плавления металлического скрапа на слиток методом прямого индукционного нагрева**



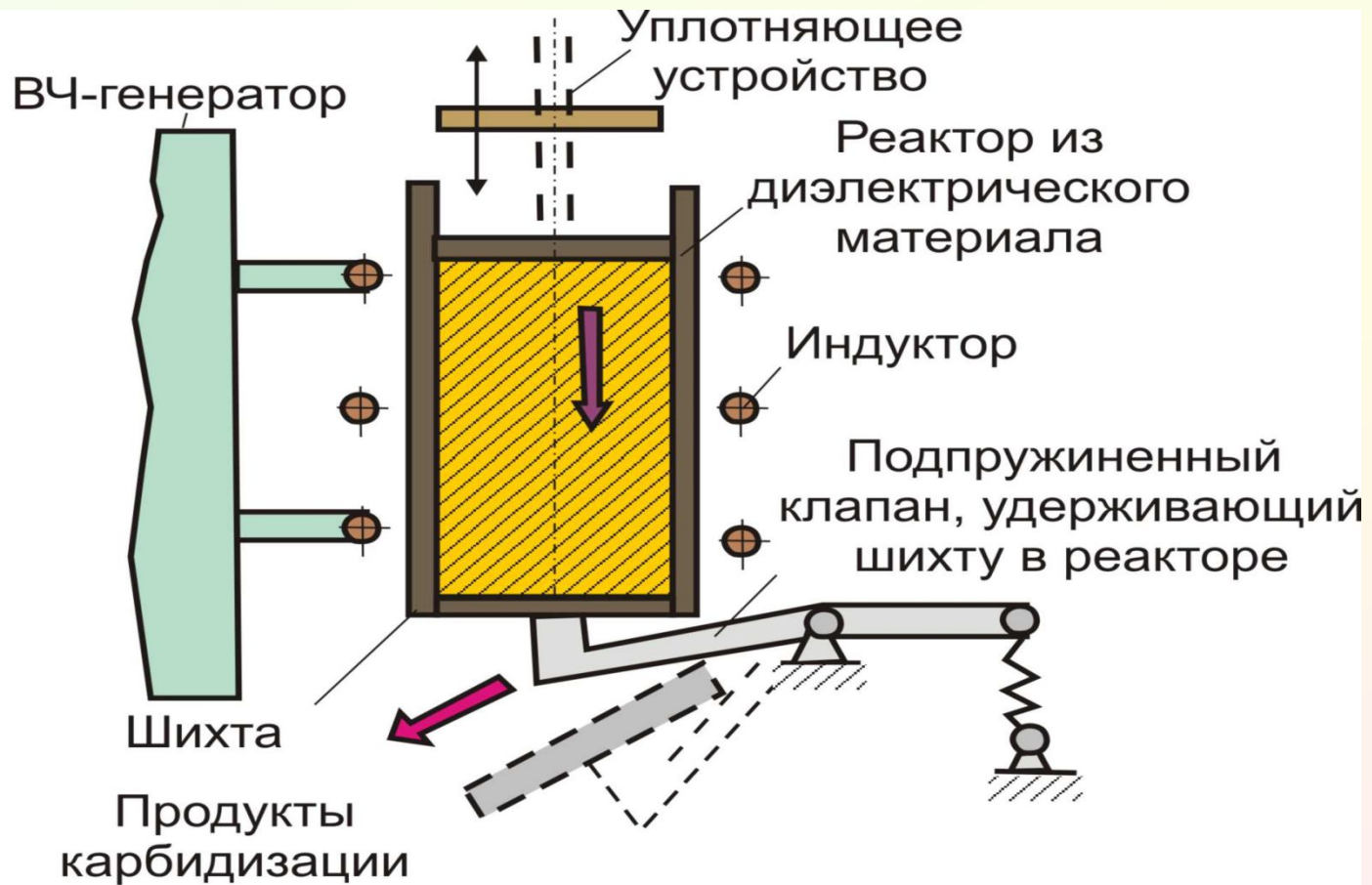
Полупроводники и диэлектрики. Обычно продукт – оксиды. Два варианта: плавка на блок и плавка на выпуск (см. след. слайд).

**Схема холодного тигля**





**Схема прямого ВЧ-плавления в холодном контейнере**



**Принципиальная схема ВЧ-установки с прямым индукционным нагревом для синтеза тугоплавких веществ**