13-ДӘРІС

13

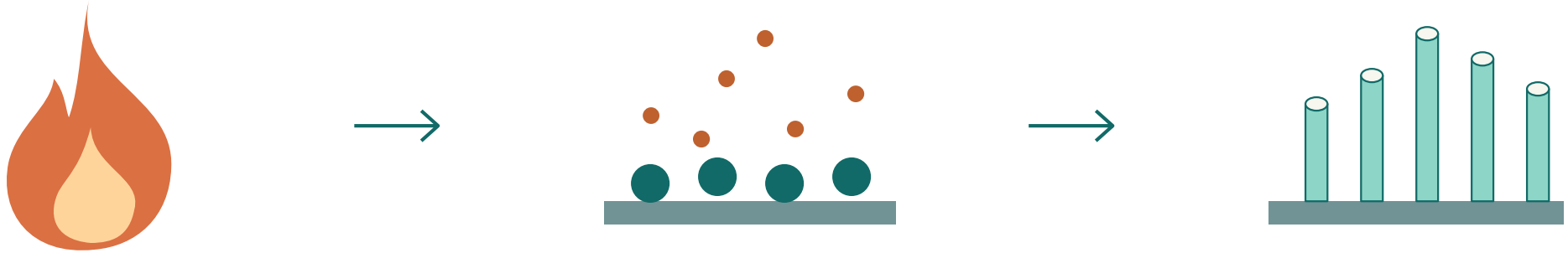
# Көміртекті нанотүтікшелерді жалында алу

Физикалық негіздері, құрылымдық көрсеткіштері және сапаны басқару

Оқу материалы негізінде

# Жалында нанотүтікше қалай түзіледі?

Көміртекке бай аймақта жалынның жылуы каталитикалық өсуді қамтамасыз етеді.



## Жалын

Отын ыдырағанда көміртекті қосылыстар түзіледі.

## Металл катализаторы

Көміртекті қосылыстар Fe, Co немесе Ni нанобөлшектерінің бетінде ыдырайды.

## Нанотүтікшенің өсуі

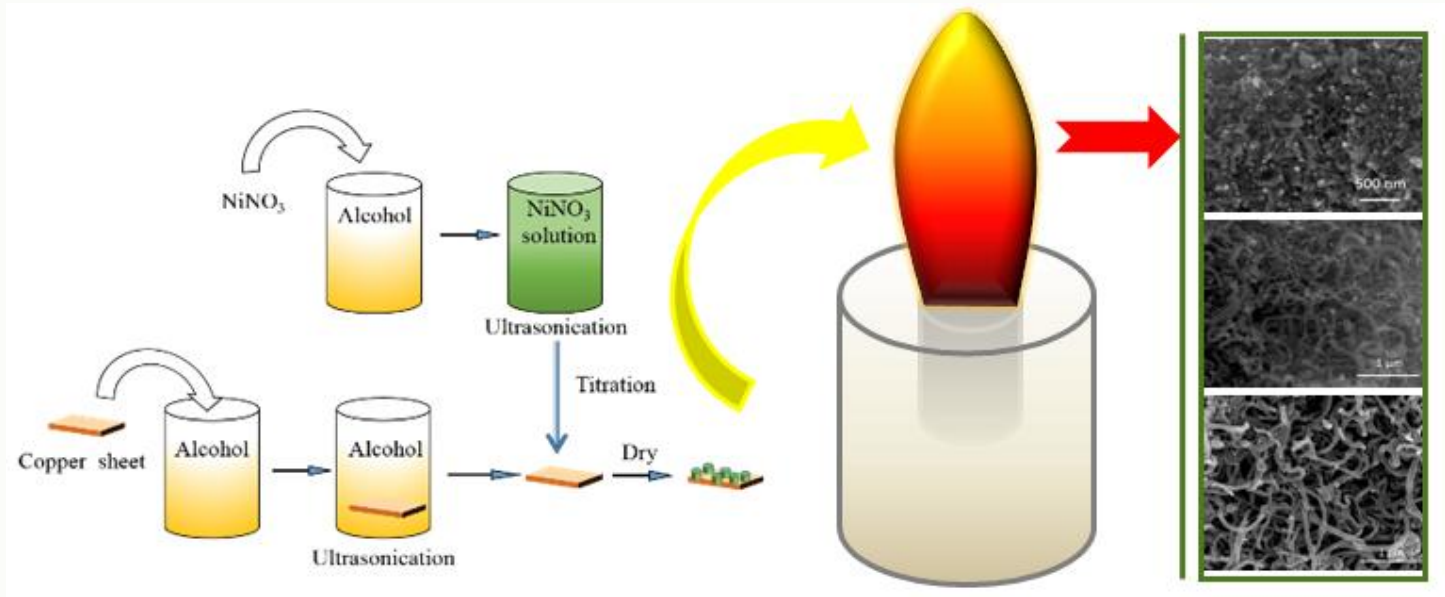
Көміртек графен қабаттарын түзеді. Қабаттар түтікше қабырғасы бойымен өседі.

Дереккөздер Merchan-Merchan және т.б., 2010 · Chu және т.б., 2026

02

# Жалындық синтездің жалпы сызбасы

Көміртек прекурсоры жалында ыдырап, катализатор бетінде CNT түрінде өседі




## Көміртек көзі

Ацетилен, этан немесе пропан молекулалары жоғары температурада ыдырайды.

## Катализатор

Fe, Ni және Co бөлшектері көміртек атомдарының реттеліп қосылуын және түтікше өсуін бағыттайды.

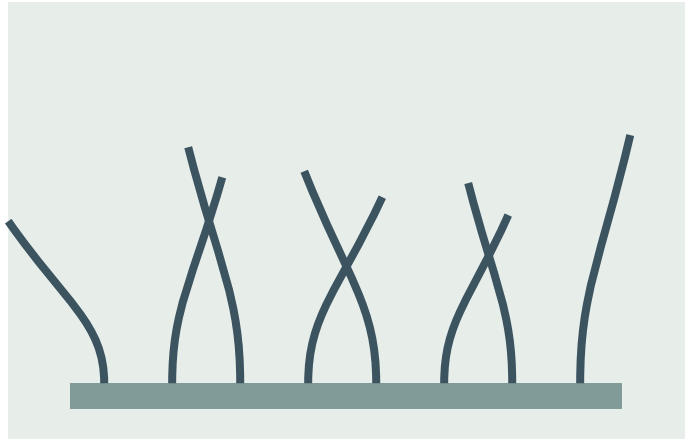
## Сапаны басқару

Температура, газ құрамы және электр өрісі диаметрге, ұзындыққа және қабат санына әсер етеді.

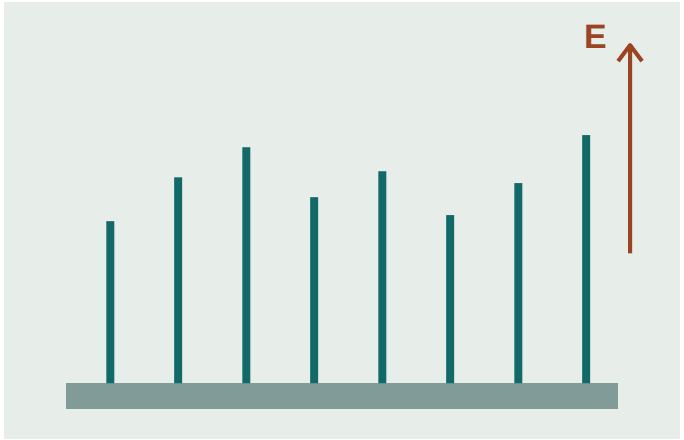
# Электр өрісі түтікшелерді бағдарлай алады

Электродтар арасындағы потенциалдар айырмасы электр өрісін тудырады.

## Өріссіз



## Өріс әсерінде




Бағдарланудың шартты сұлбасы

## Ұсынылған механизм

Өріс түтікше ұшындағы зарядталған катализатор бөлшегіне күш түсіріп, түтікшенің өсу бағытына әсер етуі мүмкін.

Дереккөздер Bao және Pan, 2006 · Merchan-Merchan және т.б., 2006

03

# Процестің физикалық және химиялық негіздері

Жалындағы реакция кинетикасы мен катализатор беті түтікшенің өсуін анықтайды

**1700–3000 °C**

Көміртек көздерінің молекулалары ыдырайтын жалын температурасының материалда берілген аралығы

## 01 Молекулалардың ыдырауы

Көмірсутектер атомдық және кластерлік көміртекке айналады.

## 02 Катализаторда нуклеация

Көміртек металл нанобөлшегінде жиналып, түтікше ядросын қалыптастырады.

## 03 Бағытталған өсу

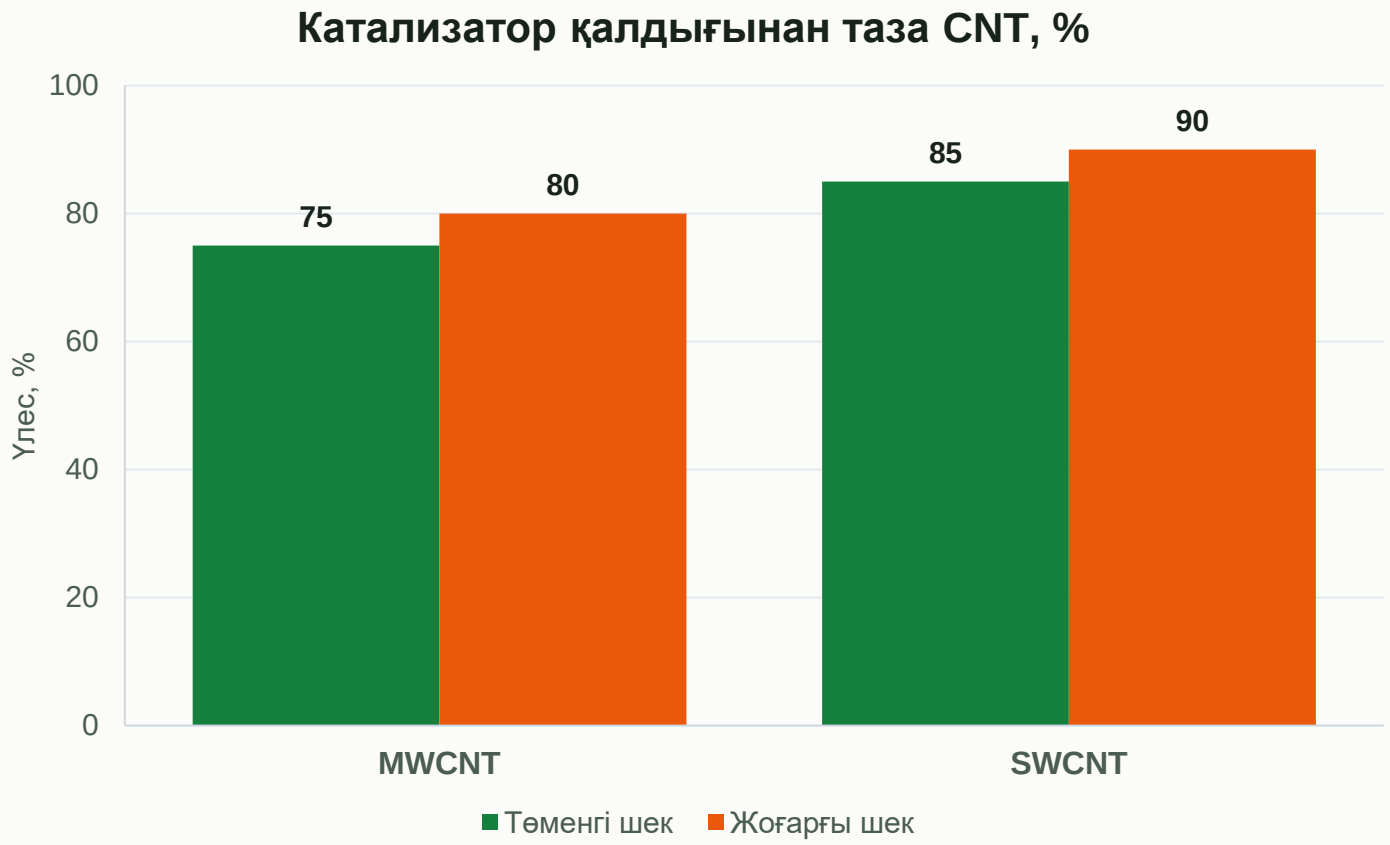
Көміртек қабаттары реттеліп қосылып, SWCNT немесе MWCNT түзіледі.

**Бақылау параметрлері** **Газ құрамы, қысым, температура және электр өрісі**

04

# CNT тазалығының статистикалық диапазоны

Материалда 2022 жылғы зерттеулер бойынша катализатор қалдығынан таза үлес көрсетілген




**MWCNT**

**75–80%**

**SWCNT**

**85–90%**

## Сапа көрсеткіші

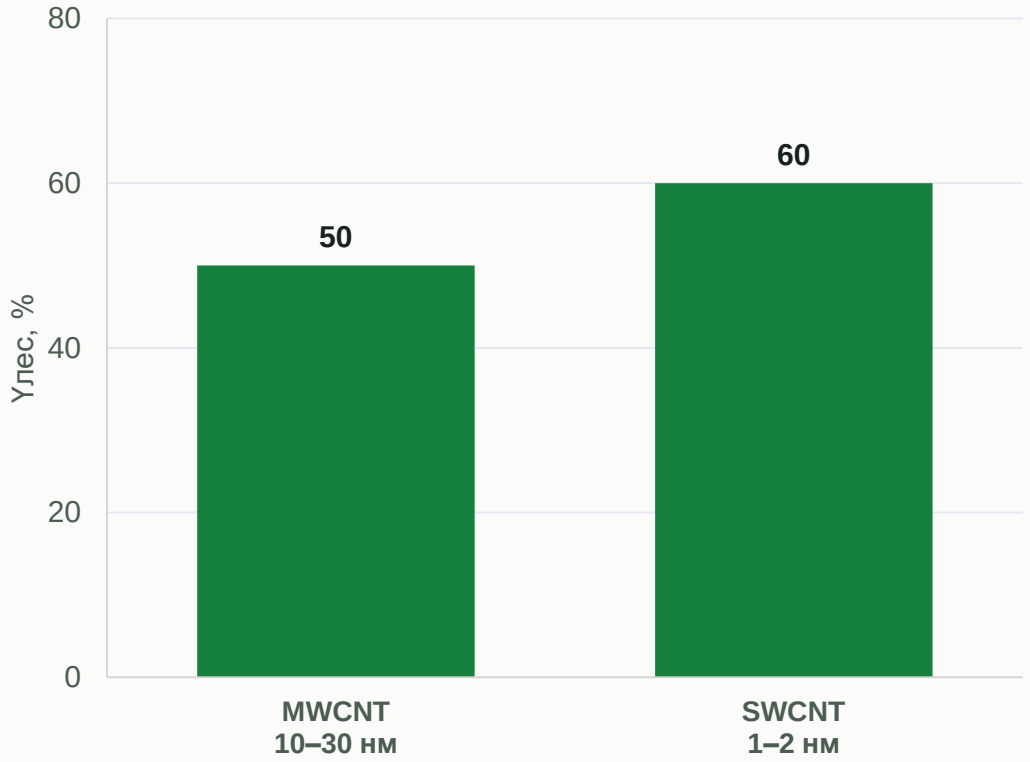
Әр 100 түтікшенің шамамен 70–80-і құрылымдық жағынан біртекті және ақаусыз деп сипатталған.

05

# Диаметр мен ұзындықтың үлестік көрсеткіштері

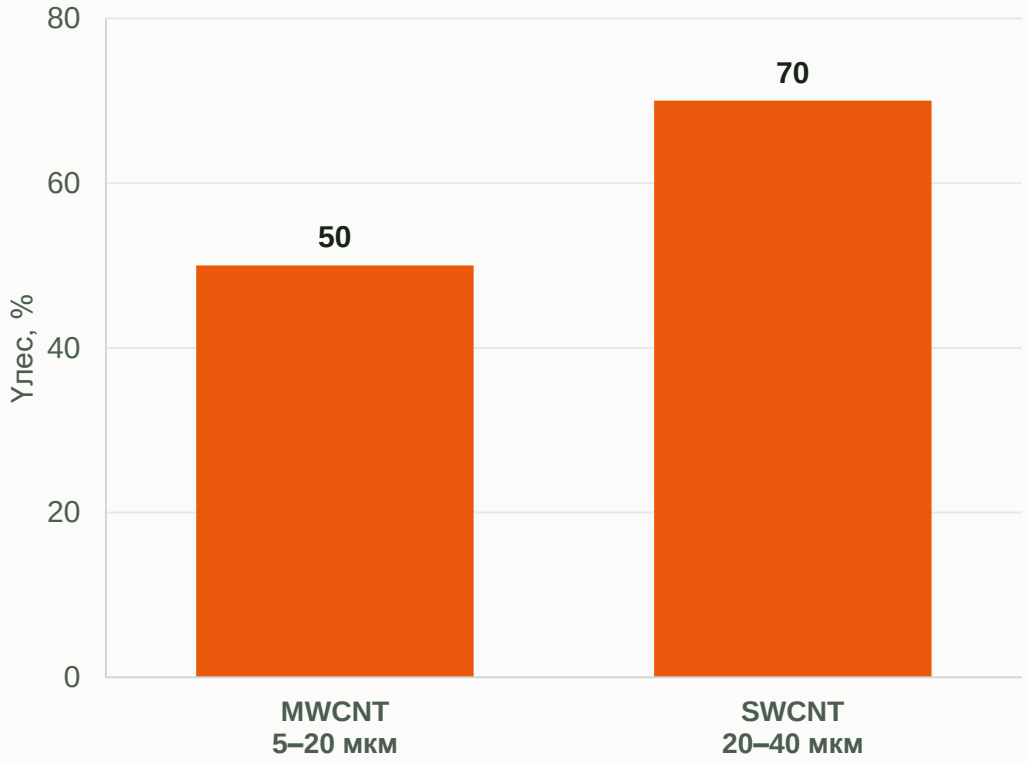
Графиктер CNT түрлері арасындағы өлшем айырмашылығын көрсетеді

## Негізгі диаметр аралығындағы үлес, %




MWCNT диаметрінің жалпы диапазоны: 2–100 нм

## Негізгі ұзындық аралығындағы үлес, %




SWCNT диаметрі: 1–2 нм, ұзындығы: 10–50 мкм

06

# Қасиеттері және қолданылу бағыттары

Жалында алынған CNT жоғары механикалық, электрлік және жылулық сипаттамалар көрсетеді

**50–60 ГПа**

Созылу беріктігі

**$1 \times 10^6$ С/м**

Электр өткізгіштік

**3000–3500**

Вт/(м·K) жылу өткізгіштік

## Суперконденсаторлар

Үлкен меншікті бет пен жоғары өткізгіштік заряд жинақтауға қолайлы.

## Аккумуляторлар

CNT электрод құрылымында өткізгіш қоспа және механикалық тірек қызметін атқарады.

## Наноэлектроника

Бағытталған түтікшелер өткізгіш жолдар мен функционалдық элементтер жасауға мүмкіндік береді.

## Нанокомпозиттер

**Жоғары беріктік пен төмен масса материалды нығайтуға мүмкіндік береді**

# Тәжірибеде қандай өзгерістер байқалды?

Екі зерттеуде электр өрісі түтікшелердің бағдарлануы мен морфологиясына әсер етті.

## Этанол жалыны

**Bao және Pan, 2006**

Біртекті электр өрісінде түтікшелер бір бағытта өсті. Диаметрлері біркелкіленіп, графен қабаттарының кристалдық реттелуі жақсарды.

## Қарсы ағынды жалын

**Merchan-Merchan және т.б., 2006**

Зерттелген 0,3–2 В кернеу аралығында диаметрлері біркелкі, тігінен бағдарланған нанотүтікше массивтері түзілді.

**SEM бағдарлануды, ал TEM түтікше қабырғасының құрылымын көрсетеді.**

DOI 10.1088/0957-4484/17/4/028 · 10.1016/j.carbon.2006.06.025

07

# Артықшылықтары, шектеулері және қорытынды

## Артықшылықтары

**Жоғары өнімділік**

**Синтез уақыты 1–5 минут**

**Электр өрісі арқылы бағыттауды басқару**

**Салыстырмалы қарапайым технология**

## Шектеулері

**Жоғары энергия шығыны**

**Құрылым біртектілігінің өзгеруі**

**Катализатор қалдықтарының болуы**

**Газ құрамы мен температураны тұрақты бақылау қажеттігі**

## Қорытынды

Жалындық синтез қысқа уақытта CNT алуға мүмкіндік береді. Өнім сапасын катализатор, газ құрамы, температура және электр өрісі анықтайды.