

In situ спектроскопические методы электрокаталитического восстановления CO₂

РАССМАТРИВАЕТСЯ СТУДЕНТОМ ГРУППЫ ХТМ-211

КОВАЛЬЧУКОМ СЕРГЕЕМ

Review

In Situ Spectroscopic Methods for Electrocatalytic CO₂ Reduction

Lei Jin ¹ and Ali Seifitokaldani ^{2,*} 

¹ Institute of Fundamental and Frontier Sciences, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China; lei.jin@emt.inrs.ca

² Department of Chemical Engineering, McGill University, 3610 University Street, Montreal, QC H3A 0C5, Canada

* Correspondence: ali.seifitokaldani@mcgill.ca; Tel.: +1-514-398-4866

Received: 13 April 2020; Accepted: 27 April 2020; Published: 28 April 2020



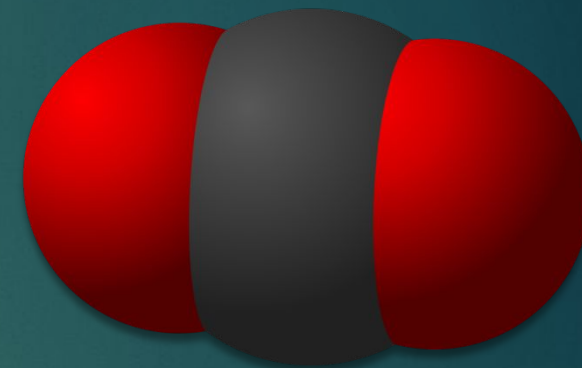
Abstract: Electrochemical reduction of CO₂ to value-added chemicals and fuels is a promising approach to store renewable energy while closing the anthropogenic carbon cycle. Despite significant advances in developing new electrocatalysts, this system still lacks enough energy conversion efficiency to become a viable technology for industrial applications. To develop an active and selective electrocatalyst and engineer the reaction environment to achieve high energy conversion efficiency, we need to improve our knowledge of the reaction mechanism and material structure under reaction conditions. In situ spectroscopies are among the most powerful tools which enable measurements of the system under real conditions. These methods provide information about reaction intermediates and possible reaction pathways, electrocatalyst structure and active sites, as well as the effect of the reaction environment on products distribution. This review aims to highlight the utilization of in situ spectroscopic methods that enhance our understanding of the CO₂ reduction reaction. Infrared, Raman, X-ray absorption, X-ray photoelectron, and mass spectroscopies are discussed here. The critical challenges associated with current state-of-the-art systems are identified and insights on emerging prospects are discussed.

Актуальность

3

Электрохимическое восстановление CO_2 RR на элементы и топливо является многообещающим подходом к созданию возобновляемой энергии при замкнутом антропогенном углеродном цикле.

Несмотря на значительные успехи в разработке новых электрокатализаторов, в этом процессе все ещё не доработан принцип высокоэффективного преобразования энергии, чтобы стать жизнеспособной технологией для широкого применения в промышленности.



Углекислый газ

Цель

4

Цель не сформулирована. 2 абзаца текста не могут быть целью. Сформулируйте цель рассмотрения материала в этом обзоре емко, но кратко.

Для разработки активного и селективного электрокатализатора и проектирования реакционной среды для достижения высокой эффективности протекания реакции, нам необходимо улучшить наши знания о механизме реакции и структуре материала при условиях реакции.

Спектроскопия - один из лучших способов, позволяющих изучить систему в реальных условиях. Это предоставляет информацию о ходе реакции и его продуктах. А также возможные пути реакции, структура электрокатализатора и активные центры, а также влияние реакционной среды на распределение продуктов. Этот обзор направлен на то, чтобы выделить использование спектроскопических методов для улучшения работы реакции с CO_2 .

Метод анализа	Оборудование	Рассматриваемый параметр	Аналитические задачи
ИК-спектроскопия	Nicolet IR100/IR200. (США)	Поглощение молекулярных вибрации	Исследование строения органических молекул
Спектроскопия комбинационного рассеяния света (Рамановская спектроскопия)	Horiba Jobin Yvon T64000 (США)	Неупругое рассеивание света	Выявления механизмов и кинетики реакции
Рентгеновская абсорбционная спектроскопия	ARL ADVANT'X (США)	Коэффициент абсорбции	Определения концентрации веществ
Фотоэлектронная рентгеновская спектроскопия	Axis Ultra DLD (США)	Кинетическая энергия и число выбитых электронов	Анализ химического состава
Масс-спектрометрия	MALDI-TOF МАСС-СПЕКТРОМЕТР MALDI-7090 (ЯПОНИЯ)	Отношение массы к заряду ионов	Качественный анализ

а что такое RR? Зачем это обозначени
здесь? Сделайте краткие тезисные
пояснения к слайдам. Их нет.



ИК-спектроскопия

Обозначение:

(a) Спектры нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) в реальном времени на тонкой пленке Cu; (рассматриваются пики интенсивности поглощения C-O при разных напряжениях)

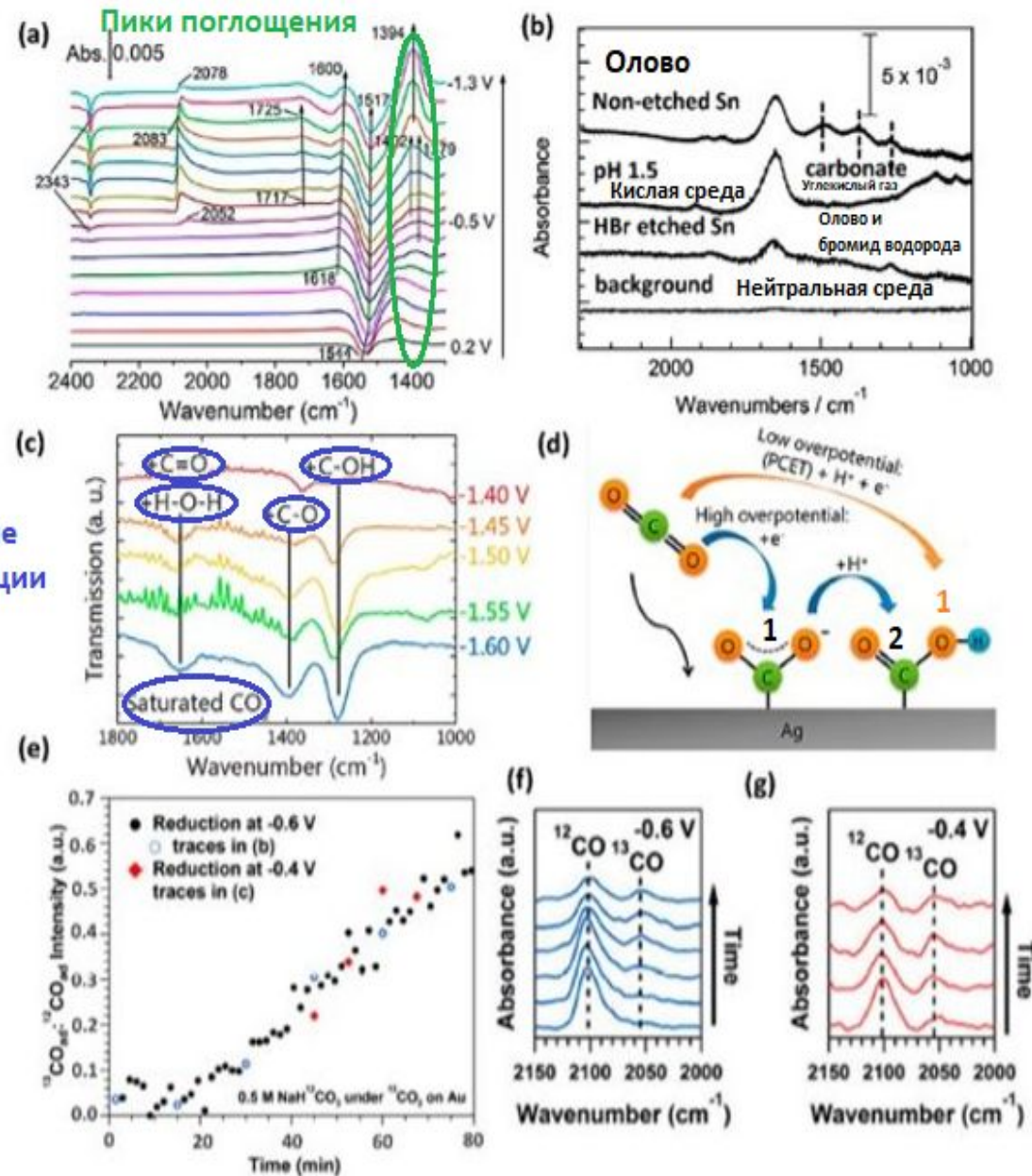
(b) Кривые НПВО-ИК при 1,4 В в зависимости от Ag / AgCl и разных химических условиях; (рассматриваются пики интенсивности поглощения C-O в олове, кислой среде, олове и бромиде водорода, нейтральной среде)

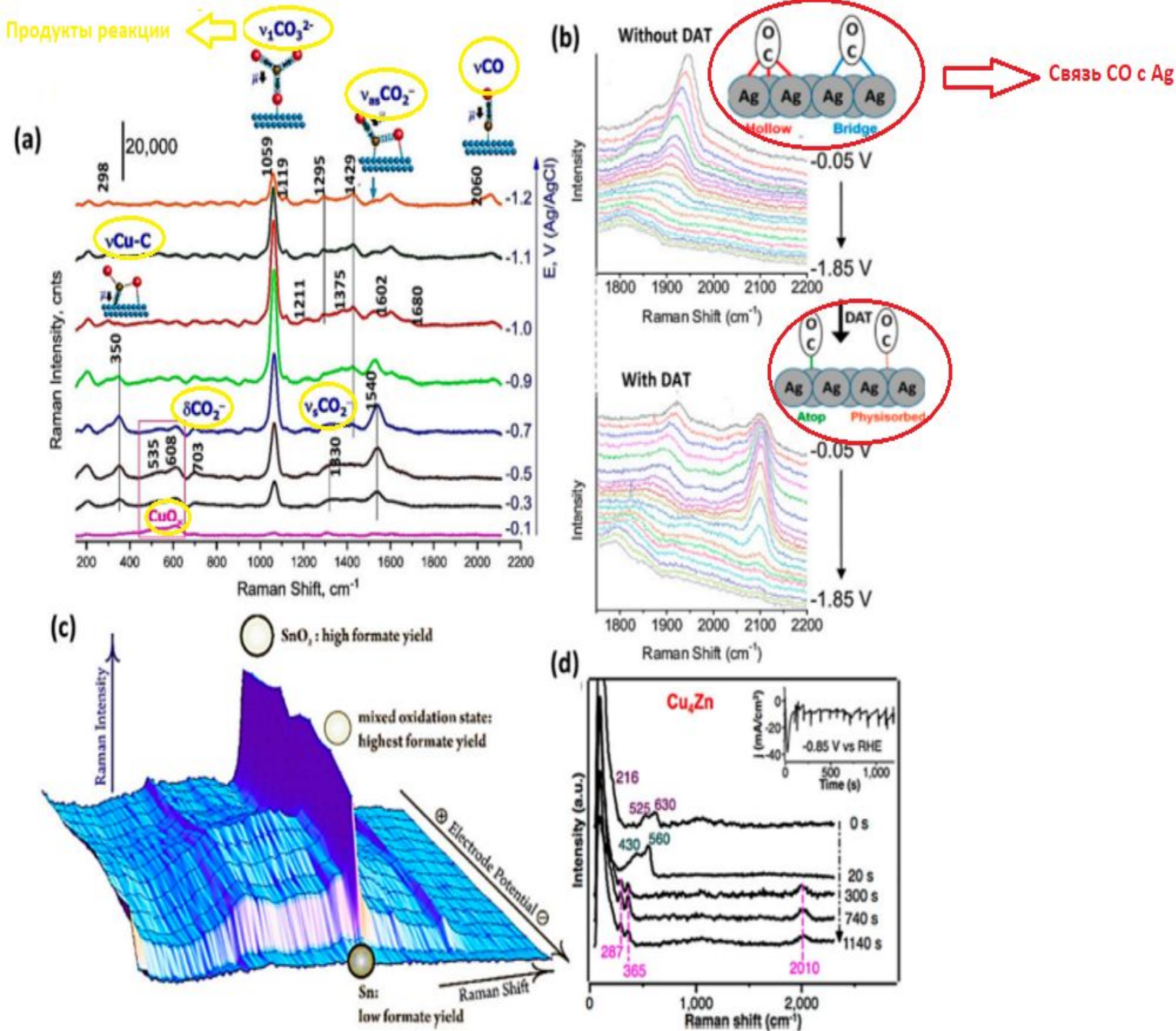
(c) спектры НПВО при разных напряжениях (какие элементы образуются);

d) предполагаемые механизмы реакции на тонкой пленке Ag; (поведение CO₂ при разной степени избыточных потенциалов)

(e-g) Исследование спектров CO, образующегося в ¹³CO₂ из 0,5 М NaH¹²CO₃. (зависимость интенсивности (e) и поглощаемости (f, g) CO при разных напряжениях)

Промежуточные продукты реакции





Рамановская спектроскопия

Обозначение:

(a) Рамановские спектры шероховатой поверхности Cu в CO_2 насыщенный в 0,1 M NaHCO_3 pH = 6,8

(рассматриваются продукты реакции при пиках интенсивности и объёмном отношении серебра к хлориду серебра);

(b) Спектры при катодной поляризации без и с ДАТ (3,5-диамино-1,2,4- триазоль) (рассматриваются пики интенсивности и связи CO с Ag при разных напряжениях);

(c) Общая форма спектров комбинационного рассеяния на поверхности SnO_2 ;

(d) Спектроскопия катализатора Cu_4Zn во время разложения CO_2 при 0,85 В в 0,1 M KHCO_3 . (рассматривается интенсивность катализатора при определённом времени работы с ним)

Рентгеновская абсорбционная спектроскопия

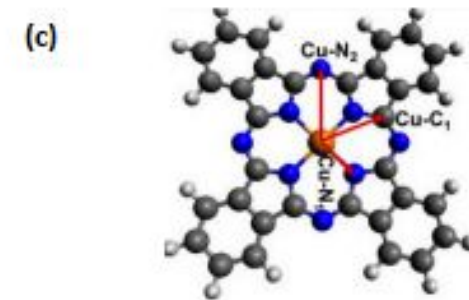
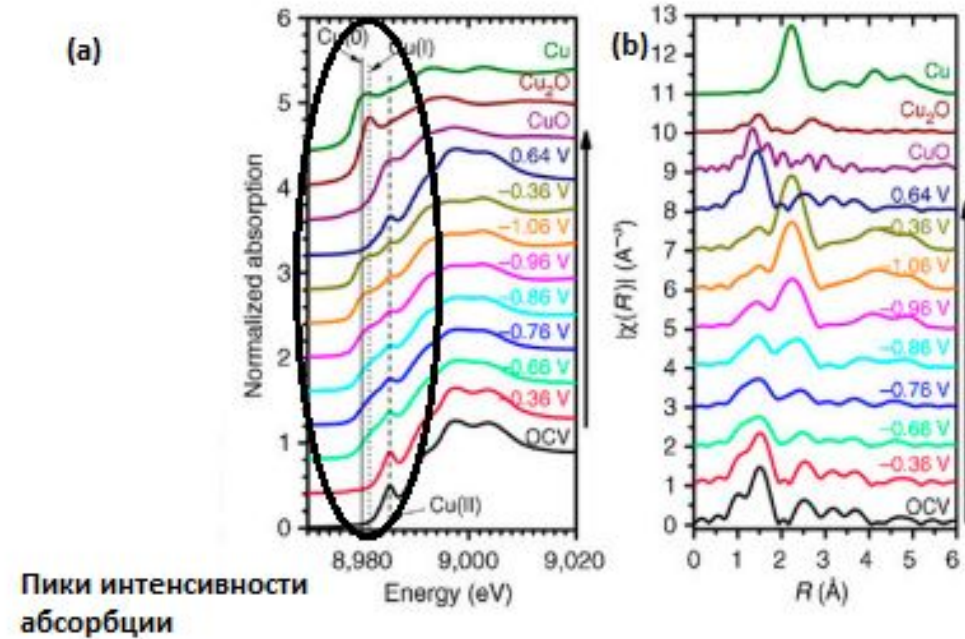
Обозначение:

(a) Спектры рентгеновского поглощения вблизи краевой структуры К-края Cu;

(определение пиков интенсивности абсорбции без катализатора)

(b) Спектры рентгеновского поглощения вблизи краевой структуры К-края Cu с катализатором CuPc;

(c) Атомная структура CuPc.



Фотоэлектронная рентгеновская спектроскопия

Обозначение:

(а) Слева: обзор поверхностных реакций CO_2 на Cu (111) при CO_2 и $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$.

(какие промежуточные продукты образуются)

Справа: пики фотоэлектронов C 1s и O 1s, результаты подгонки нескольких пиков, полученные для различные экспериментальные условия и исследуемые поверхности (при комнатной температуре 298 K)

(какое вещество преобладает в реакции в н.у.)

(b) Квазичастицы Cu в фотоэлектронной рентгеновской спектроскопии. Получено на дендритах Cu , поддерживаемых Ag , до (слева) и после 1 часа CO_2RR при приложенном потенциале 0,9 В и обратимого водородного электрода (справа).

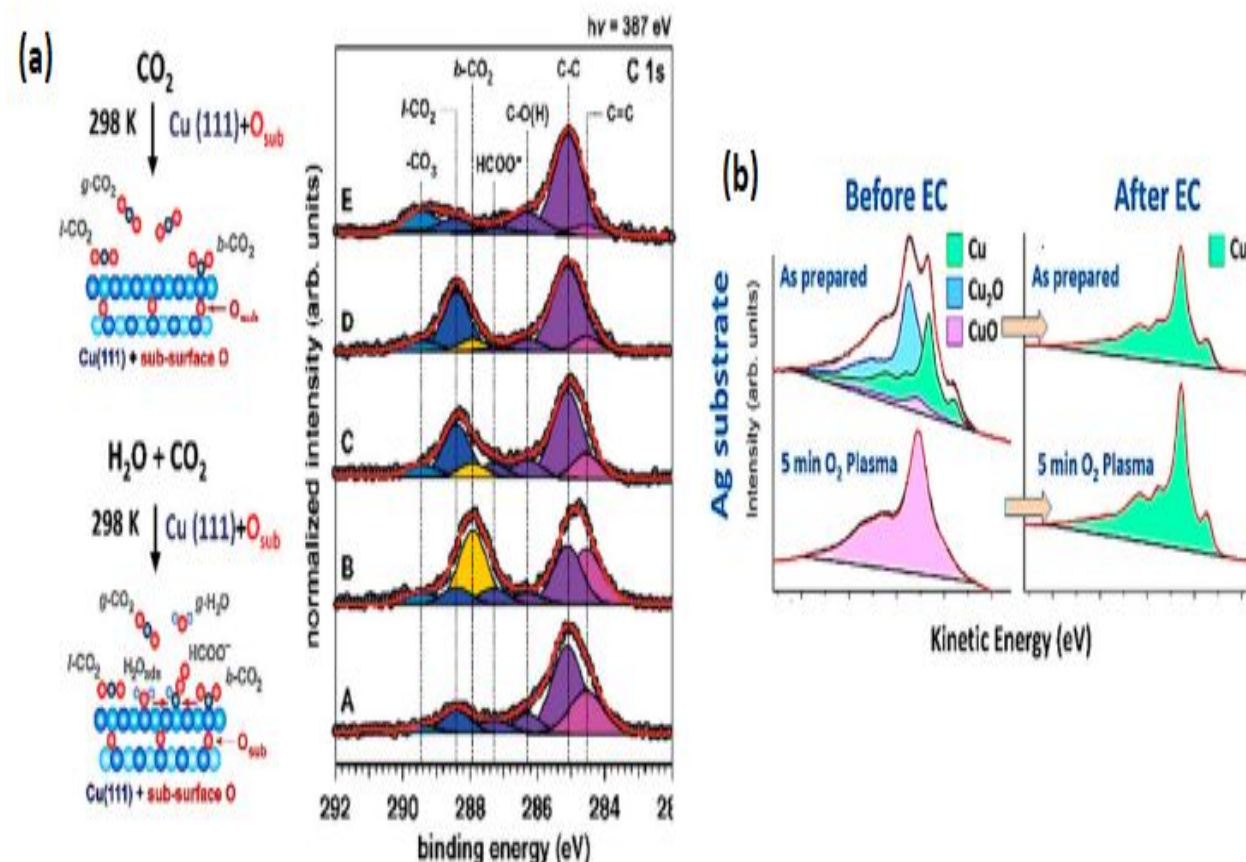
(какие квазичастицы во время реакции остаются активны)

10

Сергей, проблемы с переводом?

Как же читаемость текста на русском языке?

Из этих слайдов и подписей не ясно зачем использовали эти методы исследования и какие результаты получили. Нужно тезсно показывать выводы по каждому



Масс-спектрометрия

Обозначение:

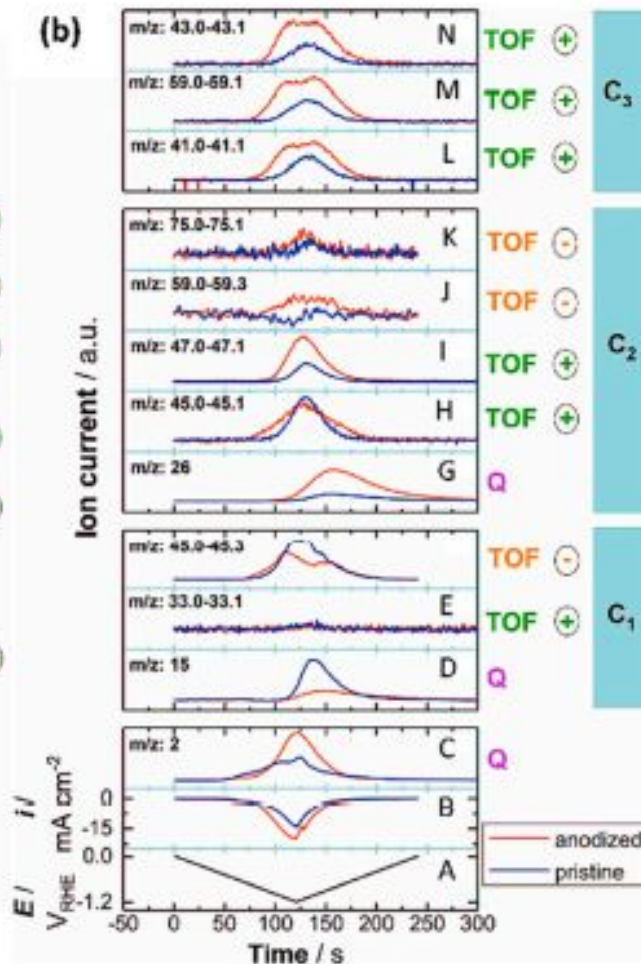
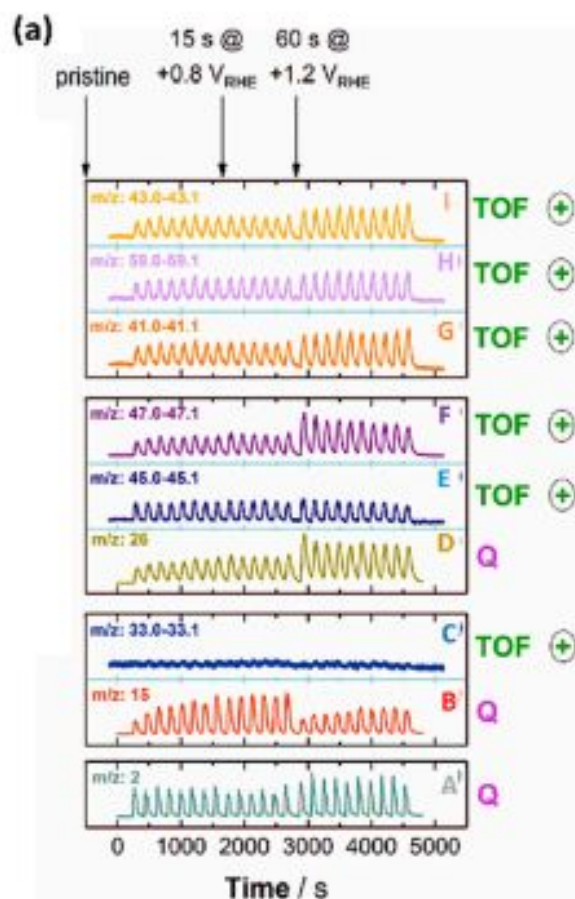
(a) Электрохимическая масс-спектрометрия в реальном времени:

(определение вещества по пикам, образующихся в течение времени 0-5000 с)

A: водород; B: метан, C: метанол; D: этилен; E: ацетальдегид; F: этиловый спирт; G: аллиловый спирт; H: пропиональдегид или ацетон, I: пропанол.

(b) Электрохимическая масс-спектрометрия в реальном времени на CO_2 RR (синяя линия) и анодированной меди (красная линия) (время: 0-300 с).

Схема приложенного потенциала (A), измеренный ток (B) и результирующий массовые сигналы для различных соединений показаны в зависимости от времени: C: водород; D: метан; E: метанол; F: муравьиная кислота; G: этилен; H: ацетальдегид; I: этанол; J: ацетат; K: глиоксаль; L: аллиловый спирт; M: пропиональдегид или ацетон; N: пропанол. Q: обозначает газообразные продукты; TOF + или TOF-: жидкие продукты.



Выводы сформулируйте тезисно.

Этот обзор посвящён восстановлению CO_2RR , сбору уникальной информации, полученной в результате экспериментов, механизму промежуточных продуктов реакции, выяснение влияния реакционной среды и исследование подходящих для него электрокатализаторов. Несмотря на полученные данные, процесс CO_2RR сложен и приводит к неполным выводам, т.е. в данный момент невозможно найти подходящие параметры: качественный катализатор, условия для протекания реакции и т.д. из-за многообразия получения промежуточных продуктов и реакций вследствие простоты молекулы CO_2 .

Чтобы получить более убедительную информацию для распознавания реакции CO_2RR в реальном времени, в будущем собираются опираться на подходящую конструкцию электрохимических ячеек с высокой электропроницаемостью, и также данные, собранные на месте спектроскопии могут быть добавлены в структурные базы данных для машинного обучения, что может быть полезно разработать новые электрокатализаторы для CO_2RR .

Спасибо за
внимание!