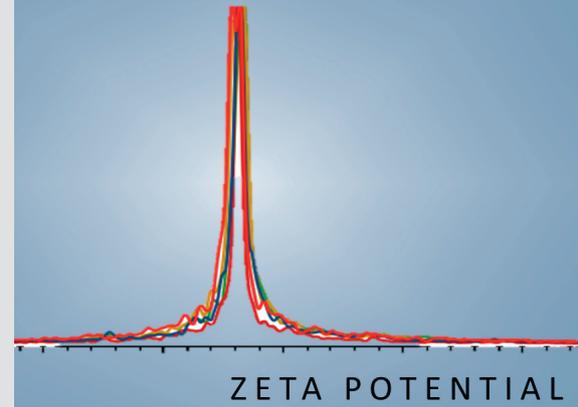




## Кюветы для Дзета-Потенциала: Омега- vs U-образная

### Ключевые слова:

электрофоретическое рассеяние света, дзета-потенциал, омега-кюветы



### 1 Введение

Дзета-потенциал является ключевым показателем коллоидной стабильности. Когда коллоид имеет высокий дзета-потенциал (положительный или отрицательный), частицы отталкиваются друг от друга, поэтому вероятность агрегации низкая. С другой стороны, низкий дзета-потенциал может привести к агрегации из-за малых сил отталкивания между частицами. Таким образом, дзета-потенциал является важным фактором при изготовлении, хранении и растворении коллоидных дисперсий в различных отраслях промышленности, таких как биомедицинская технология, производство полимеров, бумаги, красок и покрытий, а также фармацевтических препаратов.

Дзета-потенциал может быть легко определен методом электрофоретического светорассеяния (ELS), в котором измеряется электрофоретическая подвижность, необходимая для вычисления дзета-потенциала. Кювета, содержащая капиллярный канал, заполняется измеряемым образцом. Если к каждому концу канала приложить разность потенциалов, частицы будут вынуждены двигаться к противоположно заряженному электроду. Лазерный луч облучает дисперсию и рассеивается частицами. Частота рассеянного света смещается пропорционально движению частиц, поэтому из этого смещения (доплеровский сдвиг) можно получить электрофоретическую подвижность. Дзета-потенциал может быть рассчитан из электрофоретической подвижности с использованием приближения Смолуховского/Хьюккеля. Измерения ELS легко автоматизировать и воспроизводить даже со сложными образцами.

Сложность заключается в том, что дзета-потенциал обычно измеряется в слегка изогнутой части трубки, что может привести к градиенту напряженности электрического поля. Градиент означает, что измеренный дзета-потенциал значительно зависит от точки измерения в кювете.

Чтобы решить эту проблему, мы разработали новую кювету для измерения дзета-потенциала, в которой капилляр кюветы не U-образный, а скорее напоминает

перевернутую омегу (см. Рис. 1, слева). В отличие от традиционной U-образной трубки (рис. 1, справа), Омега-образная кювета имеет длинный прямой участок в нижней части канала.



Рис.1 Омега-кювета (слева) и U-образная кювета

Этот прямой участок создает однородное электрическое поле в той части канала, где производится измерение; Это позволяет избежать повышения градиента напряженности электрического поля. Таким образом, измерения с помощью Омега-кювет Anton Paar не зависят от положения точки измерения вдоль поперечного сечения капилляра образца, и они очень стабильны и воспроизводимы.

В этом исследовании производительность Омега-кюветы сравнивается с обычной U-образной кюветой. Измерения дзета-потенциала проводятся в нескольких контрольных точках каждой из кювет (рис. 2), содержащих разбавленные дисперсии диоксида кремния. Результаты сравниваются.

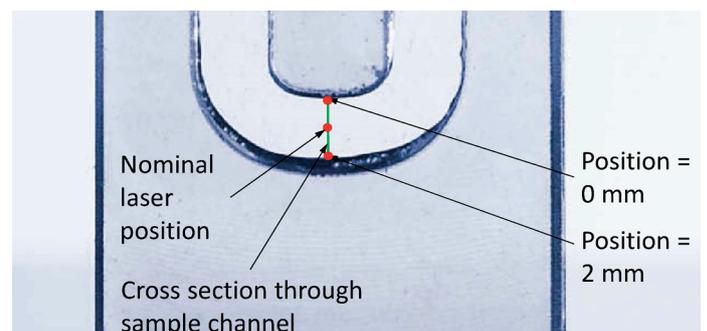


Рис.2 Положение измерений в канале кюветы

## 2 Эксперимент

### 2.1 Моделирование

Чтобы предсказать поведение двух кювет для измерения дзета-потенциала, электрическое поле внутри ячеек было смоделировано. Чтобы предугадать изменение, связанное с положением точки измерения в каждой кювете, вдоль той же траектории, как показано на рис. 2, использовался программный пакет ANSYS Maxwell (версия 15.0.0), который моделирует трехмерные структуры точным методом конечных элементов.

### 2.2 Измерения

Две кюветы были заполнены разбавленными частицами диоксида кремния (Ludox TM40; 4% по объему в воде; Sigma Aldrich). Положение измерения вдоль поперечного сечения капилляра образца колебалось, а дзета-потенциал отслеживался. Приложенное напряжение поддерживалось постоянным.

Позиция была изменена вручную с помощью специальной настройки, которая позволяла небольшие сдвиги высоты кюветы. Первое измерение было сделано 0,3 мм от верхней стенки. Высота была увеличена на 0,05 мм для каждого измерения, до конечной высоты около 1,75 мм. Зеленая линия на рис. 2 представляет траекторию измерения, где нулевая позиция находилась у верхней стенки ячейки.

## 3 Анализ полученных результатов

При моделировании электрическое поле вдоль поперечного сечения капилляра почти постоянно в Омега-кювете (рис. 3, черная линия), но значительно изменяется в U-образной кювете (рис. 3, красная линия).

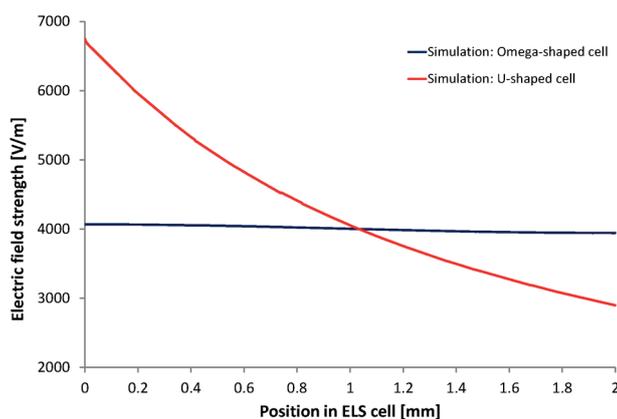


Рис.3 Напряженность поля и положение измерений для обеих кювет

Причина этой разницы в том, что электрический ток всегда будет находить кратчайший путь. В случае U-образной кюветы, путь должен остаться около верхней стенки, поэтому большая часть тока будет течь близко к верхней стенке, а меньше течет близко к нижней стенке. Это говорит о том, что дзета-потенциал будет изменяться при изменении положения измерения в U-образной кювете;

то есть измерения будут ошибочными, если позиция измерения не находится точно в центре канала.

В Омега-кювете, моделирование предполагает, что электрический ток течет однородно через поперечное сечение в точке измерения и что дзета-потенциал не будет существенно зависеть от позиции измерения в этом поперечном сечении.

Данные на Рисунке 4 согласуются с предположениями моделирования: в U-образной кювете дзета-потенциал вблизи верхней стенки составляет 44 мВ - почти на 40% выше, чем измеренный у нижней стенки (около 32 мВ). Это наглядно демонстрирует влияние градиента электрического поля в канале U-образной кюветы. Однако в Омега-кювете из-за однородности приложенного электрического поля, полученный дзета-потенциал намного более постоянен по всей высоте канала (39 мВ возле верхней стенки, 38 мВ около нижней). Это делает результаты измерений гораздо менее чувствительными к неточностям позиционирования и юстировки.

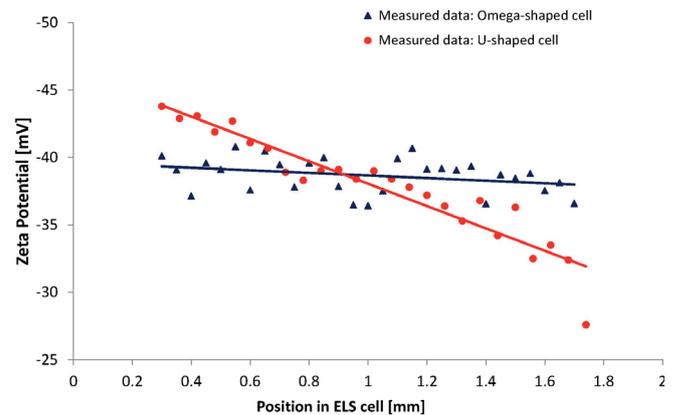


Рис.4 Дзета-потенциал и положение измерений для обеих кювет.

## 4 Вывод

Полученные данные показывают, что для измерений дзета-потенциала с U-образной кюветой положение существенно влияет на точность измерения. Напротив, кювета Омега от компании Anton Paar, содержащая капилляр омега формы, обеспечивает надежные и точные значения дзета-потенциала в любой точке канала.

Измерения & Текст: Dr. Christian Moitzl

Контакт: Anton Paar GmbH

Эксклюзивный дилер в России:

ООО «АВРОРА»

paar@avrora-lab.com

www.paar.ru

+7(495)-258-83-05/06/07