

Частицы кремния: Размер и коллоидная стабильность с помощью анализатора частиц Litesizer™ 500

Ключевые слова:

динамическое рассеяние света, электрофоретическое рассеяние света, размер частицы, наночастицы, кремний



1 Введение

Кремний широко используемый материал, распространенный в природе (в основном как кварц), а также в живых организмах. Его используют в производстве красок и покрытий В тиксотропного или сгущающего компонента, а также в качестве противоосаждающего вещества[1]. используется в индустрии микроэлектроники при химической механической полировке (ХМП). Также он применяется для осветления сусла. В каждом случае важную роль играет размер наночастиц. Например, частицы кремния, используемые для ХМП, должны быть довольно маленькими, чтобы не царапать тонкую силиконовую пластину, но достаточно крупными, чтобы быстро и экономично удалять нежелательные соединения.

Для производства керамических изделий размер частиц является самым важным параметром, и должен быть оптимально подобран для каждого продукта для достижения желаемых физических и механических свойств. Большинство керамических изделий производится путем литья под давлением в форме. Стабильность дисперсии также важна, потому что частицам нужно оставаться в суспензии, чтобы осаждение происходило равномерно на стенах прессформы. Стабильность суспензии измеряется величиной дзета-потенциала, который отражает силу отталкивающего взаимодействия между частицами в суспензии. Дзета-потенциал вблизи изоэлектрической точки приведет к агрегации частиц, поскольку между частицами будет недостаточная сила отталкивания. Таким образом, для полноценного качественного анализа необходимо измерять размер частиц и дзетапотенциал суспензий кремния. Кроме того, во многих полимерные добавки, такие случаях полиэтиленгликоль (ПЭГ), часто используются для благодаря стабилизации частиц, уменьшению агрегации. ПЭГ известен тем, что связывается с наночастицами кремния и также используется в качестве пластификатора [2][3].

В этом исследовании мы измеряем размер частиц и дзета-потенциал кремния в суспензии, используя методы динамического (DLS) и электрофоретического рассеяния света (ELS) при помощи анализатора частиц Litesizer $^{\text{TM}}$ 500. Также мы отслеживаем зависимость размера частиц и дзета-потенциала при изменении рH, добавляя полиэтиленгликоль (ПЭГ) к суспензии кремния.

2 Эксперимент

Суспензию частиц кремния в воде (40 мас.% суспензии в H₂O, Ludox TM40, Sigma Aldrich) разбавили до 2% в 10 мМ NaCl и обработали раствором NaOH или HCl для достижения значений рН: 9.6, 7.2, 5,5, 3,6 и 2.4. Измерения размера частиц проводились методом обратного рассеяния (175°) при температуре 25°C. На каждое значение рН выполнялось по шесть Te измерений. же самые растворы были использованы для измерений дзета-потенциала. Каждый образец был трижды разделен добавления ПЭГ. Различные объёмы ПЭГ (М_w = 400 г/моль) добавляли к двум образцам при каждом значении рН (итоговая концентрация ПЭГ 50 м.д. и 500 м.д.). Растворы отстаивали в течение 1,5 часов измерением дзета-потенциала. Каждый образец был измерен шесть раз. Для методов DLS и ELS параметры измерения были автоматически подобраны прибором.

3 Обсуждение результатов

Зависимость размера частиц кремния от рН показана на Рис. 1. При рН> 5,5 диаметр составляет около 33 нм. При большей кислотности диаметр увеличивается на 5% примерно до 35 нм. Дзета-потенциал суспензии кремния в зависимости от рН показан на Рис. 2 для трех образцов: без ПЭГ (синяя линия); с 50 м.д. ПЭГ (фиолетовая линия); и с 500 м.д. ПЭГ (красная линия). При понижении рН от щелочной среды до кислотной величина дзета-потенциала

уменьшается, двигаясь к 0, изоэлектрической точке во всех трех растворах. При любом заданном рН величина дзета-потенциала растёт с увеличением концентрации ПЭГ, это указывает на то, что ПЭГ взаимодействует с частицами кремния в достаточной степени, чтобы изменить электрокинетическое поведение суспензии. Этот вывод совпадает с ранее опубликованными результатами.

При сравнении данных DLS и ELS наночастиц кремния без ПЭГ, больший размер частиц получается при измерениях образцов с низким рН. Фактически при низком значении рН дзета-потенциал близок к нулю, это означает, что силы отталкивания между частицами малы, и частицы с большей вероятностью будут агрегироваться. Зависимость прослеживается и при измерении размера частиц; т.е. размер частиц, измеренный при более низком значении рН, больше, чем при более высоком рН.

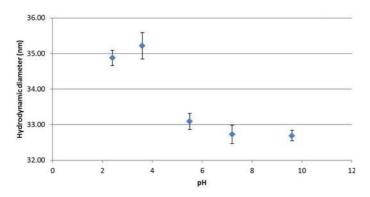


Рис. 1 Наночастицы кремния: Зависимость размера частиц от величины pH

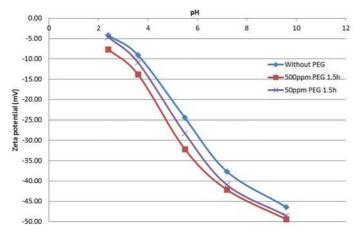


Рис. 2 Наночастицы кремния: Зависимость дзета-потенциала от величины pH; без ПЭГ, с 50 м.д. ПЭГ и с 500 м.д. ПЭГ

4 Вывод

Размер и дзета-потенциал наночастиц кремния измеряли с использованием анализатора частиц Litesizer™ 500. По мере того, как рН приближается к изоэлектрической точке, величина дзета-потенциала уменьшается. Измеряемый размер частиц увеличивается, что свидетельствует о том, что частицы начинают слипаться, по мере приближения рН к изоэлектрической точке суспензии кремния.

Добавление ПЭГ увеличивает величину дзетапотенциала, что указывает на значительное взаимодействие ПЭГ с наночастицами кремния.

5 Литература

[1] Flörke, O.W., Graetsch, H., Brunk, F., Benda, L., Paschen, S., Bergna, H.E., Roberts, W.O., Welsh, W.A., Chapman, D.M., Ettlinger, M. et al. Silica In Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th edition, Wiley-VCH, Weinheim, 2005, pp.57-64.

[2] Xu, H., Yan, F., Monson, E.E., Kopelman, R. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 2003, 66A (4), 870-879.

[3] Derosa, R.L., Trapasso, J.A. Journal of Materials Science, 2002, 37(6), 1079-1082.

Измерения и текст:Dr. Ming Wu

Контакт: Anton Paar GmbH

Тел: +43 316 257 7073 pc-application@anton-paar.com http://www.anton-paar.com

Эксклюзивный дилер в России: OOO "ABPOPA" paar@avrora-lab.com www.paar.ru +7(495)-258-83-05/-06/-07