

Ключові слова: кремній, полікристалічний кремній, міцність на вигин і стискування, кремнієва затравка, стійкість стержнів кремнію

UDK 621.315.592

About reliability of process of receipt polysilicon with the use of silicic fuses/ I. Chervony, Y. Rekov, W. Chervony, S. Egorov // Bulletin of NTU “KhPI”. Subject issue: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”. – 2012. - №44(950). P. 137 – 143.

Influence of descriptions of silicon fuses is considered on reliability of technological process of polysilicon bars of silicon in the process of hydrogen renewal of silicon chloride. It is shown that maximum durability of silicon on a bend is a limiting link at providing of reliability of technological process. Im.:5 : Bibliogr.: 8

Keywords: silicon, polysilicon, durability on a bend and compression, silicic fuse, stability of bars of silicon

Надійшла до редакції 30.07.2012

УДК 537. 868

Б. Г. ЕМЕЦ, д-р физ.-мат. наук, проф., ХНУ им. В.Н. Каразина, Харьков;
Е. Б. АЛМАЗОВА, ассис, НТУ «ХПИ», Харьков

РОСТ ОБЪЕМА СВОБОДНОГО ВОЗДУХА В ВОДЕ, ОБЛУЧЕННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ

Получено, что облучение жидкой воды низкоинтенсивными электромагнитными волнами сантиметрового диапазона обеспечивает увеличение объема свободного воздуха, содержащегося в воде. Это изменение обусловлено переносом части газа, растворенного в воде, в воздушные пузырьки. Из.: 0. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: электромагнитные волны, облучение, воздушные пузырьки.

Введение

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важнейшими научными и практическими задачами.

Во многих технологических процессах используются вода и водные растворы. Качество конечного продукта, в значительной мере, определяется параметрами воды. Актуальными являются работы по поиску бесконтактных способов изменения свойств воды – путем облучения ее электромагнитными (ЭМ) волнами. Важным вопросом остается установление механизма, по которому ЭМ волны влияют на свойства воды.

Анализ последних исследований и публикаций.

В работах [1-4] продемонстрировано влияние ЭМ полей на параметры воды. Например, в [1,3,4] получено, что действие (при комнатной температуре) на водные образцы ЭМ волн низкой интенсивности (не превышающей 10 мВт/см²) изменяет некоторые физические свойства воды (в, частности, оптическую плотность), которые затем сохраняются в течение десятков минут. Авторы считают, что наблюдаемый результат – проявление значительных изменений в структуре жидкой воды. Такое объяснение не может быть признано корректным, поскольку как известно, интервалы времени между последовательными соударениями молекул в жидкости (при комнатной температуре) составляют $\tau_c \sim$

© Б.Г. ЕМЕЦЬ, О.Б. АЛМАЗОВА, 2012

$10^{-12} \div 10^{-11}$ с [5]. Это обстоятельство исключает возможность принять, что измененные структурные перестройки в воде будут сохраняться в течение времени, более чем на 12 порядков превышающее τ_c .

Целью данной работы является установление последовательности событий, приводящих к увеличению оптической плотности образца воды, подвергнутого облучению ЭМ волнами.

Теоретические предпосылки

Для объяснения результатов [3,4] рассмотрим предположение, согласно которому, ответственность за изменения оптических свойств жидкости несет увеличение размеров макроскопических газовых включений (пузырьков), содержащихся в воде. ЭМ волны низкой интенсивности в состоянии увеличить их суммарный объем, тем самым, на сравнительно продолжительное время изменить некоторые свойства жидкости.

Если ЭМ волны (частоты ω) облучают образец, то в единице объема последнего каждую секунду выделяется тепловая энергия [6]:

$$q_v = \omega [\epsilon_0 \epsilon'' (E^2)_{cp} + \mu_0 \mu'' (H^2)_{cp}]. \quad (1)$$

Здесь ϵ'' и μ'' - мнимые части относительных диэлектрической проницаемости среды и магнитной проницаемости среды, соответственно; ϵ_0 - электрическая постоянная; μ_0 - магнитная постоянная; E и H – напряженности электрической и магнитной компонент поля волны в облучаемой среде, а индекс «ср» означает усреднение по времени.

В воде всегда имеются воздушные пузырьки; на конкретный пузырек радиуса a действует т.н. термокапиллярная сила, вызывающая поступательное движение пузырька в поле температурного градиента [7]:

$$F_T = - 2 \pi a^2 \text{grad } T \, d\sigma/dT. \quad (2)$$

здесь σ - коэффициент поверхностного натяжения на границе газа и жидкости; T - температура.

Перемещение пузырька в жидком образце осуществляется не только благодаря термокапиллярной силе: кроме нее, на него действуют и подъемная (архимедова) сила, и сила, вызванная наличием градиента напряженности электрического поля электромагнитной волны, распространяющейся в воде (т. н. электрическая «градиентная» сила), и сила лучевого давления, и силы, обуславливающие броуновское движение пузырька.

Двигаясь под действием указанных сил, пузырек испытывает деформации, в нем возбуждаются колебания. Колебания пузырька, безусловно, возбуждаются и акустическим полем, порожденным температурной волной, возникающей при ЭМ облучении. Резонансная частота пузырька (для случая, когда амплитуда колебаний мала по сравнению с радиусом пузырька a) определяется из соотношения [8]:

$$f_0 = (2 \pi a)^{-1} \cdot [3 \gamma \rho^{-1} (P_h + 2 \sigma / a)]^{1/2}, \quad (3)$$

где P_h - гидростатическое давление в жидкости; γ - отношение удельных теплоемкостей c_p/c_v газа; ρ - плотность жидкости. Из этого выражения следует, что в воде воздушные пузырьки радиуса $a_1 = 10^{-6}$ м резонируют на частоте $f_1 \approx 4$

$\cdot 10^6$ Гц, пузырьки радиуса $a_2 = 10^{-7}$ м - на частоте $f_2 \approx 10^8$ Гц, а пузырьки радиуса $a_3 = 10^{-9}$ м резонируют на частоте $f_3 \approx 10^{11}$ Гц. Резонирующий пузырек периодически изменяет свой радиус, пульсирует. Пульсирующий пузырек в воде является акустическим излучателем первого порядка. Такой излучатель называют монополюсом; характеристики излучаемого им поля подробно рассмотрены в [9]. Поскольку в воде содержится огромное количество воздушных пузырьков разных радиусов (их статистический ансамбль описывается функцией распределения по размерам [8]), в жидкости реализуется широкий спектр акустических частот, обусловленный пульсациями пузырьков.

Рассмотрим реальную среду, представляющую собой жидкую матрицу, в которой растворен воздух с взвешенными в ней газовыми пузырьками. Учтем, что концентрация растворенного в жидкости газа пропорциональна давлению этого газа над его поверхностью (закон Генри). Следовательно, равновесная концентрация воздуха, растворенного в воде при атмосферном давлении равна

$$C_0 = k_H P_{\text{атм}} \quad (4)$$

Здесь k_H – коэффициент Генри. Соответственно, вблизи поверхности пузырька устанавливается концентрация воздуха

$$C_a = k_H P_g = k_H P_{\text{атм}} [1 + 2 \sigma / (P_{\text{атм}} a)]. \quad (5)$$

Если ввести в рассмотрение C_∞ - концентрацию растворенного воздуха вдали от пузырька (т. е. на расстоянии $\Lambda \gg a$), то можно записать выражение для диффузионного потока газовых молекул (закон Фика) через пограничный (припузырьковый) слой жидкости толщиной d :

$$J = D (C_\infty - C_a) S_a d^{-1} \quad (6)$$

Здесь D – коэффициент диффузии газовых молекул; S_a – поверхность пузырька, $S_a = 4\pi a^2$. Направление потока газовых молекул (внутри пузырька или из него – наружу) зависит от соотношения между концентрацией газа в жидкости вдали от пузырька (C_∞) и концентрацией у поверхности пузырька (C_a).

Возможны три варианта соотношения концентраций:

1. $C_\infty > C_a$. Жидкость перенасыщена газом и поток газовых молекул направлен в пузырек. При этом пузырек увеличивает свои размеры.

2. $C_\infty < C_a$, следовательно, выполняется и условие $C_\infty < C_0$. Жидкость недонасыщена газом. Поток газовых молекул направлен из пузырька. Пузырек уменьшается в размерах.

3. $C_\infty = C_a$. (Или $C_\infty = C_0 = C_a$ для “больших” пузырьков, таких, у которых $2\sigma / (P_{\text{атм}} \cdot a) \ll 1$). Этот случай соответствует насыщенной жидкости. Пузырек сохраняет свой радиус неизменным (стабильным), равным a_0 . В этом случае

$$C_a^{\text{стаб}} = C_0 [1 + 2 \sigma / (P_{\text{атм}} a_0)]. \quad (7)$$

Мы рассмотрели условия, при которых газ в пузырьке находится в равновесии с газом, растворенным в жидкости. Учтем факт наличия акустического поля в жидкости. Пузырек в акустическом поле пульсирует, т. е. попеременно сжимается и расширяется. При расширении пузырька концентрация газа в нем уменьшается и газ (согласно выражению (6)) диффундирует из жидкости в пузырек. При следующей фазе колебания пузырек сжимается и происходит диффузия газа из пузырька в жидкость. Количество

продиффундировавшего газа пропорционально площади поверхности пузырька ($S_a = 4\pi a^2$), которая в стадии расширения больше, чем в стадии сжатия. В силу этого полной компенсации диффузионных потоков (за интервал времени, равный периоду пульсации) не происходит; масса газа, заполнившая пузырек в процессе его расширения, превышает массу газа, ушедшего из пузырька при его сжатии, так что в целом за период количество газа в пузырьке возрастает. Этот поток принято называть выпрямленным (односторонним) диффузионным потоком, а само явление – выпрямленной (односторонней) диффузией [10]. В итоге, в акустическом поле размеры пузырьков растут, суммарный объем «пузырькового» воздуха в воде увеличивается.

Против увеличения суммарного объема «пузырькового» воздуха в сосуде с жидкостью действует тепловая конвекция. Она обеспечивает конвективное крупномасштабное перемещение больших масс жидкости, вынося на свободную поверхность выросшие пузырьки, которые здесь покидают жидкую среду. Поэтому эффект роста суммарного объема пузырьков можно наблюдать лишь при сравнительно низких интенсивностях облучающих ЭМ волн (ограничение порядка 10 мВт/см^2). При высоких интенсивностях, конвекция, активизирующаяся в жидком объеме, препятствует сохранению выросших пузырьков в сосуде с жидкостью.

Экспериментальные результаты

Использовались образцы дважды дистиллированной воды (объем $0,6 \text{ см}^3$), помещенные в пробирку из стекла сорта «пирекс». Облучение велось генератором типа Г 4 – 83 (длина волны $3,2 \text{ см}$; интенсивность 5 мВт/см^2).

Контроль концентрации свободного воздуха в воде (определение объемной доли свободного воздуха - V_F) осуществлялся с помощью ядерного магнитного резонанса (ЯМР) по методике, предполагающей измерение времен ядерной магнитной релаксации [11]. Суть ее состоит в использовании количественных зависимостей между размерами макроскопических газовых включений, содержащих парамагнитные молекулы, и временем поперечной магнитной релаксации. И облучение и измерения велись при комнатной температуре.

Таблица 1- Зависимость объемной доли свободного воздуха от продолжительности облучения

Продолжительность облучения, мин	0	30	60	150	210
Объемная доля своб. воздуха, 10^{-8}	5,2 $\pm 0,3$	12,0 $\pm 0,4$	15,9 $\pm 0,4$	20,2 $\pm 0,4$	21,0 $\pm 0,5$

Как следует из таблицы, облучение воды приводит к росту объема «пузырькового» воздуха. Рост размеров пузырьков - рассеивающих центров в воде, подвергнутой облучению, повидимому, явился основной причиной, позволившей авторам работ [3,4] зафиксировать увеличение оптической плотности водных образцов.

После прекращения облучения измененная величина V_F медленно восстанавливается (за время, порядка продолжительности облучения) к

исходному значению, т. е. к тому, которым обладал образец до облучения ($5,2 \cdot 10^8$). Процесс этот реализуется сравнительно медленно, поскольку идет по диффузионному механизму.

Выводы

1. Пульсирующие в водном образце воздушные пузырьки увеличивают свои размеры в температурном поле, созданном облучающими электромагнитными волнами. Это обстоятельство повышает величину светорассеяния (и оптическую плотность) водного образца.

2. С ростом продолжительности облучения объемная доля свободного “пузырькового” воздуха увеличивается.

Список литературы: 1. *Богданов, Е. В.* Основные положения эквикластерной модели воды [Текст] / *Е. В. Богданов, Г. М. Мантрова* // *Естественные и технические науки.* - 2002.- № 1.- С. 8-18. 2. *Shimokawa, S.* Effect of sunlight on liquid structure of water [Текст] / *S. Shimokawa, T. Yokono, M. Yokono, T. Yokokava, T. Araiso* // *Jap. J. Appl. Phys. Pt. 1.* - 2007.- V. 45.- No 1.- P. 333-335. 3. *Плаксин, И. Н.* Влияние частоты электрического поля на оптические и структурные свойства воды [Текст] / *И. Н. Плаксин, С. А. Брунс, В. А. Чантурия, Р. Ш. Шафеев* // *ДАН СССР.* - 1966. Т.168, № 1. С. 152-153. 4. *Киселев, В. Ф.* О влиянии слабых магнитных полей и СВЧ – излучения на некоторые диэлектрические и магнитные свойства воды и водных растворов [Текст] / *В. Ф. Киселев, А. М. Салецкий, А. П. Семихина* // *Теоретическая и экспериментальная химия.* - 1988. - № 3. - С. 330-334. 5. *Френкель, Я. И.* Кинетическая теория жидкостей [Текст] / *Я. И. Френкель.* - Ленинград: Наука, 1976. - 592 с. 6. *Ландау, Л. Д.* Электродинамика сплошных сред [Текст] / *Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц.* - М.: Наука, 1982. - 620 с. 7. *Кузнецов, В. М.* О движении газовых пузырьков в жидкости под действием градиента температур [Текст] / *В. М. Кузнецов, Б. А. Луговцов, Е. И. Шер* // *Журнал прикладной математики и теор. физики.* - 1966. - № 1. - С. 124-126. 8. *Гаврилов, Л. Р.* Содержание свободного газа в жидкостях и методы его измерения [Текст] / *Л. Р. Гаврилов* // *Физика и техника мощного ультразвука. Книга 3. Физические основы ультразвуковой технологии* / Под ред. *Л. Д. Розенберга.* - М.: Наука, 1970. - С. 395-426. 9. *Исакович, М. А.* Общая акустика [Текст] / *М. А. Исакович.* - М.: Наука, 1973. - 495 с. 10. *Hsieh, D.G.* Theory of rectified diffusion of mass into gas bubbles [Текст] / *D. G. Hsieh, M. S. Plesset* // *J. Acoust. Soc. Amer.* - 1961. - Vol. 33, № 2. - P. 206 - 215. 11. *Емец, Б. Г.* Определение методом ядерного магнитного резонанса средних размеров и концентрации воздушных пузырьков, содержащихся в воде [Текст] / *Б.Г. Емец* // *Письма в Журнал технической физики.* - 1997. - Т. 23, № 13. - С. 42-45.

УДК 537. 868

Збільшення вмісту вільного повітря у воді, що опромінена електромагнітними хвилями / Ємец Б. Г., Алмазова О. Б. // *Вісник НТУ «ХПІ».* Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». - Харків: НТУ «ХПІ». - 2012. - №44(950) . С. 143 -148.

Одержано, що опромінення рідкої води низькоінтенсивними електромагнітними хвилями сантиметрового діапазону забезпечує зростання вільного повітря, що міститься у воді. Це збільшення викликане перенесенням у бульбашки частини газу, що розчинений у воді. *Лл.: 0. Библиогр.: 11. назв.*

Ключові слова: електромагнітні хвилі, опромінення, повітряні бульбашки.

UDK 537. 868

Increase of content of free air in the water caused by the action of electromagnetic waves/

Emets B., Almazova E. // Bulletin of NTU “KhPI”. Subject issue: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”. – 2012. - №44(950). P. 143 -148.

The volume growth of the free air contained in water caused by low-intense centimeter waves is obtained. This change is caused by rectified diffusion of the dissolved air mass into bubbles. Im.:0 : Bibliogr.: 11

Keywords: electromagnetic waves, irradiation, air bubbles.

Надійшла до редакції 06.08.2012

УДК 665.9

В. В. ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ», Харьков;

А. И. КАРЕВ, студент, НТУ «ХПИ», Харьков;

С. А. ЧАВРОВ, студент, НТУ «ХПИ», Харьков

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Проведены реологические исследования экологически чистых древесно-полимерных материалов на основе отходов полипропилена и органических отходов. В качестве наиболее оптимальных материалов для переработки методами литья под давлением для получения листовых материалов выбраны древесно-полимерные материалы с использованием древесной муки и муки хвой. Из.: 3. Библиогр.: 6 назв.

Ключевые слова: отходы, полимеры, древесные, реология, оптимизация, переработка.

Введение

В настоящее время проблема утилизации промышленных отходов различных отраслей промышленности является наиболее важной с точки зрения безопасности и успешности будущих поколений [1-3]. Значительную долю во всем объеме отходов составляют полимерные материалы, которые применяются практически во всех сферах жизнедеятельности человека. Последнее время находят широкое распространение полимерные композиционные материалы на основе отходов термопластов (полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП) и др.) с применением органических отходов (опилки, отходы орехов и т.п.) [4-5]. Интересным является оптимизация их составов с целью получения материалов и изделий с высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками.

Цель работы

Целью работы является исследование реологических характеристик древесно-полимерных материалов на основе отходов полипропилена (ВПП) и органических отходов и подбор оптимального их состава для переработки их методом литья под давлением в зависимости от состава, содержания наполнителей, его вида и дисперсности.

Методика экспериментов

На одношнековом лабораторном экструдере был получен древесно-полимерный материал на основе ВПП и органических отходов (древесная мука, мука хвой, лиственная мука) с содержанием древесной составляющей от 10 до 50%. Реологические свойства материала определялась при скоростях сдвига,

© В.В. ЛЕБЕДЕВ, А. И. КАРЕВ, С. А. ЧАВРОВ, 2012