

9. Yang M.-H. Electrodeposition of Indium Antimonide from the Water-Stable 1-Ethyl-3-methylimidazolium Chloride/Tetrafluoroborate Ionic Liquid / M.-H. Yang, M.-Ch. Yang, I-W. Sun // Journal of The Electrochemical Society. – 2003. – Vol. 150, Iss 8. – P. C544-C548.

10. Electrochemical Growth of InSb Nanowires and Report of a Single Nanowire Field Effect Transistor / M.I. Khan [et al.] // Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics. – 2008. – Vol. 3. – P. 199-202,

11. Fabrication of Highly Ordered InSb Nanowire Arrays by Electrodeposition in Porous Anodic Alumina Membranes / X. Zhang, Y. Hao, G. Meng, L. Zhang // Journal of The Electrochemical Society. – 2005. – Vol. 152, Iss. 10. – P. C664-C668.

12. Mohammad, A. Electrodeposition of Indium Antimonide Nanowires in Porous Anodic Alumina Membranes / A. Mohammad [et al.] // 18th University Government Industry Micro/Nano Symposium: Proceedings of Symposium, West Lafayette, IN, 2010. [Electronic resource] / [S. I.], 2010. – P. 186-189. – Mode of access: <http://www.physics.purdue.edu/quantum/files/MicroNano%20symposium%20proc%20-%20Electrodeposition%20of%20In-Sb%20Nanowires.pdf>. – Date of access: 12.04.2012.

13. Fülöp, G.T. From Electrodeposited InSb to Photonic Crystals and Nanopatterned Molecular Templates: Dis. ... Dr. of Phil. / G.T. Fülöp. – Cleveland, 2004. – 156 Sheets.

САМООЧИЩАЮЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Сорока Н. Д.

Соловей Н. П. – канд. техн. наук, доцент

Идею создания самоочищающихся материалов подсказала сама природа. Ослепительно красивое многолетнее водное растение лотос растет в загрязненных водах, но его листья, возвышающиеся на метры над водой, всегда выглядят безукоризненно. Капли воды на них переливаются неземным блеском, а дожди смывают с них грязь гораздо легче, чем со всех других растений. Наблюдая за подобными природными явлениями, ученые создают новые материалы и технологии.

Удивительная способность лотоса и некоторых других растений отталкивать грязь подвигла ученых к созданию ряда технологий самоочищения. Ботаник Вильгельм Бартлотт из Германии является открывателем и разработчиком "Эффекта лотоса". Он предположил, что свойство самоочищения листьев лотоса обусловлено сочетанием двух особенностей его поверхности: воскообразностью и покрывающими ее микробугорками, размерами в несколько микрометров (рисунок 1). Позже Бартлотт установил, что эффект самоочищения листьев лотоса обусловлен исключительной способностью их поверхности отталкивать воду (гидрофобностью).



Рис.1 – "Эффект лотоса": а – внешний вид растения, б – капля воды, скатывающаяся по листу лотоса, в – микрофотография поверхности листа лотоса

Гидрофобность или гидрофильность (смачиваемость водой) материала определяется краевым углом между твердой поверхностью и касательной к поверхности капли в месте ее контакта с твердой поверхностью. В случае гидрофильной поверхности краевой угол меньше 90° , а в случае гидрофобной поверхности он больше 90° . Бесчисленные микроскопические бугорки на воскообразной поверхности листа лотоса делают ее исключительно водоотталкивающей, т. е. сверхгидрофобной. Краевой угол смачивания может превышать 150° , т. е. вода на них образует почти сферические капли с очень малой площадью контакта, которые легко стекают по поверхности (рисунок 2). Грязь скапливается только на верхушках бугорков и легко смывается дождевой водой.

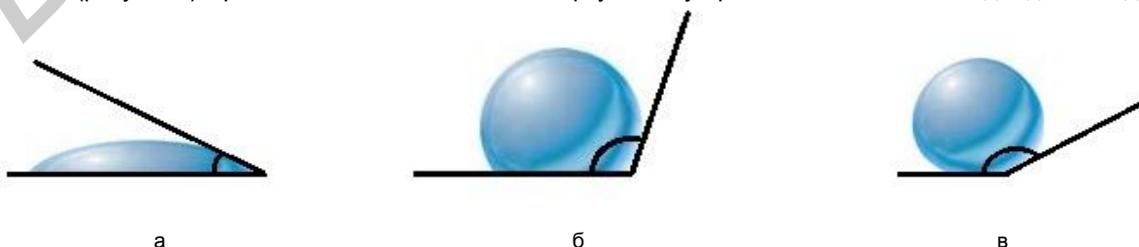


Рис. 2 – Краевые углы смачивания: а – гидрофильная поверхность (угол $< 90^\circ$), б – гидрофобная поверхность (угол $> 90^\circ$), в – сверхгидрофобная поверхность (угол $> 150^\circ$)

Придание поверхностям изделий свойств сверхгидрофобности с помощью "эффекта лотоса" было не-

легким делом. Гидрофобность – это свойство водоотталкивания. Но вещество, которое отталкивает все, необходимо заставить хорошо сцепляться с изделием. Тем не менее ученому удалось, используя силиконовое покрытие, создать микрошероховатую поверхность, с которой жидкость стекала, не оставляя следов. Вскоре эта идея была использована для получения "самоочищающихся тканей". Она основана на нанесении и прикреплении к волокнам ткани наночастиц SiO_2 или полимера, которые придают им бугорчатость. Такие ткани обладают способностью очищаться от пятен жирных томатных соусов, кофе и вина, при этом сохраняя свои свойства даже после обычных стирок (рисунок 3). Микро- или наномасштабной шероховатостью обладают и многие другие материалы и изделия, например, краски для фасадов зданий, черепица и т. д.



Рис. 3 – Ткань, которая "сбрасывает" воду и другие пищевые жидкости: а – свойство сверхгидрофобности, б – необработанное хлопковое волокно (слева), обработанное хлопковое волокно (справа)

Исследование эффекта лотоса было предпринято как попытка понять природу способности к самоочищению одного типа поверхности: воскообразной с микроскопическими и даже наномасштабными структурами. Сегодня эти исследования послужили основой развития совершенно новой области – науки о смачиваемости, самоочищении и самообеззараживании. Вызывает интерес и противоположное гидрофобности свойство – сверхгидрофильность (смачиваемость водой). Главным элементом в этой области является диоксид титана (TiO_2).

Установлено, что пленки TiO_2 наномасштабной толщины, активированные УФ-излучением, обладают фотокаталитическим эффектом, разлагая органические соединения (в частности те, из которых состоят стенки клеток бактерий) на углекислый газ и воду. Фотокаталитический эффект TiO_2 обусловлен его полупроводниковой природой, т. е. тем, что для перевода электронов в нем из так называемой валентной зоны, где все энергетические уровни заполнены, в пустую зону проводимости, где электроны могут перемещаться, создавая электрический ток, требуется сравнительно небольшая энергия. С этой целью была изготовлена тонкая пленка из водной взвеси частиц TiO_2 , которую отожгли при $500\text{ }^\circ\text{C}$. Такая пленка после УФ-облучения приобретала исключительное свойство полной смачиваемости (с нулевым краевым углом).

Несмотря на то, что данный эффект прямо противоположен отталкиванию воды листьями лотоса, он также оказался полезным для самоочищения: вода растекается повсюду, образуя слой, который уносит с собой грязь. При этом поверхность не запотеваает, поскольку конденсирующаяся на ней жидкость не образует множества мелких капелек, затуманивающих поверхность, а растекается. УФ-излучение (например, солнечное) создает в TiO_2 свободные электроны и дырки. Электроны связываются с молекулами кислорода, образуя отрицательно заряженные радикалы – анионы пероксида, а дырки связываются с анионами гидроксила, образуя нейтральные радикалы. Эти очень агрессивные частицы убивают микроорганизмы и разрушают органические вещества на поверхности. УФ-излучение изменяет также структуру пленки TiO_2 , делая ее сверхгидрофильной, что позволяет воде смывать грязь. Фотокаталитическое действие TiO_2 способствует также дезодорированию и дезинфекции покрытий, разлагает органические соединения и убивает бактерии. Единственным минусом является то, что для такого эффекта требуется УФ-излучение.

Так как покрытия из TiO_2 прозрачны, то естественно, их можно использовать для получения активных покрытий для оконных стекол. Для этого над стеклом в процессе охлаждения пропускаются пары TiCl_4 , в результате на поверхности стекла образуется пленка TiO_2 , толщиной около 20 нм. Активное стекло становится главным материалом для остекления теплиц и для зеркал заднего вида у транспортных средств.

В настоящее время рассматривается возможность "переключения" одной и той же структуры между сверхгидрофобным и сверхгидрофильным состояниями. Ученые заметили, что от небольшого изменения структуры может зависеть то, какой получится поверхность – гидрофобной или гидрофильной. В связи с этим был разработан метод послойного изготовления тонких пленок. Были созданы "стопки" из чередующихся слоев положительно заряженного органического полимера и отрицательно заряженных наночастиц кварца SiO_2 (с гидроксильными группами на их поверхности). К этим многослойным структурам было добавлено окончательное покрытие из гидрофобного силикона. Таким образом, слои кварца создавали огромный лабиринт нанопор, образуя губку, которая мгновенно впитывала поверхностную воду – этот эффект называется нановпитыванием. Такие многослойные кварцево-полимерные структуры не запотевают даже над кипящей водой. Когда поры заполняются, вода начинает стекать с края. С уменьшением влажности жидкость из нанопор постепенно испаряется. Сверхгидрофильное покрытие не только прозрачно и не запотеваает, но и является просветляющим (антиотражательным), и, в отличие от TiO_2 , работает в темноте не хуже, чем на свету.

Ученые из Южной Кореи нанесли на многослойное кварцево-полимерное покрытие слой соединения на основе молекулы азобензола. Гидрофобная группа на конце такой молекулы в сочетании с шероховатостью слоев покрытия делает поверхность сверхгидрофобной. Однако УФ-излучение изгибает эти молекулы, так что гидрофобная группа оказывается укрытой в глубине, что делает поверхность сверхгидрофильной. Дневной свет быстро возвращает поверхность в исходное состояние. Такой способ управления гидрофобностью и гидрофильностью может найти применение в медицине для массовой проверки лекарств и других биохимических тестов.

Список использованных источников:

1. Форбс, П. Самоочищающиеся материалы / П. Форбс // В мире науки. – 2008. – №10. – С. 48-55.