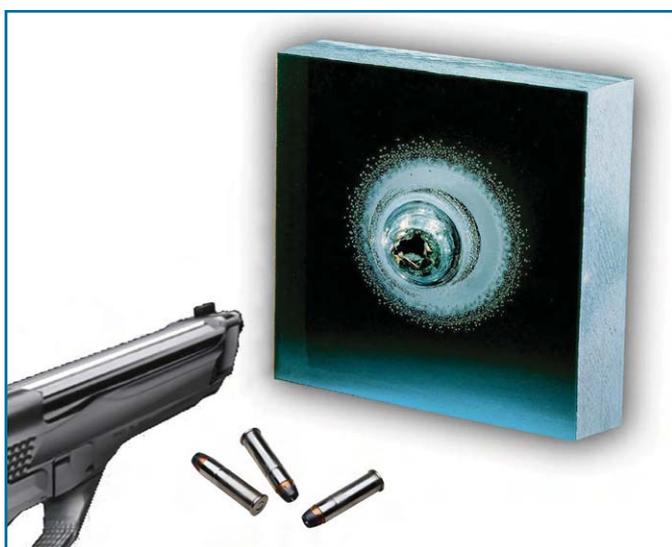


НАНОСТЕКЛО (Nanoglass)

«...К восторгу и испугу некоторой части публики машины с тяжким грохотом врезались в тонкое наностекло...».

Игорь Розов.

«Тени»



Иногда в научно-исследовательских лабораториях можно найти приборы, массивные части которых соединены фарфоровыми палочками, закрепленными винтами из нержавеющей стали. От постоянного термоциклирования такие винты, как правило, «залипают» и не поддаются откручиванию. Поэтому когда возникает необходимость разобрать такой прибор, чтобы, например, переместить в другое помещение или выкинуть, не остается ничего другого как разбивать фарфор молотком. Но не тут-то было – при этом разорвутся все стальные винты, но ни одна палочка не разрушится, и единственные следы, остающиеся на ней от такого воздействия – это серые полосы истертой стали молотка. В чем же причина необычной прочности чудо-фарфора? Вероятно, в особенностях его структуры – он представляет собой корундовый наноситалл – частично закристаллизованное наностекло.

Что представляет собой наностекло? Это группа разнообразных материалов, состоящих из сте-

клянной матрицы, в которой распределены **наночастицы**. При этом наночастицы могут быть как кристаллическими, так и аморфными, т.е. стеклянными, или вовсе отсутствовать – стекло с нанопорами тоже будет наностеклом. Сама же матрица не обязательно должна быть прозрачным силикатным стеклом, как оконное стекло, – она может состоять практически из любого материала и даже быть металлической.

Иногда свойства наностекол определяются только свойствами входящих в их состав наночастиц, но чаще всего – свойствами стеклянной матрицы и наночастиц одновременно. Наиболее ярким и всем известным примером наностекла являются рубиновые звезды на Кремлевских башнях. Матрица этих звезд состоит из бесцветного силикатного стекла, а красный цвет им придают небольшие количества равномерно распределенных наночастиц золота вследствие проявления **плазмонного резонанса**. Рубиновые звезды – это только частный случай, более широко явление плазмонного резонанса применяется при изготовлении оптических светофильтров на основе наностекол. К примеру, красные, оранжевые и желтые светофильтры содержат в своем составе наночастицы селенида кадмия и цвет стекла задается их размером. При этом, если желтое стекло нагреть до определенной температуры, то частицы в нем «подрастут», и оно покраснеет. В качестве другого примера можно привести наностекло с частицами гексаборида лантана диаметром 80 нм, способное поглощать тепловую составляющую солнечного света (в диапазоне от 750 до 1300 нм) и хорошо пропускать видимый свет.

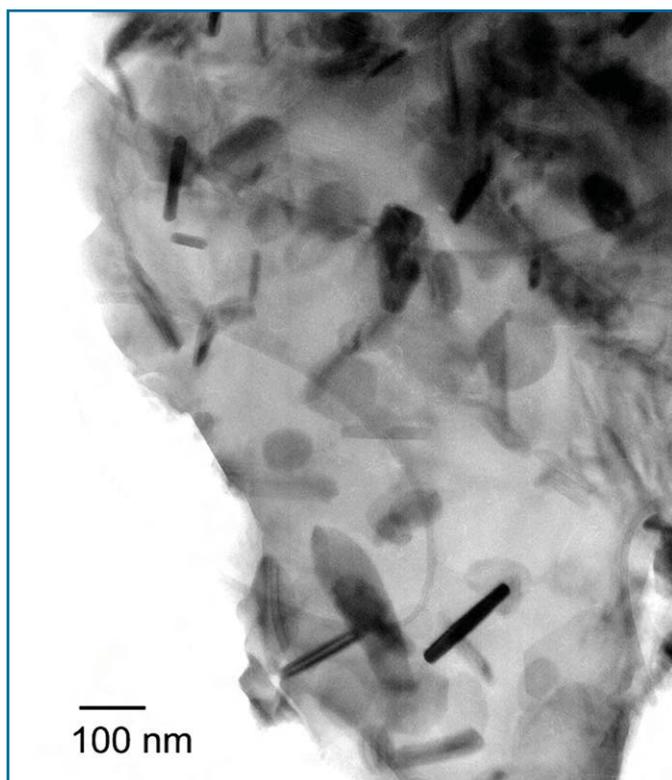


Рис. 1. Стеклокерамический нанокompозит, содержащий магнитные частицы в стеклообразной матрице (работа выполнена на ФНМ МГУ)

Тем не менее, гораздо чаще не только наночастицы, но и матрица определяет свойства наностекла, как в случае упомянутого вначале статьи наноситалла. Чем меньше размер частицы, тем труднее ее сломать (разумеется, в пересчете на единицу сечения). Однако сами по себе наночастицы – это всего лишь пыль, именно стеклянная матрица скрепляет их между собой, не давая им «разлетаться», а они, в свою очередь, не позволяют трещинам развиваться в стекле. Интересными свойствами обладают пленки, состоящие из плоских упорядоченных сот диаметром 13 нм, заполненных оксидом кобальта Co_3O_4 и разделенных 1 нм стеклянными перегородками. При освещении красным милливаттным лазером показатель преломления такого наностекла значительно изменяется, благодаря чему данный материал может использоваться для создания устройств сверхплотного хранения информации до 1 терабит/кв. дюйм. В качестве среды для магнитной записи информации также могут использовать-

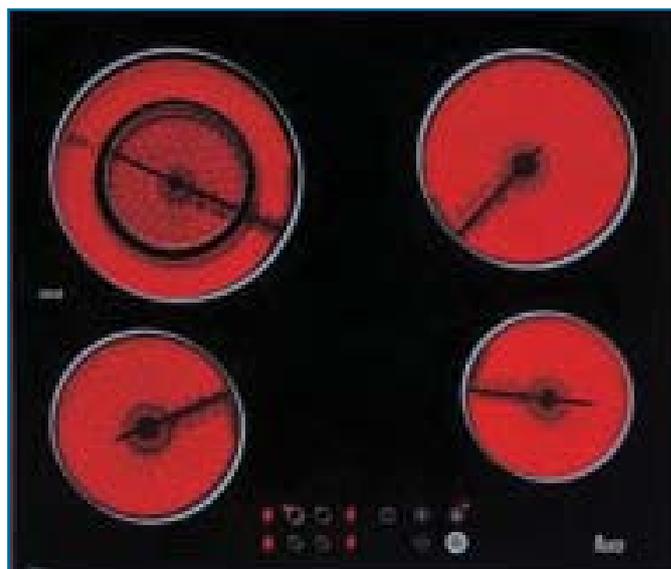


Рис. 2. Поверхность кухонной плиты, изготовленная из наностекла

ся композиты на основе магнитных наночастиц гексаферрита стронция, находящихся в стеклообразной матрице, которые успешно получают термообработкой исходного стекла (рис. 1).

В настоящее время особое внимание привлекает кварцевое стекло, содержащее большое количество нанопор, поскольку оно имеет самую низкую диэлектрическую проницаемость среди всех известных твердых диэлектриков – от 2,5 до 1,3. Причем до величины проницаемости 1,8 стекло сохраняет механическую прочность, достаточную для использования его в качестве межслойной изоляции в кристаллах микросхем вместо традиционного диоксида кремния SiO_2 . Это позволяет значительно сократить паразитную емкость и поднять тактовую частоту процессоров на 40%. Правильный подбор состава стеклянной матрицы и определенное распределение в ней наночастиц позволяет добиться очень низких значений коэффициента термического расширения таких материалов. Поэтому наностекла широко используют в бытовой технике, к примеру, для изготовления поверхности стеклокерамических плит, которые способны, не трескаясь, выдерживать неравномерный нагрев (рис. 2). Кстати, окрашено такое стекло опять-таки наночастицами, только не чистого золота, как Кремлевские звезды, а его селенида.

Литература:

1. Pannhorst W. Journal of Non-Crystalline Solids. 1997. Vol. 219. P. 198–204.
2. James P.F. Journal of Non-Crystalline Solids. 1995. Vol. 181. P. 1–15.