

УДК 004.85

И. А. Косско<sup>1</sup>, А. А. Крючин<sup>2</sup>, В. Г. Кравец<sup>2</sup>,  
А. А. Мохнюк<sup>3</sup>, А. С. Оберемок<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем материаловедения НАН Украины  
ул. Кржижановского, 3, 03142 Киев, Украина

<sup>2</sup>Институт проблем регистрации информации НАН Украины  
ул. Н. Шпака, 2, 03113 Киев, Украина

<sup>3</sup>ДП «КВАЗАР-ИС»

ул. Северо-Сырецкая, 3, 04136 Киев, Украина

<sup>4</sup>Институт физики полупроводников НАН Украины  
пр. Науки, 41, 03028 Киев, Украина

## Формирование информационного рельефа в некоторых неметаллических материалах

*Исследована возможность формирования информационного рельефа в некоторых неметаллических материалах, полученных методом реакционного спекания и горячего прессования ( $SiC$ ,  $SiC+B_4C$  и  $Si_3N_4$ ,  $Si_3N_4+B_4C$ ,  $AlN$ ), а также в монокристаллическом кремнии. Для получения микрорельефа использован метод плазмохимического травления.*

**Ключевые слова:** керамика, плазмохимическое травление, информационный рельеф.

### Введение

Настоящая работа посвящена изучению перспективы применения в производстве оптических дисков прогрессивной технологии прямого мастеринга, а также решению проблемы долговременного хранения информации на носителях, обладающих высокими механическими свойствами и инертных к воздействию окружающей среды. При применении указанной технологии из технологического цикла исключается гальванопластика, являющаяся экологически вредным производством, значительно сокращается время изготовления компакт-дисков, а также решается проблема длительного времени хранения информации без применения специальных условий хранения. В данном случае речь идет о создании носителей для хранения различного рода документов, проектной документации стратегических объектов, культурном наследии и т.п.

В монографии [1] исследованы физико-химические процессы, обуславливающие невозможность длительного хранения информации на стандартных компакт-дисках. Это связано, прежде всего, с деградацией отражающего слоя за счет

© И. А. Косско, А. А. Крючин, В. Г. Кравец, А. А. Мохнюк, А. С. Оберемок

проникновения влаги, кислорода или агрессивных реагентов. Это может привести либо к увеличению количества ошибок на диске, либо к полному его повреждению и невозможности воспроизведения записанной информации. Другим фактором, влияющим на «время жизни» диска, являются какие-либо пометки на наклейках, нанесенные пользователем при помощи острых предметов или точечных пишущих принадлежностей, так как существует угроза повреждения слоя защитного лака. В некоторых случаях при применении для нанесения пометок чернил с растворителями может произойти нежелательная реакция с защитным лаком. Также не рекомендуется использоваться перезаписываемые диски (CD-RW, DVD-RV, DVD-RAM и DVD+RW) в качестве архивных. Это связано с тем, что материалы, используемые при записи, могут быть подвержены влиянию тепла и ультрафиолетового излучения. Некоторые исследователи считают, что повторяющийся процесс перезаписи может ускорить деградацию материалов, что уменьшает возможность использования носителя для длительного хранения данных.

В ряде работ [2–7] обсуждаются вопросы, связанные с использованием стекол и керамик для длительного хранения данных и прямого мастеринга. Материалы керамики при этом должны обладать комплексом механических и физико-химических свойств, обеспечивающих необходимый ресурс использования для изготовления заданного количества готовых изделий. Штампы из керамики должны удовлетворять следующим условиям: быть износостойкими, то есть не изменять рельеф в процессе штампования оптических дисков; обладать химической инертностью к поликарбонату и другим пластическим массам; обладать высокой стойкостью к ударным нагрузкам; иметь однородный химический состав по глубине и стабильные механические свойства в широком температурном диапазоне; в штампах должны отсутствовать поры и включения; они должны иметь минимальные внутренние напряжения и соответствующую ориентировку плоскостей кристаллитов.

Прямой мастеринг штампа заменяет входящий в общепринятый цикл производства стеклянный диск-оригинал на прочный — керамический. При этом данный процесс заменяет некоторые сложные электрохимические и ручные операции на одну — прецизионное ионное или плазмохимическое травление. Процессы, которые предшествуют производству штампа, в своем большинстве остаются неизменными. В ходе нового процесса, традиционное производство штампов длительностью более 200 минут заменяется на менее чем 20-минутное, автоматически контролируемое, ионное или плазмохимическое травление. Ликвидируются практически все производственные стадии, которые производят токсические отходы.

Определяющими физико-технологическими свойствами штампов являются: высокая твердость, ударная термостойкость, теплопроводность, возможность хорошо контролируемого ионного, плазмохимического или химического травления. Большие значения ударной термостойкости подразумевают большую способность материала к диссипации тепловой энергии при быстром нагреве без излома или скола. Таким свойством должен обладать материал для инъекционного литья.

В таблице представлены наиболее важные физико-механические свойства материалов, которые могут использоваться в качестве подложек для штампов. Для сравнения в таблицу также включены данные для никеля, полученного мето-

дом гальванического выращивания. Следует отметить, что для поддержания совместимости между охлаждающими системами, используемыми в современных установках инжекционного литья, нужно использовать материал с ударной термостойкостью, приближающейся по значению к никелю.

Некоторые физические свойства неметаллических материалов [2]

Подложка	Твердость (кг/мм <sup>2</sup> )	Фракционная жесткость (МПа·м <sup>1/2</sup> )	Ударная термостойкость (Вт/м)	Теплопроводность (Вт/м °К)	Качество поверхности после ионного травления
Никель	100	~100	7138	80	Низкое
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2100	4	3225	30	Очень хорошее
SiC	2500	3	19149	90	Отличное
Стеклоуглерод	500	2	135517	120	Отличное
Стекло Corning 9647	450	1,3	546	2,5	Отличное

С другой стороны, чрезвычайно важным является технологический фактор ионного, плазмохимического или химического травления. Здесь, принципиально важным, является строго контролируемая скорость травления без увеличения шероховатости поверхности [3–7]. Наиболее перспективным является карбид кремния благодаря его отличным физико-механическим свойствам. Он исключительно твердый, имеет высокую ударную термостойкость, является хорошо исследованным материалом для ионного травления и его теплопроводность близка к теплопроводности никеля. Однако, химически осажденные пленки [3], а также массивные монокристаллы карбида кремния являются довольно дорогим материалом.

## Методика и результаты

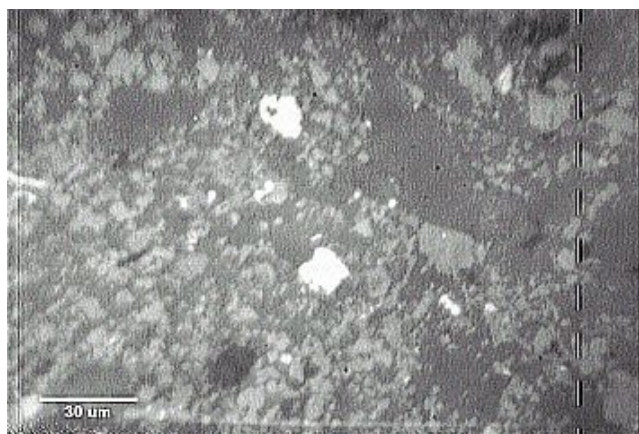
В наших экспериментах была осуществлена попытка использования в качестве подложек для штампа массивных поликристаллических керамик, полученных методом реакционного спекания и горячего прессования. К поверхности керамик выдвигалось главное требование — шероховатость  $R_z$  не должна превышать 50 нм. Толщина керамических подложек составляла от 1 до 10 мм.

На поверхность керамических подложек наносился слой фоторезиста, в котором посредством УФ облучения и последующего химического травления формировался информационный рельеф. Облучение проводилось через специальную маску. В образцах кремния информационный рельеф формировался на станции записи оптических дисков. Для получения информационного рельефа, после стандартной технологии полива фоторезиста, экспонирования и смывания облученных участков щелочью, использовался метод плазмохимического травления.

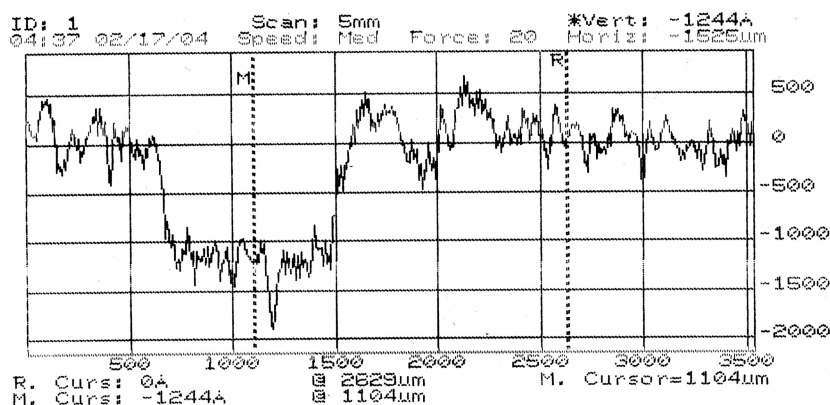
Контроль особенностей геометрии информационного рельефа проводился с помощью атомно-силового микроскопа NANOSCAN-2, а также профилометра DEKТАК.

На рис. 1а представлена типичная поверхность керамики (в данном случае AlN) после полировки и до формирования информационного рельефа. На рис. 1б показана профилограмма пиков на керамическом образце AlN. В результате экс-

перимента были получены рельефные изображения с глубиной пиков около 150 нм и углом наклона стенки пиков около  $35^\circ$ , соответствующие требованиям для инъекционного литья. Однако величина шероховатости образца  $R_z$  была увеличена путем плазмохимического травления примерно в 2 раза.  $R_{\max}$  достигала 100 нм. Мы связываем это с преимущественным травлением границ раздела по сравнению с телом зерна. Примечательным оказался факт изменения геометрии информационного рельефа на перечисленных керамиках с течением времени. Реагенты травителя, попавшие в дефекты структуры, не удалялись при промывке деионизованной водой, что приводило к «размыванию» информационного рельефа через несколько суток, то есть, проходило дальнейшее неконтролируемое травление. Увеличение значений шероховатости, нестабильность геометрии информационного рельефа при ионном травлении делает невозможным изготовление штампа из поликристаллических керамик.



а)



б)

Рис. 1. а) типичная поверхность керамик (AlN);  
 б) профилограмма информационного рельефа, полученного на керамике AlN

На рис. 2а–в представлен информационный рельеф на монокристаллическом кремнии. Измерения шероховатости профилометрированием дали примерно одинаковую шероховатость  $R_z \approx 50$  нм для исходной поверхности и для образца со

сформированным информационным рельефом. Таким образом, шероховатость образца не была увеличена путем травления. Угол наклона стенки пиков составлял примерно  $40^\circ$ . Наблюдаемый наклон этой стенки удовлетворяет требованиям для инжекционного литья. Более крутые «стенки» пиков будут плохо влиять на отделение полимера от матрицы, тогда как менее крутые стенки понизят уровень сигнала воспроизведения. Размеры пиков и расстояния между дорожками удовлетворяют принятым стандартам. Имеются, однако, и дефекты структуры. Так, с левой стороны пиков образуется дефект структуры в виде невысокого пика.

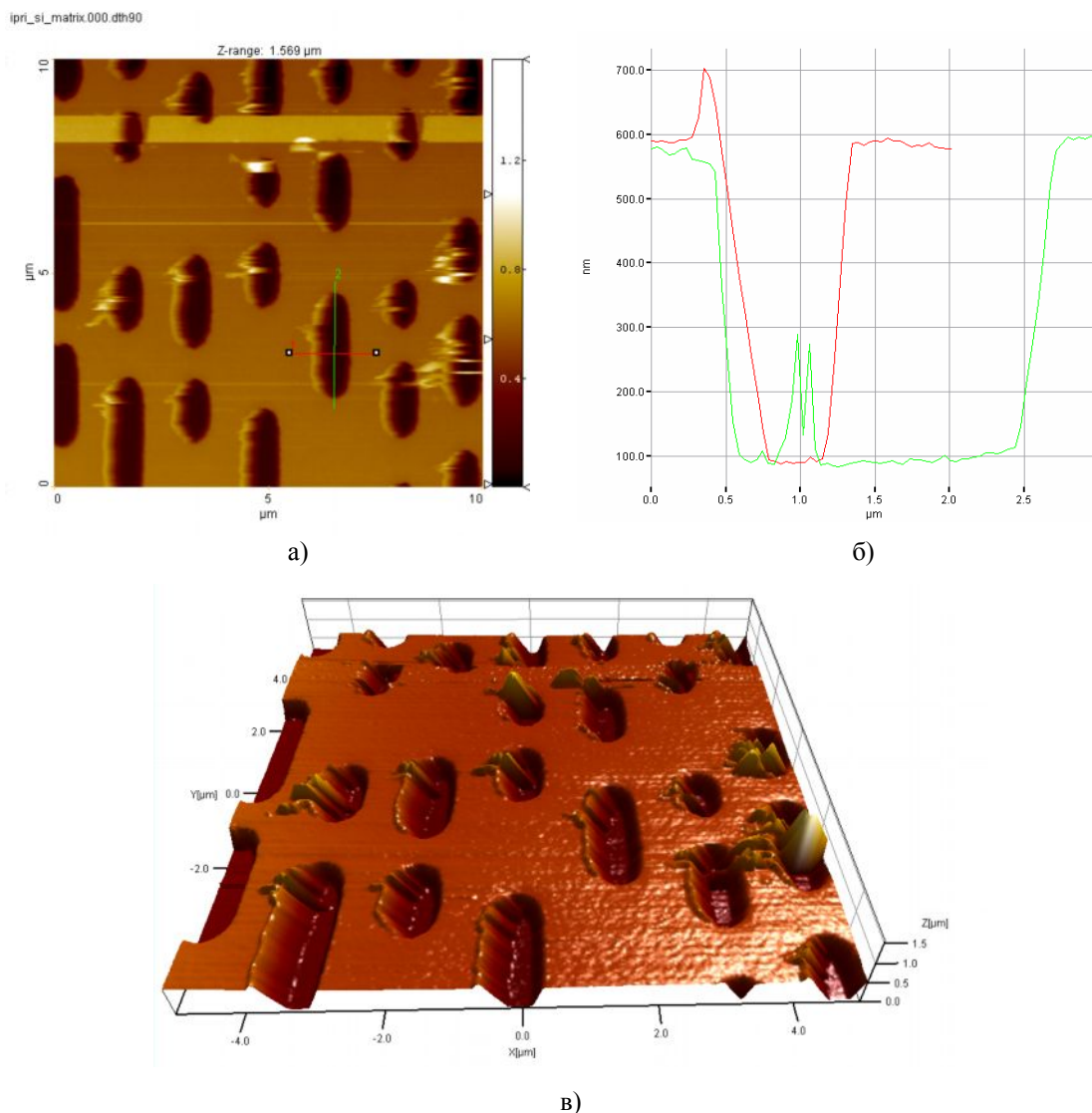


Рис. 2. Образец кремния со сформированным информационным рельефом: а) вид сверху; б) профилограммы по сечению: поперек и вдоль пиков; в) трехмерное изображение поверхности

## Выводы

Были проведены исследования возможности формирования информационно-го рельефа в ряде неметаллических материалов. Результаты показали, что на ке-

рамических образцах, полученных методом реакционного спекания и горячего прессования, образовывался микрорельеф с нерезкими краями питов.

Качество информационного рельефа, полученное на монокристаллических материалах, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к штампам. Поэтому, наиболее перспективным, с нашей точки зрения, будет использование монокристаллических массивных образцов или композитов, полученных с помощью различных методов нанесения тонких пленок керамики (прежде всего карбида кремния) на массивную основу.

### Благодарности

Авторы благодарят сотрудников ИПМ НАН Украины Н.Ф. Гадзыру и Л.А. Шипилову за предоставленные образцы керамики.

1. Петров В.В., Крючин А.А., Шанойло С.М. та ін. Металеві носії для довготермінового зберігання інформації. — К.: Наук. думка, 2005. — 132 с.
2. Bifano T.G., Fawcett H.E., Bierden P.A. Precision Manufacture of Optical Disc Master Stampers // Precision Engineers. — 1997, Jan. — Vol. 20, N 1. — P. 54–62.
3. Bifano T.G., Fawcett H.E., T. Drueding T. Neutral Ion Figuring of Chemically Vapor Deposited Silicon Carbide // Opt.Eng. — 1994. — **33**. — P. 967–974.
4. Miyamoto I., Shuhara A. Ion Beam Machining of Tungsten Carbide Chips — Fabrication of Fine Patterns // Ann CIRP. — 1991. — P. 40.
5. Miyamoto I., Ezewa T., Itabashi K. Ion Beam Fabrication of Diamond Probes for a Scanning Tunneling Microscope. — 1991. — **2**. — P. 52–56.
6. Egert C.M. Roughness Evolution of Optical Materials Induced by Ion Beam Milling // Proc. SPIE. — 1992. — P. 1752.
7. Drueding T.W., Wilson S., Fawcett S.C., Bifano T.G. Ion Beam Figuring of Small Optical Components // Opt. Eng. — 1995. — **34**. — P. 3565–3571.

Поступила в редакцию 21.02.2006