

УДК 004.085.2

**В. А. Агамась, А. А. Крючин, В. В. Петров**

Институт проблем регистрации информации НАН Украины  
ул. Шпака, 2, 03113 Киев, Украина  
тел. (044) 456-83-89; fax (044) 241-72-33  
e-mail: petrov@ipri.kiev.ua

## **Особенности изготовления дисков-оригиналов для систем лазерной записи информации**

*Рассмотрен процесс нанесения на диски-оригиналы тонких пленок позитивного фоторезиста и подготовки дисков-оригиналов к записи информации. Приведены результаты анализа причин появления дефектов на пленках позитивного фоторезиста, проявляющихся в процессе записи информации.*

**Ключевые слова:** фоторезист, диск-оригинал, центрифуга, полив, дефекты, вязкость.

### **Введение**

В технологическом процессе производства компакт-дисков для получения рельефных изображений на дисках-оригиналах используется ряд рельефообразующих фоточувствительных материалов, таких как позитивные органические фоторезисты, пленки «краситель-полимер», халькогенидные полупроводниковые пленки и др. Наиболее широкое применение нашли органические позитивные фоторезисты [1, 2]. Это связано с их высокой разрешающей способностью, технологичностью получения, соответствием диапазона спектральной чувствительности длинам волн стабильных и надежных лазеров. Особенностью использования пленок позитивных фоторезистов в процессе мастеринга являются как малая толщина фоторезиста (120 нм для DVD и 150 нм для CD), так и жесткий допуск на разнотолщинность пленки фоторезиста, составляющей  $\pm 2$  нм. Кроме того, жесткие требования предъявляются к форме углублений в пленке фоторезиста, формируемые в процессе селективного травления облученной пленки фоторезиста. Отклонения от заданной толщины пленки фоторезиста приводят не только к изменению величины сигналов считывания и слежения, но и к локальному изменению коэффициента отражения компакт-дисков [3].

© В. А. Агамась, А. А. Крючин, В. В. Петров

## **Процесс формирования пленок фоторезиста на стеклянных подложках дисков-оригиналов**

Для нанесения пленок фоторезиста наиболее широко применяется метод центрифугирования, обеспечивающий получение равномерного слоя в пределах  $\pm 5\%$  по всей поверхности подложки.

В установке и в процессе нанесения фоторезиста методом центрифугирования были использованы следующие технические решения:

- использовался вакуумный прижим подложки к ротору центрифуги;
- полив фоторезиста проводился за время 1,6–2,0 с на подложку, вращающуюся со скоростью около 300 об/мин, и через 0,2–0,3 с после завершения процесса полива ротор разгонялся до скорости вращения 3000 об/мин. Процесс растекания и сушки при таких оборотах проводился в течение 90 с;
- нанесение фоторезиста производилось в боксе с подачей чистого воздуха, прошедшего через систему фильтров, и локальным отсосом паров фоторезиста и растворителя;
- запретные экраны находились на расстоянии в 3–4 раза большем диаметра ротора центрифуги для исключения попадания отраженных капель на поверхность диска-оригинала.

При выборе соотношения между количеством позитивного резиста Шипли 1805 (Shipley) и растворителем и режимом сушки нанесенного слоя учитывается состав резиста и растворителя. Основным компонентом большинства позитивных фоторезистов (в том числе и Shipley 1805) является продукт конденсации 1,2 нафтолинодиазида (2) или (4) сульфохлорида с различными наволочными (резольными) смолами с относительной молекулярной массой 500–1200. Сульфозфир разбавляется органическим растворителем до 20–30 % концентрации. В качестве пленкообразующей добавки вводят конденсационные смолы в количестве, равном массе светочувствительного компонента. В результате экспонирования актиничным излучением светочувствительная компонента вступает в фотоперегруппировку Вольфа и образует соответствующие кетены, при этом изменяется растворимость в щелочных травителях. Позитивные фоторезисты этого класса имеют высокую адгезию к стеклянным подложкам [4–6].

Для получения равномерной пленки фоторезиста толщиной  $(160 \pm 2)$  нм на подложке диаметром 160 мм вязкость фоторезиста и растворителя экспериментально была подобрана равной 2,3–2,4 сст. Стабильность параметров пленки фоторезиста зависит главным образом от вязкости фоторезиста, скорости вращения центрифуги, времени разгона центрифуги до рабочей скорости и от постоянства времени между моментом подачи раствора на подложку и включением центрифуги [6].

Существенное влияние на процесс получения однородной, с минимальным количеством пор, обладающей высокой селективностью травления пленки фоторезиста оказывает процесс испарения растворителя и проведения отжига. Одним из условий получения качественной пленки фоторезиста является низкотемпературная выдержка после нанесения раствора полимера, необходимая для ориентации макромолекул. При испарении растворителя пленкообразователи фоторезиста переходят в стеклообразное состояние. При формировании пленки макромолеку-

лы стремятся перейти в устойчивое состояние, т.е. принять такую форму, которая соответствовала бы минимальному значению свободной энергии. Этот релаксационный процесс требует некоторого времени, поэтому слишком быстрая сушка может привести к возникновению напряжений в пленке фоторезиста [6, 7].

Нами использовалась низкотемпературная ( $22 \pm 1$ ) °С выдержка дисков с фоторезистом в течение 2–3 часов. На каждой партии дисков-оригиналов с фоторезистом производился эллипсометрический контроль толщины. Колебания значений толщины фоторезиста между партиями составляли не более 5 нм.

### **Анализ характерных дефектов на поверхности дисков-оригиналов**

На поверхности дисков-оригиналов со слоем фоторезиста, полученным центрифугированием, наиболее часто встречаются локальные неоднородности рельефа, имеющие вид вытянутых капелек — «комет». К появлению «комет» могут приводить пылинки, осевшие на подложке до нанесения фоторезиста, неоднородности подложки в виде выколов или царапин, а также присутствие посторонних частиц в фоторезисте.

На микродефектах вязкая масса фоторезиста обтекает эти частицы и под действием центробежных сил возникают локальные утончения, длина и ширина которых зависит от размера.

Возникают неоднородности рельефа пленки фоторезиста в виде радиально расходящихся лучей, причиной которых являются возникновения внутренних напряжений в пленке. Напряжения возникают из-за того, что скорость испарения растворителей превышает скорость образования структуры пленки.

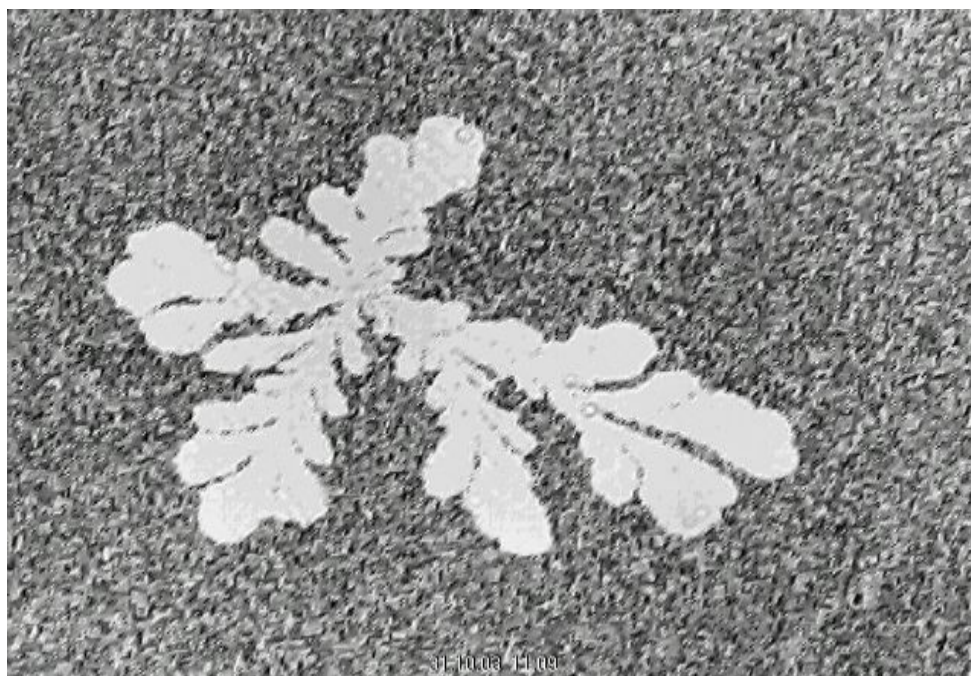
Контрастность полос существенно увеличивается после осуществления записи информации и получения рельефного изображения на диске-оригинале. «Кометы», образовавшиеся на дефектах с размерами до 0,1 мм не приводят к существенному изменению уровней ошибок и сигналов считывания при воспроизведении информации, однако изменяют коэффициент отражения компакт-дисков.

Попадание на подложку диска-оригинала капель воды тоже приводит к появлению дефектов, внешне похожих на «кометы», однако без выраженного ядра. Дефект является симметричным. Изменение толщины фоторезиста в нем не превышает 20–25 %. Наличие таких дефектов несколько увеличивает уровень корректируемых ошибок на компакт-дисках, но не приводит к появлению некорректируемых ошибок. Попадание частиц воды на подложки может происходить при обдуве подложек с целью удаления пылевых частиц недостаточно осушенным воздухом.

К появлению большого числа ошибок при воспроизведении информации, локальным изменениям коэффициента отражения на изготовленных компакт-дисках приводит попадание капель органических веществ (масел и т.д.) на поверхность дисков-оригиналов до или в процессе записи. Тонкие прозрачные масляные пленки существенно не влияют на экспонирование фоторезиста, однако препятствуют селективному травлению фоторезиста. Попадание паров масла на поверхность диска-оригинала приводит как к появлению областей с измененным коэффициентом отражения, так и к существенному искажению записанной информации.

К существенным искажениям записанной информации приводят также попадания органических микрочастиц на проявленные диски-оригиналы до или в процессе отжига слоя фоторезиста ( $T_{отж} = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Органические загрязнения растекаются при отжиге по поверхности диска-оригинала и экранируют значительные участки с записанной информацией. На штампе и на компакт-диске этот дефект проявляется в виде областей (диаметром до 1–2 мм) без записанной информации.

Выбор режима термообработки слоя фоторезиста сильно влияет на процесс записи информации и получение никелевых штампов. Отжиг при повышенной температуре ( $> 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) приводит к тому, что запись информации на нем вообще не происходит, а при температуре в диапазоне  $100\text{--}120\text{ }^{\circ}\text{C}$  приводит к появлению областей с пониженной чувствительностью (см. рисунок). Проведение отжига слоя фоторезиста при оптимальной температуре  $92\text{--}95\text{ }^{\circ}\text{C}$  с однородным нагревом диска-оригинала обеспечивает получение дисков-оригиналов с постоянной энергией записи информационных единиц.



Влияние отжига при повышенной температуре на процесс записи информации

Следует отметить, что свойства подложек имеют существенное влияние на характеристики дисков-оригиналов. Чистота поверхности подложек, однородность свойства, отсутствие механических напряжений и деформаций являются необходимыми условиями для получения качественных дисков-оригиналов.

Особые сложности вызывает подготовка к нанесению фоторезиста подложек, на которые ранее был нанесен слой фоторезиста, осуществлены запись информации и металлизация поверхности диска-оригинала.

## **Влияние свойств фоторезиста на процесс записи информации**

На процесс регистрации информации на пленках позитивных фоторезистов существенное влияние оказывают изменения экспозиции в процессе записи. Это связано с тем, что запись информации на таких пленках осуществляется в области экспозиций, соответствующих линейному участку экспозиционной характеристики (область пропорциональной передачи яркости [6]), на котором колебания плотности записывающей мощности пропорционально передаются в геометрические размеры питов. К колебаниям экспозиции в процессе записи приводят как изменения мощности лазера записи, так и погрешности в работе системы автоматической фокусировки. Локальные изменения профиля поверхности подложки, которые не полностью компенсируются исполнительным механизмом системы автоматической фокусировки, приводят к появлению на поверхности дисков-оригиналов локальных областей с измененными размерами питов (в первую очередь изменяется ширина и длина питов, а глубина сохраняется постоянной). Информация в таких областях воспроизводится без существенных искажений, однако коэффициент отражения из-за различного перераспределения интенсивности света между дифракционными порядками изменяется существенно (зависит от угла контроля). На высококачественных подложках дефекты такого вида не возникают.

На формирование рельефной микроструктуры диска-оригинала существенное влияние имеет процесс селективного травления, экспонированного на станции лазерной записи диска-оригинала. Изменение толщины пленки фоторезиста в необлученных местах составляет не более 5 %, что позволяет получать рельефные структуры (питы) с высотой перепадов около  $(150 \pm 5)$  нм при исходной толщине фоторезиста  $(155 \pm 5)$  нм. Пребывание дисков-оригиналов в условиях повышенной влажности ( $> 50$  %) в течение нескольких суток ( $> 3$  дней) приводит к уменьшению селективности травления позитивного фоторезиста. Запись информации и их травление по стандартной схеме с использованием системы дифракционного контроля процесса травления [8] не позволяли изготавливать диски-оригиналы с необходимой для получения заданных сигналов воспроизведения глубиной питов.

Проведение дополнительного отжига дисков-оригиналов перед процессом записи при температуре 95–100 °С в течение 1 часа позволило получать диски-оригиналы с требуемой глубиной питов. Однако за счет проведения дополнительных операций возрос уровень ошибок на компакт-дисках, изготовленных с этих дисков-оригиналов.

## **Выводы**

1. Методом центрифугирования с поливом фоторезиста за 1,6–2,0 с на подложку, вращающуюся со скоростью около 300 об/мин, и быстрым за 0,2–0,3 с разгоном до скорости 3000 об/мин получены пленки фоторезиста на стеклянных подложках дисков-оригиналов, используемых в технологическом процессе изготовления штампов для тиражирования компакт-дисков.

2. Определены условия термообработки дисков-оригиналов, обеспечивающие получение дисков-оригиналов с воспроизводимыми характеристиками.

3. Выявлены основные причины появления дефектов на поверхности дисков-оригиналов.

### **Благодарности**

Авторы выражают глубокую благодарность специалистам Института проблем регистрации информации НАН Украины: В.Н. Зенину, В.Д. Ковтуну, В.А. Заболотному, А.В. Ковальчуку, П.В. Майстренко, принимавшим участие в разработке технологического оборудования нанесения фоторезиста; Ю.А. Бородину, В.Н. Христину, осуществлявшим запись информации на дисках-оригиналах; также специалистам Института физики полупроводников П.А. Литвину и С.А. Костюкевичу, выполнявшим исследования поверхности дисков-оригиналов.

1. *Pohlmann K.C.* The Compact Disc. — Wisconsin (USA): A-R Editions Inc, Madison, 1992. — 342 p.
2. *Wilkinson R.L.* A Brief History of Time and Glass Mastering // REPLitech Asia. — 1995, October 24-26. — 15 p.
3. *Петров В.В., Крючин А.А., Шанойло С.М., Атамась В.А., Христин В.Н., Бородин Ю.А.* Особенности получения рельефных изображений на слоях позитивных фоторезистов дисков-оригиналов // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2001. — Т. 3, № 3. — С. 3–8.
4. *Боков Ю.С.* Фото-, электронно-, и рентгенорезисты. — М.: Радио и связь, 1982. — 235 с.
5. Информационные материалы фирмы Shipley / <http://www.townetech.com/shipley.htm>.
6. Введение в фотолитографию / Под ред. В.П. Лаврищева. — М.: Энергия, 1977. — 400 с.
7. Информационные материалы компании «Репер» / [www.reper.ru/technology](http://www.reper.ru/technology).
8. *Атаев В.А., Кравец В.Г.* Система дифракционного контроля процесса травления диска-оригинала // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2002. — Т. 4, № 1. — С. 28–34.

Поступила в редакцию 30.06.2004