

УДК 655.33

НАНОТЕХНОЛОГІЇ ТА ДРУКАРСТВО

© В. П. Шерстюк, д.х.н., професор, О. В. Гуменюк,
НТУУ «КПІ», Київ, Україна

Рассмотрены некоторые вопросы применения дисперсных систем наноразмерного масштаба в полиграфии и упаковке.

Проанализировано современное состояние применения нанотехнологий в полиграфических материалах и процессах с использованием микро- и наноконтактной печати.

Намечены пути и варианты создания новых графических коммуникативных технологий.

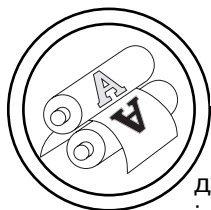
There are considered some features of dispersed systems in nano sized scale and their applications in Graphic Arts and packaging. There is made an analysis of the modern state of nanotechnology using in printing materials and processes in view of developments of new kinds of graphic communications.

Постановка проблеми

Для сучасного етапу розвитку друкарських технологій характерним є пошук нових друкарських і опоряджувальних процесів і засобів та матеріалів для їх реалізації. Наразі актуальними стають наукові підходи до вдосконалення існуючих технологій і намагання наблизитись до найсучасніших науково-технічних досягнень з тим, аби використати їх у прогресі друкарства та поліграфічного дизайну пакувань.

Науково-технічний прогрес визначається сьогодні та зкермовуватиметься завтра науково-ємними технологіями, серед яких чи не найвідомішими та щонайважливішими є нанотехнології. Дійсно, останніми роками набули інтенсивного розвитку дослідження і науково-технічні розробки в ділянці нанотехнологій. Підґрунтям цього є дося-

гнення фізики і хімії нанорозмірних систем. З'явилися визначення на кшталт нанофізика, нанохімія, нанобіологія, нанооптика, нанофотоніка, загалом нанонауки, наноматеріали. Фізикохімія дисперсних систем, до якої, зокрема, можна віднести цей напрям науки, займається описанням властивостей частинок найширшого діапазону. Коли було виявлено, що у нанорозмірному вимірі, тобто коли частинки мають розміри порядку кількох нанометрів — декількох десятків нанометрів, проявляються незвичні властивості речовин, то це відкрило шлях до створення нових речовин і технологій. У зв'язку з цим інтерес до нанонаук і нанотехнологій надзвичайно виріс у всьому світі. Видаються нові журнали, присвячені виключно цій тематиці. У солідних авторитетних журналах результатами дослі-



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

джені у зазначеній ділянці науки і технологій надається пріоритетна вага.

Показовим є факт присудження Нобелівської премії з фізики за 2007 рік Альберту Ферту (США) та Петеру Грунбергу (ФРН) за відкриття ефекту гігантського магнетоопору, коли досягається значна зміна електричного опору системи наноструктур при незначних змінах магнітного поля. Це відкриття знайшло практичне застосування для створення комп'ютерних жорстких дисків нового покоління. Нобелівська премія за 2007 рік в галузі хімії також пов'язана з наносистемами і присуджена німецькому вченому Герхарду Ертлю за дослідження хімічних процесів на твердих поверхнях, що мають нанорозмірний характер [1]. Символічним є також запровадження з наступного року спеціальної «паралельної» з Нобелівськими (з такою ж грошовою винагородою 1 млн €) премії для нанотехнологів.

Тому й не дивно, що інтерес дослідників і розробників нових технологій підкріплюється увагою урядових організацій, корпорацій, фірм, фондів. Фінансування досліджень і розробок набуває прогресивного характеру. Слід зауважити, що у США фінансування в ділянці нанонаук і нанотехнологій перевищує 1 млрд. доларів. У Російській Федерації половину фінансових ресурсів, що виділяються на розвиток науки і освіти, направлятимуться на дослідження і розробки в галузі нанотехнологій. Зформовано державну

програму, що керується і координується віце-прем'єром уряду [2].

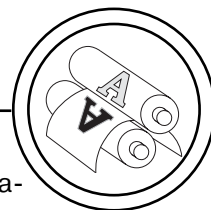
В Україні створено спеціальну Комісію НАН України з нанонаук і нанотехнологій. Комісія координує роботу багатьох наукових центрів, організує конференції з методів одержання нанорозмірних частинок, систем і композитів та розробки нанотехнологій [3, 4].

Така ситуація у сфері науково-технічної діяльності вимагає від освітян, з одного боку, бути поінформованими про досягнення в галузі нанонаук і нанотехнологій і, відповідно, організовувати навчальний процес з урахуванням актуальності цього напрямку. З іншого боку, перед науковцями, дослідниками — аспірантами і студентами постає питання пошуку шляхів використання досягнень нанонаук у поліграфічному виробництві, аби модернізувати та створювати нові технології і техніку друкарства і виготовлення паковань.

Аналіз попередніх досліджень і розробок

Підвищений інтерес дослідників до нанооб'єктів викликаний виявленням у них незвичних фізичних і хімічних властивостей, що є проявом квантових розмірних ефектів. Одним з головних чинників такої зміни фізичних і хімічних властивостей є зростання в них частки «поверхневих» атомів порівняно з об'ємною фазою. Тобто в певному сенсі це свідчення існування неординарних поверхневих явищ. Адаже зменшення розмірів частинок призводить до збіль-

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



шення поверхневої енергії, включаючи вільну поверхневу енергію та хімічний потенціал системи.

Серед дисперсних систем широкого розмірного діапазону наноструктури мають особливості в оптичних властивостях. Наноструктури схильні до виникнення нестабільності, в чому помітну роль відіграє існування нелінійних резонансів. Стабільність наносистем є предметом базових концепцій, які розглядаються для розуміння змін, що проходять в наноматеріалах, такі як, зокрема, квантова природа наноматеріалів, самозбирання наноструктур в природних і штучних об'єктах, тощо [5, 6]. Такій тематиці присвячуються солідні наукові конференції [2—4].

Структура і динаміка реальних наносистем представляються як нередуковані розв'язання проблеми взаємодії, яка має властивістю динамічну багатозначність, що визначає істинну динамічну випадковість і складність [7]. Автор зазначає, що в нанорозмірних системах хаотичність завжди є і вона значна і пов'язана з експоненціально високою ефективністю їхньої реальної складної динамічної роботи. Виходячи з таких концепцій пропонується реальні квантові пристрої, а також біо-нанотехнологічні підходи у генетиці.

У сучасних нанотехнологіях усе більшу увагу привертають не просто унікальні властивості індивідуальних наночастинок, а натомість складні наноструктури і упорядковані системи. Прикладами можуть слугувати гіб-

ридні наноструктури, що складаються з напівпровідникових нанокристалів і барвників, які у свою чергу утворюють організовані системи [5, 6]. Тенденції впровадження нанотехнологій у суміжні з поліграфією галузі, такі як виробництво паперів, полімерних матеріалів, лакофарбових композицій дають підстави вважати, що здобутки нанонаук зможуть бути реалізовані в інформаційних і зокрема нових друкарсько-комунікативних технологіях [8].

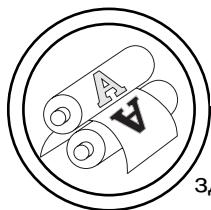
Отже, проблема досліджень процесів, які б були перспективними для реалізації у царині друкарсько-медійних технологій, є вельми актуальною.

Мета роботи

Метою роботи є аналіз даних щодо оптичних, магнітних, електричних та інших властивостей нанорозмірних об'єктів — частинок, комплексів, композитів, мономолекулярних шарів, нанокapілярів і нановолокон (нанотубуленів) та сфер їх використання, зокрема у матеріалознавстві, а також визначення шляхів і напрямків можливого застосування процесів і матеріалів з наноб'єктами у друкарсько-комунікативних технологіях і виробництві паковань.

Результати роботи та їх обговорення

Нанорозмірні об'єкти (наночастинки, наноструктури, мономолекулярні шари і волокна, нанокomпозити) часто мають унікальні властивості, що і визначає неабиякий інтерес дослідників і розробників нових процесів до таких систем. Як би не



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

здавалося фантастичним упровадження нанотехнологій у друкарство, але проведений аналіз науково-технічних та технічно-рекламних даних свідчить, що ера застосування нанорозмірних систем у друкарстві та пакуваннях вже практично розпочалася.

Реальні друкарські форми, зокрема поверхні друкувальних чи проміжних елементів, фарби, лаки, лако-фарбові шари мають широкий діапазон дисперсності та величин поверхонь. У цьому океані розмаїття дисперсних систем можна виокремити мікрозернені поверхні окисидованого алюмінію монометалевих офсетних друкарських форм. На реальних пластинах існує широкий діапазон дисперсності. Однак, принаймні для теоретичного аналізу можна визначити на поверхні ділянки нанорозмірного та молекулярного масштабу. Нами вже розпочато дослідження поведінки поверхневих реакційних центрів з речовинами, що моделюють технологічний процес друкування, зокрема фарбосприйняття і зволоження відповідних елементів офсетної друкарської форми [9]. Аналіз даних дозволяє обговорювати можливість інверсної побудови друкарського офсетного процесу з використанням водних і водноспиртових фарб.

Нанокompозити у лако-фарбових матеріалах

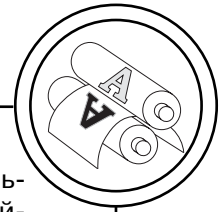
Лаково-фарбові матеріали з нанооб'єктами використані для надання поверхням фотокаталітичних властивостей [10]. Це може зацікавити фахівців в

галузі фотокатолізу, з одного боку, а з другого — виробників систем перетворення енергії і очищення довкілля від забруднень. До речі, лакофарбові матеріали з нанооб'єктами проявляють брудозахисні властивості і можуть застосовуватись з метою камуфляжу, для запобігання підробок та фальсифікацій, тощо [10]. Властивості покриттів суттєво залежать від стійкості полімерних в'язучих речовин. Тому важливими є дослідження фотохімічних реакцій і фотофізичних процесів при фотоокиснювальній деструкції наноматеріалів на основі поліолефінів [11]. Такі дослідження важливі для створення пакувальних матеріалів, що є світлостійкими або, навпаки, швидко розкладаються при опроміненні сонячним світлом. Ці властивості можна надавати пакувальним матеріалам при поліграфічному виготовленні пакувань.

Наноматеріали перспективні для формування структурованих покриттів [12], зокрема і полімерних наповнених [13, 14]. Нанодисперсії, що містять оксиди цинку і срібла, оксиди індію, стибію та стануму використовуються американською фірмою «Air Products» для виробництва покриттів, фарб, адгезивів та композиційних матеріалів [15]. Враховуючи те, що ці речовини, зокрема оксиди індію та стануму, здатні надавати електроактивних властивостей, можна вважати ці покриття і фарби функціональними елементами пристроїв.

Нанорозмірні наповнювачі вводились італійськими дослідниками у порошок фарби для

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



утворення антикорозійних покриттів на сталі, алюмінію та його сплавах, міді та його сплавах, тощо [16]. Цей підхід може бути застосований для надання порошковим фарбам (тонерам) ксерографічних технологій нових властивостей, зокрема низькотемпературного або фотохімічного закріплення порошкового зображення на фарбовідбитку копіювальних апаратів і цифрових друкарських машин.

Провідні фірми-виробники лаковофарбових матеріалів організують спеціальні підрозділи для впровадження нанотехнологій і створення нових фарбових систем, наприклад серії «Nanosulate gQ» [17, 18]. Використання їх для оздоблення дозволило підвищити експлуатаційні та технологічні властивості, наприклад, зниження вмісту летких органічних розчинників [19—21]. Для технологій флексографічного або трафаретного друку такі результати є бажаними і актуальними.

Нанокompозити в технології виготовлення паперу

Папір, виготовлений з введенням в масу вуглецевих (карбонних) нанотрубок, виявився цінним з позицій експлуатації в йонних рідинах і водних електrolітах [22]. Карбонові нанотрубки одержували, зокрема, конденсацією газової фази на високоорієнтованому піролітичному графіті. Нанотубулени (нанотрубки) були товщиною 1 нм і довжиною 20 нм, що було показано сканувальною тунельною мікроскопією [23]. Використання нанотубуленів у папері, що

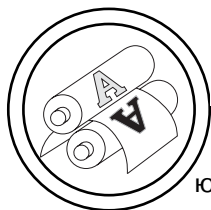
задруковується, або в спеціальних друкарських фарбах у майбутньому може дозволити виробництво друкованої реклами для екстер'єрів, яка б не втрачала яскравості і насичення фарбового зображення завдяки постійному масо переносу через тубулени (нанотрубки) забарвлених речовин на поверхні фарбовідбитків.

Основою подальших успіхів папероробної галузі є покращення та урізноманітнення властивостей целюлози. Сподівання цього в значній мірі пов'язано з успіхами нанотехнології на основі целюлози [24]. Цікаво, що для обробки деревини, тобто сировини для одержання целюлози вже пропонуються нанотехнології [25].

Мікроелектроніка — фотоніка — молекулярна електроніка

Своєрідним методом локалізації елементів мікроелектронної — молекулярноелектронної схеми може бути формування срібляно-золотого сплаву при лазерному опроміненні колоїдних розчинів з наночастинками Ag і Au, які у свою чергу, синтезують лазерною абляцією відповідного металу в етанолі або воді [26].

Наноформування полімера-провідника здійснено новим електрохімічним нанолітографічним методом з використанням зонду електрохімічного атомно-силового мікроскопа. Одержані нанолінії електропровідного полімеру шириною 58 нм. Ширину нанолінії можна регулювати потенціалом і швидкістю формування [27]. Реалізу-



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

ються також процеси нанесення наноліній полімеру-ізолятора. Методом фотолюмінесценції досліджено нанокристали поліметилметакрилату, одержаного електроформуванням. При цьому полімер містив напівпровідникові частинки барвників. Тривалість люмінесценції залежить, як показано, від діаметру нановолокна [28].

Люмінесценція наноструктур оксидів алюмінію та силіцію, дозволила виявити дефекти (емісійна смуга λ 440 нм) в матриці Al_2O_3 , а також нанокристали кремнію (λ 500 нм) [29]. Нанокристалічний Al_2O_3 впливає на йонну провідність твердого електроліту, збільшуючи її більш ніж на два порядки [30]. Оксид алюмінію сприяє утворенню і виділенню наночастинок срібла в аргентум вмісних шарах [31]. Оксиди при допудванні здатні підсилювати люмінесценцію. Так, оксид цинку у нанорозмірній формі при введенні катіонів Tb^{3+} виявляє, як зазначалося вище, ефективну фотолюмінесценцію [32].

В роботі [33] описано цікаві результати синтезу нанокристалів плумбум сульфідів PbS . Наноконпозиційні покриття PbS виявилися перспективними реєстраційними середовищами для одержання зображень. Плівка утворилась при попередній фотополімеризації PbS з подальшою взаємодією з газоподібним H_2S . Розміри нанокристалів PbS та оптичне поглинання збільшуються при зменшенні енергії УФ-опромінення при попередній фотополімеризації. Нанокристали PbS було також синтезовано безпосеред-

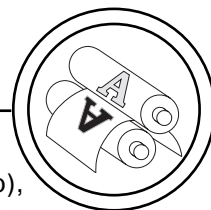
ньо в електропровідному полімері — похідній сполуці політіофену. За даними просвітлювальної електронної мікроскопії нанокристали були забарвлені і однорідні за розмірами порядку 10 нм [34].

Наносистеми у друкарських технологіях

Поєднання термінів нанотехнологія і друкарство (поліграфія) може видатись на перший погляд дивним. Адже роздільна здатність друкованих видань звичайно нижча, чим, скажімо, в голографії або мікроелектроніці. І великої потреби збільшувати роздільність між друкованими символами, наприклад, растровими цятками, нібито немає. Але деякі факти останнього часу, а також проведений вище огляд застосування нанорозмірних систем у різних сферах, включаючи близькі до поліграфії технології паперу і лакофарбових матеріалів, дають підстави вважати таке поєднання достатньо обґрунтованим.

Більше того, щойно в Інтернеті з'явилися повідомлення з посиланням на роботи фахівців відомої комп'ютерної компанії IBM спільно з ученими зі Цюріхського технологічного університету про створення нової технології друку з використанням наночастинок. Дослідники використали частинки діаметром 60 нм, що в 100 разів менше за розмір еритроцитів крові людини, для друкування (певним чином нанесення) растрового зображення з роздільною здатністю в одну наночастинку. Іншими словами, розрізнування складало 60 нм [35]. Ймовірно

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



само про цю групу дослідників зі Швейцарії на чолі з Гайко Вольфом (Heiko Wolf) йшлося в повідомленні журналу *New Scientist*. Їм вдалося зформувати образмалюнок, що містив 20 тис. наночастинок. Високоточна технологія друку дозволяє ставити «наномітки» на банкноти та цінні папери [35].

Вважається, що це взагалі дозволить в перспективі створювати найрізноманітніші наношаблони від простих ліній до складних схем. Якщо перевести показник цієї роздільної здатності у стандартний показник dpi (dots per inch — кількість цяток на дюйм), то матимемо величину 100000 (10^5) цяток на дюйм. Порівнюючи ці дані з найкращими зразками звичайного офсетного друку (близько 1500 dpi), бачимо, що ця величина більша майже на два порядки за роздільність звичайних друкарських процесів.

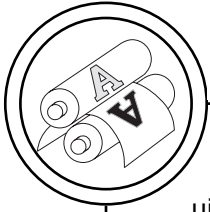
Знаючи, що в Інтернеті нерідко з'являються не підтверджені дані, фахівці-поліграфісти можуть піддавати сумніву існування «нанодрукарства». Але ця інформація дійсно виглядала б першеквітневим жартом, якби, зокрема, у жовтні місяці 2007 року не було б опубліковано у надзвичайно авторитетному журналі американського хімічного товариства (JACS) статтю американських дослідників про нову технологію мікроконтактного друкування [36].

Остання технологія заснована на каталітичній хімічній реакції при контакті між самоорганізованим моношаром амінотіолів, хемосорбованим на поверхні золота, і еластичною

формою (тампоном, печаткою), на поверхню якої ковалентно прищеплені молекули піперидину. Цей процес дозволяє виготовити зразки з роздільною здатністю менше, ніж 50 нм. Крім того, це дозволило відмовитися від звичайного мікроконтактного друку, пов'язаного з дифузією хімічної «фарби», «чорнила». В результаті реалізований простий метод хімічного модифікування самоорганізованих мономолекулярних шарів [36].

У певному сенсі близькими до нанотехнологій є пропозиції застосування магнітних ультрадисперсних (нано-) порошоків для друкарських фарб, зокрема низьков'язких, наприклад для флексографічного друку. Такі фарби являють інтерес як один зі способів захисту різноманітної продукції від фальшування [37]. Магнітоактивні речовини, зокрема феромагнітні рідини здатні набувати певну форму під дією електромагнітного поля. Як магнітний складник можуть бути застосовані нанорозмірні частинки, що мають сильні феромагнітні властивості. Магнітні наночастинки в останні роки були предметом детальних досліджень [38].

На наш погляд, здатність магнітної рідкої фарби набувати різної форми та рельєфу різної висоти і глибини доцільно використати для розробки нової технології друкування видань та пакувань і етикеток для тактильного зчитування незрячими. Фарбові композиції для цього міститимуть наночастинки оксидів заліза, що виконуватимуть також роль фотоініціатора полімеризаційних процесів.



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Друковані матеріали спеціального призначення можуть використовувати незвичні властивості матеріалів і явища. У цьому зв'язку можна висловити припущення про певні перспективи формування фотонних кристалів і використання так званих метаматеріалів, як середовищ з від'ємним показником заломлення [39]. Наразі видається фантастичною ідея тиражування друкарськими технологіями малюнків на кшталт крилець метелика, які власне можна розглядати як фотонні кристали [39, 40]. Але якщо досягти вищезазначеної роздільної здатності на рівні наноструктур, то монохромним, в одну фарбу нанесенням малюнка, можна досягати оптичних ефектів, які в певній мірі нагадуватимуть райдужні голограми, які, як елемент оздоблення на післядрукарських операціях, є наразі звичайним явищем.

Поліграфія свого часу дала поштовх розвитку сучасної радіоелектроніки, а та — далі мікроелектроніці щодо застосування фоторезистів. З розвитком нанотехнологій йдеться вже не про фотолітографію, де використовуються фоторезисти, а про нанофотолітографію і наноструктурування поверхонь [41].

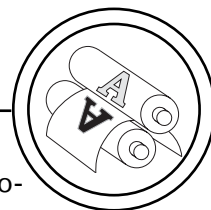
Серед варіантів застосування досягнень нанотехнологій перспективним видається подальше удосконалення нового способу друку — елкографії, в основу якої покладено явище електроконденсації (електрокоагуляції) дисперсних частинок. З цих позицій заслуговують на увагу дослідження синтезу колоїдних квантових точок [42, 43].

З іншого боку, з впровадженням цифрових методів обробки зображень набувають інтересу традиційні системи реєстрації оптичної інформації з використанням добре відомого матеріалу біхроматованого желатину. Ясно, що використання в традиційних схемах використання його як копіювального шару є мало перспективним і навряд чи доцільним. Але він привернув увагу на Симпозіумі з нанофотоніки з позицій нанофотолітографії і формування наноструктур, які забезпечують ефективне світлорозсіювання [44, 45]. Такі матеріали і вироби можуть бути ефективними для оздоблення друкованої продукції, наприклад реклами. Біхроматований желатин може набутися у вигляді системи з ультрадрібнодисперсними наповнювачами перспективного застосування для безрастрового друку. Це може бути цілком модернізований різновид плоского світлового друку, або фототипії.

Висновок

За матеріалами даного дослідження було розглянуто традиційні та нові системи для друкарства і паковань з позицій нанорозмірностей і використання у новітніх друкарсько-комунікативних технологіях та виробництві матеріалів для друкарства та паковань [1—3]. Теоретичний аналіз та експериментальне підтвердження ідей друкарського мікроконтакту нанорозмірних моношарів з нанорозмірними агрегатами металів дають підстави говорити про перспективи друкарського мік-

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



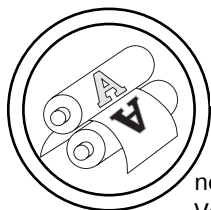
ро- та наноконтакту. Сучасні тенденції розвитку та впровадження у поліграфічне виробництво гібридних технологій з використанням гібридних матеріалів знаходять подальший розвиток з використанням досягнень нанонаук і нанотехнологій.

Визначені шляхи і варіанти створення нових прогресивних друкарсько-комунікативних технологій таких, як рельєфографія з використанням магнітних

полімерних композицій, технологія виготовлення фарбовідбитків з люмінесцентними елементами зображень, включно з наномітками, що мають світливість у широкому діапазоні, інверсна схема технології офсетного друку, мікроконтактне друкування наноміток для захисту друківаних відбитків від фальсифікацій, тощо.

Роботу виконано за фінансової підтримки ДФФД МОН України (проект Ф25.4/052).

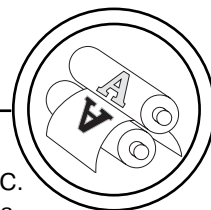
1. Електронний ресурс: <http://lenta.ru/story/nobel2007/>.
2. Нанофотоніка. Симпозиум. Сборник тезисов докладов. 18—22 сентября 2007 г., Черноголовка. Российский фонд фундаментальных исследований, Институт проблем химической физики РАН. — 190 с. 3. Международный симпозиум «Нанофотоника». Тезисы докладов, Ужгород, Украина, 28 сентября—3 октября 2008. Киев: Институт физической химии им. Л. В. Писаржевского НАН Украины, 2008. — 197 с. 4. 40th Conference of the International Circle of Educational Institutes for Graphic Arts: Technology and Management/ Warsaw, 2008/ Conference Abstracts. 5. Sumpter Bobby G., Noid Donald W. The onset of instability in nanostructures: The role of nonlinear resonance. *J. Chem. Phys.*, 1995. — V. 102. — № 16. — P. 6619—6622. 6. Carotenuto G. Nanostructured materials // *Polym. News*. — 2005. — V. 30. — № 10. — P. 326—327. 7. Kirilyuk A. P. Complex dynamics of real nanosystems: fundamental paradigm for nanoscience and nanotechnology. — 2004. — V. 2. — № 3. — P. 1085—1090. 8. Шерстюк В. П., Швалагин В. В., Гуменюк О. В., Сторожук Л. П., Горбик П. П. Наносистемы в традиционных и новых технологиях полиграфии // *Химия высоких энергий*. — 2008. — т. 42. — № 4 (приложение). — С. 1—3. 9. Шерстюк В. П., Дегтярьов Л. С., Гуменюк О. В. Теоретичний розгляд природи проміжних елементів форми плоского офсетного друку і процесів зволоження // *Технологія і техніка друкарства*. — 2007. — № 3—4. — С. 54—59. 10. Lüth Volker, Redemann Hans-A. Höhere Qualität und Produktivität bei der Bindemittel-Produktion. *atp: Automatisierungstechn // Prax.* — 2006. — v. 48. — № 4. — S. 16—17 [PЖХ 07.04—19У.129]. 11. Hrdlovic Pavol. Photochemical reactions and photophysical processes // *Polym. News*. — 2004. — v. 29. — № 12. — P. 368—370. 12. Natile Marta M., Glisenti Antonella. Nanostructured oxide-based powders: investigation of the growth mode of the CeO₂ clusters on the YSZ surface // *J. Phys. Chem. B*. — 2006. — v. 110. — № 6. — P. 2515—2521. 13. Borschiver Suzana, Guimarães Maria Jose O. C., Dos Santos Tais N., Da Silva Flavio C., Brum Paulo Rpberto C. Patenteamento em Nanotecnologia: Estu do do Setor de Materiais Polimericos Nanoestruturados // *Polim.: ceinc. e tecnol.* — 2005. — v. 15. — № 4. — P. 245—248 [PЖХ 06.20—19Т.78]. 14. Yan Chong, Ma Li, Yang Jichu. Preparation of polystyrene / montmorillonite nanocomposites in supercritical carbon dioxide // *J. Appl. Polym. Sci.* — 2005. — v. 98. — № 1. — P. 22—28. 15. Nanodispersions. *Chem. Eng. (USA)*. — 2006. — 113. — No 5. — P.13 [PЖХ, 07.12—19И.45]. 16. L'uso di prodotti nanotec-



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

nologici di pretrattamento e ormai generalizzato nel terziario di verniciatura Verniciat // Ind. — 2006. — v. 39. — № 459—460. — PP. 367—373 [PЖX 07.09—19Y.126]. 17. Whitten Philip G., Spinks Geoffrey M., Wallace Gordon G. Mechanical properties of carbon nanotube paper in ionic liquid and aqueous electrolytes // Carbon. — 2005. — v. 43. — № 9. — P. 1891—1896. 18. Derbyshire H., Boxall J. Improving the selection and performance of construction coatings // Surface Coat. Int. A. — 2006. — v. 89. — № 3. — P. 169—171. 19. Nanotech to establish intelligent coatings division // Polym. Paint Colour J. — 2006. — v. 196. — № 4501. — P. 10. 20. Lüth Volker, Redemann Hans-A. Höhere Qualität und Produktivität bei der Bindemittel-Produktion. atp: Automatisierungstechn // Prax. — 2006. — v. 48. — № 4. — S. 16—17 [PЖX 07.04—19Y.129]. 21. Nanotechnology used in US\$32bn of products // Polym. Paint Colour J. — 2006. — v. 196. — № 4501. — P. 4. 22. Chatterjee Subhankar, Laksin Mikhail, Biro David, Turgis Jean Dominique. Radiation curable aqueous compositions: Sun Chemical Corp // 02.05.2006, № 10/331676; 27.12.2002; НПК 522/81; P. 7037953 USA, МПК7 C 08 F 2/46. 23. Ge M., Sattler K. Scanning tunneling microscopy of single-shell nanotubes of carbon // Appl. Phys. Lett. — 1994. — v. 65. — № 18. — P. 2284—2286. 24. Guerin S. Simon Dulac. L'imprimerie doit faire sa révolution // France graphique. — 2005. — № 255. — P. 20—22 [PЖX 07.02—74.3]. 25. Xu Fu, Zhang Ping, Wan Hui. Xiangtan daxue ziran kexue xuebao — Natur. // Sci. J. Xiangtan Univ. — 2005. — v. 27. — № 2. — P. 80—83 [PЖX 06.17—19Ф.126]. 26. Izgaliev A. T., Simakin A. V., Shafeev G. A., Bozon-Verduraz F. Intermediate mixture of individual colloids // Chem. Phys. Lett. — 2004. — v. 390. — № 4—6. — P. 467—471. 27. Haase S. Contemplating Brazil's position in the pulp and paper industry // IPW: Int. Papierwirt. — 2005. — № 11. — P. 27—28 [PЖX 06.17—19Ф.113]. 28. EMAG — NANO 2005. Conference of the EMAG — NANO 2005: Imaging, Analysis and Fabrication on the Nanoscale, Leed, 31 August—2 September 2005 // J. Phys. Conf. Ser. — 2006. — v. 26. — P. 1—374. 29. Boxall J., Chick R., Derbyshire H., Lacey P. Improving the quality of woodcare products // Surfase Coat. Int. A. — 2006. — v. 89. — № 1. — P. 27—29. 30. Dhara Santanu. Synthesis of nanocrystalline alumina using egg white. (Materials Science Centre, IIT, Rharagpur 721302). J. Amer. Ceram. Soc. — 2005. — v. 88. — № 7. — P. 2003—2004. 31. Zeng Huidan, Qiu Jianrong, Jiang Xiongwe, Zhu Congshan, Gan Fuxi. Effect of Al₂O₃ on the precipitation of Ag nanoparticles in silicate glasses // J. Cryst. Growth. — 2004. — v. 262. — № 1—4. — P. 255—258 [PЖX 06.10-19Б2.573]. 32. Pereira A. S., Peres M., Soares M. J., Alves E., Neves A., Monteiro T., Trindade T. Sunthesis, surface modification and optical properties of Tb³⁺-doped ZnO nanocrystals // Nanotechnology. — 2006. — v. 17. — № 3. — P. 834—839 [PЖX 06.14—19Б2.595]. 33. Lu Song We, Schmidt Helmut K. Nanostructures, optical properties, and imaging application of lead-sulfide nanocomposite coatings. (Inst. für neue Materialien gem GmbH Gelände 43 im Stadwald D-66123 Saarerücken) In. // J. Appl. Ceram. Technol. — 2004. — v. 1. — № 2. — P. 119—128. 34. Warner Jamie H., Watt Andrew A. R., Tilley Richard D. Controlling PbS nanocrystyl agregation on conducting polymers. Nanotechnology. — 2005. — v. 16. — № 10. — P. 2381—2384. 35. Электронный ресурс: <http://www.nanonewsnet.ru/>. 36. Shestopalov A. A., Clark R. L., Toon E. J. Inkless Microcontact Printing on Self-Assembled Monolayers of Fmoc-Protected Amino thiols // J. Am. Chem. Soc. — 129 (45). — PP. 13818—13819. 37. Петрунин В. Ф., Попов В. В., Шляпникова Т. В. и др. Применение магнитных ультрадисперсных (нано-)порошков для типографских красок

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



// Труды научных сессий МИФИ. Научная сессия МИФИ-2007. — Т. 9. — С. 198—199. 38. Губин С. П., Кокшаров Ю. А., Хомутов Г. Б., Юрков Г. Ю. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства // Успехи химии. — 2005. — Т. 74. — № 6. — С. 539—574. 39. Барабаненков М. Ю., Барабаненков Ю. Н. Фундаментальные проблемы исследования и применения метаматериалов и современное развитие теории переноса электромагнитного излучения // Нанопотоника. Симпозиум. Сборник тезисов докладов. 18—22 сентября 2007 г., Черногоровка. — С. 42. 40. Баранов А. В., Федоров А. В., Маслов В. Г., Олейников В. А., Суханова А. В., Nabiev I. Самосборка полупроводниковых нанокристаллов в упорядоченные структуры с фотонно-кристаллическими свойствами // Нанопотоника. Симпозиум. Сборник тезисов докладов. 18—22 сентября 2007 г., Черногоровка. — С. 45. 41. Барачевский В. А. Фотоника наноструктурированных светочувствительных систем // Нанопотоника. Симпозиум. Сборник тезисов докладов. 18—22 сентября 2007 г., Черногоровка. — С. 46. 42. Бричкин С. Б., Разумов В. Ф. Мицеллярный синтез коллоидных квантовых точек // Нанопотоника. Симпозиум. Сборник тезисов докладов. 18—22 сентября 2007 г., Черногоровка. — С. 52. 43. Войлов Д. Н., Новиков Г. Ф., Разумов В. Ф. Формирование заряженных частиц при распаде короткоживущих димеров обратных мицелл в растворах аот/вода в гексане ниже порога перколяции // Нанопотоника. Симпозиум. Сборник тезисов докладов. 18—22 сентября 2007 г., Черногоровка. — С. 61. 44. Ганжерли Н. М., Гуляев С. Н., Гурин А. С., Крамущенко Д. Д., Мауер И. А. О формировании рельефно-фазовых структур при записи голографических диффузоров на галоидосеребряных фотоэмульсиях // Нанопотоника. Симпозиум. Сборник тезисов докладов. 18—22 сентября 2007 г., Черногоровка. — С. 65. 45. Ганжерли Н. М., Мауер И. А. Толстообъемный бихромированный желатин для объемной голографической регистрации // Нанопотоника. Симпозиум. Сборник тезисов докладов. 18—22 сентября 2007 г., Черногоровка. — С. 66.

Рецензент — П. О. Киричок, д.т.н.,
профессор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 12.12.08