N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 6, Number 316 (2017), 45 – 51

S.A. Orazbayev, T.S. Ramazanov,
M.K. Dosbolayev, M.T. Gabdullin, D.B. Omirbekov

NNLOT, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
050040, Al-Farabi avenue, 71
e-mail: omirbekov@physics.kz

THE METHOD OF OBTAINING HYDROPHOBIC SURFACES IN THE PLASMA OF RF DISCHARGE

Abstract. The aim of this work was to obtain superhydrophobic surfaces in a plasma medium. The experiment was carried out using the PECVD method in two different modes: constant and pulsing. The surface roughness was obtained by applying nanoparticles synthesized in a plasma in a mixture of argon and methane. The resulting particles were deposited on the surface of silicon and glass materials. The dependence of the contact angle on the nanoparticle application cycle on the surface was obtained. The contact angle increased linearly depending on the number of cycles, until it reached 160° at 150-160th cycles, after that the increase in cycles does not affect the contact angle, since the saturation process is in progress. Also the effect of the working gas composition on the hydrophobicity of the surface was studied. At low concentrations of methane (1%) only particles are synthesized in the working gas, and hydrophobicity is unstable, with an increase in methane concentration (7%) nanofilms are synthesized from nanoclusters, and surface hydrophobicity is relatively stable. In addition, a pulsing plasma mode was used to obtain superhydrophobic surfaces. A nanofilm consisting of nanoclusters with a diameter of 4-10 nm was synthesized. The hydrophobicity of the sample showed that the strength of the nanofilm was stable in comparison with the sample obtained in the first mode, but the contact angle was lower. The obtained samples were examined using SEM, SPM, optical analysis, and their contact angles were determined. The experiment was carried out at various plasma parameters (gas pressure, discharge power). It was found that when a superhydrophobic surface is treated with a buffer plasma (argon or nitrogen), it becomes superhydrophilic.

Key words: nanoparticles, RF discharge, superhydrophobic surfaces, superhydrophilic surfaces.

ӘОЖ 537.523/.527

С.А. Оразбаев, Т.С. Рамазанов, М.Қ. Досболаев,
М.Т. Габдуллин,Д.Б. Өмірбеков

АТҰНЗ, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ

ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІ РАЗРЯД ПЛАЗМАСЫНДА СУПЕРГИДРОФОБТЫ БЕТТЕР АЛУ ӘДІСІ

Аннотация. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты плазмалық ортада «PECVD» әдісі көмегімен супергидрофобты беттер алу. Тәжірибе екі түрлі режимде жүргізілді:үзіксіз және пульстік режим. Беттің кедір-бұдырлығы плазмада пайда болған нанобөлшектер көмегімен алынды.Аргон және метан газдарының қоспасын қолдану негізінде синтезделген нанобөлшектер кремний және шыны материалдардың бетіне қондырылды.Содан кейін су тамшысының бетпен жанасу бұрышының нанобөлшектерді бетке қондыру циклына тәуелділігі тұрғызылды. Бөлшектерді қондыру циклін көбейткен сайын жанасу бұрышы да артатындығы, бірақ 150-160 циклдан кейін бұрыш 160^0 қанығуға жететіндігі анықталды. Сондай-ақ,жұмыс газы құрамының (аргон мен метан газдарының қоспасы) гидрофобтылыққа әсері зерттелді. Газ құрамында метан 1 пайыз болса, тек нанобөлшектер синтезделіп, беттің гидрофобтылығы тұрақсыз болады, ал метанның үлесін 7 пайызға дейін көбейтсек, онда нанокластерлерден тұратын наноқабықша алынып, беттің гидрофоб-

тылығы салыстырмалы түрде жақсаратындығыанықталды. Сонымен бірге, супергидрофобты бет алу мақсатында плазманың пульстік жану режиміпайдаланылды. Онда диаметрі 4-10 нм болатын нанокластерлерден тұратын наноқабықша синтезделді. Алынған үлгінің гидрофобтылығы бірінші режимде алынған үлгімен салыстырғанда наноқабықшаның беріктігі жақсы, бірақ бетпен жанасу бұрышы төмен екендігін көрсетті. Алынған үлгілерге СЭМ, СЗМ, оптикалық және жанасу бұрышын есептейтін анализдер жасалынды. Тәжірибе плазманың әртүрлі параметрлерінде (газ қысымы, разряд қуаты) жүргізілді. Супергидрофобты бетті буферлі плазмамен (аргон немесе азот) өңдеген кезде, бет супергидрофильді қасиетке ие болатындығы байқалды.

Түйін сөздер: нанобөлшектер, ЖЖ разряд, супергидрофобты беттер, супергидрофильді беттер.

Кіріспе

Бәрімізге белгілі, егер қатты беттің су тамшысымен жанасу бұрышы $\alpha>90^0$ болса, онда ол гидрофобты, ал егер $\alpha<90^0$ болса, онда гидрофильді деп аталады. Сонымен қатар, жанасу бұрышы 150^0-тан асатын супергидрофобты және ЖБ 10^0-тан төмен супергидрофильді беттер де бар. Мұндай беттерді мұз қатуға, коррозияға қарсы, өздігінен тазаланатын материалдар алуда, медицинада және т.б. салаларда қолдану қарастырылған[1-4]. Бетке судың жұғуы негізінен екі факторға тәуелді: химиялық құрамы және беттің кедір-бұдырлығы. Егерді осы екі факторды ұтымды таңдайтын болсақ, онда жанасу бұрышы 180°-қа жуық (лотос эффектісі) супергидрофобты материалдар алуға болады [5]. Гидрофобты беттер алудың бірнеше әдістері бар, олар: беттерді плазмамен өрнектеу, плазмалық қондыру, лазерлік өңдеу, золь-гель, химиялық өрнектеу, литография және т.б. [6-19].

Келесі, [20] жұмыста кедір-бұдырлылық деңгейі 20 нм болатын гидрофобты беттер плазмалық өңдеу әдісі көмегімен алынған. Ал [11] жұмыстың авторлары «LDPE» кристаллизациялану параметрлерін басқара отырып, әртүрлі құрылымды, жанасу бұрышы 173^0болатын супергидрофобты беттер дайындаған. Тағы бір әдіс түрі [21] жұмыста көрсетілген, ол жерде золь-гель әдісі негізінде шыны бетке нанокластерлер мен нанобөлшектерден тұратынқұрылымдық қабықшалар отырғызылған. Гидролиз және конденсация процесстерін басқара отырып та, беттің құрылымын реттеуге болатындығын зерттеген. Яғни, бұл әдіс екі деңгейден тұрады: беттің кедір-бұдырлығы золь-гель әдісімен, ал мөлдірлігі фторидпен өңдеу арқылы алынған. Сонымен, супергидрофобты беттерді алудың бірнеше әдістері бар. Бірақ, осы әдістермен алынған нәтижелерді саралай келе, әрқайсысының өзіндік кемшіліктері мен артықшылықтары бар екендігін көруге болады.

Бұл жұмыста «PECVD» әдісі көмегімен супергидрофобты беттер алудағы эксперименттік нәтижелер келтірілген.Беттің кедір-бұдырлығының плазма параметрлері мен газ құрамына тәуелділігі эксперименттік түрде зерттелген.

Тәжірибелік бөлім және алынған нәтижелер

Тәжірибелік қондырғы вакуумдық жүйе, қорек көзі және жұмыс камерасынан тұрады. ЖЖ генератор мен сәйкестендіруші құрылғы қорек көзін құрайды. Тәжірибелік қондырғының басты бөлігі жұмыс камерасында орналасқан, бір-біріне параллель электродтар жүйесі болып табылады. Жоғарғы электродқа жоғары жиілікті кернеу беріледі, ал төменгі электрод жерге жалғанған. Электродтардың арақашықтығы 3 см, ал диаметрлері,сәйкесінше, 8 см және10 см. Тәжірибелік қондырғының толық сипаттамасы [22] жұмыста көрсетілген. Жұмыс газы ретінде аргон және метан газдарының қоспасы алынды. Разряд қуаты 5-50 Вт, газ қысымы 0,1-1 Тор аралығында өзгертіліп отырылды.

Плазма жанғаннан кейін, белгілі параметрлерде Ar/CH_4газ қоспасы болғандықтан, көміртекті нанобөлшектері синтезделеді [23]. Плазманы сөндіргеннен соң,бұл нанобөлшектердің белгілі бір бөлігі төменгі электродта орналасқан төсеніштің бетіне наноқабықша ретінде қонады. Бұл процес циклді түрде жүргізіліп отырады. Осылайша, төсеніштегі нанобөлшектердің мөлшерін, нанобөлшектерден тұратын қабықшалардың кедір-бұдырлығы мен қалыңдығын нанобөлшектерді қондыру циклініңсанымен басқаруға болады. Ол өз кезегінде әртүрлі көміртекті нанобөлшектерден тұратын кедір-бұдырлы бет алуға әсер етеді. Циклдің саны өскен сайын, төсеніштегі нанобөлшектердің тығыздығы артады, ол жанасу бұрышының жоғарылауына алып келеді. Төмендегі 1-суретте әртүрлі цикл санында алынған нанокластерлі қабықшалы беттерге су тамшысының жұғуы көрсетілген.