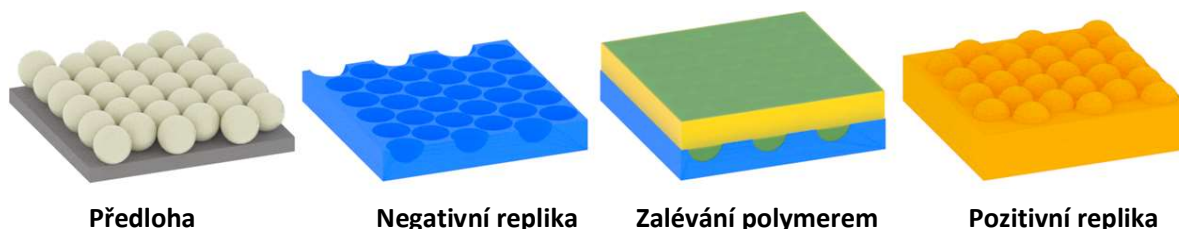


Příprava strukturovaných povrchů metodou měkké litografie [ML]

(Edyta Adrián)

1. Úvod

Měkká litografie (z angličtiny soft lithography) je skupina technik využívaná pro výrobu struktur pomocí elastomerových razítek, forem či fotomasek využívajících vhodných materiálů jako je elastomer polydimethylsiloxan (PDMS). Měkká litografie je schopna kopírovat struktury v mikro a nano-měřítku. Příprava strukturovaných povrchů se obecně skládá z následujících kroků: výběr nebo vytvoření předlohy se strukturovaným povrchem, výroba hlavní formy, výroba elastomerového razítka, příprava mikro- a nanostruktur pomocí razítka. Předloha je obtisknuta do polymerní matrice a tvoří tzv. negativní repliku. Zalitím negativní repliky polymerem, který netvoří s původním materiálem negativní repliky pevnou vazbu, je možno opakovaně vytvořit pozitivní repliku věrně kopírující originální předlohu (**Obrázek 1**). Tato replika kopíruje původní strukturu vytvořené předlohy, pokud nedojde k mechanickému poškození či zanesení struktur předlohy.



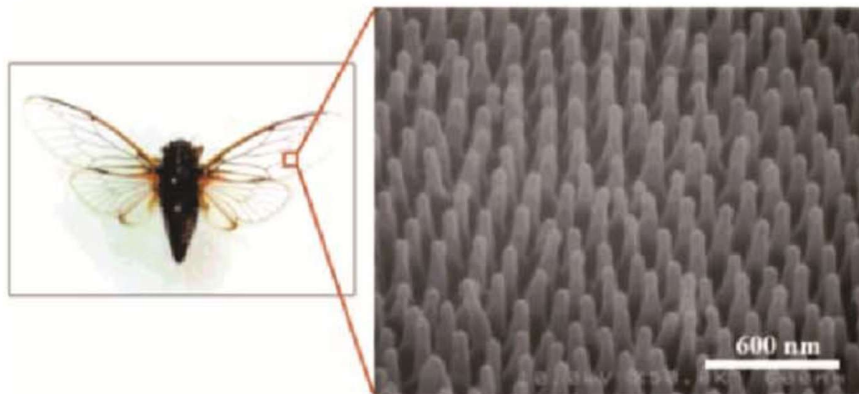
Obrázek 1. Příprava negativní a pozitivní repliky metodou měkké litografie.

2. Teorie

Jedinečné nano či mikro struktury a jejich hierarchické uspořádání propůjčují mnohým organismům pro život esenciální vlastnosti za využití materiálů vyskytujících se běžně v přírodě. Jedná se zejména o antireflexní, superhydrofobní, superhydrofilní, samočisticí, nebo antibakteriální vlastnosti povrchů. Při přípravě moderních materiálů je využíváno podobných povrchových struktur v kombinaci s moderními materiály a kompozity.

Interdisciplinární vědní obor, který se zabývá analýzou a systematickým přenosem přírodních řešení do nových technických aplikací je biomimetika (z řečtiny *bios*=život a *mīmēsis*=imitace).

Jeden ze současně nejstudovanějších příkladů struktury nacházející se v přírodě je povrch křídla cikád. Bylo zjištěno, že křídla cikád mají na svém povrchu kónické nanopilární struktury v hexagonálním uspořádání o výšce kolem 250 nm (**Obrázek 2**). Tyto periodické struktury propůjčují křídům superhydrofóbní (samočistící) vlastnosti, antireflexivní vlastnosti (ochrana vůči predátorům) a antibakteriální účinek, který byl objeven relativně nedávno.



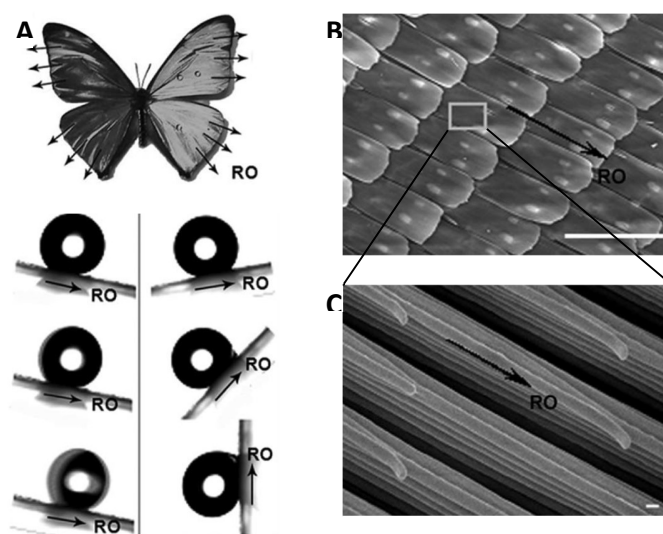
Obrázek 2. Cikáda a detail nanostruktury křídla vytvořen pomocí skenovacího elektronového mikroskopu (SEM). [1]

Lotosový efekt je dalším známým příkladem, kdy hierarchická struktura v podobě výstupků pokrytých voskovými tyčinkami propůjčuje vrchnímu povrchu lotosových listů vodoodpudivý a zároveň samočistící efekt. Částice nečistot usazené na povrchu jsou zachyceny kapičkami vody (**Obrázek 3**), které jsou pouhým porывem větru či gravitací odvedeny z povrchu listu pryč. Samočistící vlastnosti lze nalézt také u jiných rostlin, kde by případné znečištění cizími částicemi mohlo významně ohrozit respiraci či fotosyntézu.



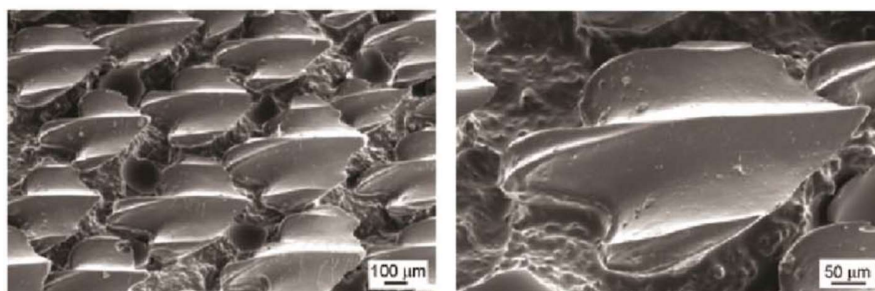
Obrázek 3. Lotosový květ (vlevo) a struktura povrchu listu lotosového květu (vpravo). [2]

Další jedinečné vlastnosti spojené se specifickou povrchovou mikrostrukturou byly nalezené u motýlů. Motýlí křídla jsou pokryta mnoha malými překrývajícími se šupinami (o délce cca. 150 μm a šířce 70 μm) které tvoří periodickou strukturu, což má kromě superhydrofobicity za následek jejich specifické zbarvení dané konstruktivní a destruktivní interferencí světla procházejícího strukturami. Křídlo *Morpho aega* vykazuje superhydrofobní anizotropní (závisle na směru) adhezní chování podél a proti radiálnímu směru od středové osy těla. Kapička vody se snadno otáčí ve směru od těla, když je křídlo nakloněno směrem dolů, a je pevně přilnutá na křídle nakloněném směrem vzhůru (**Obrázek 4**). Tyto vlastnosti umožňují motýlímu křídlu zbavit se nadměrné zátěže a zůstat čisté i během letu ve vlhkém prostředí.



Obrázek 4. Směrová adheze na superhydrofobních motýlích křídlech (A). Šipky označují radiální směr od středové osy těla (RO). Hierarchické mikro- a nanostruktury na povrchu křídel s měřítkem 100 mm (B); 100 nm (C). [3]

Superhydrofobní povrch žraločí kůže má taktéž důmyslnou strukturu. Šupiny mají podélné drážky v podélném směru pohybu (**Obrázek 5**). Takový povrch významně redukuje odpor pohybu ve vodě a zamezuje případnému růstu vodních organismů, které by zvyšovaly odpor a tím i vydanou energii nutnou na pohyb.



Obrázek 5. SEM snímky repliky žraločí kůže. [1]

3. Cíl a postup práce

Cílem práce je příprava pozitivních a negativních replik strukturovaných povrchů přírodních vzorků pomocí měkké litografie.

1. **Výroba hlavních forem přírodních vzorků:** Pro tvorbu PDMS pozitivní repliky připevnit vzorek k vnější straně víka Petriho misky pomocí oboustranné lepicí pásky, okraje vzorku zalepit fixační páskou (**FORMA 1**). Pro tvorbu PDMS negativní repliky přírodní vzorky připevnit k Petriho miskám pomocí oboustranné lepicí pásky, okraje vzorku dodatečně zalepit fixační páskou (**FORMA 2**).
2. **Příprava negativní repliky pomocí optického lepidla Norland 81 (NOA81):** Tenkou vrstvou NOA81 nanést rovnoměrně na dno Petriho misky. Připravenou **FORMU 1** vložit do misky s vrstvou lepidla, replikovanou stranou směrem k lepidlu (pozor: formu se strukturou uložit tak, aby se v lepidle neobjevily bubliny). Dále Petriho misku umístit pod UV lampu a vystavit lepidlo UV záření po dobu 10 minut (ozařovat misku stranou k vrstvě NOA81). **FORMU 1** odlepit od vytvrzeného NOA81. Takto připravená NOA81 negativní replika poslouží k přípravě PDMS pozitivní repliky.
3. **Příprava PDMS:** Připravit si špachtli a váženku. Váženku zvážit a dále navážit monomer SYLGARD 184 a vytvrzovací činidlo v hmotnostním poměru 18:1 (cca. 8 g směsi na jednu repliku). Reagenty je nutné dobře promíchat (přibližně 1 min). Bubliny vzniklé při míchání odstranit pomocí vakua (15 min). Zbývající bubliny je možné odstranit pomocí jehly. Připravená směs je určena k okamžitému použití.
4. **Příprava PDMS pozitivní repliky:** Připravenou PDMS směs zalít NOA81 negativní repliku, odstranit případné bubliny. Repliku vytvrzovat 1 h při 40 °C.
5. **Příprava PDMS negativní repliky:** Připravenou PDMS směsi zalít **FORMU 2**, odstranit případné bubliny. Repliku vytvrzovat 1 h při 70 °C.
6. Povrch připravených pozitivních a negativních PDMS replik analyzovat pomocí optického mikroskopu.

Studentům se doporučuje, aby si k replikaci přinesli vlastní přírodní vzorky (listy, okvětní lístky apod.).

4. Zpracování dat

Sepsat protokol s uvedeným cílem práce, typem použitých přírodních vzorků a analýzou struktur vytvořených replik. Připravit vzorky na SEM analýzu (navazující laboratorní práce). S pomocí optické mikroskopie a SEM vyhodnotit úspěch replikace přírodních vzorku pomocí měkké litografie. Vytvořené repliky podepsat a odevzdat asistentovi.

5. Bezpečnostní pokyny

Při práci v laboratoři použijte ochranné pomůcky, tj. rukavice, plášť a brýle. Pracujete se zdrojem UV záření, které způsobuje poškození zraku, nedívejte se proto přímo do zdroje světla. Zapínat UV lampu jen po předchozí kontrole asistenta.

Literatura:

[1] S. Nishimoto, B. Bhushan, RSC Advances, 2013, 3, 671-690.

[2] H. J. Ensikat, P. Ditsche-Kuru, C. Neinhuis, W. Barthlott, Beilstein Journal of Nanotechnology 2, 152-61.

[3] Y. Zheng, X. Gao, L. Jiang, Soft Matter, 2007, 3, 178-182.