

diskusijah odgovorjeno na marsikatero podjetniško vprašanje, predvsem s področja podjetniških financ. Udeležili so se je predvsem sodelavci inštituta, ki imajo konkretne poslovne priložnosti in bi jih radi komercializirali." Glede na številčen odziv in pobude raziskovalcev za nadaljevanje tovrstnih izobraževanj je to dobra spodbuda za organizacijo takšnih dogodkov tudi v prihodnje.

Delavnica je potekala v treh vsebinskih sklopih: osnove podjetništva in analiziranja za poslovni načrt, izdelava finančnega dela poslovnega načrta in zaščita intelektualne lastnine. Blaž Kos nas je s predstavitvijo osnovnih zakonitosti sodobnega podjetništva in nekaterih lastnih izkušenj pri ustanavljanju podjetij popeljal do priporočil za ustrezno strukturiranje poslovnega načrta, ki je z ustrezno analizo osnova za pripravo trdnih temeljev podjetja. Le ustrezno strukturiran poslovni načrt, ki ima jasno definirano idejo, kakovostno izdelano tržno analizo, realističen načrt prodaje z jasno definirano razvojno strategijo in finančnim načrtom, ki je podprt z realističnimi projekcijami, lahko pritegne investitorje. V nadaljevanju smo od Simona Štrancarja, direktorja Tehno centra v Mariboru, na osnovi primera komercializacije inovativne tehnologije avtomobilskih plinskih instalacij v njegovem podjetju, izvedeli o pomenu

pravočasne zaščite intelektualne lastnine, ki ne sme nastopiti v prezgodnji fazi, ko še nimamo zagotovljenih investicijskih sredstev, in hkrati ne prepозно, da nas ne bi prehitela konkurenca. Ustrezna strategija patentiranja je ključna za uspešno zaščito intelektualne lastnine. Barbara Vtič Vraničar, izvršna direktorica za finance in nadzor, nas je uvedla v osnove finančnega načrtovanja in nekatere osnovne računovodske elemente poslovanja podjetja, kot so bilance, izkazi poslovnih izidov, projekcije, dobiček, davki ipd. V sklepnem delu predavanj nam je Matej Rus, direktor Tovarne Podjemov – podjetniškega inkubatorja Univerze v Mariboru, predstavil lastno izdelano programsko orodje za hitro in učinkovito izdelavo finančnega načrta. Orodje je prosto dostopno na spletu: »<http://www.tovarnapodjemov.org/>«.

Glede na polno zasedeno delavnico »Vse o poslovnem načrtu« smo se odločili za organizacijo vsebinskega nadaljevanja izobraževanja v okviru nove delavnice z naslovom »Prodaja tehnologije na globalnem trgu s pomočjo investitorjev«, ki je bila izvedena 21. januarja 2010. Na delavnici smo obravnavali zakonitosti komercializacije tehnologij na globalnem trgu po vzoru mednarodno uspešnih podjetij, kot so Google, YouTube, Facebook idr.

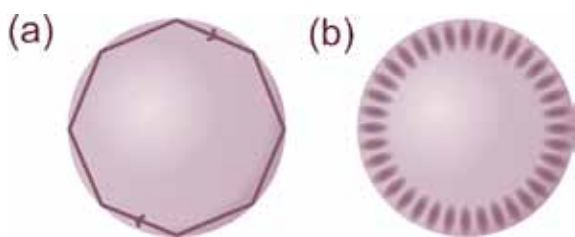
ELEKTRIČNO UGLAŠEVANI TEKOČEKRIŠTALNI MIKRO-RESONATORJI

Matjaž Humar, univ. dipl. fiz., F5

Zaradi vse večje uporabe optičnih komunikacij in miniaturizacije optičnih komponent je v zadnjem času zelo veliko zanimanje za *optične mikroresonatorje*. To so optične votline, ki z odbojem svetlobe le-to zadržujejo v svoji notranjosti. Velikosti mikroresonatorjev so od nekaj mikrometrov pa do nekaj deset mikrometrov. Zaradi resonančnega pogoja svetloba z določeno valovno dolžino ustvari v votlini stoječe valovanje. Kako ostro je določena ta valovna dolžina oziroma širina resonance, je podano s tako imenovanim *Q-faktorjem*. Ta faktor izračunamo kot razmerje med resonančno valovno dolžino in širino resonančne črte.

Posebne vrste mikroresonatorjev so *sferični resonatorji*. V tem primeru imamo prozorno kroglico ali kapljico velikosti nekaj deset mikrometrov. Če je

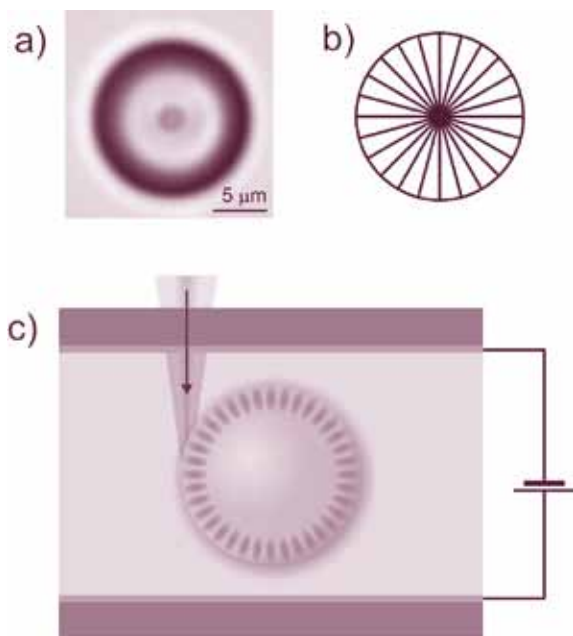
lomni količnik v kroglici večji kot zunanji, se svetloba, ki pod dovolj majhnim kotom potuje proti površini, totalno odbije nazaj v notranjost. Tako se lahko svetloba večkrat zaporedoma totalno odbije na površini kroglice in tako kroži v njeni notranjosti (slika 1). Če je optična pot svetlobe enaka večkratniku njene valovne dolžine, imamo izpolnjen resonančni pogoj. Stoječe valovanje oziroma optični nihajni načini, ki pri tem nastanejo, se imenujejo *whispering-gallery-modes* (WGMs). Ime izvira iz dvorane šepetanja (Whispering Gallery) v katedrali svetega Pavla v Londonu. V tej dvorani se zvok na enak način kot svetloba v sferičnih mikroresonatorjih odbija od sten kupole in prenaša na drugo stran dvorane, ne da bi izgubil svojo jakost. Tako se lahko sogovornika vsak na svojem koncu dvorane zelo dobro slišita, pa četudi samo šepetata.



Slika 1: Geometrijska in valovna predstavitev kroženja svetlobe v sferičnem mikroresonatorju

Kateri nihajni načini bodo v sferičnem mikroresonatorju, izračunamo tako, da rešujemo Maxwellove enačbe v sferični simetriji z upoštevanjem robnih pogojev. Izkaže se, da so nihajni načini enolično definirani s tremi kvantnimi števili (n – radialno, l – tirno in m – polarno kvantno število) in polarizacijo (TM – transversalno magnetno polje ali TE – transversalno električno polje). Omenjena števila zelo spominjajo na kvantna števila v vodikovem atomu, ki so glavno, tirno in magnetno kvantno število ter spin. Zaradi teh podobnosti z atomi sferične resonatorje včasih imenujemo tudi *optični atomi*.

Sferični resonatorji imajo tipično zelo majhne izgube, kar pomeni, da imajo zelo velike Q -faktorje, tudi do 10^{10} . Ta lastnost skupaj z njihovo majhno velikostjo obeta uporabo v različnih aplikacijah, kot so laserski izviri, filtri in optična stikala. Za praktično uporabo mikroresonatorjev je zelo pomembno



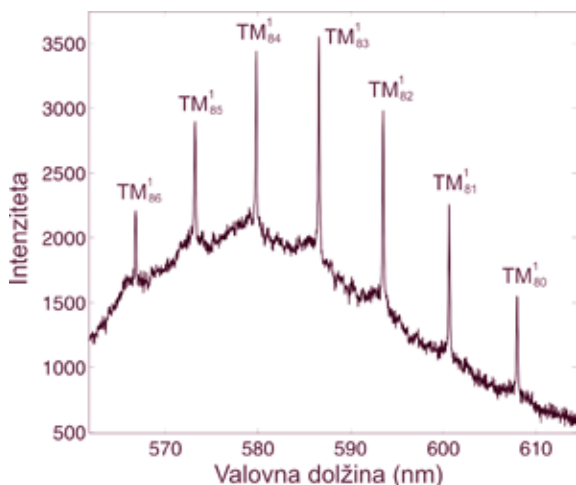
Slika 2: a) Kapljica tekočega kristala pod optičnim mikroskopom, b) usmerjenost molekul tekočega kristala in c) shema eksperimenta – kapljica se nahaja med dvema prozornima elektrodama, osvetljujejo pa jo z laserjem skozi zgornjo elektrodo.

tudi, da je mogoče spreminjati njihovo resonančno frekvenco. To je mogoče doseči s spremembo njihove velikosti ali lomnega količnika snovi, iz katere so narejeni. Do sedaj je bilo to v steklenih ali polimernih resonatorjih mogoče le v manjši meri, saj so bili doseženi premiki resonančnih frekvenc le okrog desetinke nanometra. V našem laboratoriju nam je z uporabo kapljic tekočega kristala kot resonatorjev uspelo ta obseg uglaševanja povečati na okrog 20 nm, ker že omogoča praktično uporabo.

Nematski tekoči kristali so sestavljeni iz podolgovatih molekul, ki so orientacijsko urejene. Ta urejenost se navzven kaže kot različne anizotropije, ki so sicer samo v kristalih. Primer anizotropije je dvolomnost, kar pomeni, da ima tekoči kristal različna lomna količnika vzdolž in prečno na smer molekul. Ta lastnost tekočih kristalov omogoča njihovo uporabo v številnih optičnih napravah, od katerih so najbolj poznani tekočokristalni zasloni – LCD-ji.

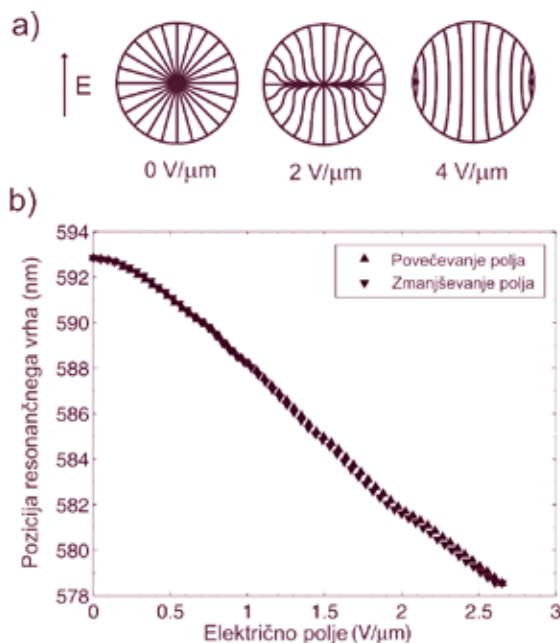
Postopek izdelave tekočokristalnih resonatorjev je zelo enostaven. Nematski tekoči kristal, dopiran s fluorescenčnim barvilom, vmešamo v prozorni polimer (PDMS). Pri tem nastanejo kapljice premera od 1 μm do nekaj 10 μm . Nato počakamo, da PDMS polimerizira, kar stabilizira kapljice, da se ne morejo več premikati. Zaradi površinske napetosti so tako narejene kapljice skoraj idealno okrogle in imajo zelo gladko površino (slika 1a). Obe lastnosti sta izjemno pomembni za to, da imajo resonatorji velik Q -faktor. Zaradi homeotropnega (pravokotnega) sidranja tekočega kristala na površino kapljice zavzamejo tako imenovano radialno obliko (slika 2b). To pomeni, da so dolge osi molekul tekočega kristala usmerjene radialno od površine proti središču kapljice. Pod mikroskopom izberemo kapljico in jo blizu roba osvetlujemo s fokusiranim zelenim argonskim laserjem (slika 2c). Vzbujeno fluorescenčno barvilo v kapljici seva v rdečem delu spektra med 550 nm in 650 nm. Del svetlobe se ujame v kapljico, kar opazimo kot svetel obroč po njenem robu. Nato svetlobo, ki jo oddaja kapljica, zberemo z objektivom mikroskopa in analiziramo s spektrometrom. V spektru opazimo ozke spektralne črte (slika 3), ki ustrezajo resonancam v kapljicah. Izmerjena širina resonančnih črt za kapljice premera 30 μm je okrog 0,055 nm, kar ustreza zelo velikemu Q -faktorju 12 000.

Ker vemo, da imajo tekoči kristali velik odziv na električno polje, smo na tanko plast polimera, ki je vseboval kapljice tekočega kristala, priključili napetost. Električno polje deluje na molekule z navorom,



Slika 3: Spektar svetlobe, ki jo oddaja kapljica premera $10\ \mu\text{m}$. Vidni so resonančni vrhovi, pri katerih smo določili polarizacijo in pripadajoči kvantni števili.

kar povzroči, da sprva radialna kapljica spremeni svojo notranjo strukturo (slika 4a). Ob izključenem električnem polju, ko je kapljica še radialna, svetloba, ki potuje po robu kapljice, oscilira v radialni smeri. To pomeni, da »čuti« lomni količnik vzdolž dolge osi molekul. Ko pa priključimo napetost, se molekule zasukajo, tako da niso več vse radialno usmerjene. Sedaj ima svetloba manjši lomni količnik, saj je leta prečno na molekulo precej manjši kot vzdolž nje. Optična pot svetlobe se zato skrajša, kar povzroči, da se resonančne frekvence pomaknejo proti manjšim valovnim dolžinam (slika 4b). Tako doseženo električno uglaševanje frekvenc ima območje okrog $20\ \text{nm}$ pri $2,6\ \text{V}/\mu\text{m}$ in je približno stokrat večje kot v dosedanjih mikroresonatorjih. Preklop iz ene



Slika 4: a) Notranja struktura kapljic pri različni intenziteti električnega polja, b) pozicija izbrane resonančnega vrha v odvisnosti od električnega polja

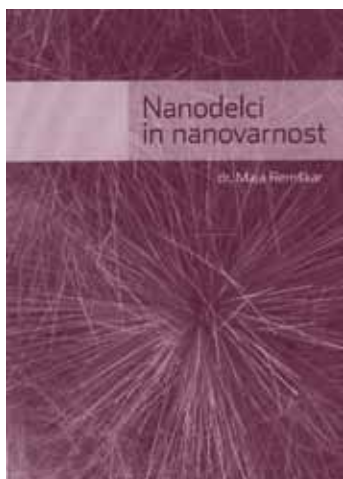
frekvence na drugo je zelo hiter in traja okrog $10\ \text{ms}$. Uporaba električne napetosti za uglaševanje ima tudi prednost v boljši integraciji mikroresonatorjev v že obstoječa elektronska vezja.

Teočekristalni mikroresonatorji bi lahko bili uporabni kot različne komponente v prihodnjih integriranih optičnih vezjih. Uporabljali bi se lahko kot izviri laserske svetlobe s spremenljivo valovno dolžino, optični filtri s spremenljivimi karakteristikami in celo kot optični tranzistorji.

KNJIGE

NANODELCI IN NANOVARNOST

Delo avtorice dr. Maje Remškar z naslovom »Nanodelci in nanovarnost« je nastalo na pobudo Ministrstva za zdravje, natančneje, Urada Republike Slovenije za kemikalije, v okviru projekta EU Twinning, Kemijska varnost 3 št. SI 06 IB EC 02. Namenjeno je splo-



šni javnosti in je primerno gradivo tudi za vedoželjne srednješolce in študente.

Knjižica je razdeljena na dva dela. V prvem so splošna poglavja, ki opisujejo lastnosti nanodelcev, poti, po katerih lahko vstopijo v organizem, ustrezno zaščito, skupaj s priporočili za varno delo, medtem ko je drugi del namenjen poglobljenemu študiju obetov nanotehnologije. Za pomoč in razumevanje nekaterih strokovnih izrazov je namenjen terminološki slovarček na koncu prvega dela knjige.

V elektronski verziji je knjiga dostopna na <http://www.kemijskovaren.si/main.php?content=knjiznica>.

Uredništvo