

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury
Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture

Ing. arch. Miloš Florián, Ph.D.

„Chytré materiály“

„Smart Materials“

Summary

„Smart Materials“

The idea of Architecture is changing its form has become in recent years a major theme for Miloš Florián not only in terms of his educational activities and publishing a large number of articles in professional journals, but also as a subject for writing the publication under the title of Intelligent glass façades, which was released in 2005. In the context of the overall development of architecture this is a very interesting topic, but at the same time still underrated with in the domestic architecture, inter alia from the perspective of university studies. It is for this reason that the subject of thesis and lecture has become the contents and results of studies in the studio of Florián/Glass Freeform Architecture. Both publications and lecture are based on the research interest of Miloš Florián in the trends in areas that can be included in the following entries: smart materials, crystalline solids, amorphous solids, polycrystalline solids, materials capable of evolution, molecular morphology, nanomaterials, properte changing smart materials, chromics, photochromic materials, thermochromic materials, mech-anochromic materials, electrochromic materials, conductive polymers, rheologic materials changing properties, phase change materials, smart materials energy exchanging, technology of liquid crystals, light emitting materials, luminiscence, fluorescence, phosphorescence, electroluminiscence, photovoltaics, LEDs, transistors, thermoelectricity, piezoelectric materials, shape memory alloys, shape memory polymers, architecture influenced by the flow of data, algorithmic architecture, fractals, cellular automata, parametric design, generative design, structural morphology, glass structures, 3D-glass freeform construction, tensegrity structures, foamed structures, extreme textiles, hybrid materials, interactive fabrics, 3D-models, robotics, programmable matter, nanotechnology, etc. All there areas not only affect learning, but also the planning of architecture.

Souhrn

„Chytré materiály“

Architektura mění formu se stala v posledních letech pro Miloše Floriána hlavním tématem nejen z pohledu pedagogického působení a publikování velkého množství článků v odborných časopisech, ale i námětem pro napsání publikace pod názvem Inteligentní skleněné fasády, která byla vydána v roce 2005. Jedná se v kontextu celkového vývoje architektury o téma velice zajímavé a zároveň v rámci tuzemské architektury stále nedocenené, mimo jiné i z pohledu vysokoškolského studia. Právě z tohoto důvodu se staly námětem habilitační práce a přednášky výsledky studia v rámci ateliéru Florián/Glass Freeform Architecture. Obě publikace vychází z odborného zájmu Miloše Floriána o tendence v oblastech, které je možné zahrnout do následujících hesel: chytré materiály, krystalické pevné materiály, amorfni pevné materiály, polykrystalické pevné materiály, materiály schopné vývoje, molekulová morfologie, nanomateriály, chytré materiály měnící vlastnosti, chromika, fotochromické materiály, termochromické materiály, mechanochromické materiály, elektrochromické materiály, vodivé polymery, reologické materiály měnící vlastnosti, materiály změny skupenství, chytré materiály výměny energie, technologie tekutých krystalů, materiály emitující světlo, luminiscence, fluorescence, fosforescence, elektroluminiscence, fotovoltaika, LED diody, tranzistory, termoelektrika, piezoelektrické materiály, slitiny s tvarovou pamětí, polymery s tvarovou pamětí, architektura ovlivněná toky dat, algoritmická architektura, fraktály, buněčné automaty, parametrický design, generativní design, strukturální morfologie, skleněné struktury, 3D skleněné konstrukce volného tvaru, tensegrity struktury, zpěněné struktury, extrémní tkaniny, hybridní materiály, interaktivní tkaniny, 3D modely, robotika, programovatelná hmota, nanotechnologie, atd. Všechny tyto oblasti ovlivňují nejen studium, ale i plánování architektury.

Klíčová slova

Chytré materiály, chytré materiály měnící vlastnosti, chromika, materiály změny skupenství, chytré materiály výměny energie, slitiny s tvarovou pamětí, skleněné struktury, zpěněné struktury, extrémní tkaniny, nanostruktury

Keywords

Smart materials, Property-changing-smart materials, Chromics, Phase Change Materials, Energy-changing-smart materials, Shape Memory Alloys, Glass Structures, Foam Structures, Extreme textiles, Nano Structures

Obsah

Úvod
Chytré materiály
Klasifikace chytrých materiálů
Vnitřní struktura materiálů
Vazební síly
Skupenství
Vlastnosti materiálů
Obecná klasifikace materiálů
Materiály schopné vývoje
Nanomateriály
Molekulová morfologie
Chytré materiály měnící vlastnosti
Chromika
Druhy materiálů
Termochromické materiály
Elektrochromické materiály
Materiály změny skupenství/Phase
Change Materials
PCM-materiály a jejich formy
Speciální aplikace
Reologické materiály měnící vlastnosti
Tekuté krystaly
Chytré materiály výměny energie
Materiály emitující světlo
Elektroluminiscence
Piezoelektrické jevy a materiály
Slitiny s tvarovou pamětí
Polymery s tvarovou pamětí
Vybrané aplikace
Procesy plánování
Skleněné struktury
Zpěněné struktury
Extrémní tkaniny
Nanostruktury
Závěr
Literatura a podklady
Životopis

Úvod

Současnost je založena na konvergenci technologií. Na místo prohlubující se specializace, kterou můžeme dosud pozorovat, jsou nyní otevřeny možnosti celostního pohledu a sjednocování nejen různých věd, ale i odborných postupů. Tento způsob integrace vyžaduje sdílení kultury napříč existující okruhy vědeckých disciplín a nový technický jazyk opírající se o matematiku komplexních systémů, fyziku struktur na úrovni nanorozměrů a hierarchickou logiku inteligence.

Na architekturu a urbanismus je proto nutné pohlížet jako na multifunkční dynamické systémy.

Chytré materiály

Architekti musí vždy pracovat s určitými vlastnostmi hmoty předmětů, které fyzikové nazývají extenzivní: délka, plocha a objem. Hlavním charakteristickým rysem těchto vlastností je jejich dělitelnost, tzn. pravítko jeden metr dlouhé rozděleno na dvě poloviny dá dvě půlmetrová pravítka, charakteristika, která se dobře hodí k architektonické praxi organizování prostoru podle funkčního dělení. Fyzika však zahrnuje další typy vlastností hmoty, které nevykazují tuto charakteristiku vlastností, a které jsou nazývány intenzivní: teplota, tlak, rychlost, hustota, napětí.

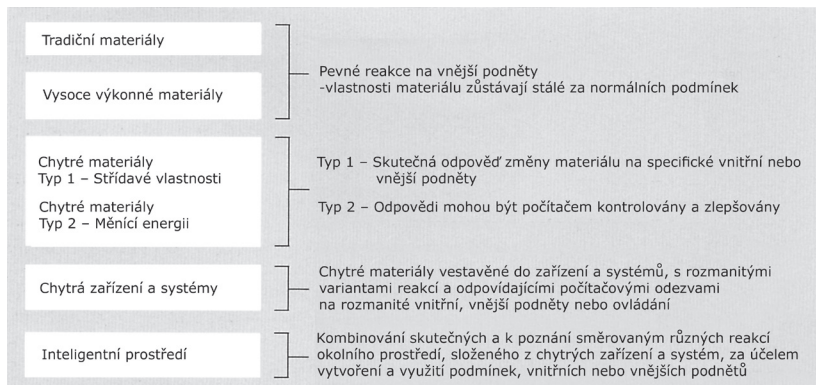
Rozdíl mezi intenzivním a extenzivním patří do termodynamiky, avšak to neznamená, že jiná odvětví fyziky a technického inženýrství nepracují s vlastnostmi materiálů, které mohou být zařazovány stejným způsobem. Projektanti konstrukcí, jež nesou zatížení, musí například počítat s vlastnostmi namáhání materiálu, na které se obvykle dívá jako na intenzivní. Aby se ukázalo, jakým způsobem je napětí intenzivní, je nutné mít na mysli další dvě úvahy. Zaprvé, jestliže napětí souvisí s hmotností nebo zatížením, které musí konstrukce nést, jakým způsobem je intenzivní? Nakonec, hmotnost je extenzivní vlastnost. Odpověď je, že některé intenzivní vlastnosti jsou poměrem dvou intenzivních vlastností: intenzivní vlastnost hustota je například mírou hmoty na jednotku objemu, což jsou obě extenzivní hodnoty. Podobně je napětí mírou zatížení na jednotku plochy. Zadruhé, na rozdíl od svých extenzivních protějšků se většina intenzivních vlastností měří v daném bodě hmotného předmětu. Měření v mnoha bodech poskytují více či méně souvislé pole hodnot, rozdělení intenzit, které mohou být více či méně homogenní, nebo se možná bude měnit od jednoho

bodů pole k druhému. Když byl zaveden pojem napětí v 19. století, aby nahradil pojem zatížení neboli namáhání, byl rovněž definován v daném bodě konstrukce. Byl to velký koncepční pokrok v pojmu celkového zatížení, které je neseno budovou nebo mostem, neboť dovoval úvahy o měnícím se rozdělení napětí v nosné konstrukci, aby bylo možno se vyhnout nebezpečným koncentracím, které by mohly dosáhnout kritických hodnot, jako napětí na mezi pevnosti sloupu nebo nosníku.

Existují nějaké pohledy dovnitř týkající se toho, co je intenzivní, které by mohly být přeneseny do statického inženýrství z termodynamiky? Jedním možným přenosem je rozdíl mezi rovnováhou termodynamiky a jejím protějškem, který má k rovnováze daleko. Až do relativně nedávné doby se termodynamika zabývala je homogenním rozdělením intenzity, nebo, jinými slovy, systémy, které dosáhly rovnováhy po zrušení všech těch rozdílů v intenzitě. To nutně vede k závěru, že se výzkumníci nezabývali příliš problémy dynamického procesu, neboť když už intenzivní rozdíly zmizí, nezůstává nic, co by pohánělo proces. Avšak i když se trochu odejde od homogenosti a studují se systémy blízké rovnováze, jsou procesy, které jsou dostupné pro tyto systémy, jen ty nejjednodušší, jako ty, které vytvářejí jako svůj výsledek neměnný stav. Na druhé straně, daleko od rovnováhy, mnoho procesů se stále více mění, včetně těch, které doplňují neměnné, periodické nebo rytmické procesy, a rovněž procesy turbulentní. Jinými slovy, jestliže jsou intenzivní rozdíly systému velké a jestliže jsou udržovány při stálém přísunu nové energie nebo materiálu, stává se chování materiálu složitějším, protože má širší repertoár možností, které jsou mu dostupné. Většina procesů, v nichž materiálové systémy vykazují samoorganizaci, mají například daleko k rovnováze. I když stavební inženýři nepoužívají obvykle jazyka termodynamiky, je jasné, že většina nosných konstrukcí, které projektují, mají blízko k rovnováze, tedy pevnému, neměnnému stavu. Avšak tento limitní přístup k jejich profesi může být výsledkem dlouhého období, ve kterém všechny obory určité vědy čerpaly svou inspiraci z dominantních paradigmat v oborech spíše matematicky zaměřených. Při nedávném triumfu paradigmatu značně vzdálenému rovnováze, možná již brzy budeme svědky změny v inženýrské praxi, změny, která možná dá plně k dispozici samoorganizující sílu chytrých materiálů.

Klasifikace chytrých materiálů

Grafika obrázku znázorňuje plánovanou organizaci, která ukazuje následný vztah mezi materiály, technologiemi a prostředím. Tato organizace, vědoma si nutnosti zasazení do kontextu, rovněž podporuje základní zaměření používání tradičnějšího systému klasifikace.

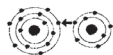


Rozeznávání chytrých a inteligentních systémů a prostředí.

Vnitřní struktura materiálů

Bez ohledu na použitý systém klasifikace musí si být projektanti vědomi základních činitelů chování materiálů. Znalost atomové a molekulové stavby je důležitá k pochopení skutečných vlastností každé hmoty, a to zvláště platí o chytrých materiálech. Z důvodu pochopení, jak tyto různé vnitřní struktury definitivně určují výsledné vlastnosti materiálů, je užitečné nejprve se podívat na různé druhy vazebních sil, které existují mezi soustavami atomů, jež definitivně tvoří základní stavební bloky jakékoliv hmoty. Způsoby, jak se jednotlivé atomy spojují do krystalických, amorfních nebo krystalických struktur jsou přehledně uvedeny v následujícím obrázku.

Atomové struktury



Iontová vazba
přenos elektronů



Kovalentní vazba
sdílení elektronů



Metalická vazba-elektrony
volně proudí dokola mezi
kladnými ionty

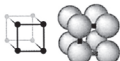


Van der Waals-forma
sekundárních vazeb
mezi molekulami

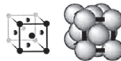
Uspořádání atomů

Krystalické struktury

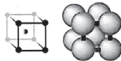
Jednotka buněk a uspořádání



Jednoduchá krychle



plošně centrovaná krychle



tělo centrované krychle

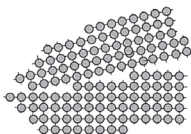
Bravais mřížky

Jiné:

Jednoduchý čtyřúhelník
Tělo centrovaného tyúhelníku
Jednoduchý kosočtverec
Tělo centrovaného kosočtverce
Základ centrovaného kosočtverce
Plošně centrovaný kosočtverec
Šestiúhelník
Klenec
Jednoduchá jednoklonná soustava
Základ centrované jednoklonné soustavy
Trojklonná soustava

Polykrystalické struktury a molekulové řetězce neboli sítě

Zrnka



Molekulové řetězce



Amorfní polymery-
dlouhé řetězce



Skládané, ohýbané řetězce
/polokrystalické/

Makroskopické



Homogenní materiály různých typů a forem

Kompozitní materiály

Vyztužení, zesílení - vlákna, lanka, prameny lan, sítě, jiné
Pryskyčice a matrice, pojivové materiály
Jádra a vrstvy
Lamináty, sendvičové desky, jiné

Obecné struktury hmot na mikro a makro úrovni. Struktura hmoty na každé z těchto úrovní silně ovlivní konečnou charakteristiku a vlastnosti materiálu.

Vazebné síly

Tři základní atomové vazby, které se vyvíjejí mezi atomy, jsou iontové vazby, kovalentní vazby a kovové vazby. Iontové vázání znamená, že jeden atom převede elektrony na jiný atom, kovalentní vazba znamená sdílení lokalizovaných elektronů a metalická vazba zahrnuje sdílení decentralizovaných elektronů. Existují také některé sekundární atomové a molekulové vazby, z nichž jsou zvláště zajímavé Van der Waalsovy síly. Tato poslední vazební síla vzniká mezi jednotlivými molekulami. V mnoha materiálech, zvláště polymerech, jsou jednotlivé molekuly vytvořeny z kovalentně vázaných atomů a v důsledku toho jsou docela pevné. Kvůli normální nerovnováze elektrických nábojů mezi molekulami se mezi nimi vyvíjejí malé přitažlivé síly, tj. Van der Waalsovy vazby. Tyto sekundární vazební síly jsou relativně slabé ve srovnání s iontovými, kovalentními a kovovými vaz-

bami. Snadno se mohou porušit vlivem napětí a dovolují molekulám, aby vzájemně klouzaly. Krystaly ledu jsou například molekuly oxidu vodíku vzájemně na sebe vázané Van der Waalovými vazbami, ale teplo nebo tlak způsobují, že se tyto vazby ruší, což má za následek změnu skupenství na kapalné, tj. vodu.

Atomové vazebné síly určují mnoho vlastností finální hmoty. Tyto síly nejsou v žádném případě stejně silné. Napsáno obecně, nejsilnější jsou iontové vazby, za nimi následují kovalentní vazby, metalické vazby, a nakonec vazby Van der Waalovy, které jsou nejslabší ze všech. I když definování typů materiálů pouze podle vazebních sil není postačující, tak přesto se může pozorovat následující: (1) kovy jsou materiály charakterizované kovovými vazbami; (2) keramické a polykrystalické materiály jsou založeny na iontových a/nebo kovalentních vazbách; (3) polymery mají struktury molekul /řetězce atomů/, které jsou kovalentně vázány, ale s řetězci drženy pohromadě Van der Waalovými silami.

Skupenství

Mnoho materiálů má více skupenství, z nichž jsou důležité plynné, kapalné a pevné. Známe změny skupenství, když led taje, nebo když se vodní pára kondenzuje. K těmto změnám skupenství dochází kvůli změnám v jejich teplotě nebo kvůli okolnímu tlaku. Vedle těchto hlavních skupenství má mnoho hmot přechodné stavy, které způsobují přírůstkové změny skupenství, když hmota prochází změnou v podmínkách svého prostředí.

Diagramy skupenství se používají graficky k prezentaci, která skupenství nebo stavy existují v hmotě při různých kombinacích teploty, tlaku a složení. V čistém prvku, jako je železo, není složení proměnné. V slitinách, včetně oceli, je přesné složení kovů tvořících slitinu důležitým činitelem při určování, jak se směs mění při různých stavech teploty a tlaku. Diagramy skupenství vyžadují určité zkušenosti při zjišťování, jak je čist, a zároveň jsou běžným nástrojem pro badatele v oblasti chemie a mechaniky při porozumění chování materiálů za různých podmínek.

Vlastnosti materiálů

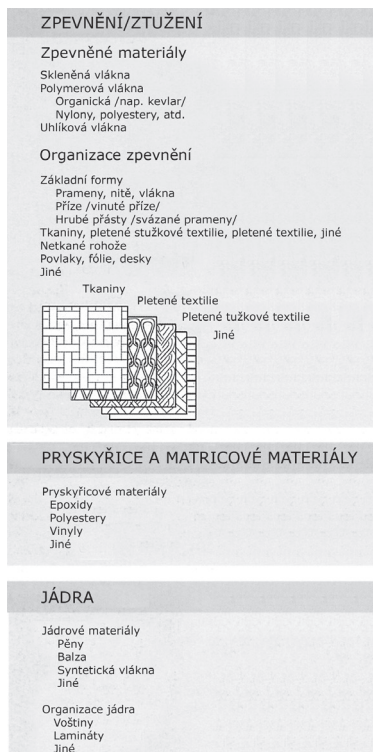
Materiály jsou často rozlišovány podle svých vlastností, z nichž některé jsou vnitřní a některé jsou vnější. Vnitřní vlastnost je určována molekulovou strukturou-v podstatě chemickým složením-hmoty.

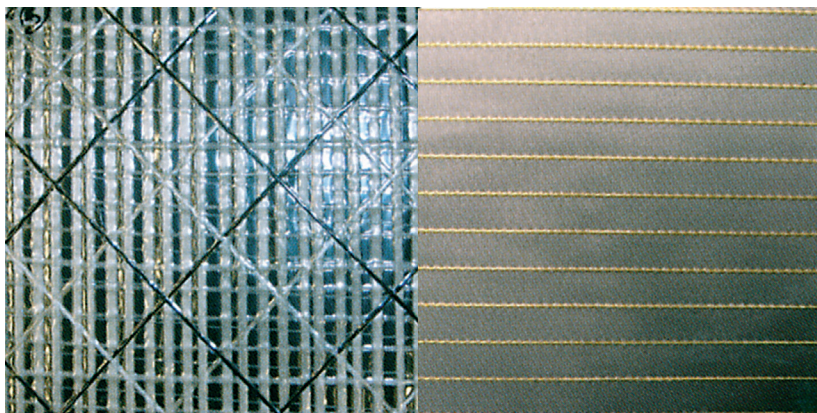
Vnější vlastnosti jsou ty, které jsou definovány makrostrukturou hmoty, a jako takové nemohou být přímo určeny pouze skladbou. Optické vlastnosti materiálu -odrazivost, propustnost, pohltivost- jsou často vnější, právě tak jako mnoho akustických vlastností. Jednoduché zušlechtnění povrchu kovu leštěním udělá podstatnou změnu v jeho odrazivosti. Některé vnější vlastnosti jsou rovněž závislé na charakteristice energetických polí jejich okolí. Barva materiálu není vlastností hmoty sama o sobě, protože je zcela závislá na spektrálním rozdělení dopadajícího světla. Změny vlastností pak mohou nastat buď změnou složení hmoty, nebo změnou mikrostruktury hmoty. Oboje změny jsou vyvolány dodáním energie hmotě. Dodání energie je možno provést mnoha způsoby, z nichž pro chytré materiály přichází nejvíce v úvahu energie elektrická, chemická, tepelná, mechanická a záření. Všechny vlastnosti materiálů, ať vnitřní nebo vnější, chytré nebo „hloupé“, spadají do jedné nebo do více z pěti kategorií. Kategorie -mechanická, tepelná, elektrická, chemická a optická- jsou výrazem mechanického, elektrického či jiného podnětu, na který musí každá hmota reagovat.

Obecná klasifikace materiálů

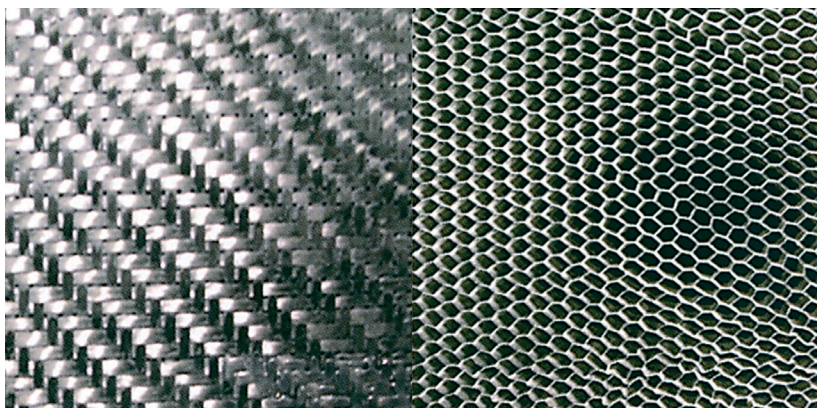
Krátce sděleno, existují tři základní třídy materiálů - kovy, keramika, polymery - a mnoho příbuzných nebo odvozených typů spadá do čtvrté třídy známé jako kompozity. Podrobněji mám jednotlivé třídy materiálů popsány ve své habilitační práci, a proto na tomto místě uvedu pouze grafické schéma obecné skladby kompozitů.

Obecná skladba kompozitových materiálů pro aplikaci při vysokých výkonech působení síly a pevnosti.





Dvě flexibilní kompozitní desky/fólie. Zpevněný polymer (vlevo), Dacron /kevlarová tkanina/ (vpravo)



Typické materiály použité v kompozitech. Deska/fólie z uhlíkových vláken (vlevo) Aluminiové voštinové jádro (vpravo)

Pro jiné účely nemusí integrované materiály sloužit funkčnímu působení síly. Lana z optických vláken byla například integrována do různých materiálů z důvodu, aby sloužila jako detektory napětí, deformace nebo prasklin v původním materiálu. Také různé produkty povlaků, fólií nebo desek mohou být rovněž společně laminovány. Vysoce výkonné zářivé barevné povlaky s mnohonásobnými vlastnostmi odrazu představují například vícevrstvé lamináty různých typů tenkých povlaků.

Materiály schopné vývoje

Nanomateriály

Předpona nano indikuje, že rozměrové měřítko věci nebo chování je v řádu několika miliardin metru a pokrývá plochu tak velkou, pokud ne větší, než je plocha znázorněná mikroměřítkem. Pro srovnání lze uvést, že špendlíková hlavička má průměr přibližně milion nanometrů, zatímco molekula DNA je široká asi dva a půl nanometru. Pokud se předpokládá, že jednotlivé atomy mají velikosti v nanometrech / například pět atomů křemíku se rovná jednomu nanometru/, pak schopnost stavět struktury atom po atomu je velice přitažlivým cílem pro mnoho badatelů v oblasti materiálů.

VELIKOSTI V NANOMETRECH



Atomy
<1 nm



DNA
2,5 nm



Nanotrubičky
10 nm



MEMS-zařízení
5 000 000 nm



Peltierovo zařízení
20 000 000 nm



člověk
1 700 000 000 nm

pikoměřítko
10 /-13 metr

nanoměřítko
10 /-9 metr

mikroměřítko
10 /-6 metr

mezoměřítko
10 /-3÷10 /-2 metr

metrové měřítko
1 metr

1 nanometr /nm/=10 /-9 metr
1 mikron /um/=10 /-6 metr=1 000 nm
1 milimetr /mm/=10 /-3 metr=1 000 000 nm

Poměrové srovnání velikostí. Objekty v nanoměřítku existují ve velikostech blízkých úrovni atomů. Objekty v mikroměřítku, podobné jako MEMS-zařízení, jsou mnohem větší /lidský vlas má například v průměru 50 μm/ a mohou být vizuálně viděny. Zařízení v mezoměřítku /ekvivalent od milimetrového k centimetrovému měřítku/ jsou relativně velká ve srovnání s objekty v mikroměřítku a nanoměřítku, ale přece velmi malá vzhledem k lidským rozměrům.

Ve své nejjednodušší formě poskytuje nanotechnologie koncept stavět „zdola nahoru“ a tvořit tak materiály a struktury bez vad, s novými vlastnostmi. Přesná skladba rozmanitých vnitřních struktur a spojovací síly mezi nimi určují velmi významné mechanické, elektrické, chemické a jiné vlastnosti pevné hmoty. Nanotechnologie tím, že umožňuje úplnou stavbu molekulové struktury, nám pravděpodobně dává možnost plánovat nebývalé, dramaticky zlepšené vlastnosti v makroměřítku. Skutečně je možné vytvořit zásadně jiné vlastnosti i bez změny chemického složení. Navíc stavba zdola nahoru může umožnit samosestavování, při kterém by náhodný, nespojitý pohyb atomů měl jako výsledek jejich kombinaci, nebo samoreprodukci, při níž by docházelo k růstu prostřednictvím exponenciální řady.

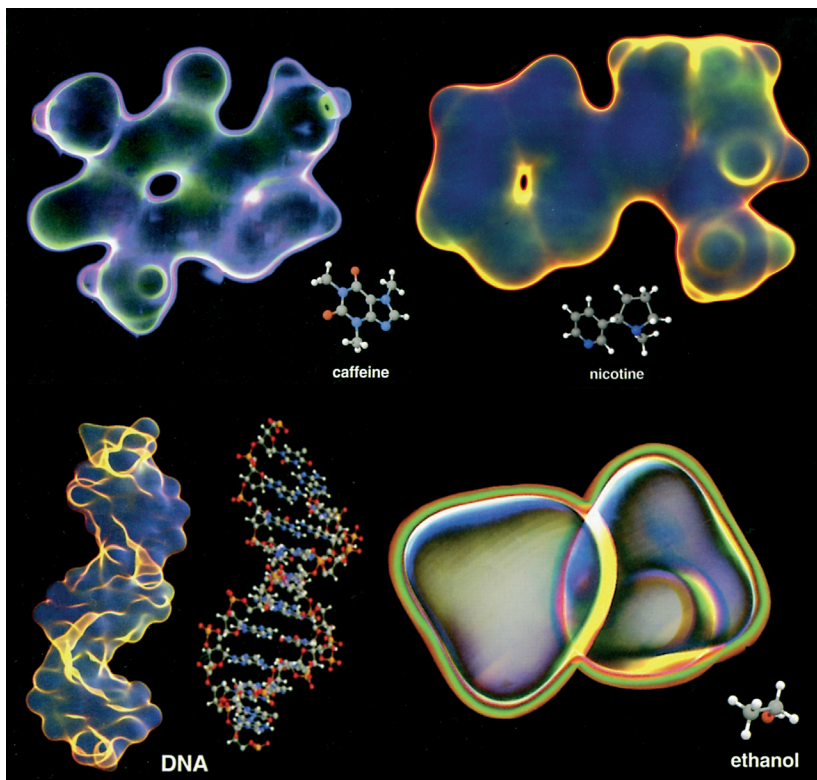
Čím menší zařízení se navrhují a realizují, tím víc se blíží světu kvantové mechaniky, kde se fyzikální zákony podstatně liší od těch, které známe z makrosvěta. Jedním z příkladů jsou kvantové tečky, díky nimž se studuje možnost přenosu informací pomocí přeskoků jednotlivých elektronů z jedné tečky na druhou. Vzhledem k tomu, že k přechodu elektronů mezi tečkami dochází tunelováním, není třeba vodivých spojů a hlavně se nevyvíjí teplo. Další výhodou je jejich malý rozměr. Na kvantové tečky a jejich vlastnosti se lze dívat jako na umělé atomy, emitující nebo absorbující jeden nebo několik elektronů. Kvantové tečky neboli polovodičové krystaly v nanoměřítku jsou schopné „uvěznit“ jednotlivé elektrony a představují příští generaci luminiscenčních technologií v podobě tzv. kvantových LED diod /diod emitujících světlo/. Nanoaplikace jsou prakticky neomezené. V rámci výzkumu v oblasti nanotechnologie hraje při plánování struktur materiálů, zařízení, předmětů a objektů důležitou roli jak virtuální nanotechnologie, tak v poslední době i molekulová morfologie.

Molekulová morfologie

Na rozdíl od tradičního zobrazování kuliček a tyčinek představuje molekulová morfologie odlišný přístup k prezentování molekulových struktur vytvářených počítačem. Pro řadu chemiků i fyziků tato technika stále představuje pouze odlišný přístup k zobrazení molekulové struktury. V rámci vědeckého procesu jsou zobrazeny jen určité vlastnosti molekul a z tohoto důvodu působí některé z barevných odstínů pravděpodobně dvojznačně. Další vývojové kroky se soustřeďují k vyřešení problému zobrazování veškerých vlastností molekul a pak na zpřístupnění generovaných modelů široké veřejnosti ve formě vysocí informativních prezentací. Molekulové struktury jsou zde prezentovány ve formě, která ukazuje mnohostrannost použité techniky k vytváření tvarů pod názvem ADF neboli adaptively sampled distance fields.

Na protější straně: Obrazy jsou pro nezasvěcence méně názorné než tradiční všeobecně známé modely molekulových struktur, jež jsou sestaveny z kuliček a tyčinek. Molekula nikotinu, design ADF-metoda, Ron Perry Mitsubishi Electric Research Laboratories & Sarah Frisken Tufts University

Obrázek znázorňuje prostorové rendrování známých molekul při použití vířivé povrchové struktury k zachycení amorfni povahy pravděpodobného rozmístění elektronů, a tyto informace byly spojeny s molekulovými konstrukčními údaji. Molekuly DNA, kofeinu a etanolu, design ADF-metoda, Ron Perry Mitsubishi Electric Research Laboratories&Sarah Frisken Tufts University



Chytré materiály měnící vlastnosti

Chromika

Barva, kterou vnímáme, ve skutečnosti vzniká kombinací tří prvků: světla, objektu, který toto světlo odráží, a vizuálního aparátu jako je zrakový orgán a mozek. Jedná se o část spektra viditelného záření, odraženého určitým předmětem, jehož barva se posuzuje okem pozorovatele. Z toho plyne, že se nemůže tvrdit jakou barvu věci kolem nás opravdu mají, protože se může uvádět pouze barva, kterou vidíme. Tento fakt navíc závisí na mnoha okolnostech jako jsou spektrální složení dopadajícího světla, směr jeho dopadu, směr pohledu pozorovatele, vlastnosti povrchu, fyzické dispozice pozorovatele, zejména jeho zraku. Vnímání velmi ovlivňují barvy v okolí pozorovaného místa. Velice důležitá je i kvalita okolního osvětlení. Lidské smysly se často nechávají oklamat očekáváním a pamětí. To znamená, že při pohledu

člověk nevnímá skutečné změny známých předmětů v závislosti na změnách osvětlení kolem. Proto se zdá sluneční světlo bílé, neboť jej vytváří dokonalá směs všech barev viditelného spektra. Každá z barev má jinou vlnovou délku.

Z pohledu fyziky je tedy barva směsí záření o různých vlnových délkách. Pouhým okem může člověk vnímat jen malou část viditelného světla-ve vlnové oblasti od 780 nm u červené barvy po 400 nm u barvy fialové.

Zbarvení nějakého objektu vznikne tím, že jeho molekulová struktura propustí jednu část spektrálních barev a druhou odrazí. Pokud předmět odrazí většinu světla, tj. přibližně 75%, které na něj dopadá, je viděn jako bílý. Ve chvíli, když odrazí minimálně, je předmět vnímán jako černý.

Druhy materiálů

Chytré materiály, jež představují skupinu tak zvaných materiálů střídavě měnících barvu, mají společný název chromika a dělí se na následující oblasti:

- Fotochromika – materiály, které mění barvu pod vlivem působení světla.
- Termochromika – materiály, které mění barvu pod vlivem působení změn teploty.
- Mechanochromika – materiály, které mění barvu pod vlivem namáhání napětím a/nebo deformací.
- Chemochromika – materiály, které mění barvu pod vlivem působení specifického chemického prostředí.
- Elektrochromika – materiály, které mění barvu pod vlivem působení elektrického proudu. Příbuzné technologie představují tekuté krystaly a suspendované neboli rozptýlené částice měnící barvu nebo transparentnost působením elektrické aktivace.

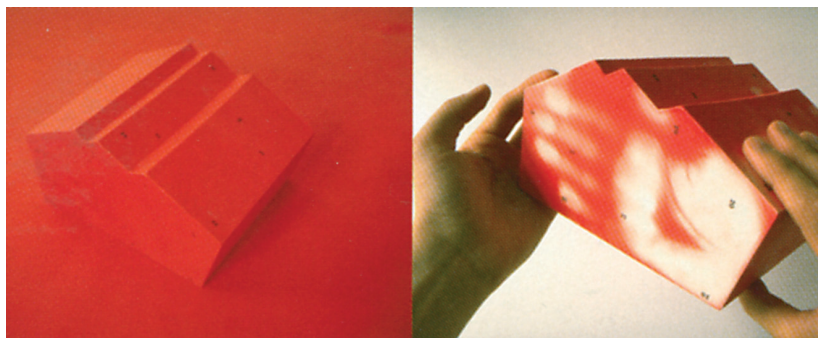
Materiály tak zvaně „střídavě měnící barvu“ ve skutečnosti nemění barvu, protože tvoří třídu hmot, u nichž změna vnějšího zdroje energie vyvolá změnu chování v optických vlastnostech materiálu, v jeho absorpci, odrazivosti nebo rozptylování. Mění své optické vlastnosti při rozdílných vnějších podnětech /např. teplu, světlu nebo chemickém prostředí/, což se často vnímá jako změna barvy. Je známo, že naše vnímání barvy závisí na obou vnějších faktorech, tj. na světlu a povaze lidského oka, a na výše uvedených vnitřních faktorech. Po-

chopení chování těchto materiálů je mnohem složitější, než aby se jednoduše napsalo „mění barvu“.

V případě chytrého materiálu se zřejmými vlastnostmi změny barvy jsou skutečné optické vlastnosti—absorpce, odrazivost, rozptylování—materiálu projektovány tak, aby docházelo ke změně v přímé souvislosti s přívodem vnější energie. Přiváděná energie vytváří změnu v molekulové struktuře nebo v orientaci na povrchu hmoty, na který dopadá světlo. Struktura závisí jak na chemickém složení, tak rovněž na organizaci krystalu nebo molekuly. Tato vnější energie může mít několik forem /např. tepelná nebo radiační spojená se světlem/, ale v každém případě indukuje nějakou změnu v vnitřních povrchových strukturách hmoty tím, že reaguje se záporně nabitými elektrony. Tyto změny opět ovlivňuje absorpci nebo odrazivost materiálu, a tím vzniká vnímaná barva. Tyto změny mohou probíhat celým spektrem, nebo mohou být spektrálně selektivní. Je zajímavé, že jsou tyto změny vratné. Když vnější energetický podnět zmizí, vrací se změněná struktura zpět do svého původního stavu. Za všechny zmiňuji následně pouze dva materiály.

Termochromické materiály

Termochromické materiály absorbují teplo, což vede k tepelně indukované chemické reakci neboli ke změně skupenství. Materiály mají vlastnosti, které podléhají vratným změnám v okamžiku proměny teploty v okolí. Různé varianty povlaků z tekutých krystalů mohou být vytvářeny pro teploty od -30 do $+120^{\circ}\text{C}$ /tj. od -25 do $+250^{\circ}\text{F}$ / a mohou být dosti citlivé, aby zaznamenaly změny malé až $0,2^{\circ}\text{F}$. Termochromické materiály se objevují v mnoha formách, včetně forem tekutých krystalů.



Dotyková paměť termochromického materiálu od designéra Jürgena Mayera

Elektrochromické materiály

Elektrochromismus je široce definován jako vratná změna barvy materiálu, jež je způsobená použitím elektrického proudu nebo napětí. Elektrochromické sklo se například elektronicky ztmavuje a zesvětluje. Zavedení malého napětí je příčinou, že hmota zasklení pozvolna ztmavuje, a odstranění je důvodem k zesvětlení.

Existují tři hlavní třídy materiálů, které mění barvu v případě, když jsou elektricky aktivovány. Jedná se o elektrochromika, tekuté krystaly a suspendované neboli rozptýlené částice. Tyto technologie nejsou jednosložkové hmoty, ale materiály, které jsou sestaveny z vícevrstvé skladby různých hmot, jež působí společně.



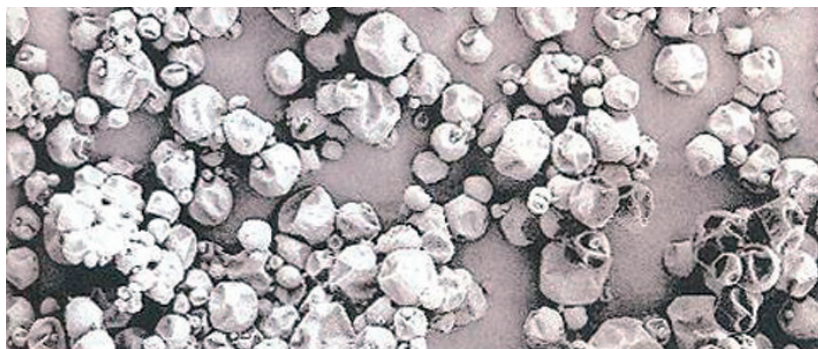
Ukázka aplikace zasklení administrativní budovy pláštěm z izolačních jednotek elektrochromických skel. Porovnání vizuálního působení fasády v transparentním a zabarěném stavu.

Materiály změny skupenství/Phase Change Materials

Mnoho materiálů může existovat v několika rozdílných fyzikálních stavech: plyn, kapalina nebo pevné těleso, které jsou známy jako skupenství. Změna v teplotě nebo tlaku může způsobit, že se hmota změní z jednoho stavu do jiného. Tento proces je známý pod termínem „změna skupenství“. Proces změny skupenství stabilně obsahuje absorbování, skladování a uvolňování velkého množství energie v podobě latentního tepla. Latentní teplo je tedy to, čím věda nazývá množství energie vyžadované při přechodu látky z jednoho skupenství do druhého. Latentní je označováno proto, že se neprojevuje ve formě teplotní změny. Kostka ledu podobným způsobem odebírá velké množství tepla z tekutiny a udrží nápoj dlouho studený i během horkého léta.

Změna skupenství z pevné hmoty na kapalinu, nebo z kapaliny na plyn a naopak probíhá za přesné teploty. Tam, kde je energie absorbována nebo uvolňována, je možno ji předpovídat na základě složení materiálu. Materiály změny skupenství neboli PCM-materiály odpovídajícím, tj. přiměřeným, způsobem přijímají výhody těchto činností v podobě absorbování/uvolňování.

Vlastnosti akumulárních hmot nejsou určovány jen samotnými PCM-materiály, ale také přídatnými látkami, které mohou být velmi drahé. Hydráty soli mají větší hustotu /1,4 až 1,6 kg// než parafíny /0,7 až 0,9 kg// a disponují větší schopností akumulovat teplo v závislosti na objemu. Mnoho PCM-materiálů vykazuje tak zvané podchlazení, což znamená, že hmota ztuhne nejprve o několik stupňů pod fyzikální bod tání. Ve vnitřních městech dochází k malému nočnímu ochlazení, a proto je třeba volit jiné oblasti teplot než na venkově. Zatímco u hydrátů soli musí být nalezen pro každý požadovaný bod tání vhodný hydrát soli, může být bod tání u parafínu pomocí molekulové změny uhlovodíkových řetězců stanoven libovolně. V současné době jsou na trhu hydráty solí s body tání od -7°C do $+100^{\circ}\text{C}$. Parafíny jsou bez dodatečných opatření hořlavé, zatímco hydráty solí splňují třídu B1 požární ochrany. Hydráty solí bývají náchylné ke korozi, a proto musí být uloženy v kapsulích či pouzdrech z materiálu ušlechtilé oceli nebo aluminia. Parafíny jsou vůči všem materiálům inertní. Aby se využilo předností obou materiálů, používá se i směsi z hydrátu soli a parafínů. Vedle teplotních vlastností mají u PCM-materiálů význam i další konstanty hmot, jako vysoké skupenské teplo tání, dobrá tepelná vodivost, malé objemové rozdíly při změně skupenství, kongruentní chování při tání a cyklová stabilita se zřetelem na dlouhodobé používání. K tomu přistupuje skutečnost, že jsou materiály biologicky odbouratelné a toxicky nezávadné.



PCM-struktura

PCM-materiály a jejich formy

Makrokapsule: PCM-materiály v surovém stavu je možné použít jen v uzavřených systémech jako jsou nádoby s dvojitými stěnami, kontejnery či hermeticky uzavřené akumulační stavební komponenty o různých velikostech. Jedná se sestavy, ve kterých zkapalnění během změny skupenství nezpůsobuje žádné problémy.

Vázaná: PCM-materiály jsou vloženy do nosných materiálů s nasákovými nebo matricovými strukturami. Díky působení kapilárního efektu zůstávají i při zkapalnění vázány v hmotě. PCM-materiály mohou být v podobě prášku, granulátu anebo jsou dále zpracovány do formy desek.

Mikrokapsule: PCM-materiály jsou obloženy pláštěm z akrylátu, melaminu nebo jiného plastového materiálu. Mikrokapsule mohou být podobně, jako cukr do těsta, vpraveny jako prášek nebo disperze do téměř každé hmoty, která měkne či tvrdne.

PCM-materiály tvoří společně se svou nosnou hmotou novou třídu kompozitů, jež jsou známy pod pojmem klimakompozity. Z pohledu technické aplikace se tyto materiály rozšířily všude tam, kde není možný žádný přívod energie v podobě tepla nebo chladu.

Speciální aplikace

Kokon Paul vznikl před několika lety na Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren při stuttgartské univerzitě v rámci výzkumné práce, jež se zabývala textilními adaptabilními plášti budov. Postavená lehká stavba představuje analogii k živým organismům. Vzájemné spojení mezi membránovým pláštěm a nosnou konstrukcí je provedeno pomocí zipů a zdrhovadel, které též mají předobraz v přírodě. Paul reaguje na proměnlivé klimatické podmínky v podobě akumulace tepla, propustnosti světla a barev.



Skladbu pláště kokonu tvoří vícevrstvý systém složený z tepelné keramické izolace a akumulační PCM-vrstvy, integrovaný do membrány o celkové síle 14 mm, jehož tepelné izolační vlastnosti odpovídají masivní stěně o síle 15 cm.

Reologické materiály měnící vlastnosti

Termín „reologický“ se obecně vztahuje k vlastnostem plynoucí hmoty, zejména ke tekutinám a viskozním materiálům. Přestože tyto hmoty nepatří mezi obvyklé materiály, se kterými by projektanti běžně experimentovali v praxi, mají mnoho zajímavých vlastností /zejména viskozitu/, které by mohly stát za výzkum.

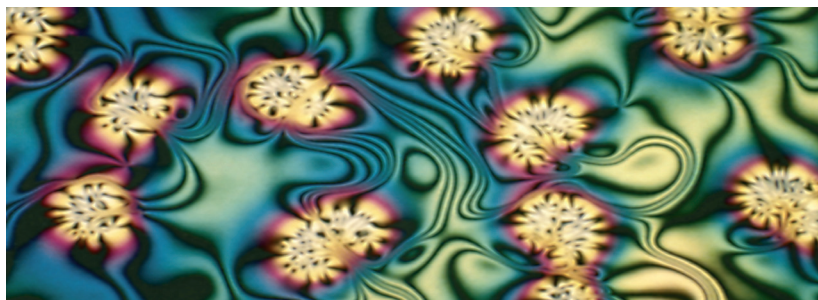
Většinu z těchto tekutin představují takzvané strukturované kapaliny s koloidními disperzemi, které mění skupenství, když na ně působí elektrické nebo magnetické pole. Změnu skupenství doprovází změna vlastností tekutiny.

Elektroreologické kapaliny (ER) jsou zvláště zajímavé. V případě zavedení vnějšího elektrického pole do elektroreologické kapaliny, viskozita tekutiny značně vzroste. Naopak, když elektrické pole přestane působit, vrátí se viskozita tekutiny do původního stavu. Magnetoreologické kapaliny se chovají podobně, když reagují na magnetické pole. Tekutina se zdánlivě přemění v pevnou hmotu a zase zpět na kapalinu v okamžiku, když se pole vypíná a zapíná.

Tyto jevy začínají být využívány v řadě produktů. Je možné si představit židle s integrovanými reologickými kapalinami do sedáků a opěradel, čímž se elektricky nastavuje relativní pevnost a měkkost židle. Totéž platí i pro části lůžek.

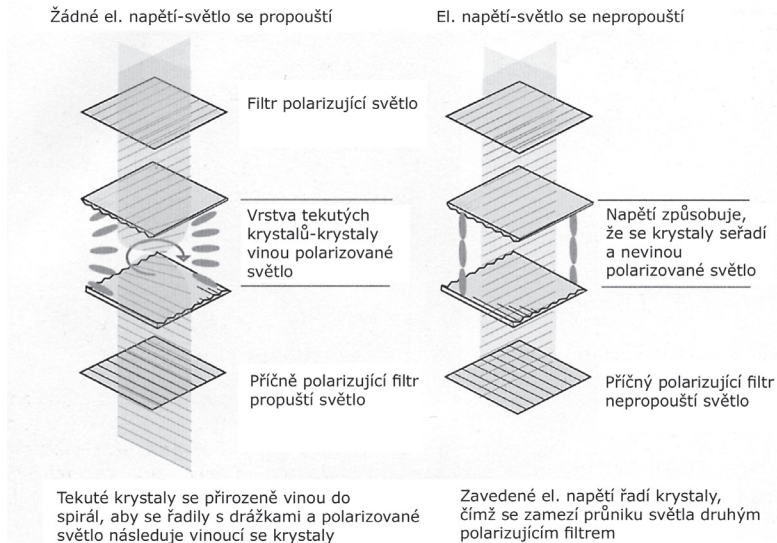
Technologie tekutých krystalů

Displeje z tekutých krystalů jsou v dnešní době aplikovány v řadě produktů, což ovšem neznamená, že technologie tekutých krystalů nejsou sofistikované. Naopak, jsou velmi úspěšným článkem v technickém pokroku.



Postupná změna skupenství nematického povlaku tekutých krystalů / typický termotropický tekutý krystal podobný takovému, který se používá v LCD. Autor: Oleg D. Lavrentovich, Liquid Crystal Institut, Kent State University

Displeje z tekutých krystalů využívají dvou vrstev polarizujícího materiálu s roztokem tekutých krystalů mezi nimi. Elektrický proud, který prochází tekutinou seřadí krystaly tak, že světlo jimi nemůže procházet. Každý krystal funguje jako žaluzie-buď dovoluje průnik světla, nebo světlo blokuje.



Displej tekutých krystalů (LCD) se skládá ze dvou vrstev polarizujícího materiálu a roztoku tekutých krystalů mezi nimi. Výsledkem je sendvičová struktura

Existuje velké množství dalších zajímavých materiálů, které projevují jednu nebo druhou změnu vlastností. Gely nebo krystaly změny tvaru mají například schopnost absorbovat velké množství vody, a tím několikrát zvětšovat svůj objem. V průběhu vysychání se tyto materiály vracejí zpět do své původní velikosti, i když často v deformovaném stavu. Aplikace je široká od odvlhčovacích zařízení a obalové techniky až po dětské plenky a trysky pro zavlažování rostlin.

Chytré materiály výměny energie

Všechny materiály obklopuje prostředí a energetická silová pole. Když je stav energie dané hmoty ekvivalentní stavu energie okolního prostředí, pak se uvádí, že je hmota v rovnováze: Žádná energie nemůže být vyměněna. Jestliže je energetický stav hmoty odlišný, pak se nastaví potenciál, který způsobí výměnu energie. Všechny materiály výměny energie zahrnují atomové energetické roviny: vs-

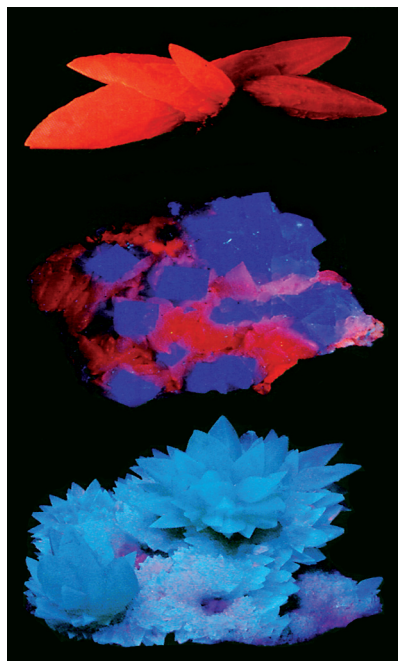
tupní energie zvyšuje rovinu, výstupní energie vrací rovinu do jejího základního stavu. Všechny materiály, jak tradiční, tak chytré, musí zachovávat energii, a proto se energetická úroveň hmoty zvýší pokaždé, kdykoli je energie dodána nebo přidána. U většiny materiálů se však toto zvýšení energie projeví zvýšením vnitřní energie hmoty, nejčastěji v podobě tepla. Chytré materiály výměny energie se vyznačují svou schopností obnovit tuto vnitřní energii užitečnější formou.

Mnoho materiálů výměny energie je také obousměrných, což znamená, že vstupní a výstupní energii je možno přepínat. Hlavní výjimku v této oblasti představují materiály výměny energie záření, u nichž vysoká neúčinnost výměny energie záření zvyšuje nezvratnost termodynamiky. Na rozdíl od většiny-i když ne všech-hmot změny vlastností jsou materiály výměny energie téměř vždy kompozitní materiály.

Materiály emitující světlo: luminiscence, fluorescence a fosforescence

Pojem luminiscence může být definován slovy, že se jedná o emitované světlo, které není způsobeno žhavením, ale především nějakým jiným prostředkem, jako chemickou reakcí. Přesněji napsáno, termín

luminiscence se všeobecně týká emise světla z dopadající energie. Světlo je způsobeno reemisí energie ve vlnových délkách viditelného spektra a je spojováno s návratem elektronů z vyššího do nižšího energetického stavu. Tento jev může být způsoben rozmanitými zdroji excitace neboli buzení včetně elektrických, chemických reakcí, nebo dokonce tření. Klasickým příkladem materiálu, který je luminiscenčním vlivem chemické aktivity, je známá „světelná tyč“. Luminiscence je obecný termín vyjadřující popsání různých jevů založených na emitovaném světle. Jestliže dojde k emisi víceméně okamžitě, používá se



*Tři typy fluorescentních krystalů vápence.
Autor: Tema Hecht a Maureen Verbeek*

termín fluorescence. Fluorescenční materiály září zvláště jasně, když jsou ponořeny do „černého světla“, tj. světla v ultrafialovém spektru. Jestliže je emise pomalejší nebo zpožděná o několik mikrosekund nebo milisekund, používá se termín fosforescence. Mnoho sloučenin je buď přirozeně fosforescentních. Délka zpoždění závisí na použitém druhu fosforu. V některých situacích může emitování světla pokračovat dlouho po tom, kdy je zdroj excitace odstraněn, protože jsou elektrony dočasně „polapeni“ kvůli charakteristice hmoty. V tomto případě se používá termín dosvit.

Forma vstupní energie Absorbční mechanismus Emisní mechanismy

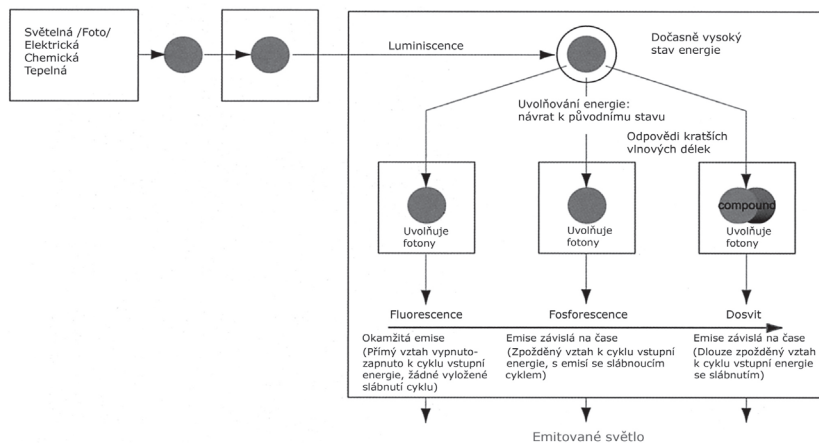


Diagram ukazuje všeobecný jev luminiscence

Emitované světlo

Fotoluminiscence se obvykle vztahuje k druhu luminiscence, ke které dochází, když dopadající energie spojená s vnějším zdrojem světla působí na hmotu, která pak reemituje světlo na nižší rovině energie. Některé druhy fosforů mají fotoluminiscenci jasnou, zvláště když jsou vystaveny ultrafialovému světlu.

Běžné fluorescenční lampy jsou rovněž založeny na jevech fotoluminiscence. Vnitřek lampy je potažen fosforem, který je excitován ultrafialovým zářením rtuť z doutnavého výboje.

Chemoluminiscence je založena na přechodu excitace chemické reakce z jednoho nebo jiného typu. Světelná tyč představuje nejlepší běžný příklad tohoto jevu, při kterém chemoluminiscence vytváří světlo bez odpovídajícího vydávání tepla. Pokud dojde k zvýšení teploty okolního topného prostředí, pak dochází k prodloužení doby reakce,

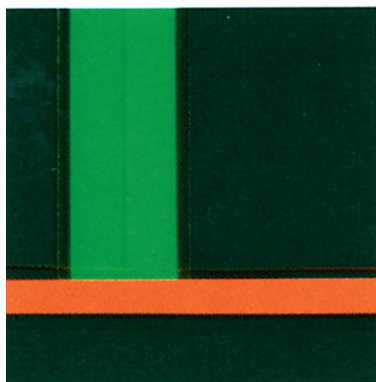
tím i k většímu vydávání světla, a pokles teploty opět odpovídajícím způsobem sníží množství světla.

Podsoubor chemoluminiscence, normálně nazývaný bioluminiscence, je zvláště fascinující, protože poskytuje záření spojené s různými druhy hmyzu emitujícího světlo, jako jsou svatojánské mušky nebo ryby *Malacosteus*, které plavou v hloubkách podle svého vlastního světla. Další příklad představuje chobotnice, jež umí měnit svou luminescenci podle měsíčního nebo slunečního světla.

Elektroluminiscence

Vzhledem k tomu, že luminiscenční jev závisí na fosforu a elektrickém poli, elektroluminiscentní pásy nebo desky mohou být vyrobeny použitím střídání rozmanitých neutrálních substrátů. Velmi jednoduché pásy mohou být vytvořeny, pokud v nich je fosforová hmota aplikována rovnoměrně na polymerovém pásu a pokryta jiným transparentním pásem, kterým je chráněna. K pásu je veden malý drát, který přivádí elektrické pole. Zdrojem elektrického napětí mohou být baterie. Větší desky mohou být rovněž vyrobeny aplikací polymerových hmot. Elektrický pás by měl hlavně obklopovat desku. Je zajímavé, že tyto polymerové desky mohou být řezány do různých tvarů, pokud je možné zachovat elektrické pole. Jako substráty se používají materiály jako sklo, keramika a plasty.

Poslední dobou se začínají používat elektroluminiscentní lampy z důvodu, že potřebují málo proudu a neprodukují teplo. Poskytují rovnoměrně osvětlený povrch, pro který je charakteristická stejná intenzita jasu ve všech úhlech pohledu. Navíc se lampy snadno mechanicky nepoškodí, protože nemají pohyblivé ani jiné jemné komponenty.



Elektroluminiscentní pásek

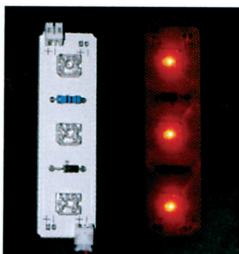
Zdroj
elektrického
napětí



LED a lasery

Velké množství rozsáhle používaných zařízení je založeno na aplikaci technologie polovodičů. Běžné LED /Light-Emitting Diodes, tj. diody emitující světlo/ jsou v podstatě založeny na převrácení fotovoltaických jevů. LED je polovodič, který světélkuje, když jím prochází proud, což představuje základní opak fotovoltaické buňky. V poslední době byla technologie LED též podrobně popsána v různé literatuře, neboť se stala běžně používanou v rámci rozmanitých předmětů či zařízení. Lasery představují technologii, která je všudypřítomnou hnací silou současné technické společnosti. Laserové světlo vzniká pomocí stimulované emise. V laseru je možno vyvolat jev, aby se elektron pohyboval z jednoho energetického stavu do druhého kvůli přívodu energie, a v důsledku toho emitovat světelný foton. Tento emitovaný foton může opět stimulovat další elektron, aby změnil roviny energie a emitoval další foton, který vibruje ve fázi s prvním. Řetězec se tvoří rychle s rostoucí intenzitou. Emitované fotony vibrují ve fázi jeden s druhým. Světlo fázově koherentní, a proto se používá se termín „koherentní světlo“. Světlo je jednobarevné, což umožňuje, aby bylo ve vysoce koncentrované podobě. Protože světlo vzniká pomocí stimulovaných emisí, byl přijat název LASER /Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, tj. zesílení světla pomocí stimulovaných emisí záření/.

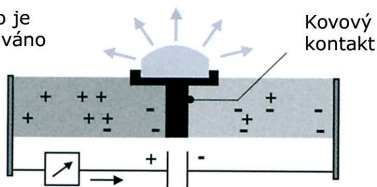
Typická LED



Flexibilní LED



Světlo je emitováno

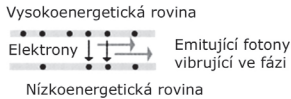


Kovový kontakt

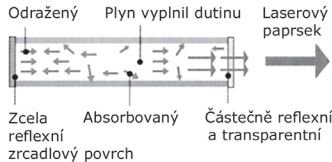
Zdroj energie /aplikované elektrické napětí/

LED diody emitující teplo

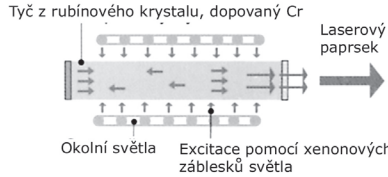
Existuje mnoho typů laserů, které jsou založeny na různých způsobech excitace a používají různých hmot. Existují rubínové lasery, plynové lasery, a tak dále. Energie se mohou různit. Plynové lasery mohou být docela silné a mohou řezat mnoho různých materiálů. Všudypřítomné rozmanité typy laserů se používají v tiskárnách, ukazovátkách, při kontrole produktů, na stavbách, a podobně.



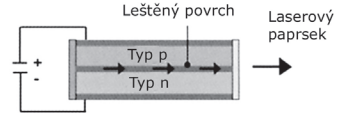
Základní principy- zesílení světla pomocí stimulovaných emisí záření /LASER/



Plynové lasery-fotony jsou odraženy zpět a dopředu rostoucí intenzitou, aby vytvořily výsoce výkoný laser



Rubínový krystalový laser-fotony jsou excitovány záblesky z okolních xenonových světel

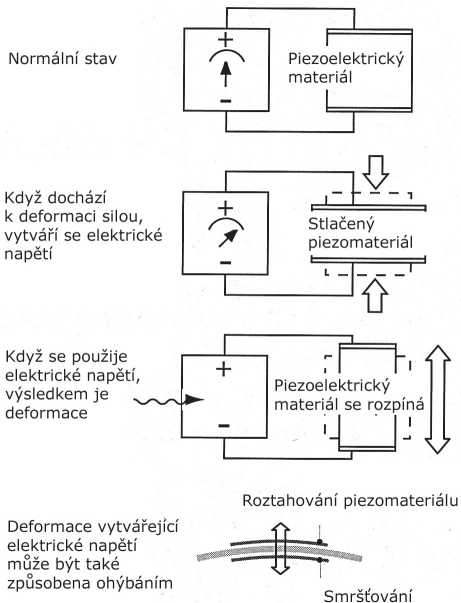


Polovodičový laser-běžně používaný v laserových tiskárnách, při kontrole, a podobně

Základní principy a typy laserů

Piezelektrické jevy a materiály

Svět piezelektrického jevu tvoří základ pro produkty tak odlišné, jako jsou některé typy mikrofonů, mikrofonů s reproduktory, zapalovače grilů na dřevěné uhlí, lyže redukující vibrace, tlačítka zvonků a senzory polohy i malých aktivátorů. Všechna tato zařízení zahrnují aplikaci piezelektrického materiálu, v němž použitá mechanická síla vytváří deformaci, která opět vyrobí elektrické napětí, nebo naopak, použité elektrické napětí, které způsobuje mechanickou deformaci v hmotě materiálu, což může být využito k vytvoření síly. Tento všeobecný úkaz se nazývá piezelektrický jev.



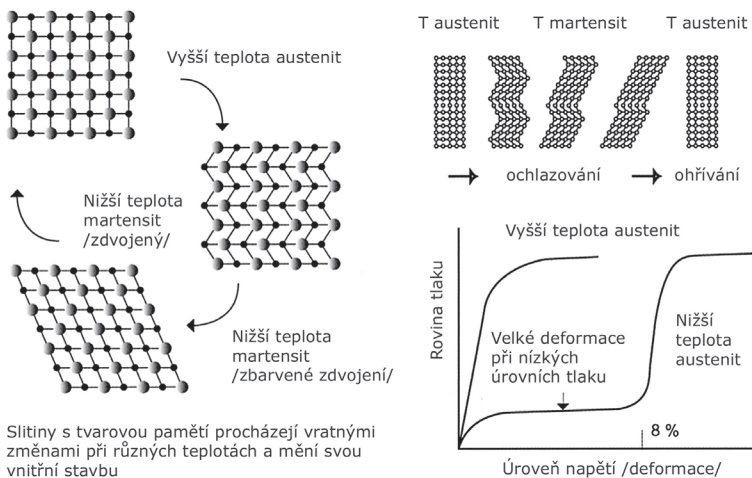
Chování piezelektrického jevu

Efekt je založen na vratné přeměně energie mezi elektrickou a mechanickou formou, k čemuž dochází přirozeně v permanentně polarizovaných hmotách, v nichž je část molekul nabitá kladně a jiné části jsou nabitý záporně. Mnoho v přírodě se vyskytujících krystalů /např. křemen/ má tuto vlastnost, a podobně tak i mnoho nově vyvinutých keramických polymerů. Tato vlastnost se přesně podobá té, která byla objevena v magnetech, kde dochází k permanentní magnetické polarizaci, kromě toho, že se zde zachází k elektrickým nábojem.

Slitiny s tvarovou pamětí

Pro velmi ohebné rámečky brýlí, lékařské svorky pro otevírání tepen, které se implantují ve stlačeném tvaru a pak se rozevrou na správnou velikost i tvar, když se v těle ohřejí, malinkaté aktivátory, které vysunují disky z laptopových počítačů, malé mikrovýbojky a mnoho dalších zařízení je charakteristické společné sdílení technologie hmoty, jež je založena na efektu, který získal název jev tvarové paměti. Vztahuje se ke schopnosti určitého druhu slitinové hmoty navrátit se do dříve zapamatovaného nebo naprogramovaného tvaru, nebo si jej pamatovat. Charakteristika se odvozuje od základních rysů materiálů změny skupenství. Změna pevného skupenství-molekulové přeuspořádání-se děje ve slitině s tvarovou pamětí, která je závislá na změně teplotě a vratná.

Slitin niklu a titanu se běžně používá jako materiálů s tvarovou pamětí,



Slitiny s tvarovou pamětí, například Nitinol, které vykazují tepelně indukované jevy tvarové paměti

i když mnoho dalších druhů slitin rovněž vykazuje jevy tvarové paměti. Tyto slitiny mohou existovat ve formě finálního produktu ve dvou různých krystalických stavech neboli fázích nezávislých na teplotě. Primární fáze při vysoké teplotě se nazývá austenitický stav. Fáze při nižší teplotě se nazývá martensitový stav. Fyzikální vlastnosti hmoty v austenitické a martensitové fázi jsou zcela odlišné. Hmoty v austenitickém stavu je pevná a tvrdá, zatímco v martensitové fázi je měkká a poddajná, kujná.

Hmotě je dán tvar, když při vyšší teplotě je v austenitické fázi. Zatímco při nižší teplotě v martensitové fázi, může být hmota snadno deformována do jiného tvaru. Při působení horka se hmota vrací do austenitické fáze pro vyšší teplotu a do svého původního tvaru.

Příbuzný mechanicky vyvolávaný úkaz nazývaný superelastická se také může objevit. Aplikace tlaku na slitinu s tvarovou pamětí, která je deformována, vyvolává fázovou změnu skupenství z fáze austenitu do fáze martensitu, jež je vysoce deformovatelná. Tlak působí, že se martensit tvoří při teplotách vyšších než dříve a že je s ním spojena vysoká poddajnost. S tím spojené napětí nebo deformace jsou vratné, když je rovina působení tlaku odstraněna a hmota se vrací opět k austenitu. Je možné dosáhnout vysokých deformací o velikost řádu 5-8%. Změny ve vnější teplotě okolního prostředí nejsou pro jev superelastický nutné.

Během spojení jevu tvarové paměti s mechanickým prostředím nebo superelasticitou může materiál podstoupit elastickou deformaci způsobenou vnější silou, která může být až dvacetkrát nebo vícekrát větší, než je elastické pnutí normální oceli. Superelastické materiály tak projevují neuvěřitelnou schopnost deformovat se, a přece „skočit zpět“ do svého původního tvaru. Ještě nedávno komerční použití superelastických materiálů bylo spojeno pouze s konstrukcí obrouček brýlí, jež mohly být zavázány na uzel a po uvolnění se mohly vrátit do původního stavu. Pak následovaly aplikace v rámci ovládání okenních systémů a v blízké budoucnosti se oblast použití rozšíří na konstrukční systémy výškových budov.

Polymery s tvarovou pamětí

Slitiny nepředstavují jediné materiály, které vykazují jevy tvarové paměti. Velké úsilí je v poslední době zaměřeno se na konstrukční polymery, pro které jsou charakteristické stejné jevy. Aplikovatelnost je ohromná, neboť polymery je snadné vyrobit v řadě různých forem. Na

jedné straně se nabízí například použití v lékařství, jež zahrnuje vývoj polymerových nití s tvarovou pamětí za účelem aplikací při chirurgických operacích jako samovázacích uzlů. Na druhé straně se objevují řešení i v architektuře, které inovativním způsobem aplikují jevy s tvarovou pamětí do struktur staveb.

Vybrané aplikace

Tvůrčí aktivity obecně hledají další cesty ve vzájemném působení mezi různými obory, často i jiného zaměření, které v samém důsledku obohacují nejen architektonické projekty o nové ideje, materiály, prvky, tvary o běžně nepoužívané myšlenkové postupy, jež jsou napojeny na rozvoj výpočetní techniky. Jak ukazují následující volně na sebe navazující části, zdrojem inspirace se stávají přirozené procesy v živé i neživé přírodě.

Procesy plánování

Vycházejí nejen z principu založeném na experimentu form-finding, ale především na procesech založených na počítání podle přírody, které se inspiruje v přírodních procesech a obvykle do této oblasti náleží výpočetní paradigmaty jako jsou evoluční algoritmy, neuronové sítě, celulární počítání, rojové výpočty, molekulární počítání, kvantové počítání, amorfní počítání, a další.

Proces návrhu může být chápán jako proces, kdy hledáme vhodné řešení v prostoru všech možných řešení. Klasické návrhové techniky jsou ale v řadě případů schopny najít řešení pouze v poměrně malém podprostoru možných řešení. Proto roste význam netradičních návrhových metod a výpočetních modelů, které nacházejí inspiraci v rozmanitých přírodních procesech. Výpočetní modely nové generace dovolují vznik například samoorganizace. Vedle metod návrhu jsou zkoumány nové materiály a nekonvenční výpočetní platformy. Ukazuje se důležitost fyzické podstaty výpočetní platformy pro vznik určitých řešení a chování systémů. Evolučně inspirovaný proces návrhu dokáže najít nová řešení obtížných konstrukčních problémů.

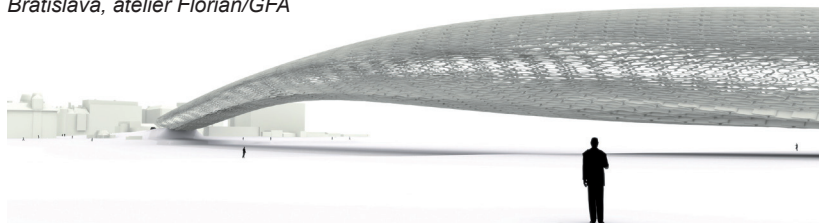
Pro počítání podle přírody jsou důležité poznatky z biologie v podobě inspirace procesy fylogeneze /biologické evoluce/ a ontogeneze /vývinem mnohobuněčného organismu/, které jsou důležité pro pochopení činnosti výpočetních systémů. Procesem fylogeneze se inspiroují evoluční algoritmy, které nacházejí uplatnění v oblastech optimalizací a inženýrského návrhu. Procesem ontogeneze se inspiroují celulární

automaty, L-systémy a některé další modely s cílem formalizovat a realizovat důležitou schopnost živých systémů sebereplikaci pro realizaci složitých systémů.

Základní charakteristikou vývinu organismu je proces konstrukce a vznik samoorganizace. Když buňky poznají, kde a kdy mají měnit tvar, je to známka počátku programu pro vývin tvaru. Vznik složitých tvarů je důsledkem interakce mnoha molekul a buněk. Buňky musí rozpoznat svoji pozici a tuto poziční informaci správně využít. Buněčná diferenciací probíhá souběžně s tvorbou tvarů a uspořádání. Tak mohou vzniknout složité prostorové vzory.

Základy evolučního návrhu můžeme proto najít na průniku evoluční biologie, výpočetní techniky a inženýrského návrhu. Evoluční návrh je oblastí evolučních výpočetních metod, rozšiřuje možnosti systémů CAD a přebírá koncepty evoluční biologie.

Chytrá struktura experimentálního mostu je sestavena z několika vrstev: 1. mostovka: vzduchové nosníky Tensairity a skládací panely Tessellated 2. pohyblivý plášť: bimetalové pásy Superinvar 3. energie: nanogeneratory Miroslav Strigáč: Myotension bridge, Bratislava, ateliér Florián/GFA

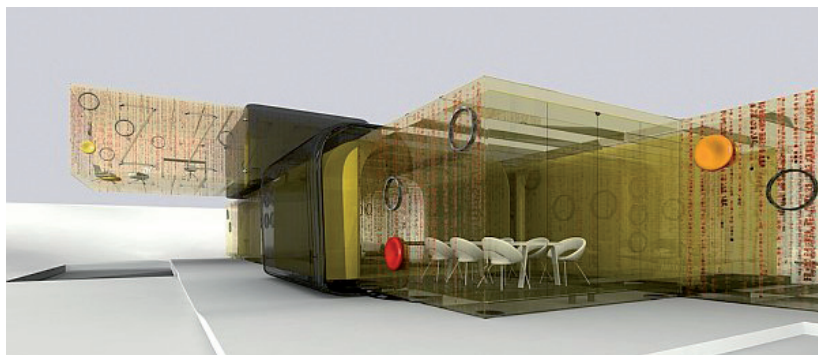


Prvky pohyblivé origami struktury pláště jsou vzájemně propojeny klouby z bimetalových spirál. Ondřej Otýpka: Origami Gallery, Praha, ateliér Florián/GFA

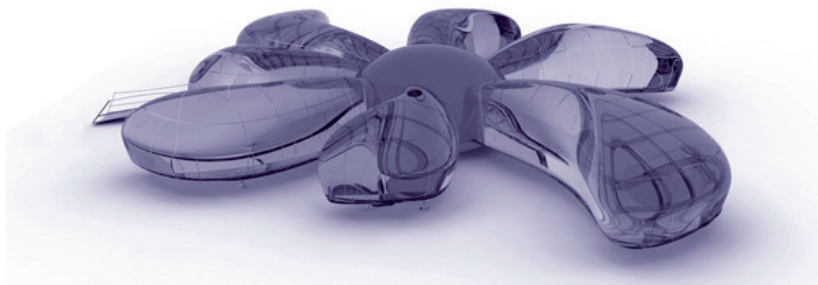
Skleněné struktury

Problematika navrhování se sklem jako konstrukčním materiálem je nedílnou součástí ateliérové výuky: sklo jako materiál, laminované sklo, izolační sklo. Plášť staveb bývá sestaven z transparentních barevných, opaktních nebo potištěných izolačních skel nebo z VIG-vakuových izolačních skel, která jsou zakomponována do posuvných, sklopných či otočných okenních křídel. Do zasklení mohou být integrovány fotochromické, termochromické, mechanochromické, chemochromické materiály, holograficko-optické prvky, systémy denního osvětlení nebo fotovoltaické články, které zabraňují přehřátí slunečním zářením, rozvádějí rozptýlené denní světlo do místností a vyrábějí energii. Další prvky představují skla s elektrochromickými, plynochromickými, elektrooptickými povlaky, tekutými krystaly a gely na principu PCM-Phase Change Materials. Poznatky se aplikují i do projektů volných forem.

Důležitou roli při práci se sklem hraje práce s detailem a světlem, nejen přirozeným, ale i umělým. Rozmanité principy nasvětlení mohou podtrhnout rozličné výrazové možnosti. Specifická je mediální fasáda ze skel s integrovanými světelnými diodami nebo se samostmívacím či holograficko-optickým efektem, která se může stát variantním řešením pláště. S tím též souvisí studium a aplikace inovativních materiálů ve vazbě na rozmanité skleněné konstrukční systémy. Sklo se v poslední době transformuje i do dalších hmot, a proto se členové ateliéru zaměřují i na plastové materiály. Za všechny jmenuji mechanicky nebo pneumaticky předpjaté konstrukce na principu fólie ETFE, jež může být opatřena podobnými úpravami jako sklo.



Celoskleněná lepená konstrukce stavby bez metalických spojovacích prvků opatřená potisky, holograficko-optickými fóliemi a LED diodami. Jana Hladíková: Glass House, Praha, ateliér Florián/GFA



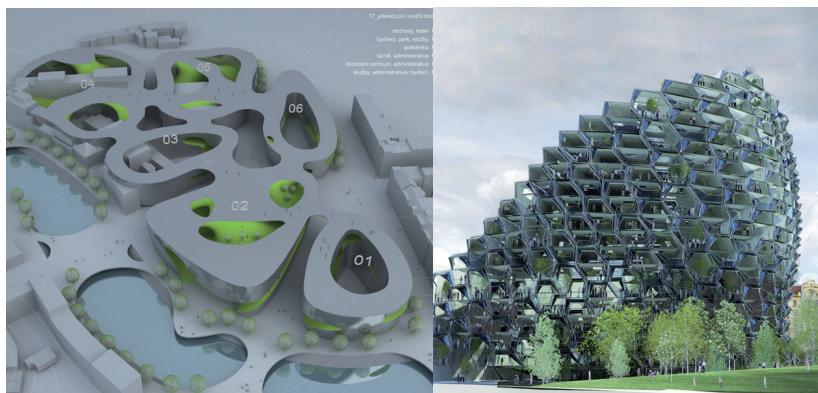
Celoskleněná lepená konstrukce volného tvaru bez metalických spojovacích prvků opatřená elektrochromickým povlakem. Tomáš Tatýrek: Glass House SLC Objects, Plzeň, ateliér Florián/GFA

Zpěněné struktury

Z hlediska navrhování nových materiálů projevují zpěněné struktury velkou přizpůsobitelnost, což je způsobeno množstvím parametrů, kterými je možno manipulovat za účelem generování nových vlastností. Spojení se zpěněnými strukturami představují tzv. minimální povrchy. Geometrie minimálního povrchu tvoří při nové interpretaci biologického paradigma a novém topologickém objevování pojetí urbanistické ekologie. Na rozdíl od tradičních urbanisticko-projektových procesů nerozlišuje urbanistická ekologie mezi různými urbanistickými typologiemi, ale místo toho zdůrazňuje kontinuitu městského povrchu a jeho systémového chování. Dívá se na město jako na rozsáhlý kontaktní povrch a posuzuje jeho chování s ohledem na materiálnost, hustotu, kapacitu, barvu a formu. Spojení geometrie minimálního povrchu a umělé inteligence vede k vytvoření rozsáhlých a často složitých kontaktních povrchů. Cílem je zlepšit styk povrchu se vzduchem, sluncem a vodou pomocí charakteristických rysů, jako je například ekonomie poměru materiálu k tloušťce, maximalizace poměru povrchu k objemu, inverznost vnějšího povrchu a složitost zakřivení povrchu. Povrchy jsou projektovány, aby sbíraly a zpomalovaly spád dešťové vody, absorbovaly sluneční energii maximálním nastavením a způsobovaly cirkulaci maximálního objemu vzduchu, aby se kontaktem s povrchem čistil.

Proto se v posledním desetiletí dost intenzivně zkoumají možnosti vlivu digitálních projektových a výrobních nástrojů na materiálové organizace rozmanitých trojrozměrných zpěněných struktur. Důraz se

klade na vzájemný vztah mezi materiálovými a výpočetními metodami navrhování, za účelem vytvoření spíše aktivní než inertní organizace materiálu. Převážně se aplikují principy parametrického projektování v podobě skriptů a technik k rozvinutí komplexních materiálových systémů ve vztahu k sestavování fyzických komponentů, jež jsou z hlediska účinného chování testovány pomocí materiálových simulací. Cílem je stavět a rozvíjet neustále se měnící dynamické vzory a textury parametricky ovládaných trojrozměrných struktur. Mnohoznačné a mnohotvárné variace struktur na principu „pěn a hub“ nabízí novou definici funkčních a vizuálních vlastností, umělých a přirozených, pravidelných a nepravidelných, průhledných nebo průsvitných a pevných či flexibilních, které mohou přecházet do oblasti struktur tzv. extrémních tkanin.



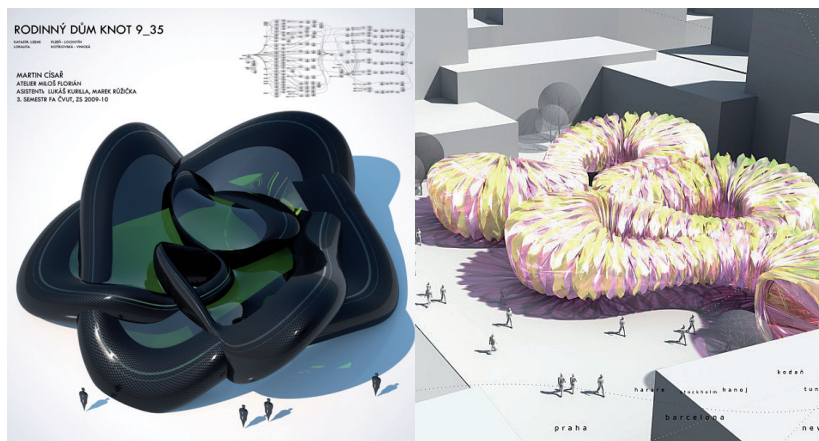
Michal Bednář: Liquid Block, Plzeň, ateliér Florián/GFA (vlevo). Pórovitá struktura sestavená z prostorových sendvičových aluminiových buněk vybavených rozvodem světla pomocí soustavy parabolických zrcadel. Josef Musil: Light Cells, Praha, ateliér Florián/GFA (vpravo)

Extrémní tkaniny

Dalším materiálem, který vzbudil zájem v ateliéru jsou extrémní tkaniny, jež se vyznačují vlastnostmi jako je pevnost, lehkost, rychlost, chytrost a samočištění. Zvětšit neboli aplikovat tkaninový materiálový systém a jeho specifické chování do měřítka skutečné architektury není jednoduchý úkol. Způsob, jak se tomu přiblížit, představuje přísně materiálová cesta, tj. vyvinutí nebo zvolení materiálů, které mají srovnatelné vlastnosti jako vlákna, ale jsou vhodnější pro měřítka stavby. Místo sisalového provázku se může uvažovat o ocelovém drátu, skleněném nebo uhlíkovém vláknu, které mají podobnou vláknovou strukturu.

Nebo je možné vzít v úvahu určité kompozity, spojující vláknitý materiál s pryskyřicí nebo plasty, aby se mohlo řídit chování struktury. Dále je důležité splnit stavební požadavky na vnitřní prostředí, vodotěsnost pláště a za tím účelem vyvinout druhý adaptabilní plášť připojený k síťovému rastru.

Objev hybridních materiálů způsobil, že textilní průmysl pokročil dál za splétání přírodních a syntetických vláken a místo toho začal spojovat textilní a netextilní materiály. Typickým příkladem může být kombinace vlákna s keramikou, sklem nebo dokonce kovem. Přínosem tohoto přístupu je vývoj vysoce účinných materiálů, které využívají specifických vlastností jak textilních, tak i netextilních hmot. Skleněné vlákno je dnes jeden z nejběžnějších materiálů. Jedná se o extrudované roztavené sklo tažené tak, aby vytvořilo nitky, s kterými je možno pracovat jako s vlákny. Tkané nebo netkané rohože jsou dále upraveny a ošetřeny, aby získaly charakteristický detail, výkon a staly se při aplikaci spolehlivými. Materiály jsou vysoce hodnoceny pro excelentní pevnost a výborné tepelně izolační vlastnosti, a proto jsou používány jak v průmyslu, tak i pro tkaniny membrán v architektuře.

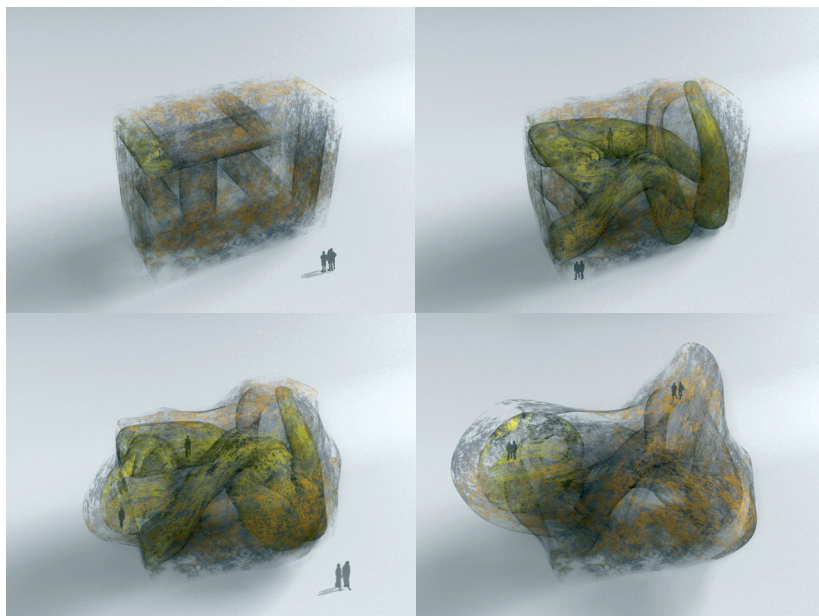


Martin Čisař: Knot House, Plzeň, ateliér Florián/GFA (vlevo). Slitina s tvarovou pamětí a tkanina různého designu jsou základem proměnlivé struktury stavby. Nina Pevná: Walking Gallery, ateliér Florián/GFA (vpravo)

Nanostruktury

Nanotechnologie nachází inspiraci ve fungování biologických systémů. Vlastní výzkum mám založen na plánování nanostruktur a schopnosti vyrábět z molekulární stavebnice rotory, něco, co má osičku,

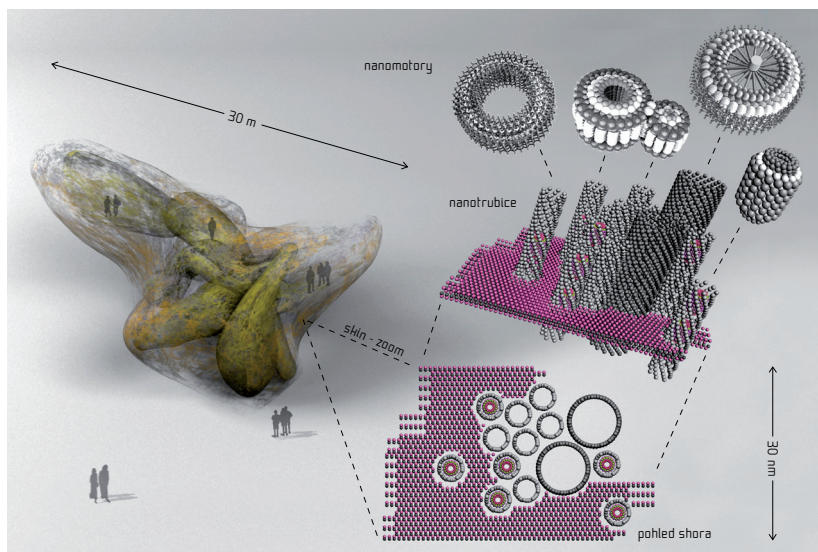
setrvačnick, co se může točit, co se dá pohánět elektrickým polem, světlem nebo proudem plynu. Jednotlivé stavební bloky stavebnice se skládají z molekul o desítkách až stovkách atomů. Jedná se o zcela nové materiály, při jejichž přípravě je nutno se řídit přesnou polohou jednotlivých chemicko-fyzikálních skupin. Konstrukce těchto materiálů s přesně definovanou adaptivní strukturou na atomární úrovni a s integrovanými molekulárními zařízeními vykonávají různé funkce, jako větrání, topení, chlazení, osvětlení a podobně. Tyto strukturální systémy lze programovat tak, aby měly neuvěřitelně malou velikost, měnily tvar a přizpůsobovaly se změnám prostředí. Forma projektu je schopna se chovat distribuovaným způsobem velmi podobně jako vzájemně spolupracující buňky v lidském těle. I v tomto případě jednotlivé stavební komponenty struktury projektu získávají design pomocí CAD systémů a pak se pomocí speciálního softwaru buď přímo tisknou, anebo se vyrábějí v plně automatizované nanotovárně.



Sekvence generování stavby. Miloš Florián: Atom House, spolupráce: M. Kutálek

Je dobré si uvědomit, že v současnosti vývoj dospěl do fáze, kdy není třeba určit si materiál podle katalogu, ale je možno si materiál s konkrétně požadovanými estetickými a strukturálními vlastnostmi navrhnout. To vede k různým modelům pro různé materiály ve vazbě na rozsáhlejší struktury vztažené k specifickým vlastnostem

materiálu. Takto je možné adaptovat nastavitelné faktory materiálů prostřednictvím vzájemně zpětné vazby s vznikající strukturální morfologií jako celkem.



Detail struktury. Miloš Florián: Atom House, spolupráce: M. Kutálek

Závěr

Digitální revoluce spolu s vývojem nových inovativních materiálů, principů adaptivních staveb založených na studiu biologie a technologii vytváření prototypů, zásadně změnila způsob, jakým se plánují, řídí, kontrolují a realizují stavby. K zachycení nových vztahů mezi vyvíjejícími se vlastnostmi materiálu, strukturální morfologií, výrobní technologií a architektonickým výrazem jsou třeba nové nástroje i techniky, v jejichž rámci dochází pomocí generativních počítačových postupů k integraci materiálů a výrobních procesů.

Literatura a podklady

Publikace: M. Florián: Inteligentní skleněné fasády. 2005, Vydavatelství ČVUT Praha

Publikace: M. Addington, D. Schodek: Smart Materials and Technologies for the architecture and design professions. Harvard University 2005, Nakladatelství Architectural Press Elsener Ltd.

Publikace: Morpho-Ecologies. Editor: Michael Hensel a Achim Menges, 2006. Vydavatelství AA Publications

Publikace: L. Sekanina a kolektiv: Evoluční hardware. Od automatického generování patentovatelných invencí k sebemodifikujícím se strojům. 2009, Nakladatelství Academia

Publikace: P. Zellner: Hybrid Space. New Forms in Digital Architecture. 1999, Nakladatelství Thames & Hudson Ltd. London

Publikace: J. Steele: Architecture and Computers. Action and reaction in the digital design revolution. 2001, Nakladatelství Laurence King Publishing London

Časopis: ERA21 Digitální architektura, 4/2005. Vydavatel ERA 21

Článek: M. Florián: Architektura mění formu. Časopis: Era 21 3/2003, Teorie, studie, polemika. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: F.Kaltenbach: PCM-Latentwärmespeicher – Heizen und Kühlen ohne Energieverbrauch?/PCM Latent Thermal-Storage Media – Heating and Cooling without Energy Consumption? Časopis: DETAIL 6/2005. Vydavatel Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH&Co. KG, München

Článek: K.Jopp, BASF: Im Sommer die Sonne aussperren-und sie im Winter hereinlassen. Časopis: Innovatel 2/2004

Článek: M. Florián: Materiály změny skupenství. Časopis: ERA 21 6/2007. Vydavatel ERA 21 s.r.o

Článek: W.Sobek, W.Haase: Adaptive Systeme und Materialien. Časopis: Deutsches Architektenblatt 1/2005. Nakladatelství Forum-

Verlag GmbH&Co.KG, Stuttgart

Článek: Biodynamics. Časopis: Architectural Design, No 3, May/June 2004. Nakladatelství John Wiley&Sons Ltd. West Sussex

Článek: Fit Fabric: Versatility Through Redundancy and Differentiation. Časopis: Architectural Design, No 3, May/June 2004. Nakladatelství John Wiley&Sons Ltd. West Sussex

Článek: M. Florián: Strukturální morfologie. Časopis: ERA 21 6/2004. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Extrémní tkaniny I. Časopis: ERA 21 4/2007. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Extrémní tkaniny II. Časopis: ERA 21 5/2007. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Fólie ETFE. Časopis: ERA 21 4/2006. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Technologie lepení konstrukcí ze skla. Časopis: ERA 21 5/2006. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Konstrukce volného tvaru I. Časopis ERA 21 6/2006. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Konstrukce volného tvaru II. Časopis: ERA 21 1/2007. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Lepené systémy z GFK a skla. Časopis: ERA 21 2/2007. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Zpěněné struktury. Časopis: ERA 21 3/2007. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Strukturální morfologie. Časopis: ERA 21 6/2004. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Reflexivní architektura a nanoarchitektura. Časopis: ERA 21 4/2005. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Článek: M. Florián: Tam dole je spousta místa aneb od kvantových teček k nanoarchitektuře. Časopis: ERA 21 5/2007. Vydavatel ERA 21 s.r.o.

Webové stránky: <http://www.studioflorian.com/>



Jméno: Miloš
Příjmení: Florián
Tituly: Ing. arch., Ph.D.
Datum narození: 17.5. 1958
Místo narození: Rokycany
Národnost: česká
Bydliště: Raisova 816, Rokycany

Přehled pedagogické praxe

Architekt Miloš Florián působí v rámci Fakulty architektury ČVUT jako odborný asistent na plný pracovní úvazek. O října 1995 na Ústavu navrhování II.-528 pod vedením prof. A. Navrátila, CSc., kde se spolupodílel na ateliérové výuce a cvičeních ze zdravotních i sportovních staveb. Od října 2002 do října 2003 působil na Ústavu dějin architektury a umění pod vedením prof. P. Ulricha, CSc. jako vědecký pracovník. Od října 2003 až do současnosti působí na Ústavu stavitelství I.-15 123 pod vedením prof. M. Pavlíka, CSc. Zde v rámci PS 6, PS 7 přednáší sklo jako konstrukční materiál, inteligentní pláště budov, konstrukce volných forem, technologie CAD/CAM a nanotechnologie, vede cvičení PS 2, PS 3, seminární práce, bakalářské projekty, diplomové projekty a doktorandy jako školitel i jako pedagog-specialista. Podílí se na zkouškách, státních závěrečných zkouškách a vědecko-výzkumné činnosti ČVUT. Za posledních pět let vede či vedl následující disertační práce na téma Adaptivní systémy, Algoritmicky definovaná architektura, Generativní procesy navrhování, Chytré materiály a Automatizace a robotizace ve výstavbě. Od října 2004 vede ateliér Glass/Freeform Architecture a od ledna roku 2010 pod názvem FLOW (<http://www.studioflorian.com/>). V říjnu 2005 získal titul doktora Ph.D. ve studijním programu „Architektura a pozemní stavitelství“.

Životopis

1983•absolvoval ČVUT FA, diplomní projekt vybrán do mezinárodní soutěže UIA o Cenu UNESCO 1984. Studijní cesta do Paříže.

1983-91•Státní projektová organizace KPO Stavoprojekt Plzeň. Projekty a realizace: Nový plavecký bazén Mariánské Lázně s arch. Milanem Chodlem, rekonstrukce palmového skleníku zámek Lány s arch. M. Chodlem. Obytný soubor Plzeň-Vinice s arch. Miloslavem Sýkorou, Karlem Salátem, Vladislavem Štruncem. Rekonstrukce

rekreačního střediska Alma Železná Ruda s arch. Janem Baxou. Provozně technická budova Škoda Plzeň. Rekonstrukce radnice v obci Úterý. Soutěže s arch. Oldřichem Fárou: Divadlo Playhouse Amsterdam, dostavba Staroměstské radnice Praha, vládní čtvrť St. Pölten, Rakousko, Československý pavilon Expo '92 Sevilla. Některé návrhy oceněny. V roce 1989 výstava v Emazúch, Praha. Publikuje v časopisech Architektura ČSR, Umění a řemesla a Projekt. V roce 1990 studijní cesta do Paříže.

1991•ÚHA hl. m. Praha. Regulace území Masarykova nádraží a navazujících oblastí.

1992-93•Česko-německá developerská společnost OMG.

1993-94•Ateliér AFI Plzeň. Projekt rekonstrukce kulturního domu Střelnice Rokycany. Urbanistická studie průmyslového území obce Cheznovice pro výstavbu závodu německé firmy Viessmann. Orientace na nové tendence navrhování staveb, např. Underground Space Design, membránové a skleněné konstrukce.

1995•Od října pedagog na FA jako odborný asistent na FA-Ústavu navrhování II. pod vedením prof. Arnošta Navrátila. Počátek akademické kariéry.

1995-02•Přehled umístění studentů v soutěžích a ostatní prospěšné činnosti studentů školního ateliéru Navrátil Postupová Florián. Soutěže 1997-98: 2x cena FA, 1x cena Hlávky, 1x cena fy.Hebel-čestné uznání. Soutěže 1998-99: 3x nominace na nejlepší projekt FA „Olověný Dušan“, z toho 1x cena „Olověný Dušan“, 1x nejvyšší cena a 2x čestná uznání v soutěži „Ocel v architektuře“, 1x pochvala za diplomní projekt. Soutěže 1999-00: 1x nominace na nejlepší ateliér a projekt FA „Olověný Dušan“, 1x cena za urb. projekt FA, 1x odměna cena FA, 1x cena Hlávky. Soutěže 2000-01: 1x nominace na nejlepší projekt FA „Olověný Dušan“, Workshop Náchod 2000. Výstavy: 1996 Radnice Žatec, 1998 Jízdárna Pražský Hrad, 2000 ČSOB Plzeň, 2000 Glaverbel Teplice, 2002 MSV Brno. Studentské projekty na Pražský hrad publikovány v časopise Architekt 7/1999, recenze výstavy „Studenti adaptují Pražský hrad“ od arch. Lukeše, Lidové noviny 28.7.1998. V roce 1998 studijní cesta do severní Itálie a švýcarského Lugana.

1996•Od října doktorandské studium zaměřené na využívání úspor energie při navrhování architektury ze skla.

1996-98•Ateliér FloriánVágner Praha, paralelně s působením na FA.

1996-97•Společně s arch. Petrem Vágnerem navrhuje v tuzemsku první stavby s pláští ze skla založené na počítačové simulaci a technice prostředí-Školní jídelnu Rokycany, meteorologickou stanicí Šerák a Zastupitelský úřad ČR Ottawa. Projekt skleněné školní jídelny zaujal

ateliér Nicholas Grimshaw and Partners Limited a Eva Jiricna Architects. Projekt je publikován v časopise Architekt 12/1997 s recenzí od prof. Rostislava Šváchy. V časopise Architekt 13/1997 publikuje rozsáhlý text „Inteligentní skleněné fasády“. V roce 1996 studijní cesta do Říma a v roce 1997 do Indonésie.

1998•Člen organizace Simulace budov a techniky prostředí IBPSA /do současnosti/. V časopise Architekt 1 až 8/1998 publikuje sérii článků věnovaných novým trendům v aplikaci skla v architektuře, včetně navrhování obvodových plášťů budov. Společně s arch. Janem Loudou a arch. Zbyškem Stýblem projekt polyfunkčního komplexu budov firem Vodní stavby Bohemia a.s. a Engel CZ, Praha. Krátká spolupráce s arch. Janem Loudou, ateliér LO-TECH, s.r.o. V roce 1998 studijní cesta do severní Itálie a švýcarského Lugana.

1999•V časopise Stavba 3/1999 publikuje článek „Návrhy budov ovlivněné energií“, který ukazuje příklady a principy vlastní tvorby. V časopise Materiály pro stavbu 6/1999 publikuje článek „Energeticky úsporný fasádní plášť Schüco Concept-Fasad“. Společně s ing. Karlem Kabelem vypracoval materiál „Analýza aplikace energeticky úsporných opatření“ v rámci projektu polyfunkčního domu U Hájků II., arch. Josef Pleskot, AP Ateliér. Uveden v publikaci „Slovník českých a slovenských výtvarných umělců 1950-...“, Výtvarné centrum Chagall, ISBN 80-86171-02-7. Publikace slovníku vychází do současné doby a zároveň probíhá aktualizace.

1999-00•Editor architektury internetového časopisu Nanotechnology Magazine. V roce 2000 studijní cesta do Londýna.

2002•Jako vedoucí kolektivu se podílí na mezioborovém grantu ČVUT „Univerzální model databázových webových stránek pro ČVUT FA“. V rámci cyklu přednášek o soudobé architektuře na FA VUT Brno přednáší během dubna dvě vyzvané přednášky „Sklo v soudobé architektuře“ a „Trendy v soudobé architektuře“. V letech 1998-2002 člen skupiny BLOK-Architektů a výtvarníků.

2002-03•Vědecký pracovník na FA-Ústavu dějin architektury a umění pod vedením prof. Petra Ulricha. Společně s dalšími kolegy se podílí na grantu VZ-27 „Výzkum historické a současné architektury“.

2003•Od října odborný asistent na FA-Ústavu stavitelství I.-15 123 pod vedením prof. Miloslava Pavlíka.

2001-04•V časopise Architekt 1 až 7/2001, Era21 5/2003 a Era21 6/2004 publikuje sérii článků o digitální architektuře a nanotechnologii. časopise Era21 1/2003 je publikován text „Inteligentní skleněné fasády“ a v časopise Era21 5/2003 je publikován text „Architektura mění formu“. Píše a dokončuje disertační práci, text nové publikace

o skleněných fasádách a vysokoškolskou publikaci „Inteligentní skleněné fasády„. Po dvaceti třech letech jde v tuzemsku o první publikaci zaměřenou na sklo jako konstrukční materiál a jeho aplikace při plánování fasád. Práce studentů Michala Kutálka a Marka Růžičky získává čestné uznání v mezinárodní studentské soutěži „Glasshouse, Pilkington 2002-Students and Young Architects Competition“.

2004•V říjnu na FA-Ústav stavitelství 15 123 zakládá a od té doby vede ateliérovou skupinu Glass/Freeform Architecture /GFA/, www.studioflorian.com. Poprvé v tuzemsku se studenti pomocí počítačových simulací zabývají konstrukčním řešením objektů volných forem na principu celoskleněných lepených skořepin, síťových prostorových skořepin, CAD/CAM technologie a navrhováním projektů na základě parametrického plánování. V rámci výuky /Michal Kutálek, Marek Růžička/ je poprvé použita při tvorbě modelů technologie Rapid prototyping. V časopise Era21 6/2004 je publikován text „Strukturální morfologie“.

2005•V červnu obhájí disertační práci na téma sklo jako konstrukční materiál a skleněné inteligentní fasády. V červenci vychází vysokoškolská publikace „Inteligentní skleněné fasády“, ISBN 80-01-03195-0. Nominace ateliéru GFA i tří členů /Michal Kutálek, Jakub Obůrka, Marek Růžička/ na nejlepší ateliér i projekt v rámci soutěže o Cenu Olověný Dušan za školní rok 2004-2005 na FA. V březnu výstava ateliéru GFA v galerii Sovovy mlýny na Kampě v Praze. Student Marek Růžička získává cenu Philips Light Awards a druhý, Jaroslav Hulín, nastupuje v září půlroční stáž u Renzo Piano Workshop v italském Janově. Práce členů ateliéru Glass/Freeform Architecture za školní rok 2004-05 jsou představeny v časopisech Architekt 4/2005 a Era21 4/2005. V časopise Era21 4/2005 je publikován rozhovor a text „Reflexivní architektura a Nanoarchitektura“. Rozhovor pro internetový časopis e-Architekt a Stavební forum. V srpnu je na základě rozhovoru v magazínu informačních technologií Chip publikován článek „Šikmé křivky digitální architektury“. V září účast na pražské mezinárodní konferenci Smart Games The City. Referát „Konstrukce volných forem“ publikován ve sborníku konference. V rámci cyklu přednášek o architektuře pořádaných Moravskou galerií v Brně přednáší v listopadu na půdě Uměleckoprůmyslového muzea vyzvanou přednášku „Architektura mění formu“. V rámci cyklu přednášek „Aktuálně trendy v aplikování konstrukčních systémů“ ústavu konstrukcí na FA STU Bratislava přednáší v listopadu vyzvanou přednášku na téma „Sklo v architektuře“. V rámci cyklu mezinárodních workshopů a přednášek na FA „Digitální architekt“ (Kra-

khofer-University of East London, Hirschberg-děkan FA TU Graz, Oosterhuis-prof. TU Delft, Menges-prof. AA School of Architecture London, Miranda-KTH School of Architecture Stockholm, Franken-prof. Kassel University a SciArc Los Angeles, doc. TU Darmstadt, atd.) přednáší v listopadu vyzvanou přednášku „Architektura mění formu“, rozšířenou verzi. V říjnovém čísle časopisu Architekt je publikován diplomní projekt Filipa Dubského z ateliéru GFA. V říjnu doktorand Pavel Hladík zahajuje studium na Architectural Association School of Architecture v Londýně. Práce dvou studentů /Michal Kutálek, Marek Růžička/ je publikována v knize „Demonstrating Digital Architecture“, editor Yu-Tung Liu, z nakladatelství Birkhäuser, ISBN 10-3-7643-7274-5. Švýcarským nakladatelstvím Hübners Who is Who je zařazen do publikace biografí osobností „Who is ... (v České republice)“, ISBN 3-7290-0060-8.

2006•Den ocelových konstrukcí, III. ročník, tj. v rámci Stavebních veletrhů Brno konference sestavená z cyklu přednášek / Miloš Florián, Patrik Kotas, Kas Oosterhuis/ a prezentací: Během přednášky „Tam dole je spousta místa aneb od kvantových teček k nanoarchitektuře“ poprvé představuje koncept struktury budovy založený na molekulární stavebnici „Atom House“. Dále představen blok „Ocel v návrzích mladých architektů“, ve kterém byly prezentovány práce členů ateliéru Glass/Freeform Architecture. Práce ateliéru Glass/Freeform Architecture za školní rok 2005-06 jsou publikovány v časopise Stavba 2/2006 a modely vyrobené technologií Rapid prototyping v časopise Architekt 9/2006. Semestrální digitální práce studentky Niny Hedwic a studenta Michala Kutálka byly v letních měsících prezentovány na výstavě „aeonScope“ v Czech Center Toronto a v bratislavské galerii Veza v rámci výstavy „Praga Futura“. V časopise Era21 2/2006 publikuje text „Fasády z předpjatých lanových sítí“, v časopise Era21 3/2006 publikuje text „Skeletové stavby z trubic lepeného skla“, v časopise Era21 4/2006 publikuje text „Fólie ETFE“ a v časopise Era21 5/2006 publikuje text „Konstrukce volného tvaru I.“ Na pozvání Centra pro podporu počítačové grafiky ČR působí jako lektor na Ještědu v rámci Workshopu pod názvem „Architektu/h/ra“, během kterého proběhlo školení pro studenty v programu MaxonForm. V říjnu na FA TU Liberec vystupuje s vyzvanou přednáškou „Architektura volných forem“. V listopadu vystupuje s vyzvanou přednáškou „Stínění skleněných fasád“ v rámci odborného semináře „Dynamické fasády“ v brněnském Domě pánů z Kunštátu. Časopis Ocelové konstrukce 6/2006 publikuje pozitivní recenzi semináře od svého šéfredaktora. Jako člen kolektivu se podílí na výzkumu v rámci mezioborového

grantu „GAČR103/06/1802 Experimentální metody projektování-nové trendy v metodice návrhu architektonických a inženýrských děl“. V listopadu výstava ateliéru Glass/Freeform Architecture v pražské galerii Nábřeží. Ateliér navazuje bližší mezioborovou spoluprací s Centre for Integrated Design of Advanced Structures /CIDEAS/ v rámci Fsv ČVUT. Spolupráce s ateliérem Eva Jiricna Architects.

2007•Předkladatel a garant „Rozvojového projektu MŠMT 2007, Program č. 4, Projekt č. 8“. Cílem mezioborového projektu jsou technologie konstrukčních systémů volných forem a rozšíření obsahu výuky na FA v rámci magisterského studia. V zimním semestru 2006-2007 student Jaroslav Hulín jako první v tuzemsku napsal a obhájil diplomní práci na téma „Architektura hromadné zakázkové výroby-navrhování pravidel“. Student Michael Zulueta /3.semestr v roce 2005/ získal za projekt Carbon Composite House odměnu v rámci soutěže o nejlepší ateliérové projekty za akademický rok 2005-2006 „O cenu FA“. Za poslední tři roky druhá nominace ateliéru na Cenu Olověný Dušan v rámci soutěže o nejlepší ateliér za školní rok 2006-2007 na FA. Výstava ateliéru Glass/Freeform Architecture v březnu ve výstavní síni Mánes v Praze. V časopise Era21 1/2007 publikuje text „Konstrukce volného tvaru II.“, v časopise Era21 2/2007 publikuje text „Lepené systémy z GFK a skla, v časopise Era21 3/2007 publikuje text „Zpěněné struktury“, v časopise Era21 4/2007 publikuje text „Extrémní tkaniny I.“, v časopise Era21 5/2007 publikuje dva texty „Extrémní tkaniny II.“ a „Tam dole je spousta místa aneb od kvantových teček k nanoarchitektuře“. Závěrem roku v časopise Era21 6/2007 publikuje text „Materiály změny skupenství“. V časopise Era21 2/2007 vychází článek „Generace nezatížených“ od dr. Rostislava Koryčánka, jenž recenzuje tuzemskou architektonickou scénu za posledních patnáct let: pozitivní hodnocení působení ateliéru Glass/Freeform Architecture. Text článku byl napsán pro katalog výstavy „Young Blood EXPORT“ ve vídeňském Architekturzentrum West. Ateliér vedle spolupráce s CIDEAS navazuje mezioborovou spoluprací s Fsv VUT Brno, laboratoří IM /systém virtuální reality CAVE/ v rámci Fe ČVUT a firmou Sipral. V časopise Fasády 2/2007 publikují ateliérový studentský projekt Josefa Musila BVV Tensegrity. Doktorand Michal Kutálek a student Tomáš Rousek vystavují ve virtuální galerii „aeonScope“ prezentované v galerii CASA Vertigo v nizozemském Eindhovenu. V publikaci „Druhý dech průmyslové architektury“ je publikován diplomní projekt Petra Jehlíka. V tomto roce vyšlé publikaci „Ročenka české architektury 2006“, editor Alexandr Skalický,ml., pozitivní zmínka o ateliéru Florián/GFA a představení studentských prací

absolventa ateliéru Michala Kutálka. Práce Michala Kutálka „NextLevel“ postoupila mezi deset nejlepších projektů a získala v mezinárodní soutěži ocenění TOP 10 Feidad Award 2007. Dvě studentské práce / Pavel Hladík, Michal Kutálek/ jsou publikovány v knize „Distinguishing Digital Architecture“, editor Yu-Tung Liu, z nakladatelství Birkhäuser, ISBN 978-3-7643-8120-2. Absolvent ateliéru Jaroslav Hulín získává práci v prestižním londýnském ateliéru Arup and Partners a doktorand Pavel Hladík získává nejprve práci v londýnské pobočce mezinárodně známé skupiny SOM a později též v londýnském ateliéru Arup and Partners. V rámci mezioborového grantu „GAČR103/06/1802 Experimentální metody projektování“ se prostřednictvím příspěvku a posteru zúčastňuje pořádaného Workshopu na FA ČVUT. Dále dokončuje „Rozvojový projekt MŠMT 2007, Program č.4, Projekt č. 8“ a koncem roku odevzdává habilitační práci na téma „Architektura mění formu“ v podobě publikace nazvané „Florián/GlassFreeform Architecture“ s přílohou vysokoškolské učebnice „Inteligentní skleněné fasády“.

2008•V časopise ERA 21 1-6/2008 publikuje texty na téma „Chytré materiály“, v časopise Architekt 12/2008 publikuje text „Očima architekta a pedagoga“ v rámci 9. ročníku přehlídky diplomových prací za rok 2008 a ve stejném čísle je publikován diplomní projekt „Annelida-parametrické premostenie“ od Lukáše Kurilly, jež získal v rámci celostátní přehlídky 3. místo, ve čtvrtletníku ČVUT Technicall IV/2008 publikuje článek „Člověk a nanoarchitektura“ a v časopise Pražská technika 6/2008 představuje ateliér „Glass/Freeform Architecture“. Dne 16.4. má prezentaci v rámci PECHA KUCHA NIGHT v kině Aero a ve dnech 15.4.-13.7. se zúčastňuje jako ateliér Fára/Florián výstavy vybraných projektů „Srdce města, historický, urbanistický, architektonický vývoj Staroměstského náměstí a soutěže 1899-1989 na dostavbu a přestavbu Radnice“, Staroměstská radnice, Sál č. 4 Architektů. Společně s arch. Michalem Kutálkem se zúčastňuje soutěže na projekt a realizaci česko-slovenské expozice do Pavilonu ČR a SR na 11. Biennale v Benátkách 2008. Dne 20.2. vystupuje v pořadu České televize Milenium ČT24 na téma „ Jak budou vypadat domy budoucnosti“. Na podzim přednáška „Architektura volných forem“ na FA Fsv ČVUT. Nominace a následně ocenění ateliéru v rámci soutěže o nejlepší ateliér na Cenu Olověný Dušan za školní rok 2008/2009. Cenu za nejlepší studentský projekt ve stejné soutěži získal Ondřej Otýpka za studii „Tensegrity Tower“. Výstava ateliéru v prostorech Národní galérie ve Veletržním paláci v Praze.

2009•Přednáška „Extrémní tkaniny“, Happy Materials+Design centrum v ABF Praha. V časopise Architekt 2/2009 publikuje článek

„Z historie digitální architektury“. V Technickém muzeu Brno v rámci výstavy „Nanotechnologie aneb Tam dole je spousta místa“ vystavuje studii „Atom House“. Je členem kolektivu, jež řeší výzkumný projekt v programu TIP, kód: FR-TI1/568 na téma „Integrované nástroje pro generativní design a zvýšení konkurenceschopnosti české architektury“.

2010•Ateliér Florián/Glass Freeform Architecture mění název na FLOW/FLORIAN'S STUDIO STUDENT WORK. V časopise Architekt 1/2010 publikován 40-ti stránkový materiál představující výsledky ateliéru FLOW/GlassFreeform Architecture. Nominace a následně ocenění ateliéru v rámci soutěže o nejlepší ateliér na Cenu Olověný Dušan za školní rok 2009/2010. Cenu za nejlepší studentský projekt ve stejné soutěži získal Dalibor Dzurilla za studii „The Bristle Genesis“. V březnu v rámci prezentace výsledků o Cenu Olověného Dušana výstava oceněného ateliéru v prostorech nové Technické knihovny v Praze-Dejvicích. V květnu přednáška „Tvorba Jana Kaplického z pohledu konstrukce“ v galerii současného umění DOX Praha. V celostátní soutěži o nejlepší diplomní projekt získala Nina Pevná 1. místo za projekt Metaballs Pods a Miroslav Strigáč zvláštní odměnu za projekt experimentálního mostu Myotension. Citace z rozhovoru pro časopis Glass International (<http://www.glass-international.com/>), September 2010, Vol. 33 No. v článku „Czech architecture: Is glass used to its full potential?“ V říjnu v rámci reprezentativní mezinárodní akce Architecture Week Praha 2010 rozsáhlá prezentace ateliérových projektů v pražské výstavní síni Mánes.