

Óbudai Egyetem

RS Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Terméktervező Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Környezetével kommunikáló intelligens láthatósági mellény

Szerző: **Szilágyi István**
ITF, III. évf.

Konzulens: **Orcsik Gézáne**
műszaki tanár
Borka Zsolt
mérnöktanár

Budapest, 2011

Tartalomjegyzék

1. Az intelligens anyagok	4
1.1 Az intelligens anyagok csoportosítása	6
1.2 A kemény és a lágy anyagok jellemzői.....	6
1.2.2 Intelligens kemény anyagok	7
1.2.2 Intelligens lágy anyagok	8
1.3 Intelligens polimergélek	9
1.3.1 A gélüveg.....	9
1.4 Elektroaktív és egyéb „intelligens” polimerek	10
1.4.1 Más "intelligens" polimerek	11
1.4.2 Milyen módszerekkel állíthatók elő intelligens polimerek?	12
1.5 Intelligens textilanyagok.....	12
1.5.1 Lélegző szövetek.....	13
1.5.2 Fázisváltó anyagok.....	14
1.5.3 Formatartó anyagok	14
1.5.4 Színváltó textíliák.....	15
1.6 Kommunikációs textilek	16
1.6.1 A kommunikációs textilek fejlődése és mai helyzete	17
1.6.2 Gyógyításban használatos textilek	17
1.6.3 Sportolók számára fejlesztett ruházatok	18
1.6.4 Környezeti energiákat elektromos energiává alakító ruházatok	20
1.6.5 Divat	21
2. Környezetével kommunikáló intelligens láthatósági mellény.....	23
2.1 A LED fogalma, fajtái	23
2.2 LED-ek alkalmazása	26
2.3 A láthatósági ruhadarabok fontossága	26
2.4 A láthatósági ruhadarabokról	26
2.5 Elterjedt mellényformák, kialakítások	28
2.6 Az „intelligens” láthatósági mellény tervezési folyamata	29
2.7 A termék leírása	32
2.8 A termék prototípusának elkészítése	32
2.9 Az elkészült prototípus	35
3. A mellénybe épített áramkör felépítése	36
3.1 Az Arduino modell bemutatása	37
3.2 A vezérlő program működése	38

4. Tapasztalatok a termékkel kapcsolatban.....	40
5. Összefoglalás.....	41
Irodalomjegyzék:.....	43

Bevezetés

1. Az intelligens anyagok

Az intelligens anyagok fogalma tudományos szakirodalomban először az 1980-as évek végén jelent meg. A témával ma már több szakfolyóirat is foglalkozik (pl.: Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Smart Materials and Structures), és évente rendeznek rangos nemzetközi konferenciákat a tudomány és az élenjáró technológia képviselőinek részvételével. Az intelligens anyagok megjelenése az anyagtudomány hihetetlenül nagy fejlődésének az eredménye. Ez a fejlődés szorosan kötődik a különböző korszakok tipikus anyagaihoz. A kő-, a bronz- és a vaskort a XX. században a szintetikus anyagok kora követte. A kémia és más tudományok nagyléptekben történt fejlődése, a kémiai szerkezet és a tulajdonságok közti kapcsolat felfedezése ma már lehetővé teszi adott célra tudatosan tervezett anyagok előállítását. Speciális fémek, kerámiák, műanyagok, valamint ezek kombinációi képezik a modern szerkezeti anyagokat. Ezek alapvető feladata a felhasználó számára minél előnyösebb mechanikai és termikus tulajdonságok biztosítása. Az egyedi anyagok (monolitok) tulajdonságait tovább tudjuk javítani társított (kompozit) anyagok alkalmazásával.

A modern anyagtudományban a szerkezeti anyagokat első generációs szintetikus anyagoknak nevezzük. Ezek egyik jellemzője, hogy környezetükkel passzív módon érintkeznek, és annál jobbak, minél tovább meg tudják őrizni változatlan formájukat és tulajdonságaikat.

Az új típusú felhasználói igények elindították a funkcionális anyagok kutatását és fejlesztését. Ezeknek a második generációs anyagoknak a kifejlesztése során már nem a legelőnyösebb mechanikai tulajdonságok elérése a fő cél, hanem főként a fizikai tulajdonságok összekapcsolása egy anyagi rendszeren belül. Vannak olyan elemek, melyek önmagukban is hordoznak funkcionális tulajdonságokat. Például a szelén egyébként kis elektromos vezetőképessége erős megvilágítás hatására ezerszeresére növekszik, a fényhatás megszűnése után a vezetőképesség mértéke visszaáll az eredeti értékre. A szilícium a fényerősség változását feszültséggé alakítja át. Ezek az elemek tehát az optikai és elektromos tulajdonságok között teremtenek kapcsolatot. A különböző fizikai tulajdonságok egy anyagon belüli összekapcsolása elvileg nem ütközik akadályba, valójában viszont a funkcionális anyagok száma nem túl nagy. Intelligens anyagoknak tehát azokat a funkcionális anyagokat nevezzük, amelyek érzékelik a környezetük fizikai és kémiai állapotának egy vagy több jellemzőjét, ezeket

a jeleket feldolgozzák és ezekre állapotuk jelentős megváltoztatásával gyors és egyértelmű választ adnak. A funkcionális anyagok lényege tehát valamiféle „érzékelés” és „beavatkozás” képessége. Az érzékelő funkció legtöbbször az anyag és környezete közötti dinamikus egyensúly következtében valósul meg. A környezet megváltozása az egyensúlyi állapot megváltozását is okozza, a kialakult állapotban pedig az anyag más tulajdonságokkal rendelkezik. Fontos szempont a változást előidéző hatás és az erre adott reakció kapcsolata. Az intelligens anyagokra olyan hatás-válasz kapcsolat jellemző, amelynél a környezet kismértékű változása is nagyfokú tulajdonságbeli változást okoz, azaz a válasz mértéke nem arányos, jóval nagyobb az inger nagyságánál. További fontos tulajdonság a visszafordíthatóság, azaz a változást okozó hatás megszűnte után az eredeti állapotnak kell visszaállnia. A gyors reakcióidő szintén fontos követelmény.

Az új típusú anyagok előfutára az 1967-ben, az Egyesült Államokban kifejlesztett fototróp üveg volt. Ha ezt az üveget látható fénnel sugározzuk be, akkor a szerkezetében végbemenő kémiai változások hatására az üveg fényáteresztő képessége-visszafordítható módon- lényegesen csökken. Ez az üveg kiválóan alkalmas olyan szemüvegek gyártására, amelyek fényáteresztő képessége a napsugárzás erősségétől függ. A fototróp üveg esetében két lényegesen különböző jelenség- a fényáteresztő képesség és a kémiai egyensúly-összekapcsolása eredményez minőségileg új tulajdonságokat.

A tudomány már régóta ismeri az anyag több más „intelligens” megnyilvánulását, de ezek tudatos keresése és kihasználása csak az utóbbi időkben került előtérbe.



1. Az anyagtudomány piramisa az anyagi intelligencia szerint¹

1.1 Az intelligens anyagok csoportosítása

Az intelligens anyagokat két nagy csoportra oszthatjuk. Az egyik csoportba tartoznak a természetes környezet változásaira reagáló anyagok, ezek az ún. kemény és lágy anyagok, és ezek változatai. A másik nagy csoportot azok az anyagok alkotják, melyek a változásukhoz szükséges információt számítógépekből, elektronikus jel formájában kapják. A számítógéppel befolyásolható anyagi tulajdonságoknak határt szab a kapcsolat, amit a számítógép és az anyag között létesíthetünk. Szabályozástechnikai szempontból az elektromos és/vagy elektromágneses tér alkalmazása tűnik a legkézenfekvőbbnek. Ezeket a tereket ugyanis a számítógéppel vezérelt elektronikával pillanatszerűen kelthetjük, változtathatjuk és megszüntethetjük.

1.2 A kemény és a lágy anyagok jellemzői

Anyagaink lehetnek kemények vagy lágyak. A kemény anyagok, mint például a fémek, kerámiák és polimerek széles halárok között ellenállnak a nyomásnak, nyírásnak és más mechanikai hatásoknak. A lágy anyagokat mechanikai hatásokkal szemben kis ellenállás jellemzi, aminek következtében ezek az anyagok folyékonyak vagy képlékenyek. Az anyag keménységének és mechanikai ellenálló képességének elektromos és/vagy mágneses terekkel történő megváltoztatása jelentősen csökkentheti a felhasználandó anyagok mennyiségét és növelhetné az alkalmazási lehetőségek számát.

¹ (forrás: Mindentudás Egyeteme)

1.2.1 Intelligens kemény anyagok

Az intelligens anyagok jelentős hányadát alkotják azok a szilárd anyagok, a melyeknek tulajdonságai elektromos vagy mágneses erőter hatására változnak meg. Bizonyos ötvözetek, főként a ritkafémek (terbium, diszprózium) ötvözetei, mint például a Terfenol-D vagy a Samfenol, mágneses tér hatására változtatják méretüket. Ezt a jelenséget magnetostrikciónak nevezzük. Ezekből az anyagokból készült testek hossza a tér irányában mérve megnő, arra merőlegesen pedig csökken. Az elektromos tér hatására bekövetkező méretváltozás (elektrostrikció) különleges esete a piezoelektromosság.

Az alakmemóriával rendelkező anyagok az intelligens anyagok nagy, önálló csoportját alkotják. Ide tartoznak az emlékező fémek és műanyagok. A legismertebb alakmemóriával rendelkező fém egy nikkel-titán ötvözet, a Nitinol. Amennyiben az emlékező fém formáját egy kritikus hőmérséklet felett hozzuk létre, akkor a fém erre az alakra a kritikus hőmérséklet alatt bekövetkező maradandó alakváltozás után is emlékszik. Ha alacsony hőmérsékleten valamilyen mechanikai hatás miatt a fémtárgy alakja megváltozik, akkor ez a kritikusnál magasabb hőmérsékletre hevítve visszanyeri az eredeti formáját. Ez a szokatlan tulajdonság az alak és a termikus kölcsönhatás szoros kapcsolatának köszönhető. Speciális polimerekkel is lehet alakot tárolni. Megfelelő memóriával rendelkező anyagok kifejlesztésével megvalósítható, hogy az egyik állapotban az anyag nagyon kis méretű, a másikban pedig a feladat ellátásához szükséges nagy kiterjedésű szerkezetnek felel meg. Az állapotváltozással, amit előidézhetünk például a hőmérséklet megváltoztatásával, előhívhatjuk a „memóriában” tárolt alakzatot.

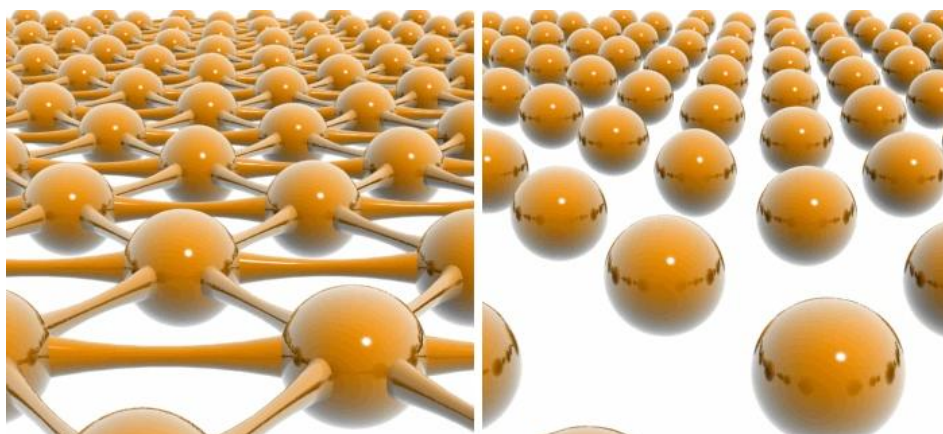
Az emlékező anyagokat az orvosi gyakorlatban is eredményesen használhatják. Például elzáródott erek újbóli megnyitásakor alkalmaznak emlékező fémeket és polimereket. Az anyag kémiai szerkezetének megfelelő megválasztásával a kritikus hőmérsékletet éppen az emberi test hőmérsékletére állítják be, majd a fémeket vagy műanyagot melegen spirál alakúra hajlítják össze. Ezt követően az így nyert rugót lehűtik, aztán egyenesre nyújtják. Betolják az érbe, majd a testmeleg hatására az egyenes szál ismét spirállá ugrik össze, így tágítja az eret és megakadályozza azt, hogy az esetleges vérrögöket a véráram magával ragadja.

1.2.2 Intelligens lágy anyagok

Ha összehasonlítjuk a mindennapi életben használt anyagainkat a kétségkívül sokkal tökéletesebb biológiai anyagokkal, akkor megállapíthatjuk, hogy igen nagy különbség van közöttük. Ipari anyagaink többnyire kemények, merevek és szárazak, a biológiai anyagok nagy többsége pedig lágy, rugalmas és nedves. Magától adódik a kérdés, hogy mi az oka ennek a szakadéknak, és miért ne lehetne a lágy anyagokat a modern technikában szélesebb körben alkalmazni. A lágy anyagok közé sorolhatjuk a folyadékokat, a rugalmas műanyagokat, biológiai anyagaink nagy többségét, valamint a szilárd és a folyadék halmazállapot között elhelyezkedő nagy folyadék tartalmú géleket.

Az utóbbi időben igen nagyfokú érdeklődés mutatkozik az ún. komplex folyadékok iránt. Ezek olyan folyadék halmazállapotú anyagok, amelyek egyenletes eloszlású, nanométeres (a mm milliommód része) vagy mikrométeres (a mm ezred része) méretű szilárd részecskéket tartalmaznak. A kis méret következtében a szilárd alkotók nem ülepednek ki a folyadékban. Ha ezek a részecskék speciális elektromos vagy mágneses tulajdonságokkal rendelkeznek, akkor azt a látszatot keltik, mintha a folyadék mutatna elektromos vagy mágneses tulajdonságokat.

Az intelligens folyadékok két nagy csoportját a mágneses- és az elektroteológiai folyadékok alkotják. A reológia az anyag folyási tulajdonságainak tudománya. Az elektroteológiai folyadék olyan anyag, amelynek folyási tulajdonságai elektromos térrel változtathatóak.



Hirtelen erőhatásra zártabbá váló molekulaszervezet²

² Forrás: hegylakok.hu

1.3 Intelligens polimergélek

A polimergélek olyan rendszerek, a melyek átmenetet képeznek a szilárd és a folyadék halmazállapot között. Alaktartóak és könnyen deformálhatóak, ugyanakkor nagy folyadéktartalmuk miatt tulajdonságaik az oldatokéhoz hasonlóak. Az alaktartás a gélben szerteágazó polimerváznak köszönhető. A jelentős mennyiségű folyadék megakadályozza a laza térhálós szerkezet összeomlását, ez utóbbi pedig útját állja a folyadék spontán kifolyásának. A polimergélekre jellemző, hogy környezetükkel egyensúlyban lehetnek. A környezeti paraméterek (hőmérséklet, elegy összetétel, pH stb.) változására a gél főként térfogatának megváltoztatásával válaszol. E térfogatváltozás lehet folytonos vagy ugrásszerű. Ez utóbbit gélkollapszusnak nevezzük.

1.3.1 A gélüveg

A gélüveg olyan szendvics szerkezetű konstrukció, amely két üveglap vagy átlátszó műanyag réteg között egy vékony intelligens polimergél réteget tartalmaz, ez biztosítja alkalmazkodó képességét. Ennek optikai tulajdonságait (pl. átlátszóságát) nagymértékben befolyásolják olyan környezeti hatások, mint például a hőmérsékletváltozás vagy az elektromos tér jelenléte. A környezeti változás előidézhethet olyan szerkezeti átalakulást a gélben, amelynek hatására az eredetileg átlátszó üveg opálos, a fényt csak sokkal kisebb mértékben áteresztő tejüveggé válik. A kutatók által kifejlesztett gélüveg egyik típusánál a környezet hőmérsékletének változása idézi elő az üveg - tejüveg átmenetet. Megfelelő összetétellel elérhető, hogy a napsugárzás is kiváltsa ezt a változást. A gélüvegből készített ablak egyrészt kényelmes megoldást nyújt az erős napsugárzás elleni védelemben, másrészt alkalmas új típusú kijelző készítésére is. Lehetőség van ugyanis arra, hogy az átlátszó polimer rétegbe kívánt méretű betűket írjunk vagy ábrát rajzoljunk. Ezek hő hatására előhívhatóak és eltüntethetőek. Az optikai tulajdonságok elektromos hatással is kiválthatjuk.



Optikai tulajdonságait hő hatására változtató intelligens gélüveg³

1.4 Elektroaktív és egyéb „intelligens” polimerek

A szenzorikával (érzékeléstannal) foglalkozó szakemberek arra törekszenek, hogy mechanikai, vegyi, termikus vagy egyéb jeleket villamos jelekké alakítsanak. Ehhez megfelelő szenzoranyagokat kell kifejleszteni, amelyek nemegyszer aktuátor (végrehajtó) anyagokként is használhatóak, vagyis a villamos jel valamilyen más jelet generál.

Az inverz piezoelektromos jelenség esetében villamos hatásra az anyag deformálódik, ami megint csak lehet nyúlás, összehúzódás vagy torzulás. Az inverz piezoelektromos hatáskor a deformáció és a feszültség arányosak. Gyakran előfordul, hogy ezt a lineáris hatást egy másik, négyzetes effektus fedi el, ezt nevezik elektrosztrikciónak (az elektrosztrikció a szigetelő villamos erőterben a dipólusok rendezése révén bekövetkező, kismértékű alakváltozása. Hogy a szigetelő összehúzódik-e vagy kitágul, az attól függ, hogy a dielektromos állandó nő vagy csökken a nyomással. A térfogatváltozás általában a térerősség négyzetével arányos.) Annak ellenére, hogy a két effektus fizikai háttere teljesen különböző, gyakorlati használhatóság szempontjából egyenrangúak. Az inverz piezoelektromos vagy elektrosztriktív tulajdonságokat mutató anyagokat aktuátorokban, végrehajtó szervekben használják, hiszen a villamos jel hatására elmozdulnak, vagy más testeket mozdítanak el. Az aktuátorelemek megfelelő megválasztásával és csatolásával akár komplex mozgások is előidézhetők.

³ Forrás: origo.hu

1.4.1 Más „intelligens” polimerek

A polimerekre nem lehet többé úgy tekinteni, mint egyszerű szerkezeti anyagokra. Az utóbbi időben egyre jobban elterjednek az olyan polimerek, amelyek alkalmazkodnak környezetük változásaihoz, vagy vezérelhető módon változtatják jellemzőiket. Ezek közül a legismertebbek talán a fény hatására elsötétülő (fotokróm) lencsék és a hőre zsugorodó, alakmemóriával rendelkező műanyagok.

Az, hogy mit értünk „intelligens” polimer alatt, definíció kérdése, és ebben nem egységes a szakirodalom. Egyszerűbb esetben pl. egy folyadékkristályos polimert tartalmazó szalagot használnak a testhőmérséklet mérésre, de a színváltozást csak az emberi szem érzékeli más műszer közbeiktatása nélkül. Vannak ennél bonyolultabb polimerek is, amelyek nemcsak „érzékelik” a külső világ egyes paramétereinek megváltozását, hanem reagálnak is rá, és megpróbálják ellensúlyozni a változást (pl. aktív lengéscsillapítók vagy zaj-csökkentők). Más kémiai és fizikai jellemzőkhöz hasonlóan a hőmérséklet gyakran befolyásolja a külső ingerre adott válasz nagyságát ill. szintjét.

Van néhány általános módszer, amelyeket gyakran használnak fel intelligens polimerek fejlesztésekor:

- adalékok hozzákeverése a polimerhez (pl. mágnesesen aktív por; termokróm, fotokróm vagy elektrokróm festékek, pigmentek),
- blokk-kopolimerek és különleges morfológiájú polimerek (pl. alakmemóriával rendelkező polimerek),
- térhálók stabilizálása megnyújtott állapotban (pl. hőre zsugorodó, hőre lágyuló polimerek és elasztomerek),
- polimerötvözetek (pl. szabályozott hatóanyag-leadású gyógyszerészetben használt-polimerek).

Fontos szempont, hogy a külső hatásra létrejövő átalakulás visszafordítható-e vagy sem. Az utóbbi esetben a változás bekövetkezése utólag bizonyítható. Ha pl. irreverzibilis termokróm pigmentet használnak bevonatként, utólag jól megállapítható, hogy egy termék hőmérséklete meghaladt-e egy bizonyos határértéket. A reverzibilis eszközök viszont ismételten felhasználhatók, itt a változást egy másik eszköz segítségével kell dokumentálni. Azt is figyelembe kell venni, hogy a reverzibilitás soha nem teljes

mértékű, néha egy lassan visszaalakuló változás következik be az anyagban.

1.4.4 Milyen módszerekkel állíthatók elő intelligens polimerek?

Az anyaghoz keverhető aktív adalékanyagokat több formában lehet piacra vinni, pl. :

- bekeverendő por,
- mesterkeverék (ez különösen poliolefinnek és PVC esetében terjedt el),
- plasztiszol,
- vizes oldatok vagy diszperziók,
- transzfernyomat,
- lézerrel vágható PVC-lemez formájában, amelyet rá lehet ragasztani a felületre.

Az aktív komponens mennyisége az anyagban változó, általában 0,5 és 3% közti. Arra külön oda kell figyelni, hogy némelyik aktív komponens esetében problémát jelent a magas hőmérsékleten, ömledékállapotban végzett feldolgozás.

1.5 Intelligens textilanyagok

Az intelligens textil a kétségtelenül új jelenség a textilipar fejlődésében és a következő évtizedekben egyre inkább előtérbe kerülhetnek a mindennapi életben. Az ún. intelligencia abból származik, hogy különféle komponenseket építenek be a szövetbe. Az ilyen komponensek lehetnek elektronikus eszközök, speciális felépítésű polimerek, sőt bizonyos típusú festékek. Az intelligens textilek reagálnak a környezet kedvezőtlen viszonyaira és fokozott védelmet nyújtanak velük szemben. Vannak például olyan ruhaanyagok, amelyek jó szigetelést nyújtanak hőség illetve nagy hideg ellen. Más intelligens textilekben elektronikus elemek vannak, amelyek nagyobb biztonságot nyújtanak viselőiknek. Az intelligens textilek egyre nagyobb jelentőségre tesznek szert a divat-iparban. Ezen anyagok tulajdonságai megváltoznak a külső körülmények hatására. Azt mondják róluk, hogy gondolkodnak. Az intelligens textilek még gyermekcipőben járnak. Látszik azonban, hogy a jövőben sok területen kerülnek alkalmazásra. Kifejlesztés alatt vannak pl. egészségügyi célra szolgáló textilanyagok, védő- és sportruházat céljára szolgáló szövetek, építési és más műszaki célra alkalmas anyagok (pl. geotextíliák). A szövet vastagsága és sűrűsége nagymértékben befolyásolja

a szigetelés minőségét. A gyakorlatban a hőszigetelést a szövet rétegei között levő levegő biztosítja, de a külső hőmérséklet is hatással van a szigetelés hatékonyságára. Minél szélsőségesebbek a külső körülmények, annál kevésbé hatékony a szigetelés. Vastag szövetből készült ruházat azonban nehezebb, akadályozza viselőjének mozgását. Az olyan ruha, amely intelligens szövetből készült és változtatja tulajdonságait a külső hőmérséklet hatására, hatékony védelmet jelent meleg vagy hideg ellen, ugyanakkor kényelmesen viselhető.

1.5.1 Lélegző szövetek

A növelt szigetelőképeségű szövetek közül a Gore-Tex anyagok kerültek először a piacra. Ez a szövet egy laminált, két komponensből álló vízzáró membránt tartalmaz pl. expandált politetra-fluoretilénből, amelyet olajtaszító polimerrel vízhatlanítanak. A membrán kb. 100 nm átmérőjű pórusok segítségével átengedi az izzadságot, de védelmet nyújt az eső és szél ellen. Széles körben alkalmazzák katonák, rendőrök, tűzoltók ruházatához, a szabadban végzett tevékenységekhez, de használják többször felhasználható műtőbeli ruházat-hoz, hogy védelmet nyújtson vér és más testnedvek ellen.

Egy másik növelt szigetelőképeségű textiltípus a Stomatex. Ebben a szövetben magas hőmérséklet alakul ki, ami megakadályozza izzadság lecsapódását. A szövet alatt maradt gőzt az anyagban levő kis „pumpák” távolítják el. Minden pumpa lényegében egy deformálható kamrából és egy ürítő pórusból áll. A kamrából a gőz a szövet hajlításának hatására távozik el. Ha a ruha viselője erősebb fizikai aktivitást fejt ki, több izzadság képződik, ugyan-akkor a pumpáló hatás erősebb lesz.



Gore- Tex membrán működése⁴

⁴ Forrás: asolo.hu

1.5.2 Fázisváltó anyagok

Az intelligens textíliák bizonyos típusai fázisváltó anyagokat is tartalmaznak. Amikor valamely anyag az emelkedő hőmérséklet hatására megváltoztatja halmazállapotát, pl. szilárd állapotból folyékony állapotba megy át, nagy mennyiségű hőt nyel el. A hő lényegében a folyékony anyagban tárolódik és akkor szabadul fel, ha lehűléskor az anyag ismét megszilárdul. Ez a magatartás jellemzi az Outlast szöveteket.

A szövet ilyen tulajdonságát egyre elterjedtebben használják fel speciális öltözékekben. Amikor az anyag hőt nyel el vagy szabadít fel, megszűnik a hőáramlás a ruha viselője és a külső környezet között, tulajdonképpen egy hőgát képződik az anyag saját szigetelő hatásának kiegészítésére.

A fázisváltó textíliák kiválasztásánál a legfontosabb szempont a fázisváltás hőfokának megválasztása. Ezt általában 30–35 °C-on, vagyis a testhőmérsékletéhez közeli értéken célszerű megválasztani. A fázisváltó anyagot olyan mikrokapszulákban kell elhelyezni, amelyek ellenállnak az igénybevételnek. A kapszulák vagy a szálakon belül vannak, vagy külön rétegben viszik rá azokat az anyagra.

1.5.3 Formatartó anyagok

Ezt a megoldást a brit katonai ruházatnál is alkalmazzák. Ha formatartó polimereket alkalmaznak ruházatban, nagyobb lesz a légrés a ruházat egyes rétegei között, ami jobb szigetelést tesz lehetővé meleg és hideg ellen egyaránt.

Ezt a tulajdonságot poliuretán film réteggel érik el, melyet a ruházat rétegei közé lehet beépíteni. Ha a külső ruharéteg hőmérséklete elég alacsony lett, a poliuretán film működésbe lép, hullámosodik és a légrés a ruházat rétegei között megnagyobbodik. A deformált réteg hullámainak elég erősnek kell lenniük ahhoz, hogy elbírják a ruházat súlyát és a viselő mozgásával keltett erőhatásokat.

Formatartó fémötvözeteket is kifejlesztettek pl. nikkel/titán tartalommal, amelyek képesek védelmet nyújtani rendkívüli hőhatások ellen is. Az aktiváló hőmérséklet alatt és felett az ilyen ötvözeteknek eltérő tulajdonságai vannak. Alacsonyabb hőmérsékleten az anyag könnyen deformálható, de az aktiváló hőmérsékleten törekszik eredeti alakját felvenni és így megmerevedni. Az aktiváló hőmérsékletet a nikkel és a titán arányának változtatásával lehet beállítani.

A gyakorlatban rugók formájában alkalmazzák a formatartó anyagokat. A rugó lapos az aktiváló hőmérsékletnél alacsonyabb hőfokon, de magasabb hőfokon kitágul. Ha a ruházat két rétege közé helyezik, a külső hő hatására növeli a légrést és jelentős védelmet nyújt a hőhatásokkal szemben.

1.5.4 Színváltó textíliák

Léteznek olyan anyag összetételű textíliák is, melyek képesek külső környezeti hatásra a színük megváltoztatására. Ezeket a textileket attól függően, hogy milyen hatás váltja ki a színük megváltozását, többféleképpen csoportosíthatjuk.

A fotokromatikus textilek látható- illetve UV tartományú fény hatására változtatják tulajdonságukat. A thermokromatikus textilek hőmérsékletváltozás hatására változtatják színüket. Vannak elektrokromatikus anyagok, amelyekből elektromosság váltja ki a színváltó hatást. A hidrokromatikus textilek nedvesség hatására, a piezzokromatikus szövetek pedig nyomás vagy mechanikai feszültség hatására változtatják színüket. Ezeket a textíliákat főként műszaki területeken alkalmazzák, ahol a színváltás valamilyen fontos folyamatjellemző (pl. üzemi hőmérséklet, UV fény jelenléte stb.) értékének megváltozására hívja fel a figyelmet.



Fotokromatikus szövet képe hagyományos és UV fényben (tervezte: Kathy Schicker)⁵

⁵ Forrás: fashioningtech.com



*Testhőmérséklet változásának hatására színt váltó egészségügyi maszk
(Marjan Kooroshnia- Textile & Fashion school of Borås)⁶*

1.6 Kommunikációs textilek

A ruházatokba elektronikus érzékelőket is be lehet építeni. Villamos vezető szálakat lehet használni szőtt vagy hurkolt anyagokhoz, gyakorlatilag elő lehet állítani bármilyen alakú érzékelőket vagy kapcsolókat, amelyek nem zavarják, hogy a ruha divatos, esztétikus, könnyen kezelhető, kényelmesen viselhető, tisztítható legyen. Ma már léteznek elektromos vezető tulajdonságokkal rendelkező polimerek is, melyekből fonalakat készítve a szövetbe tudják szőni az elektronikus jelet továbbító „vezeték”. Az elektronikai eszközök táplálására az áramot a ruhába varrt kis elem szolgáltatja, de lehetségesnek tartják, hogy a jövőben a ruha viselőjének mozgása termelje az áramot vagy napenergia működtesse az elektronikát. A ruhatervezők és technológiai kutatók sokféle alkalmazást gondoltak ki a ruhával integrált elektronika alkalmazására. Például a repülőgépek személyzetének olyan egyenruhát terveztek, amely jelzi, ha hívják őket. Olyan divatékszereket (gyűrűt, nyakláncot) hoznak forgalomba, amely fogadja tárolja és továbbítja a hangüzeneteket, felvillanásokkal jelzi, ha viselőjük e-mailt kap. Lehetőség van azonban ennél sokkal bonyolultabb eszközök beépítésére, melyek működtetéséhez programozható mikrovezérlőket használnak.

⁶ Forrás: talk2myshirt.com

1.6.1 A kommunikációs textilek fejlődése és mai helyzete

Dolgozatom fő témája a kommunikációs textíliákhoz kapcsolódik, ezért kutatómunkám során megvizsgáltam a kommunikációs textilekkel kapcsolatos fejlesztések eddigi eredményeit, a fő fejlesztési irányvonalakat, és a jövőbeli célkitűzéseket is. Mivel ez a terület folyamatosan fejlődik, rengeteg újítás születik ebben a témakörben, ezért csak nagyvonalakban, érintőlegesen van lehetőség a bemutatásukra.

1.6.1 Gyógyításban használatos textilek

A kommunikációs textilek egyik legfontosabb felhasználási területének számít a gyógyítás. Az elektronika fejlődésének köszönhetően ma már miniatürizálni lehet olyan bonyolult és precíz készülékeket, mint például a vérnyomás- és pulzusmérő. Ezeket az eszközöket integrálhatjuk akár egy kórházi ágy felső rétegébe, vagy egy sportoló mozgás közben viselt mezének belső felületére, hogy az illető életfunkcióit folyamatosan figyelemmel tudjuk kísérni. Nagy előnye ennek a megoldásnak, hogy a testfelülettel érintkező textília nem csak érzékeli a kívánt jeleket, hanem egy beépített jeladó segítségével kommunikálni is tud. A madridi III. Károly Egyetem munkatársai olyan intelligens pólót készítettek, amellyel a kórházi betegek pontos klinikai megfigyelése az intézet minden részén lehetséges. A trikóba épített vezetékrendszer egy zsebben lévő műszerhez továbbítja a jeleket, a műszer pedig az így fölvevő adatokat eljuttatja a megfigyelőközpontba, ahol a befutó adatokat folyamatosan értékelik. A trikó érzékelői mérik a páciens testhőmérsékletét, a megfelelő helyekre épített elektródák segítségével fölveszik az EKG-görbét és a programtól függően mind az ápolószemélyzet, mind a beteg számára jelzést adnak, ha a szív túlságosan gyorsan vagy lassan ver. Még fontosabb, hogy szabálytalan szív működés esetén a műszer riasztójelzéssel figyelmeztetheti a beteget és a környezetében lévőket. A trikó épületen belül lévő viselőjéről a műszerek nemcsak azt jelzik, hogy hol tartózkodik, hanem még azt is, hogy éppen sétál valamerre, illetve ül vagy fekszik valahol. A különleges ruhadarab helyét a központ kétméteres pontossággal tudja bármikor megadni. A szerkezet első változata öt beteg párhuzamos megfigyelésére alkalmas és ennek tapasztalatai alapján folyik a műszer tökéletesítése. A spanyol kutatók arra is ügyeltek, hogy a pólóba bújtatott vezetékek vízállóak legyenek, ezért a ruhadarab mosható. A speciális ing iránt élénken érdeklődnek a versenysportolókkal foglalkozó doktorok, mert

azt remélik, hogy ezzel a módszerrel a sportolók eddig rejtett és váratlanul végzetes szívritmuszavarai korábban főlismerhetők.

Az új technikát az International Hospital ismertette.



Pulzus, vérnyomás és testhőmérséklet figyelésére alkalmas trikók⁷

1.6.2 Sportolók számára fejlesztett ruházatok

A kommunikációs textilek másik fő fejlesztési iránya a professzionális- és versenysportolók igényeinek kiszolgálása. Mivel minden sportág élenjáró versenyzői igyekeznek magukból a maximális teljesítményt kihozni, a hatékony edzéstervek kialakításához jó segítség lehet az intelligens ruházat alkalmazása. Az ilyen speciális mezekben beépített szenzorok érzékelik a játékosok biometrikus jeleit, a testhőmérséklettől kezdve a szívverésen át a levegővételig. Az adatokat másodpercenként küldi tovább az edzői stábnak, így pontos képet kapnak a futballisták teljesítményéről, fáradtságáról és edzettségi állapotáról. Az angol élvonalbeli labdarúgóligában a Tottenham Hotspurs csapata kísérleti jelleggel elkezdte használni ezeket a ruházatokat, melyeket egyenlőre mérkőzéseken még nem viselhetnek a játékosok, ugyanis a technikai újítás bevezetéséhez még a Nemzetközi Labdarúgó Szövetség (FIFA) jóváhagyása szükséges. Minden esetre jól látható, ahogyan az eredetileg katonai használatra szánt technológia lassan begyűrűzik az élsport világába

⁷ Forrás: medicalautomation.org, crunchwear.com

is. Ezzel az eszközzel elkerülhetőek a manapság sajnálatos módon egyre gyakoribb, a sportolók fizikai túlterhelése miatt a pályán történő halálesetek. A kommunikációs textilek fajtáihoz sorolható még egy jelentős fejlesztés, amit egy amerikai sportszergyártó és egy számítástechnikával foglalkozó cég, a Nike és az Apple együttműködésének köszönhetünk. A találmány lényege, hogy a futók által sportolás közben előszeretettel használt zenelejátszót és a jeladóval ellátott futócipőt vezeték nélküli kapcsolattal összekötik. A zenelejátszóhoz kapcsolt érzékelő egység veszi a futócipő által küldött jeleket, és a sportolás végeztével a zenelejátszó memóriájából lehívott adatokat számítógépen lehet kiértékelni. Így mérhető a futás alatt megtett lépések számából a lefutott távolság, a mozgás közben eltelt idő, és nem utolsósorban a felhasználó saját teljesítményét tudja fejleszteni a fenti adatok ismeretében. Szintén futók számára kifejlesztettek egy segédeszközt a megfelelő futócipő kiválasztásának megkönnyítésére. Az eszközt a lábszárra kell csatolni, mely egy próbacipővel is kapcsolatban van: a cipőben elhelyezett szenzorok a megtett lépéseket különböző erőhatások szempontjából vizsgálják, mindegyik szenzor más-más erőhatást érzékel. Az Achillex nevű eszköz feldolgozza az adatokat, és egy program segítségével a sportoló igényeinek legmegfelelőbb futócipőt segít kiválasztani.



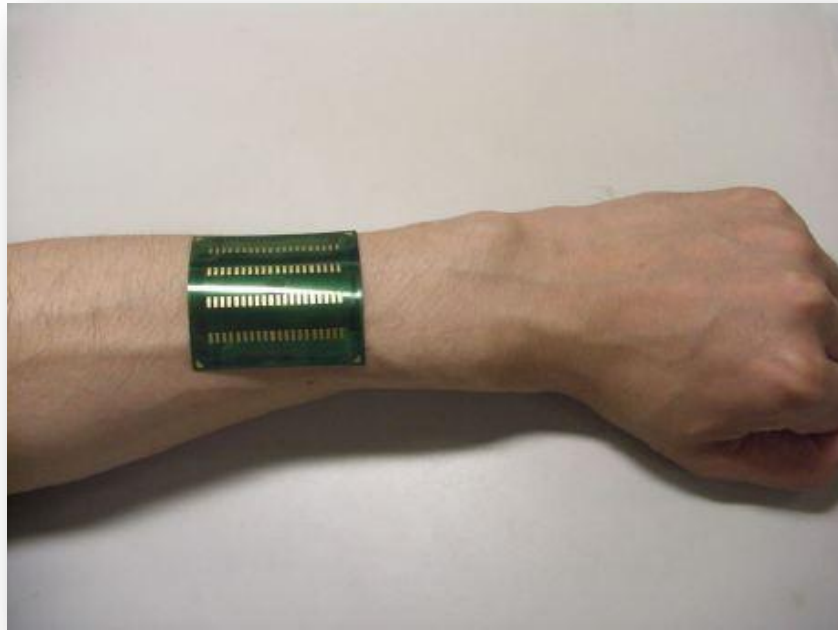
Az Achilles nevű eszközzel mérhetőek és értékelhetőek a futás közben fellépő terhelések

8

1.6.3 Környezeti energiákat elektromos energiává alakító ruházatok

Az elmúlt években egyre vonzóbbá vált az a lehetőség, hogy a fény, rezgés, hő, rádióhullámok stb. formájában jelen lévő környezeti energiát használják fel, és többféle módszert is kidolgoztak a különböző forrásokból történő áramtermelésre. Az energiagyűjtés (energy harvesting) az a folyamat, amelynek során a közvetlen környezetből gyűjtött energiát alakítják árammá. Az energiagyűjtés technológiája feleslegessé teszi az akkumulátorcserét és az elektromos vezetékek használatát. A környezeti fényből, rezgésből, hőből, rádióhullámokból stb. gyűjtött energia felhasználásával termelhető áram mennyisége elenyésző az erőművekből és az akkumulátorokból kinyerhető volumenhez képest, de remek megoldás a kis energiaigényű eszközeink táplálására. A Fujitsu nevű japán elektronikai cég új hibrid energiagyűjtő eszköze a fény- vagy hőenergiát alakítja árammá. Ez a két legjellemzőbb, széles körben rendelkezésre álló környezeti energiaforrás. Egyetlen eszközzel gyűjti a fény- vagy hőenergiát anélkül, hogy ehhez két külön megoldást kellene kombinálnia. Ráadásul olcsó szerves anyagokból készül, így előállítási költsége alacsony. Ez idáig a fényenergiát árammá alakító fotovoltaiikus cellák és a hőmérsékletkülönbségből áramot termelő termoelektromos megoldások csak külön eszközökben voltak elérhetők. A Fujitsu új rendszere dupla áramtermelési potenciált kínál, mivel egy eszközben képes hasznosítani a környezeti hőt és a fényt. Egészségügyi célú alkalmazás esetén a technológia felhasználható például a fontos változók (pl. testhőmérséklet, vérnyomás, pulzus) alakulását figyelő érzékelőkben - akkumulátorok és elektromos vezetékek nélkül. Ha a környezeti fény vagy hő önmagában nem elegendő az érzékelő táplálására, a technológia mindkét forrást igénybe veszi az áramtermelésre. A megoldás az időjárás-előrejelzések készítését támogató környezeti érzékelőkben is felhasználható olyan távoli helyszíneken, ahol nehéz akkumulátort cserélni vagy elektromos vezetékot fektetni. Ezeket az eszközöket a ruházatba építve lehetőségünk nyílik különböző elektromos eszközök akkumulátorainak töltésére, mint például a mobiltelefonunk, zenelejátszónk, vagy túrázás, síelés esetén egy jeladásra is képes GPS, vagy lavina detektor..

⁸ Forrás: 1stplacesports.com



A Fujitsu cég által kifejlesztett hibrid energiagyűjtő film, mely a ruházatba építhető⁹

1.6.4 Divat

A kommunikációs textilek leglátványosabb megjelenési formája a divathoz kapcsolódik. Legtöbbször világító elemeket helyeznek el ezzel a technológiával a ruhákban, aminek a célja elsősorban a látványkeltés. Készültek már különböző alkalmi látványruhák, melyeken apró LED-eket helyeztek el, melyek a viselője mozgása hatására változatos fényjátékkal kápráztatják el a kifutót figyelő közönséget. Népszerű a fiatalok között az a buli póló is, melyen egy digitális equalizert(hangszínszabályozó) ábrázoló LED panel található, ami egy hangfrekvencia-érzékelő eszközzel áll kapcsolatban. Ez az eszköz érzékeli egy beépített apró mikrofon segítségével a szórakozóhelyen szóló zene hangmagasságát, és a LED panelen látható equalizer oszlopokat a zene ütemére ritmikusan mozgatja.

Kísérleteznek olyan rendszerrel is, amelyet szórakozóhelyeken lehet használni a hasonló érdeklődésű emberek egymásra találásának megkönnyítéséhez. A működési elv alapja, hogy a buliba belépők kapnak egy vezeték nélküli hálózaton működő kitűzött (vagy egy erre a célra elkészített pólót), ami tárolja az előzetesen interneten megadott adatokat a zenei ízlésre, kedvenc időtöltésre és kapcsolati státuszra vonatkozóan, és ha

⁹ Forrás: ecofriend.com

egymás közelében két egyező adatokkal rendelkező ember találkozik, a kitűző vagy póló azonos színben villan fel.

Ezek a megoldások egyszerre látványosak és szórakoztatóak, azonban az intelligensnek nevezett textilek világának csupán egy kis szeletét mutatják be. A mikroelektronika nagyléptékű fejlődésének köszönhetjük ezeket a ruházatokat, melyeken keresztül mindenki bepillantást nyerhet az intelligens textilek és a belőlük készülő ruházatok világába, ezzel is megalapozva a későbbi fogyasztói igényeket és piacokat.



„Mozgó” LED díszítéssel ellátott póló¹⁰



LED-ekkel átszőtt alkalmi ruha¹¹

¹⁰ Forrás: ecofriend.com

¹¹ Forrás: mydisguises.com

2. Környezetével kommunikáló intelligens láthatósági mellény

A dolgozat témájának kiválasztásakor elsősorban az intelligens textilekkel kapcsolatos érdeklődésem adta a motivációt. Szerettem volna mélyebb ismereteket szerezni ebben a témában, és kidolgozni egy olyan terméket, melyet a gyakorlatban is nagy haszonnal lehet alkalmazni. Több intelligens ruházati termék ötlete közül végül a környezetével kommunikálni képes láthatósági mellényt választottam. A láthatósági mellény funkciója és formai követelményei adottak voltak. A továbbfejlesztés célja egy sokoldalúbb, hasznosabb és hatékonyabb eszköz létrehozása. Az alapötletet az előző fejezetben említett LED díszítéssel ellátott buli- pólók adták, és magától értetődő volt a kérdés, hogy ezt a technikát miért ne lehetne a szórakozáson kívül más területen is alkalmazni? Így jutottam el a konkrét termékötletig, azzal a kiegészítéssel, hogy ez esetben egy mikrovezérlő egységet is beépítettem a ruhába.

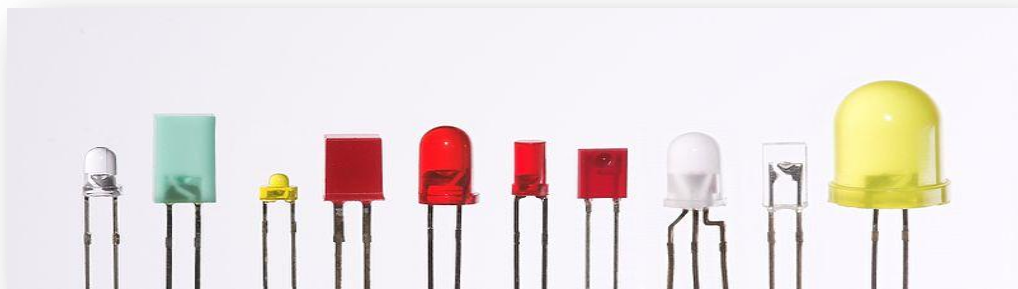
A LED-ek a világítástechnikában „reneszánszukat” élik, köszönhetően az elektronika fejlődésének. Meg kell említenünk használatukkal kapcsolatban az alacsony energiafogyasztást és a nagy fényerőt is, melyek együttesen lehetővé teszik széleskörű alkalmazásukat. Nem csoda, hogy a merészebb termék- illetve ruhatervezők is megalkottak már világító ruhákat, melyeknek azonban az esztétikus megjelenésen kívül nincs más funkciójuk. Mint minden újszerű technika és eljárás, a LED-ek is elsősorban műszaki illetve speciális munkavégzéshez kapcsolódó öltözékekben lehetnek hasznosak, és csak ezután jöhetnek számításba a „hétköznapi” ruhadarabok. A láthatósági mellény tehát továbbfejleszthető a viselője észlelhetőségét fokozó világító elemekkel, és ez akkor válik intelligenssé, ha a viselőjének nem kell közbeavatkoznia ahhoz, hogy a ruházat a környezeti hatások változásaira gyorsan reagáljon.

2.1 A LED fogalma, fajtái

A LED, más néven világító dióda félvezető anyagból készült fényforrás. Angol eredetű neve, a Light Emitting Diode rövidítéséből származik. Ahhoz, hogy a LED működését megértsük, először a félvezetőkről kell néhány szót ejteni.

Félvezetőknek nevezzük azokat az anyagokat, amelyek fajlagos ellenállása a vezetők és a szigetelők közé esik. A félvezetők fajlagos elektromos vezetése szoba hőmérsékleten $10^{-9} - 10^3 \text{ 1}/\Omega\text{cm}$, vagyis gyengén vezetik az áramot és nem jók szigetelőnek sem.

Nagyon alacsony hőmérsékleten a félvezető szigetelőként viselkedik, de szobahőmérsékleten ún. saját vezetése van. A másik jellemző tulajdonságuk az ellenállásuk hőfokfüggése. A félvezetők ellenállásának aránya a hőmérséklet növekedésével exponenciálisan csökken. Tehát elektromos ellenállásuk negatív hőmérsékleti együtthatóval rendelkezik. Ezért fontos például a processzorok hűtése a számítógépben, ezáltal megakadályozhatjuk vezetési tulajdonságuk csökkenését a hőmérséklet növekedésekor. A félvezetőknél az ún. vegyértéksáv és a vezetési sáv közötti tiltott sáv mindössze pár elektronvolt (a germánium esetében 0,7 eV, a szilícium esetében 1,1 eV). Sok elektron már szobahőmérsékleten is rendelkezik akkora termikus energiával, hogy átugorjon a vezetési sávba, pozitív töltésű mozgékony lyukat hagyva



Különféle LED típusok és tokozások¹²

maga után. Így a vezetési sávban az elektronok, a vegyértéksávban pedig a lyukak keletkeznek. A töltéshordozók kialakulása révén az anyag vezeti az elektromos áramot. A félvezető ellenállásának csökkentése érdekében a félvezetőt „szennyezik” (ötözik). Az alkalmazott szennyező atomnak egyel több vagy kevesebb elektronja van, mint a félvezetőnek. Ha eggyel több, akkor negatív (N) típusú félvezetőről beszélünk (az adalék atomokat pedig donornak nevezik), ellenkező esetben pozitív (P) típusúról (az adalékatomokat pedig akceptoroknak nevezik). Az N típusú félvezetőben már alacsony hőmérsékleten is az összes donor elveszít egy elektront, és ezek a vezetési sávba kerülnek, így növelve a vezetőképességet. P típusú félvezető esetében az akceptorok a vegyértéksávból megkötnék egy-egy elektront, így növelve a lyukak koncentrációját és ez által növelve a vezetőképességet.

¹² Forrás: except.nl

A félvezetőket az elektronikában már több mint 50 éve használják. Belőlük épül fel az egyenirányító dióda, a tranzisztor, és még sok más elem (tirisztor, LED, fotodióda).

A LED által kibocsátott fény színe a félvezető anyag összetételétől, ötvözőitől függ. A LED inkoherens keskeny spektrumú fényt bocsát ki. A fény spektruma az infravöröstől az ultraibolyáig terjedhet. A fény úgy keletkezik, hogy a diódára adott áramforrás a dióda anyagában levő atomok elektronjait gerjeszti, amitől azok nagyobb energiaszintű elektronpályára lépnek, majd miközben visszatérnek eredeti energiaszintjükre, fotonokat bocsátanak ki. Nyitóirányú áram esetén a félvezetőben a PN átmeneten az elektronok az N rétegből a P-be, a lyukak a P rétegből az N-be diffundálnak. A diffúziós kisebbségi és többségi töltéshordozók között rekombinációs folyamat indul meg, melynek során a felszabaduló energia fotonok formájában kisugárzódik. Nagyobb feszültség hatására nagyobb a kisugárzott fotonok mennyisége, egészen egy bizonyos nyitóirányú áramértékig, ahonnan már nem számottevő a változás. A sugárzás csak úgy jöhet létre, ha az elektronok átkerülnek a nagyenergiájú vezetési sávból a kisebb energijájú vegyértéksávba. Az elektron eme állapota nem stabil, hanem egy kis idő elteltével visszaugrik az eredeti elektronpályájára. A többletenergia, amivel előzőleg képes volt feljebb lépni, sugárzás formájában hagyja el az atomot. Ez a sugárzás a hullámhossztól függő, fény formájában jelentkezik. A rekombinációknak körülbelül az 1%-a jár foton kibocsátással, míg a többi hőtermeléssel. Legnagyobb hatásfokkal az infravörös fénydióda rendelkezik (1-5%), a többinél ez 0,05% alatt van. A LED-ek előnye, hogy a kimeneti fény előállításához alacsony áramot és feszültséget igényelnek, nagy a kapcsolási sebesség, kis helyen elférnek, ütésállóak és nagy az élettartamuk. Különböző színű fényt képesek kibocsátani, a fény színe a félvezető anyagtól függ.

LED készítéséhez alkalmazott összetevők

Anyag	Szín	Hullámhossz
Gallium-arzenid (GaAs)	infravörös	940 nm
Gallium-alumínium-arzenid (AlGaAs)	vörös és infravörös	890 nm
Gallium-arzenid-foszfid (GaAsP)	vörös, narancs és sárga	630 nm
Gallium-foszfid (GaP)	zöld	555 nm
Gallium-nitrid (GaN)	zöld	525 nm
Cink-szelenid (ZnSe)	kék	~500 nm
Indium-gallium-nitrid (InGaN)	kék	450 nm
Szilícium-karbid (SiC)	kék	480 nm
Gyémánt (C)	ultraibolya	400 nm

2.2 LED-ek alkalmazása

A LED-eket ma már számtalan területen fel tudják használni, de alapvetően két nagy csoportot különböztetünk meg, a kültéri és a beltéri alkalmazásokat. Beltéri alkalmazási példák: hagyományos izzók felváltása nagy teljesítményű, ún. LED cluster-ekkel (LED fényforrás), hangulat-világítás, rejtett világítások, biztonsági világítások mozik lépcsőjén, konyhabútorok, szekrénybelsők kivilágítása, műszaki cikkekben jelzőfények, kijelzők, újabban pedig televízió-képernyők, projektorlámpák. Kültéri alkalmazási példák: közvilágító lámpatestek, épületek díszkivilágítása, napelemes közvilágító lámpák, emlékmű- megvilágítás, fényreklámok, közlekedési lámpák és jelzések, autófényszórók, kivetítők, kültéri kijelzők. A fentiekől kissé eltérő felhasználási mód a már ismertetett kommunikációs textilek és ruházatok világa, ennek ellenére egyre szélesebb körben terjed és egyre meghökkentőbb és ötletesebb termékek születnek.

2.3 A láthatósági ruhadarabok fontossága

A jó láthatóságot biztosító ruházat (high visibility, HV) egyfajta egyéni védőeszköz (Personal Protective Equipment, PPE), azaz ide tartozik minden olyan ruházat, amely erős fényvisszaverő tulajdonsággal rendelkezik, így annak viselője könnyen felismerhetővé, láthatóvá válik - például a sötétben, amikor egy autó fényforrása rávetődik a fényvisszaverő csíkokra. A nagyobb láthatóság biztosítása érdekében napközben a fényvisszaverő csíkok mellett élénk, fluoreszkáló színeket használnak háttér anyagnak, hogy a ruházat viselője gyenge látási viszonyok és rossz időjárási körülmények között is jól látható legyen.

2.4 A láthatósági ruhadarabokról

Jól látható ruházatot elsőként 1965-ben az Egyesült Királyságban a Londoni Midland régió vasúti dolgozói viseltek. Az akkori tapasztalatok alapján úgy gondolták, hogy a nagy sebességű, villamosított mozdonyok halkabbak, ezért az úthálózat mellett dolgozók nem biztos, hogy időben észlelik a gyors iramban feléjük közeledő szerelvényt. Az első zeke-szerű mellény normális látási viszonyok között már fél mérföldről (kb. 750 m) látható volt. Ennek a ruhának a bevezetésével az 1970 évek

elejére lényegesen csökkent az Egyesült Királyság vasúti dolgozói körében a sérülések és a halálozások száma. Magyarországon a nyolcvanas évektől kezdve viselnek jól láthatóságot biztosító (a köznyelvben „kukás”) mellényeket az utcaseprők, köztisztasági munkások, és a szemeteskocsik kezelői. Már a rendszerváltás idején is volt a Magyar Rendőrségnek olyan ruhadarabja, ahol fényvisszaverő csíkokat alkalmaztak. Ilyen volt például a szürke télikabát, amelynek az ujja alá üveggyöngyös ezüst csíkokat helyeztek el. Később, a 2001 és 2004 között lezajlott egyenruhaváltásnál bevezettek az akkori magyar EN 471-es szabványnak megfelelő jó láthatósági mellényt, amelynek az elején és a hátán fényvisszaverő Rendőrség felirat volt. Az elgondolás jó volt, hogy minden járőrnek és az utakon dolgozó rendőröknek legyen mellényük, de sajnos senki nem gondolt arra, hogy az állampolgárnak nehéz lesz megkülönböztetnie egy rendőrt a többi személytől, aki a rendőrségi mellényekhez hasonló jó láthatósági ruhát ölt magára, valamint a visszaélésekre is alkalmat adhat egy hasonló ruhadarab viselése. A fenti hibalehetőségek kiküszöbölésére indult meg 2005- ben egy új jó láthatósági mellény kifejlesztése a Látható Rendőrség projekt keretein belül. A legfontosabb szempont a fejlesztésnél az egyediség (szervezeti hovatartozás) jelölése és a jobb láthatóság, ezáltal a más szervezetektől és egyéb cégeknél foglalkoztatott utakon dolgozók körétől való jobb elkülönülés biztosítása volt.

Ezek az előzmények vezettek az európai EN 471-es norma kialakításához, amit ma Magyarországon a jogharmonizáció következtében MSZ EN 471:2003+A1:2008 szabványként alkalmazunk. A szabvány meghatározza, hogy egy jó láthatóságot biztosító öltözetnek milyen előírásokat kell teljesítenie, ide értve a háttér anyagot, a fényvisszaverő csíkokat és e kettő arányát is. A követelményszintek alapján meghatározható, hogy az egyes ruhadarabok milyen osztályba sorolhatóak. A szabványban javaslatok találhatóak a fényvisszaverő csíkok elhelyezésére is. Az alábbi táblázat bemutatja a ruházatok osztályba sorolását, és az osztályok követelményeit a háttér- és fényvisszaverő anyagok arányaival kapcsolatban.

Anyag neve	Osztály		
	3	2	1
Háttéranyag	0,80	0,50	0,14
Fényvisszaverő anyag	0,20	0,13	0,10
Kombinált tulajdonságú anyag	–	–	0,20*

* Alternatív lehetőség a háttéranyag és a fényvisszaverő anyag alkalmazása helyett.

2.5 Elterjedt mellényformák, kialakítások

Ma már számtalan gyártó kezdett a hagyományos láthatósági mellények gyártásába, sokan úgy próbálnak egyedi megjelenést kölcsönözni a ruhadarabnak, hogy a szabását, a visszaverő felületek elhelyezését és kialakítását, illetve a záródását változtatják meg az alapmodellhez képest. Az alapmodellt szinte mindenki ismerheti, hiszen ez az a típus, amelyet tömegtermékként már minden nagyobb hipermarketben, barkácsáruházban és autós szaküzletben megtalálhatunk. Ez mereven követi a rá vonatkozó szabványmegkötések az anyagminőségre, a háttér- és visszaverő anyagok arányára vonatkozóan. Szabása ennek megfelelően bő, zsákszerű, legtöbbször egy méretben készül, nem nevezhetnénk „divatos” viseletnek, és kényelmesnek sem. Igaz, a feladata nem is az, hogy öltöztessen, hanem hogy láthatóvá tegye viselőjét. A láthatósági mellényeknek az alapmodelltől elérő változatai inkább a szabadidős tevékenységek üzöit szolgálják ki: kerékpárosokat, terepfutókat, kutyasétáltatókat, vadászokat. Ezeknél a típusoknál már szabadabb kezet kap a termék tervezője, megengedettek a divatos szabásvonalak, fényvisszaverő díszítések, logók, változatos záródási módok. Ez azért nagyon fontos, mert a divatosabb darabokat azok is szívesen viselik, akik egyébként a hagyományos bő szabású egyen mellényt nem szeretik. A tervezés során a szabást a szabadidős tevékenységek jellegzetes mozdulataihoz tudják kialakítani, így valóban kényelmes és jól használható viseletet hozhatunk létre. A termék funkcióinak listája tehát ebben az esetben kibővül, többletfunkciók épülnek be, mint a kényelem, praktikusság és a tetszetős megjelenés.



Különböző láthatósági ruhadarabok¹³

2.6 Az „intelligens” láthatósági mellény tervezési folyamata

A dolgozatban bemutatásra kerülő mellény tervezésénél a piacon jelenleg kapható mellények szabását, kialakítását tanulmányoztam, és több lehetséges változatot is készítettem ezek alapján. Olyan terméket szerettem volna létrehozni, amely a beépített elektronikus eszköz mellett divatos és kényelmesen viselhető is, akár alkalmyszerű, akár rendszeres, folyamatos használatról van szó. A tervezés során inspirációs forrásként az interneten található fényképeket és termék leírásokat használtam fel.

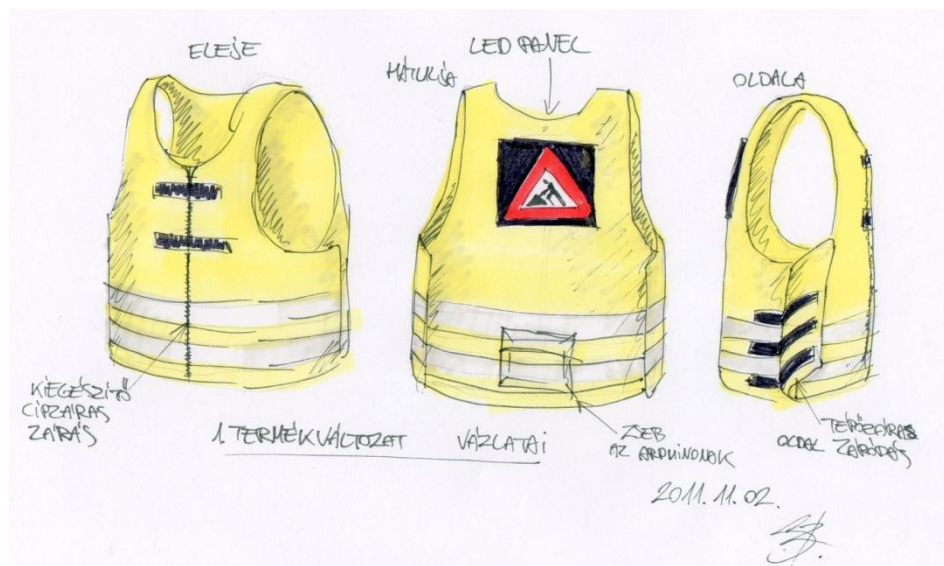
A termék vázlataiból végül három tervváltozat született meg. Az első terv egy gyakori használatra szánt mellény, amely utakon történő munkavégzéshez, útépítéshez és forgalomirányító feladatok betöltéséhez használható, tehát folyamatos viselésre alkalmas. A nagyobb kényelem érdekében cipzárral záródik, hogy könnyen fel- illetve le lehessen venni, illetve hogy meleg esetén biztosítsa a test hőcseréjét. A világító LED panel a mellény hátán került elhelyezésre, de forgalomirányítási feladatokhoz lehetőség van a mell-részen is elhelyezni egy panelt. A paneleket tépőzárral lehet rögzíteni, kapcsolódásukat apró csatlakozók teszik lehetővé. A vezérlő elektronika és az

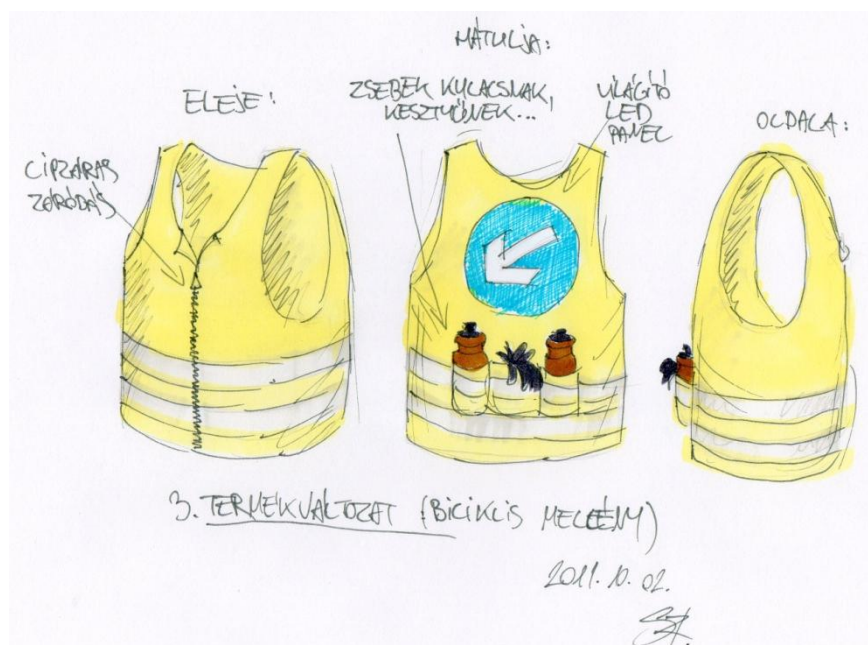
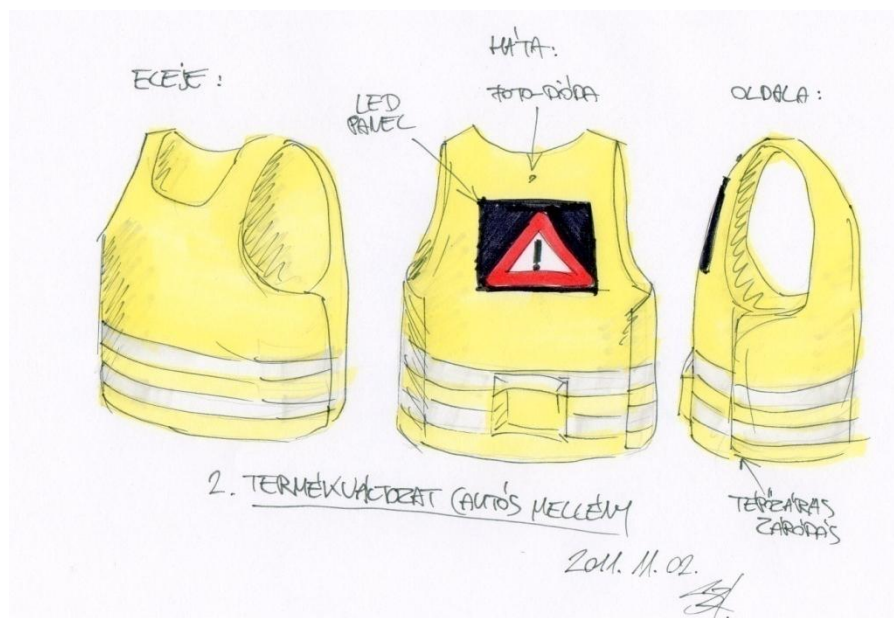
¹³ Források: powerbike.hu, roadside.hu, vedocipo.hu, decathlon.co.hu

akkumulátor a mellény hátán kialakított kis zsebben van elhelyezve, a vezetékek a mellény anyagába vannak bevarrva.

A második változat alkalomszerű használatra alkalmas, leginkább személygépkocsik állandó kelléke lehet. Funkciója az információközlés műszaki hiba, kerékcseré stb. esetén, így az úton közlekedők is tájékozódhatnak leállásunk okáról, és akár a segítségünkre is siethetnek. A mellény szabása itt is testhezállóbb, záródása kétoldalt, tépőzárakkal történik, viselője derékméretéhez igazítható a bősége a tépőzárak révén. Az alak kialakítás átvető jellegű, tehát a fejünket kell átbújtatnunk a mellény nyakán, majd a mellény elejét és hátulját oldalt tépőzárral kapcsolhatjuk össze. A LED panel a hátoldalon található, szintén tépőzárral rögzíthető. Az elektronikai alkatrészek az első változattal megegyező módon épülnek be.

A harmadik változat a kerékpárosok igényeinek kielégítését célozza. Az elmúlt években a városi kerékpárosok száma ugrásszerűen megnőtt, sokan sajnos még mindig megfelelő kivilágítás nélkül közlekednek. A mellény biciklisták számára tervezett változata ezen igyekszik javítani. A mellény kialakítása az első két változat formai elemeit kombinálja: elől cipzárral záródik, a hátán szintén megtalálható a világító LED panel. Kiegészítésképpen a kerékpáros mezek mintájára a hátoldalon zsebek kerültek kialakításra lakáskulcs, kulacs, kerékpáros kesztyű tárolására. Ezeket a zsebeket kényelmesen elérheti hátranyúlva a bringás, és nem akadályozza őt a szabad mozgásban. A következő oldalakon a három termékterv vázlatai láthatóak.





A három termékterv vázlatai¹⁴

¹⁴ Forrás: saját rajzok

2.7 A termék leírása

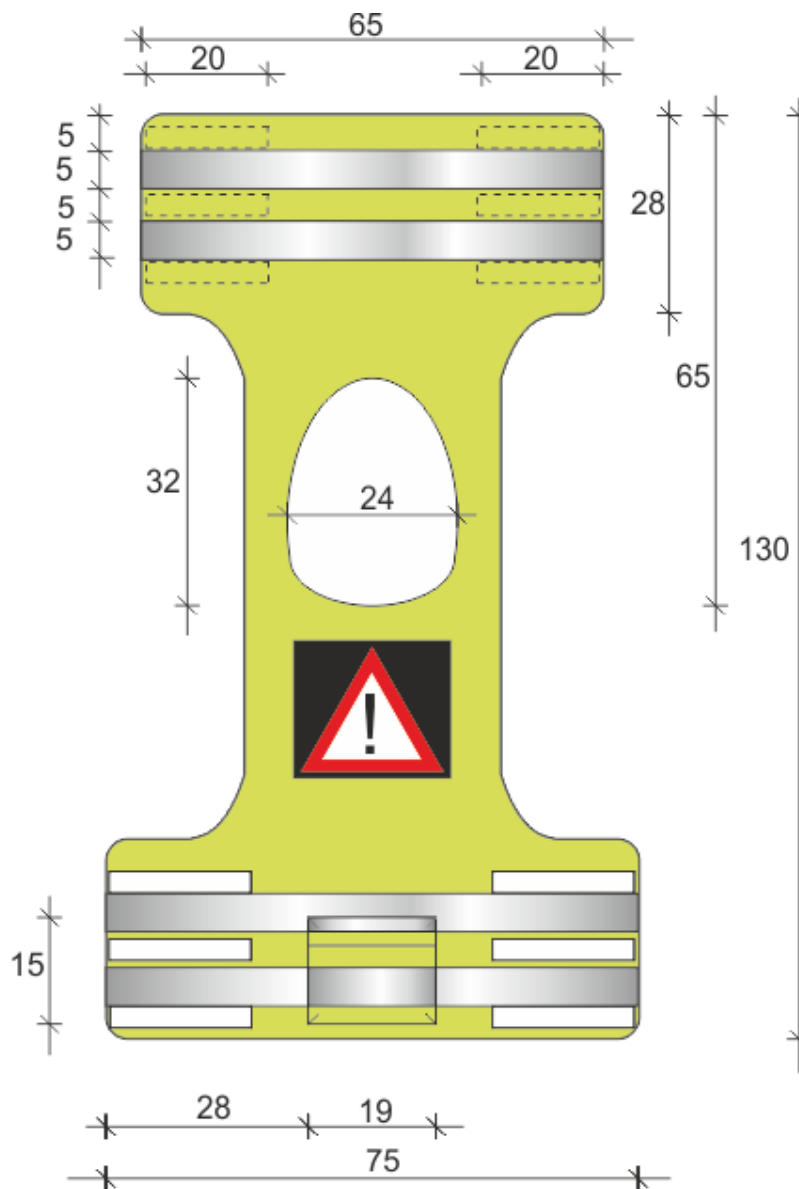
A termék alapanyaga az MSZ EN 471: 2003-as szabványnak megfelelő sárgás- zöld fluoreszkáló szövet és 5 cm széles fényvisszaverő szalag. A szabvány meghatározza azt is, hogy a láthatósági mellénynek legalább $0,5 \text{ m}^2$ háttéranyaggal és $0,13 \text{ m}^2$ (2,6 m hosszú, 5 cm széles) fényvisszaverő felülettel kell rendelkeznie ahhoz, hogy megfeleljen az A és B típusú úton, vagy annak közelében dolgozó személyek számára, ideértve a sofőröket is. A mellény átvető kialakítású, oldalt záródik, tépőzár segít a viselője derékméretéhez igazítani a bőséget. A mellény hátoldalán tépőzárral rögzíthető és cserélhető LED világító panel található, melynek táplálásáról nagyteljesítményű, de kisméretű akkumulátor gondoskodik. Ezek az világító feltételek cserélhetőek, többféle, az adott helyzetnek megfelelő figyelmeztető jelzést lehet elhelyezni a mellény hátán. A LED-ek fényerőssége szabályozott: az áramkörbe egy ún. fotodióda van bekötve, mely a fényt alkotó fotonokat érzékeli. Ha a környezetből beérkező fotonok száma csökken, vagyis romlanak a látási viszonyok, a vezérlő egység a LED-ek másodpercenkénti felvillanásainak számát növeli, ezáltal erősebbnek érzékeljük azok fényét.

A vezérlő egység és az akkumulátorok egy erre a célra kialakított zsebben helyezhetőek el, a csatlakozóval ellátott vezetékek varrással vannak az anyaghoz rögzítve. A fotodióda a ruha nyakánál van elhelyezve, így a viselője nem tudja munkavégzés közben „beárnyékolni” azt. A termék tisztítása az akkumulátor és a vezérlőegység, illetve a LED-panel eltávolítása után történhet.

2.8 A termék prototípusának elkészítése

A három termékterv közül a második változat prototípusának elkészítése mellett döntöttem. A prototípusnak ez esetben kizárólag demonstrációs szerepe van, az itt alkalmazott megoldások nem a kidolgozott gyártási technológiát jelentik. A mellény alapanyaga HiVis 310 nevű, 60% PES/40% pamut összetételű sávoly szövésű textil. A fényvisszaverő anyag 9904 H/50 típusú, 50 mm széles szalag, mely 60°C -on 50 mosásig tartja meg fényvisszaverő képességét. A szalagot a mellény derekánál két sorban varrtam fel elöl és hátul. A mellény szélei dupla visszahajtással vannak elszegve. A tépőzárát világító panel hátára ragasztással, a mellényre varrással rögzítettem. A mellény záródását oldalt három sorban elhelyezett, 3 cm széles tépőzárral alakítottam ki. Az elektronikus alkatrészek zsebe kívülről hozzáférhető, egy

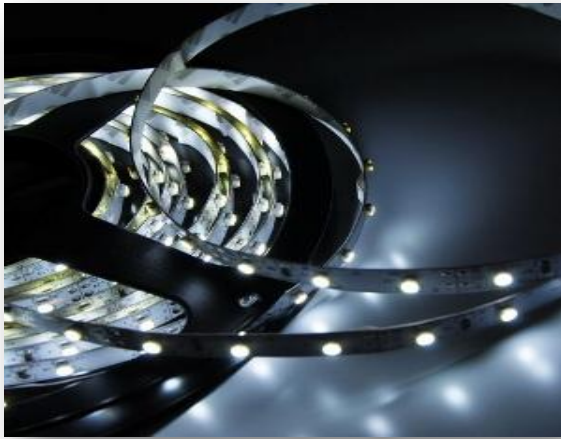
anyagráhajtás takarja le a zseb nyílását. A kapcsolatot képező vezetékek a mellény belső oldalán futnak egy bevarrt anyaggal eltakarva , így azokat tisztítás esetén nem szükséges eltávolítani. A világító panel elkészítéséhez öntapadó szalag formájában kapható LED-sorokat használtam, melyeket egy rugalmas, áttetsző polikarbonát lemezre ragasztottam fel. Az egyes szakaszok forrasztással kapcsolódnak egymáshoz, a panelt az akkumulátorral és a vezérlő elektronikával vezetékek kötik össze. A LED-eket szintén polikarbonát lemez fedi le, mely össze van ragasztva a hordozó lemezzel. A fedőlemezen fekete alapon fehér háromszög látható vörös kerettel, a háromszögben egy



A mellény kiterített, méretezett rajza¹⁵

¹⁵ Forrás: saját grafika

fekete felkiáltójellel. A LED-ek áramellátását és a fényérzékelő dióda által küldött jeleket egy programozható vezérlőeszköz, az Arduino kezeli és szabályozza. Ezt a programozható mikrovezérlőt kis mérete és tömege teszi könnyen beépíthetővé a ruházatba. A prototípus elkészítésénél a mikrovezérlő alap változatát használtam, de a végleges változatban az Arduino Lilypad nevű változat látja el a vezérlést, mivel mérete és kialakítása lehetővé teszi, hogy ne egy külön zsebben kerüljön elhelyezésre, hanem diszkréten a ruha belső felén lehessen varrással rögzíteni.



A világító jelzéshez használt LED szalagok¹⁶



A mellény hátán elhelyezhető LED panel¹⁷

¹⁶ Forrás: www.anrodiszlec.hu

¹⁷ Forrás: saját munka

2.9 Az elkészült prototípus



A mellény elől- és hátulnézete¹⁸



A LED panel működés közben¹⁹

¹⁸ Forrás. saját képek

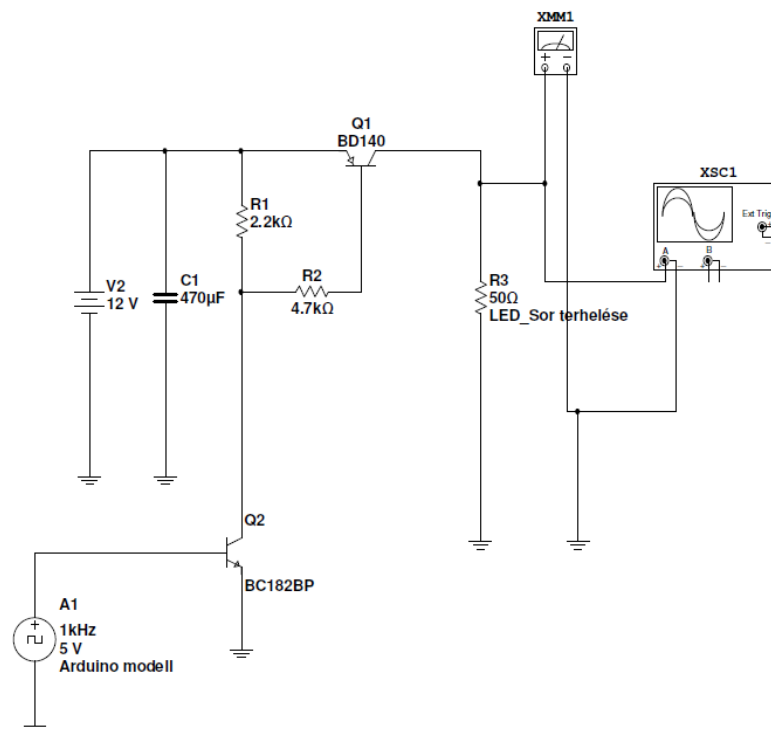
¹⁹ Forrás. saját képek

3. A mellénybe épített áramkör felépítése

A mellénynél használt LED-ek az Arduino rendszerhez csatlakoztatott áramköri lapon vannak bekötve. Az áramkör 12 Volt tápfeszültséggel működik, melyet egy nagyteljesítményű Lítium- ion akkumulátorcella biztosít. Az Arduino rendszer 5V feszültséggel működik.

Az áramkörben egy darab BD140-es és egy darab BC128-as típusú tranzisztor található. A két tranzisztor közé egy 2,2 kOhm-os és egy 4,7 kOhmos ellenállást kötöttem be, az ellenállások és az áramforrás között egy 470 μ F-os védőkondenzátor található. Az ábrán a Q1-el jelölt tranzisztor után kapcsolódik az áramkörhöz a LED sor, mely három diódaként belső védőellenállásokat tartalmaz. A LED sor kb. 250-500mA árammal terheli az akkumulátorokat.

Az áramkör megtervezéséhez internetes forrásokat használtam, tranzisztorok kapcsolása és LED-ek vezérlő kapcsolása témákban. Az áramkör elkészítése előtt a kapcsolásokat az- Electronic Workbench (National Instruments) program segítségével teszteltem és szimulációkat végeztem. Az alábbi kapcsolási rajz a végleges elrendezést mutatja, melyet szintén a fenti programmal készítettem.

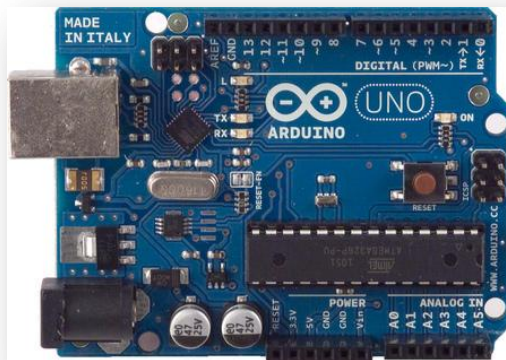


Kapcsolási rajz a LED-eket vezérlő áramkőről

Jelölések: A1: Arduino modell
 V2: áramforrás
 C1: védőkondenzátor
 R1, R2, R3: ellenállások
 Q1, Q2: kondenzátorok
 XMM1: digitális multiméter
 XSC1: oszcilloszkóp

3.1 Az Arduino modell bemutatása

Arduino egy nyílt forráskódú elektronikai prototípus platformon alapuló rugalmas, könnyen kezelhető hardver és szoftver együttese. Az Arduino interaktív tárgyak készítésére használható, számtalan kapcsolót vagy szenzort bemenetként olvasva, lámpák, motorok és egyéb kimenetek kimeríthetetlen választékát képes vezérelni. Az Arduino projektek lehetnek önállóak, vagy különböző számítógépes programokkal kommunikálhatnak. Az áramkör házilag is nagyon könnyen összeállítható, vagy készen megvásárolható; a nyílt forráskódú fejlesztőkörnyezet pedig szabadon letölthető. Az általam használt típus 14 db digitális ki- és bemenettel rendelkezik (melyekből 6 db használható PWM kimenetként), 6 db analóg bemenet található rajta. Az eszközbe egy mikrokontrollert integráltak, a programozáshoz egyszerűen csak csatlakoztatni kell a számítógéphez egy USB kábellel, energiaellátásáról hálózati adapter vagy akkumulátor gondoskodik.



A vezérléshez használt Arduino platform

3.2 A vezérlő program működése

Az Arduino rendszer vezérléséhez egyszerű példák találhatók a gyártó weboldalán, illetve a szabadon letölthető programban, melyek felhasználásával és módosításával készült el a vezérlő program. A világítás szabályozása a LED-ek fell villantásával történik, ennek időtartamát és gyakoriságát szabályozza a program másodperces időegységekre vonatkoztatva. A LED kimenet a 13-as digitális lábra van kapcsolva, bemeneti jelként pedig a fotodióda analóg jele szolgál. A bemeneti jel alapján az Arduino programja vezérli a LED-ek fényerejét. A program parancssorai a következők:

```
/*
```

Blink(villogás)

Turns on an LED on for a second, then off for a second, repeatedly. *(kapcsold fel a LED-et egy másodpercre, majd kapcsold le egy másodpercre, ismétlődően!)*

This example code is in the public domain. *(Ezek a példa kódok nyilvánosak)*

```
*/
```

```
void setup() {
```

```
  // initialize the digital pin as an output.
```

(Értelmezd a digitális lábat

kimenetként!)

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards: (A 13-as lábhoz LED-et csatlakoztattak az Arduino táblán)

```
  pinMode(13, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  int i;
```

```
  // digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
```

(Digitális parancs: kapcsold fel a LED-et!)

```
  // delay(100);          // wait for a second
```

(Várj egy másodpercet!)

```
  // digitalWrite(13, LOW); // set the LED on
```

(Kapcsold le a LED-et!)

```
  i=analogRead(A0);
```

(Analog beolvasás)

```
  analogWrite(9, i/4 );
```

(Analog parancs)

```
  delay(20);
```

(Késedelem(20))

```
  // for(i=1;i<=100;i++)
```

(i változó=1; i<=100; i++)

```
  // {
```

```
  //   analogWrite(9,i);
```

(Analog parancs)

```
  //   delay(15);          // wait for a second
```

(késés (15), várj egy másodpercet!)

```
  // }
```

// for(i=100;i>=0;i--)	(<i>i változó=100; i>=0; i--</i>)
// {	
// analogWrite(9,i);	(<i>analóg parancs</i>)
// delay(15); // wait for a second	(<i>Késés (15), várj egy másodpercet!</i>)
// }	
}	

4. Tapasztalatok a termékkel kapcsolatban

A termék prototípusáról elkészülés után igyekeztem gyakorlati tapasztalatokat gyűjteni. Egyrészt a termék szabásának, kidolgozásának megfelelőségéről, másrészt a láthatósági tulajdonságokról.

A mellény a szabásminta alapján elkészítve valóban kényelmes viselet vékonyabb és testesebb alkatú személyek részére is. A mozgásban nem akadályoz, testhezállóbb, kényelmesebb és divatosabb a hagyományos láthatósági mellénynél. A mellényt éjszakai fényviszonyok mellett is kipróbáltam, változó távolságokból készítettem róla fényképeket, és igazolást nyert, hogy a világító kiegészítéssel jobban láthatóvá vált a viselője.



Fényképek a mellényről különböző távolságokról²⁰

²⁰ Forrás: saját munka

5. Összefoglalás

Elképzelések és ötletek a termék továbbfejlesztéséről

Az intelligens láthatósági mellénnyel kapcsolatban összességében pozitív tapasztalatokat szereztem. Ebből kifolyólag több ötlet is megfogant bennem a termék lehetséges továbbfejlesztéséről, új felhasználási területeiről. Az alkalmazott elektronikai megoldásokat egyszerűsítve, kifinomítva lehetővé válna a termék piaci értékesítése nagyobb darabszámban is, hiszen jól kiegészíti és fokozza a világító jelzés a láthatósági mellény alaptulajdonságait. Hasznossága tehát nem kérdéses, hiszen az újítás munkavédelmi jelentősége nem elhanyagolható. Piacra történő bevezetése előtt azonban a modell tökéletesítésén kívül igényfelmérést és piackutatást is kell végezni. Pozitív piaci fogadtatás esetén érdemes lenne egy termék családot kifejleszteni, mely az igények széles skáláját ki tudja elégíteni. A mellény lehetséges továbbfejlesztésével kapcsolatban felmerült ötletként a béléssel kiegészíthető változat, amellyel télen a ruhadarab hőszigetelő szerepet is betölthet, ez kerékpárral közlekedőknek, kültéri munkát végzőknek lehet hasznos. A világító elemek elhelyezésének variálásával lehetővé válhatna, hogy a mellényt formaruhaként használják például forgalomirányító rendőrök is, vagy repülőtéri kifutón dolgozók. Olyan munkaterületeken, ahol a láthatósági ruházatoknak a legszigorúbb szabályoknak kell megfelelniük, a világító elemek számának növelésével fokozható ennek az elvárásnak a teljesülése. Az intelligens technológia tovább fejlesztéseként olyan rendőrségi kabátot lehetne kifejleszteni, melynek ujjában egy egyszerű érzékelő kapcsolja be a fényeket. Ha a rendőr felemeli a karját például egy forgalmas kereszteződésben, akkor ezt a kézmozdulatot érzékelve a beépített szenzor aktiválja a LED-es paneleket a kabát ujján, így messziről is látható a rendőr karjelzése a forgalomban. Ezeknek az ötleteknek a megvalósításához azonban elengedhetetlen egy fejlett technikai háttér, amellyel a szükséges szenzorok, vezérlők és LED világító elemek tartós használatra alkalmas kivitelben és minőségben elkészíthetők. Akár az is megoldhatóvá válhat a jövőben, hogy a nedvességre érzékeny elektromos alkatrészeket olyan jól szigeteljék, hogy mosás, tisztítás esetén se kelljen eltávolítani azokat a ruhából. Ehhez elengedhetetlen a közeljövőben a ruhatervezők és a szenzorikával foglalkozó elektronikai szakemberek szoros együtt működése, hiszen az intelligens ruházatoknak ez a fejlődési iránya még csak gyerekcipőben jár, de hatalmas piaci lehetőségeket rejt magában. És hogy hol lehet

a határ a technika és a ruházatok társítása terén? Könnyelműség lenne jóslatokba bocsátkozni, de valószínűleg olyan messzire kitolható, amelyről jelenleg még álmodni sem merünk.

A dolgozat elkészítéséhez nyújtott önzetlen segítségért köszönettel tartozom konzulenseimnek, Orcsik Gézáné műszaki tanárnak és Borka Zsolt mérnöktanárnak . Köszönöm továbbá Dr. Kokasné Dr. Palicska Livia egyetemi docensnek a forrásanyagok gyűjtésében nyújtott segítségért és Magyar Krisztina intézeti mérnöknek a prototípus elkészítése során nyújtott nélkülözhetetlen segítségét.

Irodalomjegyzék:

Zrínyi Miklós: *A huszonegyedik század anyagai: az intelligens anyagok* (Mindentudás Egyeteme előadás alapján)

Zrínyi Miklós: *Intelligens anyagok*. Magyar tudomány, 1996/6.

Erhard Hornbogen, Matthias Mertmann: „*Intelligens*” anyagok. Kohászat c. folyóirat, 130. évf. 7. szám, 1997, július hó.

Dr. Kokasné Palicska Livia: *Intelligens anyagok sajátosságai- Korszerű anyagok, high tech termékek a könnyűiparban*. Tantárgyi segédlet. Budapesti Műszaki Főiskola Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, 2007

Dobránszky János, Magasdi Attila: *Alakemlékező ötvözetek alkalmazása*. Jövőnk anyagai, technológiai c. folyóirat

Dr. Bánhegyi György: *Elektroaktív és egyéb intelligens polimerek*. 2005. február 2.

Dr. Garai Tamás: *Intelligens textilanyagok*.

Elisabeth Heimdal and Torben Lenau: *Physical tools for textile creativity and invention*.

DUCK – Journal for Research in Textiles and Textile Design- 2011. január 22.

Barna Judit: *GORE-TEX® – A véletlen felfedezés*. Magyar Textiltechnika folyóirat 2010/6. szám

Bencze Noémi: *Új jó láthatósági átvető a rendőrségnél*. Magyar Textiltechnika folyóirat 2010/1. szám

Skori weblapja: áramgenerátor és LED kapcsolások.

<http://skory.z-net.hu/kapcs/aramgenerator.html>

Arduino programozás, segédletek: <http://arduino.cc>