

МОЛЕКУЛЯРНИ ЕЛЕКТРОННИ КЛЮЧОВЕ – МОЛЕКУЛЯРЕН СВЕТОДИОД

Мила Илиева¹

¹Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, e-mail milailieva@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Статията представя един вид молекулярен електронен ключ – молекулярен светодиод. Описва се методологията, при която р-п преходът се заменя с органична молекула. Показва се структурата на молекулата, представят се графично етапите на производство и волт-амперните характеристики при различни условия. Дискутират се предизвикателствата пред технологиите за производство и предимствата на молекулярните светодиоди. Представя се следващата стъпка – гъвкави молекулярни светодиоди.

MOLECULAR ELECTRONIC SWITCHES – MOLECULAR LED

Mila Ilieva¹

¹Mining and Geology University "St. Iv. Rilski", 1700, Sofia, e-mail milailieva@abv.bg

ABSTRACT. The paper represents a kind of electronic molecular switches – molecular LED. Described is a methodology, in which the p-n junction is replaced with organic molecule. The structure of the molecule is shown. The steps of manufacturing and volt-ampere characteristics are graphically designed. Discussed are the challenges before manufacturing technology, the advances of molecular LED and the next step: flexible molecular LED.

Въведение

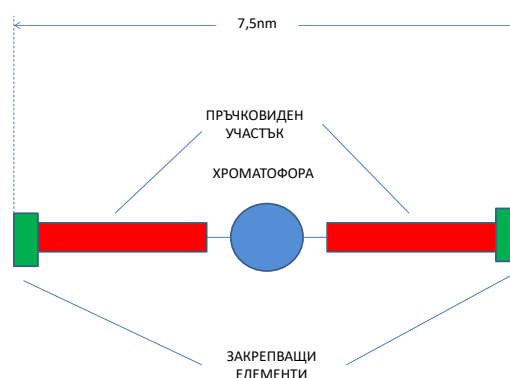
Електронният ключ е елемент, който има две състояния: включен или изключен, затворен или отворен, свързан или несвързан. Вид електронен ключ е светодиодът. Той се изработва от р-п преход с примеси, които променят забранената зона на полупроводника. Когато диодът е включен в права посока, електроните рекомбинират с дупките, реализирайки енергия под формата на фотони. Този ефект се нарича електролуминисценция. Цветът на светлината съответства на енергията на фотона и се определя от забранената зона.

Методология

Поради желанието за миниатюризация р-п преходът от полупроводници се заменя от органична молекула (Bardsley, 2004; Burroughes et al., 1990; MIT, 2011). Тя е проводима поради делокализацията на рi-електрони, предизвикана от конюгацията им върху цялата молекула или върху част от нея. Следователно молекулата функционира като органичен полупроводник. Тя може да бъде в кристална фаза или полимер.

Резултати

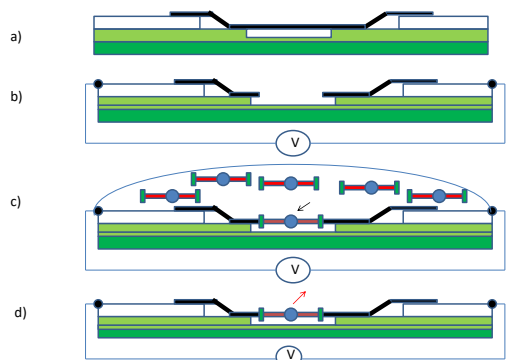
Една пръчковидна органична молекула е поставена между два електрода от метална едностенна въглеродна нанотръба (Christoph et al., 2010). **Фигура 1** показва структура на органична молекула, която се състои от хроматофора, разположена в центъра, две пръчковидни области и закрепващи елементи.



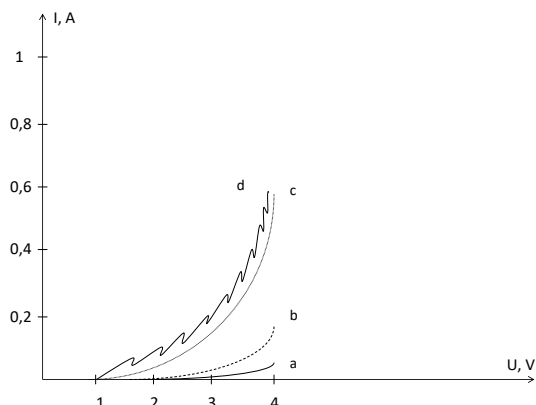
Фиг. 1: Структура на органична молекула: хроматофора, пръчковидни области и закрепващи елементи

Фигура 2 показва етапите на производство на елемента: а) диелектрофоретично нанасяне на метална нанотръба върху паладиеви електроди и силициев двуокис (SiO₂), б) електрическо въздействие във висок вакуум прекъсва нанотръбата, в) диелектрофоретично поставяне на поляризирана молекула от разтвор между двете нанотръби и формиране на преход нанотръба-молекула-нанотръба, г) излъчване на светлина от молекулата под напрежение.

Волт-амперната характеристика изразява напрежението, предизвикващо електролуминисценция. На **фигура 3** са показани волт-амперните характеристики на: а) една цяла въглеродна нанотръба, б) същата нанотръба след прекъсването ѝ, в) формирания преход нанотръба-молекула-нанотръба, г) производната на последната волт-амперна характеристика dI/dV .



Фиг. 2: Етапи на производството на молекулярен светодиод



Фиг. 3: Волт-амперни характеристики на етапите на производство на молекулярен светодиод

Дискусия

Основното предизвикателство е да се интегрира един низшестоящ обект (молекула) в една висшестояща структура (електроди) и да се осъществи контрол върху критичните размери. Освен това електронните и оптичните свойства на молекулата и на електродите въглеродни нанотръби трябва да се проектират така, че да бъдат възможни транспорт на електрони и излъчване на светлина.

Потенциалните предимства на органичните светодиоди включват висок контраст, цветова гама, ниско управляемо напрежение и широк ъгъл на изгледа. Възможно приложение е евтин тънък дисплей. Този дисплей се използва за направата на преносими електронни устройства като клетъчни телефони, цифрови камери и MP3 плейъри, а възможната бъдеща употреба включва осветление и телевизия.

Гъвкавите органични светодиоди излъчват светлина поради електролуминисценцията на тънък филм органичен полупроводник, дебел приблизително 100nm. Конвенционалните органични светодиоди обикновено се произвеждат върху стъклена подложка, но чрез заместване на стъклото с гъвкава пластмаса като полиетилен терефталат (Gustafsson et al., 1992) органичният светодиод може да се направи огъваем и лек. Такива материали не са

подходящи за елементи с неорганични полупроводници поради необходимостта от съответствие с кристалната решетка и високата температура на производствената технология (Burrows et al., 1997). За разлика от тях гъвкавите светодиоди могат да се произвеждат чрез нанасяне на органичен слой върху подложката, като се използва метод, заимстван от мастилено струйното принтиране (Bharathan et al., 1998; Hebner et al., 1998), позволяващо производство на ниска и огъваема печатна електроника.

Изводи

Тези резултати предлагат ново характеризиране на електронните ключове – на конвенционални и молекулярни и демонстрират потенциала на въглеродните нанотръби за прилагане в молекулярната електроника.

Литература

- [1] Bardsley, J N (2004). "International OLED technology roadmap". *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* **10** (1): 3–9. DOI:10.1109/JSTQE.2004.824077
- [2] Bharathan, Jayesh; Yang, Yang (1998). "Polymer electroluminescent devices processed by inkjet printing: I. Polymer light-emitting logo". *Applied Physics Letters* **72**: 2660. Bibcode 1998ApPhL..72.2660B. DOI:10.1063/1.121090
- [3] Burroughes, J H; Bradley, D D C; Brown, A R; Marks, R N; Friend, R H; Burns, P L; Holmes, A B; Holmes, A. B. (1990). "Light-emitting diodes based on conjugated polymers". *Nature* **347** (6293): 539–541. Bibcode 1990Natur.347..539B. DOI:10.1038/347539a0
- [4] Burrows, P. E.; Gu, G.; Bulovic, V.; Shen, Z.; Forrest, S. R.; Thompson, M. E. (1997). "Achieving full-color organic light-emitting devices for lightweight, flat-panel displays". *IEEE Transactions on Electron Devices* **44**: 1188–1203. DOI:10.1109/16.605453
- [5] Christoph W. Marquardt, Sergio Grunder, Alfred Baszczyk, Simone Dehm, Frank Hennrich, Hilbert v. Löhneysen, Marcel Mayor, Ralph Krupke, "Electroluminescence from a single nanotube–molecule–nanotube junction", *Nature Nanotechnology*, 2010, Volume: 5, Pages: 863–867
- [6] Gustafsson, G.; Cao, Y.; Treacy, G. M.; Klavetter, F.; Colaneri, N.; Heeger, A. J. (1992). "Flexible light-emitting diodes made from soluble conducting polymers". *Nature* **357** (6378): 477. Bibcode 1992Natur.357..477G. DOI:10.1038/357477a0.
- [7] Hebner, T. R.; Wu, C. C.; Marcy, D.; Lu, M. H.; Sturm, J. C. (1998). "Ink-jet printing of doped polymers for organic light emitting devices". *Applied Physics Letters* **72**: 519. Bibcode 1998ApPhL..72..519H. DOI:10.1063/1.120807.
- [8] "Inventor of Long-Lasting, Low-Heat Light Source Awarded \$500,00 Lemelson-MIT Prize for Invention". Massachusetts Institute of Technology. Washington, D.C.. April 21, 2004. <http://web.mit.edu/invent/n-pressreleases/n-press-04LMP.html>. Retrieved December 21, 2011