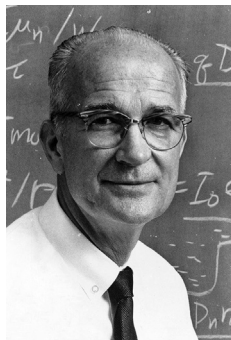


## William Shockley: rađanje informatičkog doba

Zlatko Sudar<sup>1</sup>



Kada se spomene informatičko doba, prvo pomislimo na računalo, pametni telefon, Internet, Google... Poneko pomisli na Silicijsku dolinu (eng. *Silicon Valley*), područje u Kaliforniji u Americi, gdje se nalazi većina najznačajnijih IT kompanija i odakle su krenule nove tehnologije i hi-tech usluge od tranzistora i mikroprocesora, preko Googlea, do Androida.

No, rijetki će se sjetiti imena i prezimena čovjeka kojeg IEEE Global History Network naziva *djedom Silicijske doline* i bez kog elektronika i informatičke tehnologije ne bi bile ovakve kakve su danas. Ali, to je možda i normalno, jer je od njegovog rođenja prošlo više od stoljeća.

Riječ je o američkom inženjeru, fizičaru i izumitelju Williamu Shockleyu (William Bradford Shockley, 1910. – 1989.) koji je 1956. g. dijelio Nobelovu nagradu za fiziku s Johnom Bardeenom i Walterom Brattainom za *radove na području poluvodiča i otkriće tranzistorskog efekta*.

William Shockley je rođen u Londonu 13. veljače 1910. u američkoj porodici. Njegov otac, William Hillman Shockley, je bio rudarski inženjer, a majka Mary (djevojačko Bradford) je, također u rudarstvu, bila jedna od prvih žena nadzornika u Americi.

Shockley je završio studij 1932. g. na Kalifornijskom tehnološkom institutu. Ubrzo poslije toga, oduševljen novostima u kvantnoj mehanici, nastavlja studije na Tehnološkom institutu u Massachusettsu (MIT) gde je i doktorirao 1936. g. kod profesora Johna C. Slatera, obranivši tezu pod nazivom *Calculations of Wave Functions for Electrons in Sodium Chloride Crystals* o energetskim nivoima u strukturi natrij-klorida.

Iste godine pristupa Bellovim laboratorijima (Bell Telephone Laboratories), gdje je radio u grupi pod rukovodstvom dr. C. J. Davissona do 1955. g., osim tijekom Drugog svjetskog rata kada je bio direktor istraživanja protupodmorničkog oružja pri Sveučilištu Columbia i savjetnik u Ministarstvu rata.

Odmah poslije rata Bellovi laboratoriji su 1945. g. osnovali grupu za fiziku čvrstog stanja. Na čelu su bili Shockley i kemičar Stanley Morgan, a pridružili su im se: teorijski fizičar John Bardeen, eksperimentator Walter Brattain, fizičar Gerald Pearson, kemičar Robert Gibney, električar Hilbert Moore i nekoliko tehničara. Zadatak im je bio pronaći poluvodičku zamjenu za elektronske cijevi koje su bile glomazne, nepouzdana i veliki potrošači energije.

Riječ poluvodič (eng. *semiconductor*, njem. *Halbleiter*) prvi put je upotrijebljena 1911. g. da označi materijal čija je električna vodljivost između metala (vodiča) i izolatora. U takve materijale spadaju elementarni germanij i silicij, te neki spojevi. Znanstvena objašnjenja svojstava poluvodiča uslijedila su mnogo kasnije.

Istraživači Bellovih laboratorija su pred Drugi svjetski rat intenzivno eksperimentirali s poluvodičima i otkrili da različite primjese u kristalnoj strukturi povećavaju ili smanjuju broj slobodnih elektrona u poluvodiču. Tako fosfor, ili neki drugi element V. grupe

<sup>1</sup> Autor je diplomirani elektroinženjer u Leskovcu.

periodnog sistema, dovodi do blagog povećanja slobodnih elektrona, dok bor, ili neki drugi element III. grupe periodnog sistema, dovodi do manjka elektrona i formiranja takozvanih *šupljina*. Poluvodič s viškom elektrona nazvan je N-tip (od negativan), a poluvodič s manjkom elektrona nazvan je P-tip (od pozitivan). Početkom četrdesetih godina dvadesetog stoljeća otkriven je i poluvodički P-N spoj.

Zamjena elektronskih cijevi poluvodičkim komponentama bila je samo logičan nastavak svih prethodnih istraživanja. Prvi pokušaji su se bazirali na Shockleyevoj ideji da se vanjskim električnim poljem kontrolira vodljivost poluvodiča, ali se do izrazitog napretka u istraživanjima površinskog stanja u poluvodiču došlo tek kada je Bardeen predložio teoriju o energetskim vrpčama u poluvodiču.

Njihova istraživanja su 16. prosinca 1947. g. dovela do prvog poluvodičkog pojačala. Pojačalo je izvedeno kao tranzistor s točkastim kontaktima i moglo je pojačati ulazni signal do 100 puta. Imalo je kontakte od zlatne folije i kristal germanija. Zbog trokutaste plastike na koju je postavljena zlatna folija, ovo je pojačalo poznato pod imenom "mali plastični trokut".

Bardeen i Brattain su demonstrirali rad pojačala pred čelnicima laboratorija 23. prosinca iste godine. Shockley je to nazvao "izvanrednim božićnim poklonom", ali nije prisustvovao demonstraciji i bilo mu je vrlo žao što je to propustio.



Povodom 50-godišnjice ovog događaja, firma Lucent Technologies je 1997. g. napravila repliku tranzistora iz Bellovih laboratorija. O izgledu i načinu rada prvog tranzistora postoje i video zapisi na internetu, npr.

<http://www.engineerguy.com/videos/video-transistor-point-contact.htm>  
<http://www.youtube.com/watch?v=RdYHljZi7ys>

Shockley je nastavio rad na ovoj ideji i početkom 1948. g. izumio bipolarni tranzistor, odnosno tranzistor s bipolarnim spojem, izveden kao *sendvič* poluvodiča P-tipa između dva poluvodiča N-tipa.

Dalji razvoj je već poznata povijest. Tranzistor je ubrzo zamijenio elektronske cijevi i mehaničke releje, unio revoluciju u svijet elektronike i postao osnovni element na kome se bazira moderna računalna tehnologija s milijunima tranzistora u mikroprocesoru.

Shockley je napustio Bellove laboratorije 1956. g. i osnovao kompaniju *Shockley Semiconductor* u gradiću Mountain View u Kaliforniji. To je bila prva kompanija koja je koristila silicij kao poluvodič. Mountain View, Palo Alto i cijela oblast će, zbog proizvodnje čipova na bazi silicija, postati centar visokotehnoloških kompanija poznat kao Silicijska dolina.

Opus Shockleyevog znanstvenog interesa od 1958. do mirovine 1974. g. obuhvaća: istraživanja iz teorije čvrstog stanja, eksperimente i ispitivanja vezana za feromagnetske domene, razne teme iz tranzistorske fizike i operacijska istraživanja individualne produktivnosti u istraživačkim laboratorijima.

Bio je član Savjetodavne znanstvene grupe američke vojske (1951. – 1963.), rukovodilac grupe za vrednovanje sistema naoružanja Američkog ministarstva obrane (1954. – 1955.), član Znanstvenog savjetodavnog odbora američkog zrakoplovstva (1958.

– 1962.) i član predsjednikovog savjetodavnog komiteta za znanost od 1962. Pored toga bio je član: Američke akademije znanosti i umjetnosti, Nacionalne akademije znanosti SAD-a, Američkog instituta za fiziku i drugih znanstvenih i profesionalnih društava.

Pored već spomenute Nobelove nagrade za fiziku, dobitnik je velikog broja drugih priznanja i nagrada: Medalje zahvalnosti (1946), Memorijalne nagrade Morris Leibmann Instituta radioinženjera (1952), Buckleyeve nagrade za fiziku čvrstog stanja Američkog fizičkog društva (1953), Comstockove nagrade Američke nacionalne akademije znanosti (1954), Holleyeve medalje Američkog društva strojarskih inženjera (1963), nagrade za dostignuća javnog servisa NASE (1969), zlatne medalje IEEE za 25-godišnjicu otkrića tranzistora (1973) i IEEE Medalje časti (1980).

Godine 1974. Shockley je uveden u Nacionalnu kuću slavnih izumitelja (eng. *National Inventors Hall of Fame*). Počasni je doktor znanosti Sveučilišta u Pennsilvaniji (1955), New Jerseyu (1956) i Minnesotti (1963). Priznato mu je više od 50 patenata.

William Shockley, autor više od stotinu članaka u znanstvenim i tehničkim časopisima, autor knjige *Electrons and holes in semiconductors* (1950), urednik *Imperfections of Nearly Perfect Crystals* (1952) i koautor knjige *Mechanics* (1960), i sam je bio predmet interesa drugih autora. Doktori fizike Lillian Hoddeson i Michael Riordan su u svojoj knjizi *Crystal Fire: The Invention of the Transistor and the Birth of the Information Age* (1997), šezdesetih godina dali pregled fizike čvrstog stanja od otkrića tranzistora do početka mikroelektronike. Novinar Joel N. Shurkin, dobitnik Pulitzerove nagrade u knjizi *Broken Genius: The Rise and Fall of William Shockley, Creator of the Electronic Age*, dao je osvrt na Shockleyeva kontroverzna razmišljanja o rasama, inteligenciji i genetici iz kasnijeg perioda njegovog života.

Opaka bolest je 12. kolovoza 1989. godine u San Franciscu ugasila život Williama Shockleya.

## Literatura

- [1] BOŠKO PAVLOVIĆ, VLADIMIR PAVLOVIĆ, *Leksikon nobelovaca – Naučna elita XX veka*, Prosveta, Beograd 2007. str. 27, 50, 354.
- [2] Službene strane Nobelove fondacije, URL:  
[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1956/shockley-bio.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1956/shockley-bio.html)
- [3] Wikipedia, URL:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/William\\_Shockley](http://en.wikipedia.org/wiki/William_Shockley)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Transistor>
- [4] Internet strane:  
[http://www.ieeeeghn.org/wiki/index.php/William\\_Shockley](http://www.ieeeeghn.org/wiki/index.php/William_Shockley)  
<http://www.ieeeeghn.org/wiki6/index.php/Transistors>  
<http://www.computerhistory.org/semiconductor/timeline/1947-invention.html>  
[http://inventors.about.com/od/sstartinventors/p/William\\_Shockley.html](http://inventors.about.com/od/sstartinventors/p/William_Shockley.html)  
<http://www.mikro.rs/main/vestprint.php?IDvesti=12538>  
[http://ocw.mit.edu/courses/science-technology-and-society/sts-340j-introduction-to-the-history-of-technology-fall-2006/assignments/fox\\_crystalfire.pdf](http://ocw.mit.edu/courses/science-technology-and-society/sts-340j-introduction-to-the-history-of-technology-fall-2006/assignments/fox_crystalfire.pdf)