

## La llum dels leds

Pere Roura

Doi: <http://dx.doi.org/10.2436/20.2001.01.14>

Quan vaig començar la tesi, n'hi havia de dos colors: de vermells i de verds. En la foscor del laboratori de fotoluminescència, destacaven com petits punts lluminosos que competien amb els minúsculs llums de filament incandescent. «Són leds», em va explicar el director, «díodes pn que emeten llum». Em distreia passant-hi la punta dels dits pel damunt. Eren més freds que els de filament. No em va passar per alt, tampoc, que amb els vermells s'endevinaven, a contrallum, les venetes dels dits mentre que la llum dels verds no els traspassava. Clarament, la llum dels leds era diferent. Tot i la comprensió elemental del principi físic del seu funcionament, feia meua la impressió estesa que em trobava davant d'un «invent de fireta» o, en termes més neutres, intranscendent.

Als electrons i als forats, atapeïts a un costat i a l'altre de la junció, només els és permès de moure's amb facilitat en un sentit: aquell en què s'apropen a la junció fins a recombinar-se en un procés ràpid, irreversible. El circuit extern al díode s'encarrega de restituir els forats i electrons perduts i de subministrar l'energia dissipada. En contrast, el moviment en sentit contrari és gairebé impossible. Pensem-hi. Si els electrons (i els forats) s'allunyen de la junció cap als contactes del circuit extern, qui els restitueix? No poden pas venir de l'altre costat, on hi ha només forats (electrons). El corrent elèctric serà, doncs, nul. I així s'explica la funció rectificadora d'un díode.

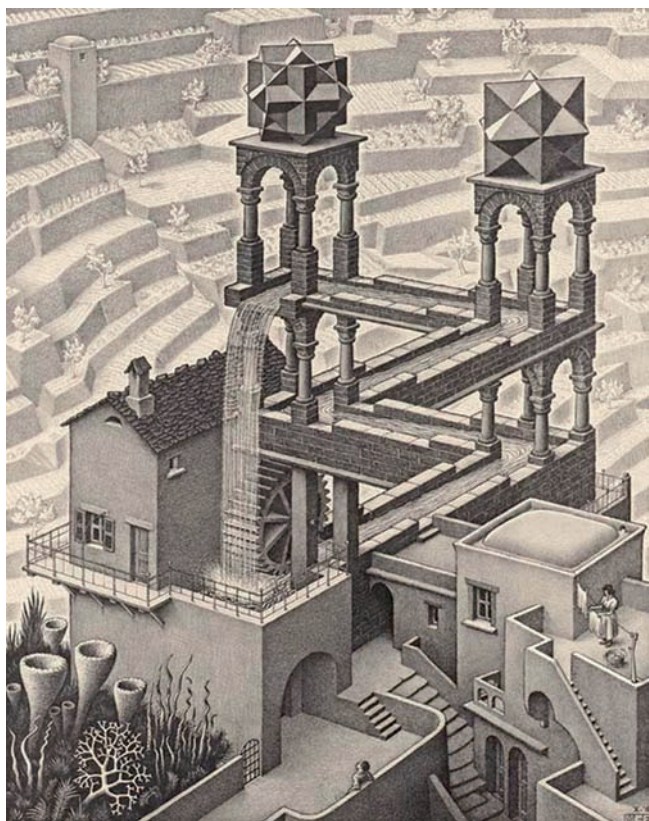
La novetat del led ve d'obrir una finestra que permet que els fotons, fruit de les recombinacions, es puguin escapar. Si el díode és de GaP, el veurem verd. Si és de GaAsP, vermell. No deixa de ser curiós, tot i que fàcilment comprensible, que el color sigui sempre el mateix, tant si el circuit extern dóna un electró-volt (per electró) com dos, com mig. Tot i que sabem que el color prové de l'am-

plada de la banda prohibida (*gap*) del material, mentre que amb el potencial aplicat regulem la intensitat del corrent (i de la llum emesa), aquesta explicació no m'acabava de satisfer. I és que de vegades no surten els comptes. Amb un potencial superior a la banda prohibida del semiconductor, cada electró disposa de més energia que la del fotó que produirà. L'excés es perd per la via ordinària de la calor. Ara bé, si el potencial és més petit que la banda prohibida, un electró acabarà donant un fotó més gran que l'energia de què disposa; cosa difícil d'entendre.

Fins aquí arribava la meua comprensió dels díodes i els leds en aquella època i deixo constància d'una paradoxa que em va tenir intrigat durant un cert temps.

Tot jugant amb els electrons i forats s'obtenia la llum d'aquell «invent de fireta» que eren els leds. Més tard, jugant amb els fotons dels leds, es va inventar el làser de semiconductor. Un salt endavant considerable. Les aplicacions en medicina, telecomunicacions, informàtica, espectroscòpia i moltes d'altres l'han convertit en un invent de categoria, potser poc reconegut. Més tard, encara, va venir el led blau de GaN. Era el led que faltava per fabricar bombetes blanques que acabessin desplaçant tots els altres sistemes d'il·luminació. Molt més visible, aquest invent sí que ha obtingut algun reconeixement important... potser excessiu.

El rendiment energètic dels leds comercials és impressionant però comprensible. És més difícil d'entendre l'anunci recent d'un led que va registrar al laboratori un rendiment impossible, superior al 100%. O sigui, per cada watt d'energia elèctrica emetia més d'un watt de llum. No m'estranyaria que aquesta impossibilitat aparent estigués relacionada amb la paradoxa relatada més amunt. Potser el lector m'ho podrà aclarir.



Imatge extreta de mcescher.com.

Solució. Quan el circuit extern subministra menys energia al conjunt dels electrons i forats que la que acaba sortint en forma de fotons, hem de concloure, necessàriament, que aquest defecte d'energia vindrà de la xarxa atòmica: el led es refredarà. I és així. Tanmateix, si pensem en els electrons individuals, aquesta explicació no és satisfactòria perquè, en el moment de la recombinació, cada electró té més energia que la que li ha subministrat el circuit extern. La pregunta és difícil de respondre: «En quin punt del seu recorregut l'electró guanya aquesta energia extra?». Com més hi penso, més em fa la impressió que em trobo davant d'un cas irresoluble, semblant al del famós gravat d'Escher La cascada.