

Jednokierunkowy strumień ciepła

Czy można zrobić ciepły odpowiednik podstawowych elementów elektronicznych, czyli przepuszczającej prąd tylko w jedną stronę diody czy sterowanego zewnętrznym sygnałem tranzystora?

Żeby tego dokonać, należałoby dysponować czymś, co dobrze przewodzi ciepło w jedną stronę, a źle w drugą. Gdyby przeprowadzić na ten temat sondę uliczną, to większość zapytanych nie widziałaby powodu, dla którego takiego materiału miałyby nie być. W potocznym (błędnym) rozumieniu tak właśnie działają izolacje cieplne (np. puchowa kołdra). Gdyby jednak przeprowadzający sondę zawędrował w okolice zamieszkane przez miłośników fizyki, to polaryzacja odpowiedzi byłaby prawdopodobnie przeciwna – przecież puchowa kołdra równie dobrze chroni nas przed zimnem, jak i przed ciepłem. Tylko rzadko wypada nam chronić się przed gorącym istotnie większym od temperatury ciała. Stąd powszechnie używane określenia „ciepła kołdra” czy „ciepłe ubranie”.

A jak jest naprawdę? Skoro o tym piszę, to raczej muszą mieć profani. Na pocieszenie miłośnikom pozostaje to, że „opinia publiczna” nie potrafiłaby podać przykładu tego, o czym twierdziłaby, że istnieje. Natomiast wśród miłośników na pewno znaleźliby się tacy, którzy wskazałoby urządzenie codziennego użytku, które działa właśnie jak ciepła dioda.

Tym urządzeniem jest... garnek [1,2]. W miarę szybkie zagotowanie wody (która jest dość dobrym izolatorem) w dużym garnku jest możliwe dzięki konwekcji powodowanej różnicą gęstości cieplej i zimnej wody. Gdyby wodę w garnku grzać od góry, a nie od dołu, to woda wyparowałaby, zanim by się zagotowała. Można dodać jeszcze, że z odpowiednio wysokiego garnka można zrobić ciepły tranzystor. Grzany od góry przewodziłby ciepło tylko wtedy, gdyby w nim mieszać – przewodnictwo cieplne zależałoby od intensywności mieszania. (Pytanie do miłośników: w jakiej sytuacji wodę należy grzać z góry, by ją szybciej podgrzać?)

Zauważmy jednak, że działanie wyżej opisanej diody cieplnej jest możliwe tylko dzięki umieszczeniu jej w polu grawitacyjnym. Autorzy pracy [1] przekonują jednak, że materiał przewodzący ciepło lepiej w jedną stronę niż w drugą może istnieć ([2] jest popularnym opisem publikacji [1]). Rozpatrują oni jednowymiarowy model, w którym połączenie między termostatami o różnych temperaturach jest zrealizowane za pomocą łańcucha oscylatorów składającego się z trzech części. W obu skrajnych częściach znajdują się oscylatory harmoniczne, ale o różnych częstościach własnych, a w środkowej oscylatory anharmoniczne, dla których częstości własne zależą od amplitudy, czyli od temperatury. Jeżeli temperatura jest niska, to kontakt cieplny między częścią środkową a końcem o małej częstości własnej jest dobry, natomiast z końcem o dużej zły. W wysokiej temperaturze jest na odwrót. W takim razie łańcuch grzany od „sztywnego” końca (tego o wysokiej częstości własnej), a chłodzony od „giętkiego”,

będzie lepiej przewodził ciepło niż przy różnicy temperatur o przeciwnym znaku. Autorzy argumentują, że takie własności mogą mieć odpowiednio dobrane łańcuchy DNA lub innych podobnych makrocząsteczek. Być może takie łańcuchy są wykorzystywane przez Naturę. Mogłoby to wyjaśniać niezwykłą powolność niektórych procesów zachodzących w komórkach żywych organizmów na poziomie molekularnym.

Teoretyczne rozważania oparte na komputerowych symulacjach są na tyle ogólne, że powinny się stosować również w przypadku trójwymiarowym. Nie jest więc wykluczone wykonanie kołderki, która będzie przewodzić ciepło lepiej w jedną stronę niż w drugą.

Przechowywanie światła

Robi się coraz cieplej. Świeża zieleń młodych liści pokrywa się kwieciami. Kasztany jak co roku ogłaszają zbliżanie się kolejnych... „najdłuższych weekendów nowożytniej Europy”.

Gdy już uda nam się znaleźć w miejscu, w którym „widok zapiera dech w piersiach”, to chciałoby się zachować go na później. Pomysłowość ludzka nie zna granic. Mamy do wyboru zrobienie zdjęć, nakręcenie filmu lub wykonanie „konserwy” (zamykamy oczy i zapamiętujemy rozpierające nas poczucie piękna). Czy można jednak docierając do nas sygnał świetlny po prostu zatrzymać, schować do kieszeni, a później odtworzyć?

Od pewnego czasu jest to możliwe (niestety w mocno ograniczonym stopniu – nie od razu Kraków zbudowano). W *Delcie 5/1999* wspominaliśmy o spowolnieniu sygnału świetlnego do prędkości istotnie mniejszej od prędkości dźwięku w silnie nieliniowym ośrodku optycznym. Po pewnym czasie naukowcom udało się nawet taki impuls całkowicie zatrzymać, a ostatnio powtórzyć te osiągnięcia w ciele stałym [3].

To ostatnie dokonanie jest istotne dlatego, że pozwala żywić nadzieję na praktyczne zastosowanie tego typu zabaw ze światłem do „nieliniowej optyki niskiej intensywności oraz obróbki i przechowywania kwantowej informacji”, gdyż rozwinięte metody pozwalają na zapamiętanie nie tylko amplitudy, ale i fazy sygnału świetlnego, a ciała stałe lepiej nadają się do budowania urządzeń niż rozrzedzone „opary” metali.

Czy powstanie kiedyś sztuczny odpowiednik „konserwy” obrazów? Nie potrafię sobie tego wyobrazić, ale nie mówiłbym, że nie.

Piotr ZALEWSKI

[1] M. Terraneo, M. Peyrard i G. Casati, *Controlling the Energy Flow in Nonlinear Lattices: A Model for a Thermal Rectifier*, Phys. Rev. Lett. 88.094302 4/03/2002

[2] J.R. Minkel, *One-Way Heat Traffic*, Physical Review Focus 26/02/2002

[3] A.V. Turukhin, V.S. Sudarshanam i M.S. Shahriar, *Observation of Ultraslow and Stored Light Pulses in a Solid*, Phys. Rev. Lett. 88.023602 14/01/2002