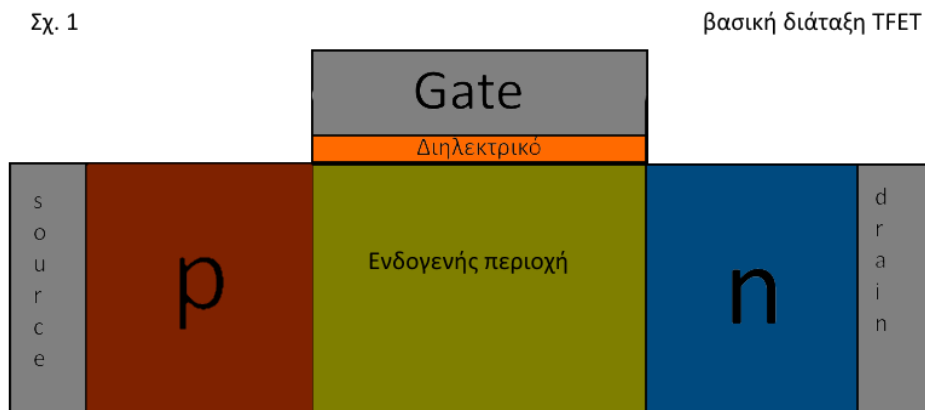


Κβαντικά τρανζίστορ

Τα τρανζίστορ είναι η κινητήρια δύναμη πολλών πτυχών της καθημερινότητας μας. Από τους προσωπικούς μας υπολογιστές, τις αριθμομηχανές μας, τα κινητά μας τηλεφωνα, ως τα ATM, και τις τηλεοράσεις. Η αλματώδης εξέλιξη τους από τη δεκαετία του 1950 έχει καταστήσει εφικτή την εκθετική αύξηση της ανθρώπινης προόδου στην επιστήμη και μηχανική μέχρι σήμερα. Η εξέλιξη αυτή όμως γίνεται δυσκολότερη σε κάθε της βήμα αφού υπάρχει η ανάγκη τα τρανζίστορ να γίνουν μικρότερα, φθηνότερα και αποδοτικότερα.

Όσο κατεβαίνουμε στην κλίμακα του μεγέθους, τόσο επηρεάζουν την διάταξη ενός τρανζίστορ οι νομοί της κβαντομηχανικής. Μετατρέποντας το εμπόδιο αυτό σε αρχή λειτουργίας, τα κβαντικά τρανζίστορ χρησιμοποιούν τις κυματικές ιδιότητες των σωματιδίων στη νανοκλίμακα για να λειτουργήσουν. Οι κύριοι τύποι κβαντικών τρανζίστορ είναι τα τρανζίστορ επίδρασης πεδίου-φαινόμένου σήραγγας (tunneling field effect transistors) TFET, τα τρανζίστορ ενός ατόμου και τα τρανζίστορ κβαντικής τελείας ή κβαντικού πηγαδιού. Αφού εξεταστεί η αρχή λειτουργίας και ο ορισμός των τρανζίστορ, θα συζητηθούν τόσο τα TFETs όσο και τα τρανζίστορ ενός ατόμου.

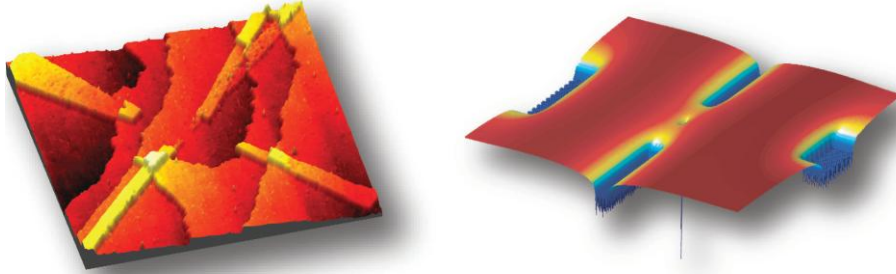
Η λειτουργία των TFET βασίζεται στο φαινόμενο σήραγγας, την ικανότητα, δηλαδή, των ηλεκτρονίων να διεισδύουν σε κλασικά απαγορευμένες περιοχές όταν περιοριστούν λόγω της κυματικής τους φύσης. Σε ένα TFET, η διάταξη είναι παρόμοια με αυτή των κοινών MOSFET (metal oxide field effect transistor) έχοντας τους τρεις ακροδέκτες Source-Drain-Gate, με τη διαφορά ότι τα άκρα source και drain είναι αντίθετα ντοπαρισμένα, ενώ ενδιάμεσα τους υπάρχει και ενδογενής περιοχή (Σχ. 1).



Κατά την εφαρμογή τάσης στην Gate, τα ηλεκτρόνια της ενδογενούς περιοχής συσσωρεύονται και όταν η ζώνη αγωγιμότητας της ενδογενούς περιοχής φτάσει τη ζώνη σθένους της περιοχής p-τύπου συμβαίνει το φαινόμενο σήραγγας και περνά ρεύμα μέσα από τη διάταξη. Όταν η τάση στην πύλη ελαττωθεί οι ζώνες δεν είναι πλέον ευθυγραμμισμένες και δεν υπάρχει ρεύμα.

Θεωρητικοί υπολογισμοί έχουν δείξει ότι είναι δυνατή η εξοικονόμηση ενεργείας με χρήση TFET έναντι κλασικών MOSFET διότι για μικρότερες τάσεις (<60mV) τα TFET αποδίδουν μεγαλύτερο ρεύμα.

Τα τρανζίστορ ενός ατόμου είναι μια σχετικά νέα εφεύρεση που αποτελείται από ένα μόνο άτομο (πχ. Ρ) που ντοπάρει τοπικά ένα υπόστρωμα Si και δημιουργεί ένα κβαντικό πηγάδι ενός ατόμου που με την κατάλληλη τάση στις δυο πύλες επιτρέπει η απαγορεύει τη διέλευση ρεύματος από την source στην drain.



Fuechsle, Martin; Miwa, Jill A.; Mahapatra, Suddhasatta; Ryu, Hoon; Lee, Sunhee; Warschkow, Oliver; Hollenberg, Lloyd C.L.; Klimeck, Gerhard; and Simmons, Michelle Y., "A Single-Atom Transistor" (2012).Birck and NCN Publications.Paper 850.