

ظهور آثار کوانتومی در نانو ترانزیستور ها

پژوهشگر و نویسنده: دکتر (افشین رشید)

نکته: ظهور آثار کوانتومی با کوچک شدن ابعاد ترانزیستور و ورود به محدوده ی زیر 100 نانومتر، رفتار تک تک اتم ها به تدریج قابل توجه و مهم میشود

با توجه به ابعاد اتم سیلیسیوم که حدود 46/1 آنگستروم (146/0 نانومتر) است و با در نظر گرفتن فاصله ی پیوندهای بین اتمی به این نتیجه میرسیم که هنگامی که در ابعاد زیر 100 نانومتر قرار داریم، تنها با چند ده اتم سیلیسیوم سر و کار داریم. کم شدن تعداد اتم های سیلیسیوم در ترانزیستور موجب میشود که مسئله ی نقص بلوری به یک چالش جدی تبدیل شود. چرا که اندکی نقص بلوری چه ناشی از اتم های سیلیسیوم و چه ناشی از اتم های ناخالصی که به سیلیسیوم افزوده شده، موجب تغییرات بسیار در رفتار الکتریکی ترانزیستور خواهد شد و ترانزیستور را از کاربری مورد نظر خارج میکند.

با کوچک کردن تمامی ابعاد افقی و عمودی ترانزیستور، چگالی بار الکتریکی در نواحی گوناگون نانو ترانزیستور افزایش مییابد یا به بیان دیگر تعداد بار الکتریکی در یکای سطح نانو ترانزیستور زیاد میشود. این اتفاق دو پیامد منفی دارد: اول با افزایش چگالی بار الکتریکی امکان تخلیه ی بار الکتریکی از نواحی عایق ترانزیستور افزایش و این اتفاق موجب آسیب رسیدن به ترانزیستور و خرابی آن میشود. این اتفاق مشابه تخلیه ی بار الکتریکی اضافی بین ابر و زمین در پدیده ی آذرخش یا صاعقه است که موجب یونیزه شدن مولکول های هوا به یونهای منفی و مثبت میشود. ثانیاً با افزایش چگالی بار الکتریکی، ممکن است الکترونها تحت تاثیر نیروهای رانشی یا ربایشی که هم اکنون مقدار آن افزایش یافته، از محدوده ی شعاع یک اتم خارج شوند و به محدوده ی شعاع اتم مجاور وارد شوند. این اتفاق را در فیزیک کوانتوم، تونل زدن میگویند. تونل زدن الکترون از یک اتم به اتم مجاور، پدیده ای است که در ابعاد کوچک بین الکترونها بسیار اتفاق میافتد. این پدیده اساس کار بعضی قطعات الکترونیکی و بعضی نانو سکوپ ها هم میباشد. اما در نانو ترانزیستور این پدیده، پدیده ی مفیدی نیست، چرا که تونل زدن الکترون از یک اتم به اتم مجاور ممکن است همچنان ادامه یابد و یک جریان الکتریکی را موجب شود. این جریان الکتریکی اگر چه ممکن است بسیار کوچک باشد اما چون ناخواسته و پیش بینی نشده میباشد، همچون یک مسیر ناشی برای جریان الکتریکی رفتار میکند و موجب تغییر رفتار الکتریکی نانو ترانزیستور میشود.

نتیجه گیری

کوچک کردن ترانزیستور ها و ورود به ابعاد زیر 100 نانو متر در محدوده ی عملکرد فناوری نانو الکترونیک اگر چه مزایای بسیاری دارد اما با چالش های گوناگونی روبرو است.

پژوهشگر و نویسنده: دکتر (افشین رشید)