الخلاصة

يقدم هذا العمل دراسة نظرية لخصائص الوصلات النانوية ثنائية الأبعاد واحادية البعد تحت تأثير مجال كهربائي باستخدام طريقة المحاكاة .ab initio ولمزيد من التحقيق تم فحص عينتين من المواد، نتريد الألومنيوم (AlN) وفوسفيد الألومنيوم .(AlP) يُظهر المجال الكهربائي إمكانية واضحة لضبط الخصائص الإلكترونية، الضوئية، والكهروحرارية للوصلات النانوية.

تبين النتائج ان المجال الكهربائي غيَّر بنية الحزم لجميع التراكيب النانوية المدروسة، مما قلل تدريجيًا من فجوة النطاق. ومن ثم، سيُظهر النظام انتقالًا من أشباه الموصلات إلى المعدن. يزداد تشوه الهياكل النانوية بشكل طفيف، لكن لا يزال لديها استقرار ميكانيكي جيد بسبب طاقة التماسك العالية. تزداد قيم طاقة التأين والالفة الإلكترونية للوصلات النانوية ثنائية الأبعاد مع زيادة شدة المجال الكهربائي، في حين تقل طاقة التأين للوصلات النانوية أحادية الأبعاد بشكل طفيف.

يؤثر المجال الكهربائي في طيف الامتصاص البصري، مما يتسبب في اتساع، زيادة شدة، وانزياح لقمم الامتصاص، في حين ترتفع قيمة معامل الانكسار مع زيادة شدة المجال الكهربائي. كما أنه يتسبب أيضًا في ارتفاع قمم الأجزاء الحقيقية والخيالية من دالة العزل الكهربائي وانتقالها إلى منطقة ذات طول موجي عالٍ، مما يجعل التراكيب النانوية ماصة لطيف معين من الطاقة. إضافة إلى ذلك، تحدث حالة إثارة البلازما عند قيم محددة للمجال الكهربائي وتزداد قابلية توليد التوافق الثاني الكلية، وتنتقل قممها نحو طول موجي عالٍ.

تبين النتائج ان المجال الكهربائي يساهم في زيادة الموصلية الكهربائية وانتقال قممها بالقرب من مستوي فيرمي. نتيجة لانخفاض فجوة الطاقة، مما يزيد من التوصيل ثنائي القطب ويقلل من معامل سيبيك. إضافة الى ذلك، تزداد كفاءة الوصلات النانوية بزيادة شدة المجال الكهربائي، ومع ذلك، عندما تكون الموصلية الحرارية الإلكترونية كبيرة، فان قيم الكفاءة ستكون متقاربة لقيم معينة من فجوة الطاقة.

تم اختبار بعض تطبيقات تأثير المجال الكهربائي لتصميم ترانزستورات تأثير المجال لأكسيد المعادن وأشباه الموصلات (MOSFET) حديثة تحقق أهداف خارطة طريق التكنولوجيا الدولية لأشباه الموصلات (ITRS) لعام ٢٠٢٨.

تبين النتائج ان ترانزستورات نتريد الألومنيوم احادي الطبقة من نوع n ذات البوابة المزدوجة مع منطقة سفلية مناسبة تحقق أهداف ITRS لعام ٢٠٢٨. ومن اللافت للنظر انها تتميـز

الخلاصة

بتيارات تشغيل عالية وأداء عالٍ حتى طول بوابة يصل الى 2 nm للأجهزة عالية الأداء و 3 nm للتطبيقات منخفضة الطاقة. تعتبر ترانزستورات نتريد الألومنيوم احادي الطبقة تنافسية ايضاً مقارنةً بوحدات MOSFET أخرى ثنائية الأبعاد من حيث تيار التشغيل، تأرجح جهد العتبة الفرعية، وقت التأخير، وتبديد الطاقة. إضافة الى ذلك، تحقق ترانزستورات فوسفيد الألومنيوم احادي الطبقة من النوع n و p معايير ITRS لعام ٢٠٢٨ من خلال معلماتها المثلى؛ تيار التشغيل، وقت التأخير، وتبديد الطاقة لأجهزة الأداء العالي/ منخفضة الطاقة حتى بعد خفض طول البوابة إلى ٥/٤ نانومتر للنوع n و ٥/٣ للنوع p. نتيجة لذلك، يمكن تمديد قانون مور إلى نطاق ٥ نانومتر مع مواد قناة من نتريد الألومنيوم وفوسفيد الألومنيوم.