تصنيع وتوصيف بوابات عالية العزل لنبائط أشباه الموصلات

الطالب
سعيد علي عيسان الزهراني
المشرف
أ.د. فهد مسعود المرزوقي
د. السيد إبراهيم شعلان

المستخلص

تتركب طبقات البوابة المستخدمة في الجيل الحالي في معظم أجهزة (نبائط) أشباه الموصلات من السيليكون، وطبقة عازلة من ثاني أكسيد السيليكون، وقطب كهربائى (معدن البوابة) مصنوع من البولي سيليكون (السيليكون متعدد البلورات).

ثاني أكسيد السيليكون العازل في الأجهزة (النبائط) الحالية لديه سماكة حوالي خمس طبقات ذرية فقط. وبسبب الحاجة لإنقاص أحجام أجهزة (نبائط) أشباه الموصلات المصنعة من الأكاسيد المعدنية (MOS) لابد من خفض سمك العازل المتصل مع البوابة مما يزيد في سعة البوابة ويرفع أداء الجهاز.

عندما يكون مقياس السماكة أقل من 3 نانومتر، يكون تسرب التيار من البوابة (بسبب خاصية الأنفاق - tunneling) في حالة زيادة بشكل كبير، مما يؤدي إلى ارتفاع التيار في حالة الإيقاف للجهاز وكذلك تبديد كبير للحرارة. ومن اجل استخدام (نبيطة) ذات كفاءة عالية بحيث يمكن التحكم فيها في استهلاك الطاقة، وتحسين الأداء فسوف نحتاج إلى استخدام فئة جديدة من المواد ذات تجانس كبير والتى ينتج عنها ثابت عازلية عالي كبديل لأكسيد السيليكون.

وتحقيق هذا الهدف يكون عن طريق ابتكار مواد جديدة بدلا من توسيع نطاق البحث للمواد المستخدمة سابقا. وسيتم ترسيب المواد الجديدة على السيليكون. والنجاح فى الحصول على مواد ذات ثابت عزل عالى يستلزم معه تغيير معدن البوابة من البولي سيليكون إلى طبقات معدنية أخرى مناسبة.

وأخيرا، إنه قد يكون من الضروري استبدال السيليكون بمواد شبه موصلة لها ناقلية أكبر، مثل الجرمانيوم أو من المجموعة الثالثة – الخامسة في الجدول الدوري مثل (GaAs) أو (InAS).

والهدف من هذا العمل هو البحث والاستقصاء حول المواد الجديدة وتحضير مواد لها ثابت عازلية عالي تصلح للاستخدام كبديل لثاني أكسيد السيلكون.

يتطلب الحصول على أداء أفضل لهذه النبائط الاختيار الصحيح للمواد، ومراقبة دقيقة على مدى جودة الطبقات المختلفة وكذلك ترتيب السطوح البينية لكل منها .وخياراتنا لتقنيات الترسيب هي (rf-sputtering)، (e-beam) وكذلك (thermal evaporation) التي تجمع بين ظروف الفراغ العالي جدا مع دقة ومرونة عالية في ترسيب المواد الجديدة.

Fabrication and Characterization of High-k Gate Dielectrics for MOS Devices

By: Saeed Ali Eissan Al zahrani

Prof. FAHAD M. AL-MARZOUKI

ABSTRACT

The gate stack used in current-generation of most MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) devices consists of silicon, an insulating layer of silicon dioxide, and a metallic gate electrode made of polysilicon.

For future electronics the communities search for new dielectric materials that replace silicon dioxide. Today, most of MOS devices are decreasing in size but this decrease is has a limit. As the thickness of silicon dioxide scales below 3 nm, the gate leakage current; due to tunneling take place leading to failure of devices and significant heat dissipation. To overcome the thickness limits problem, control power consumption, and enhance performance, a new insulating layer with high dielectric constant (high-k) should be found.

The aim of this work is the preparation and investigation of new high-k dielectric materials that can be used in MOS devices and pushing the electronic devices into smaller sizes and great performance.

Our choices of techniques of deposition are thermal evaporation, e-beam evaporation systems, and rf-sputtering which combine clean UHV conditions with a high versatility in new materials growing. The obtained new high k-materials has good thermodynamic stability with Si and large band gap about 4.7 eV, good film morphology (no grain boundaries; i.e nanograins structures) and good compatibility with metal gate electrode with high-quality interface (low defect density).