University of Mosul

College of Engineering

Fabrication and Simulation of Nano Scale Ag_2S Electrolytic Memory Devices

Azam Adnan Mohammed Al-Kubaa

Ph.D. Thesis

Electrical Engineering/Solid State Electronic

Engineering

Supervised by

Assistant Professor

Dr. Khalid Khaleel Mohammed

2019 A.D. **1440 A.H.**

Abstract

The semiconductor memory is an indispensable device of the modern electronic systems. Depending on the nature of data storage, there are generally two types of memories. The first class is called volatile memory (VM), which the information is removed after switching off the power supply. The second class is nonvolatile memories (NVM) in which the information stay stored after switching off the power supply.

The present research aims at designing and fabricating a different class of nonvolatile memory cells which have low cost, high density and with high speed of operation. This memory depends on the ionic effect of the filament growth within the silver sulfide (Ag_2S) solid electrolyte layer which is sandwiched between the two electrodes. One of them is active electrode (e.g. silver Ag) and the other is stopping barriers for deposition of ions (e.g. gold Au). The two terminal memory cells have three layers. In this thesis, two methods of fabrication are adopted for the growth of Ag_2S thin films. The first method is based on the thermal vacuum evaporation technique (TVET), using a thermal evaporator deposition under conditions of low pressure. Silver sulfate is obtained by depositing silver and then sulfurization of silver (Ag) film by evaporation of sulfur (S). Many samples have been fabricated under deferent temperatures and thickness to investigate a better characteristic.

The second method is a chemical bath deposition (CBD), in which the sulfurization of silver (Ag) is done by saturated solution of sulfur (S). It can be done when the silver layer is submerged in a solution dissolved by sulfur. The sulfurization starts with a direct reaction of Ag atoms at different times and different temperatures forming an Ag_2S layer to investigate better parameter. The results of the two methods are

measured, the voltages, currents, and the switching time characteristics of the manufactured samples and comparing them to each other.

It has been found that the second method, using chemical bath deposition (CBD), gives better results in obtaining thin films of Ag_2S, because the phase of Ag_2S is not changed. While the first method, thermal vacuum evaporation technique (TVET), is performed with multiple phase change which causes many problems when there is a change back to the normal phase. Also the second method has good advantages such as simplicity in form and implementation of layered devices and in addition to that, it is a very cheap method and does not require a high vacuum chamber and complicated equipment's. It can be done under atmospheric pressure, and at a temperature of approximately 100C°.

It has been also found that the fabricated cell gives a ratio of resistance between the ON and the OFF state up to (1000). This result indicate that this type of cell can be used as a nonvolatile memory (NVM) with multi-level cell.

The fabricated samples have been mathematically modeled for describing the cell behavior. The ideal characteristics was obtained and, an equivalent circuit model is proposed to validate the results of the obtained experimental data. The results which are obtained from the simulation are very close to the practical experimental results. They have compared the simulation result with the experimental result and found that module accept our modeling device. Finally, we have studied the scaling of Ag_2S device with its problems and challenges, and gave the solutions to realize this device as non-volatile memory.

هناك تغيير مرة أخرى إلى الطور العادي بعد عملية التبريد. كما تتميز الطريقة الثانية بمزايا جيدة مثل بساطة البناء للنبائط ذات الطبقات ، بالإضافة إلى أنها طريقة رخيصة جدًا ولا تتطلب غرفة تفريغ عالية ومعدات معقدة. كما يمكن أن تتم تحت الضغط الجوي ، وعند درجة حرارة تقرب من 100 درجة مئوية.

وجد أيضًا أن نسبة المقاومة بين حالتين ON و OFF وصلت حتى 1000 للخلية المصنعه بالطريه الثانية. تشير هذه النتيجة إلى أن هذا النوع من الخلايا يمكن استخدامه كذاكرة غير متطايرة (NVM) مع خلية متعددة المستويات.

تم نمذجة النماذج المصنَّعة بطريقة رياضية لوصف سلوك الخلية. حيث تم الحصول على الخصائص المثالية ، واقترح نموذج للدائرة المكافئه للتحقق من صحة نتائج البيانات التجريبية التي تم الحصول عليها. النتائج التي تم الحصول عليها من المحاكاة قريبة جدا من النتائج العملية التجريبية. تمت مقارنة نتيجة المحاكاة بالنتيجة التجريبية حيث وجدا ان النموذج المقترح مقبول. وأخيرًا ، تم دراسة تطبيق وتنفيذ ذاكرة كبريتيد الفضة (Ag_2S) كنبيطة ذاكره وكذلك دراسة مشاكله وتحديات تطبيقها، تم اقتراح وإيجاد الحلول لتحقيق هذه النبيطة كذاكرة غير متطايرة.

الخلاصة

ان ذاكرة أشباه الموصلات هي نبيطة لا غنى عنها للأجهزة الإلكترونية الحديثة. حيث ان وبالاعتماد على طبيعة تخزين البيانات ، هناك نوعان من الذاكرة. يسمى النوع الأول بالذاكرة المتطايرة (VM) ، والتي تفقد المعلومات المخزنه بها حال فصل مصدر الطاقة عنها. اما النوع الثاني هي عبارة عن ذاكرة غير متطايرة (NVM) حيث تبقى المعلومات محفوظة بها بعد فصل مصدر الطاقة عنها.

يهدف هذا البحث إلى تصميم وتصنيع فئة مختلفة من خلايا الذاكرة غير المتطايرة التي تتميز بتكلفة منخفضة وكثافة خزن عالية وبسرعة عالية في العمل. تعتمد هذه الذاكرة على التأثير الأيوني لنمو الخيوط ضمن طبقة الإلكتروليت الصلبة لمركب كبريتيد الفضة (Ag_2S) والتي تكون محصورة بين قطبين كهربائيين. احدهما هو القطب النشط على سبيل المثال الفضة (Ag) والآخر هوالقطب الحاجز لترسب الأيونات على سبيل المثال الذهب (Au). وبالتالي فان خلية الذاكرة ثنائية الطرف تتكون من ثلاث طبقات. في هذه الأطروحة ، تم اعتماد طريقتين لتصنيع طبقة (Ag_2S). تعتمد الطريقة الأولى على تقنية التبخير الحراري (TVET) ، باستخدام ترسيب المبخر الحراري تحت ظروف الضغط المنخفض. يتم الحصول على كبريتيد الفضة (Ag_2S) بترسيب الفضة (Ag) ومن ثم كبرتت الفضة (Ag) عن طريق تبخر الكبريت (S). وقد تم تصنيع العديد من العينات تحت درجات حرارة وسماكات مختلفة لدراسة أفضل اداء.

اما الطريقة الثانية هي ترسيب الحمام الكيميائي (CBD) ، حيث يتم إجراء عملية كبرتت الفضة (Ag) بواسطة محلول مشبع من الكبريت (S). يتم ذلك عند غمر طبقة الفضة في محلول مذاب بالكبريت. يبدأ الكبريت بتفاعل مباشر مع ذرات الفضة (Ag) في أوقات مختلفة ودرجات حرارة مختلفة لتشكل طبقة كبريتيد الفضة (Ag_2S). للتحري عن أفضل اداء, يتم قياس خصائص الذاكرة من ، الفولتية ، التيارات ، وزمن التبديل للعينات المصنعة ومقارنة النتائج مع بعضها البعض.

حيث وجد أن الطريقة الثانية ، باستخدام ترسيب الحمام الكيميائي (CBD) ، يعطي نتائج أفضل في الحصول على طبقة رقيقة من كبريتيد الفضة (Ag_2S) ، وذلك لأنه في هذه الطريقه لايتم تغيير طور كبريتيد الفضة (Ag_2S). في حين أن الطريقة الأولى ، يتم تنفيذ تقنية التبخير الحراري (TVET) ، مع تغيير متعدد للطور مما يسبب العديد من المشاكل وخاصه عندما يكون

جامعة الموصل

كلية الهندسة

تصنيع ومحاكاة خلية ذاكرة الكتروليتية ذات ابعاد نانوية لمركب كبريتيد الفضة

عزام عدنان محمد القبع

أطروحة دكتوراه

الهندسة الكهربائية / الحالة الصلبة

بإشراف

الاستاذ المساعد الدكتور

خالد خليل محمد

1440 هـ

2019 م