كلية العلوم التطبيقية

قسم الفيزياء الحياتية

المرحلة الثالثة

الإلكترونيات

أ.م.د. غسان عدنان الهيتي

ـ المحاضرة الثامنة ـ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

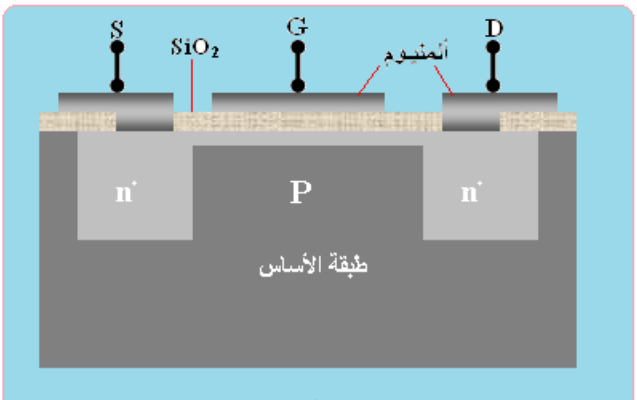
ترانزستور تأثير المجال ذو الاوكسيد المعدني MOSFET :

يبين الشكل(11) تركيب ترانزستور تأثير المجال ذو الاوكسيد المعدني ويتضح منه إن أساس الجهاز عبارة عن لوح سيلكون من النوع الموجب P يدعى بطبقة الأساس حيث يتم ترسيب بقية أجزاء الترانزستور على هذه الطبقة ومن جاءت التسمية بطبقة الأساس يكون منسوب في المنطقتين السالبتين التي يتم نشرهما على هذه الطبقة بتركيز عال من الالكترونات وقد رمز لهما

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

بالرمز (n+) وتقوم هاتان المنطقتان مقام المنبع والمصرف وتكون المسافة التي تفصلهما في صدور بضع مايكرون، كذلك يتم نشر طبقة سالبة ذات منسوب تطعيم واطئ n بين المنبع والمصرف تعرف بالقناة وتكون ذات توصيلة الكترونية أما على سطح القناة فتوجد طبقة عازلة من ثنائي اوكسيد السيلكون (SiO_2) يكون سمكها في حدود عشرة مايكرون . أما البوابة فتوجد فوق هذه الطبقة العازلة وتكون على هيئة غشاء معدني رقيق (الألمنيوم عادة) بعدها يتم قطع عازل وعمل التوصيل المعدني الخاص بالمنبع والمصرف مما جاء أعلاه أنMOSFET يختلف عن أل JFER في جملة أمور منها:

أ- أن الترانزستور يملك بالاظافة إلى المنبع والمصرف والقناة والبوابة طبقة لا توجد في ترانزستور JFET تسمى طبقة الأساس (المنطقة P في الشكل(11)).

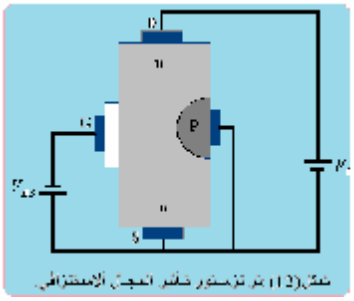


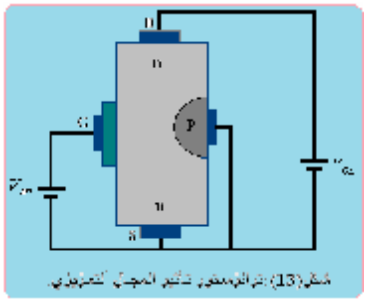
الشكل (11) :مركبات ترانزستور تأثير المجال ذي الاوكسيد المعدني.

ب- إن تركيبة البوابة فيMOSFET غير ما هو عليه JFER حيث إنها تتكون من طبقة من اوكسيد عازل وغشاء معدني يتم ترسبه فوق هذا العازل وبهذا ستكون البوابة معزولة عن القناة ومن هنا جاءت التسمية بترانزستور تأثير عازله بين البوابة والقناة وبسبب عدم وجود وصلة إل (PN) فانه لا يوجد قيود على قطبية جهد البوابة حيث انه يمكن تسليط جهد موجب على بوابة ترانزستورMOSFETمع بقاء تيار البوابة صفراً .

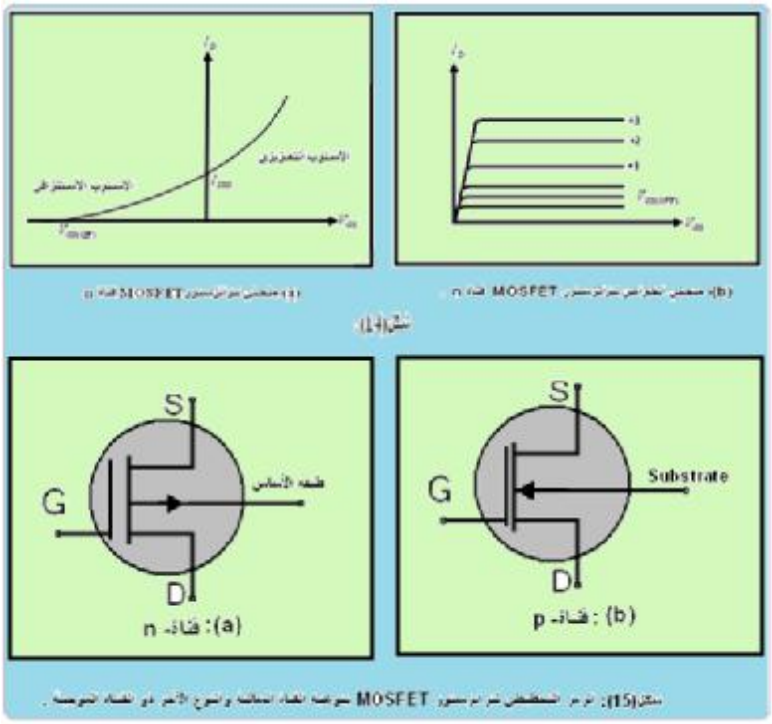
ج- نظرا لكون البوابة معزولة في ترانزستورMOSFET لذا فانه يمتلك ممانعة إدخال عالية جدا في حدود 10^{14} اوم مقارنة مع 10^{10}اوم للترانزستور FET كما انه يمتاز بسهولة تصنيعه وصغر المساحة التي يحتلها وكذلك عدم تأثره بالمؤثرات الخارجية لكونه معزولاً . إن لترانزستور MOSFET نوعين من حيث أسلوب العمل هما :

أولا: النوع ألاستنزافي – ألتعزيزي Enhancement – Depletion FET: كما هو الحال بالنسبة لترانزستور المجال ألوصلي فان جهد البوابة يسيطر على مقاومة القناة ولكن بما أن البوابة معزولة عن القناة n- فانه يكون بالإمكان تسليط جهد موجب أو سالب على البوابة . وكما أسلفنا فانه لا يوجد هنا ثنائي البوابة كما هو الحال في FET وإنما تعمل البوابة مع الاوكسيد المعدني والقناة على إحداث متسعة صغير يكون احد لوحيها البوابة وتكون القناة لوحها الآخر بينما يقوم الاوكسيد المعدني مقام الوسط العازل . ومن النظريات الأساسية نعلم بان الشحنات على لوح متسعة تحت شحنات معاكسة على اللوح الآخر لذا فان جهد موجبا على البوابة يعني وجود شحنات سالبة على هذه القناة كما في الشكل (12) ،هذه الشحنات تنافر الكترونات حزمة التوصيل في القناة (n) تاركه ايونات موجبة في هذه القناة تعمل على اقتناص بعض من الكترونات القناة، وحيث أن عملية الحث للايونات الموجبة والقنص للالكترونات مستمرة لذا فإننا قد اخلبنا بعضا من الكترونات حزمة التوصيل للقناة (n) ومع وجود جهد البوابة سالب بشكل كاف تستطيع قطع تيار بين المنبع والمصرف لذا فان أداء الترانزستورMOSFET مع جهد بوابة سالب يكون شبيها لأداء (JFET)، لان الأداء بجهد البوابة سالب يعتمد على استنزاف الكترونات حزمة التوصيل من القناة يسمى الأداء مع البوابة سالبة بالأسلوب ألاستنزافي Depletion Mode . من جهة أخرى إذا ما سلط جهد موجب على البوابة فان الشحنات الموجبة تحث هذه المرة شحنات سالبة في القناة - n كما في الشكل(13). ولان هذه الالكترونات تضاف إلى الالكترونات الموجودة أصلا فان العدد الكلي الالكترونات حزمة التوصيل يزداد في القناة بعبارة أخرى فان جهدا موجبا يزداد بصورة اكبر كان التوصيل من المنبع إلى المصرف أعظم، ولهذا السبب فان أداء بوابة موجبة يسمى بالأسلوب ألتعزيزي Enhancement Mode ويبين الشكل(14) منحنيات الخواص لترانزستورMOSFET ذي قناة من نوع – n في حالتيه ألاستنزافي و ألتعزيزي ويلاحظ أن هذه المنحنيات لا تختلف كثيرا عن منحنيات إل (JFET) من جهة أخرى يكون الرمز التخطيطي لترانزستور MOSFET بنوعيه القناة السالبة الشكل(15a) والنوع الآخر ذو القناة الموجبة الشكل(15b) .


شكل(12) ترانزستور تأثير المجال الاستنزافي.

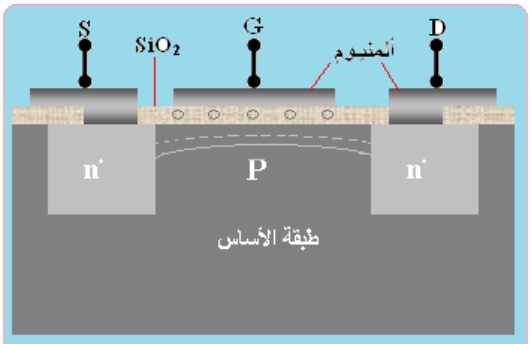

شكل(13): ترانزستور تأثير المجال التعزيزي.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



ثانيا:- النوع ألتعزيزي Enhancement FET

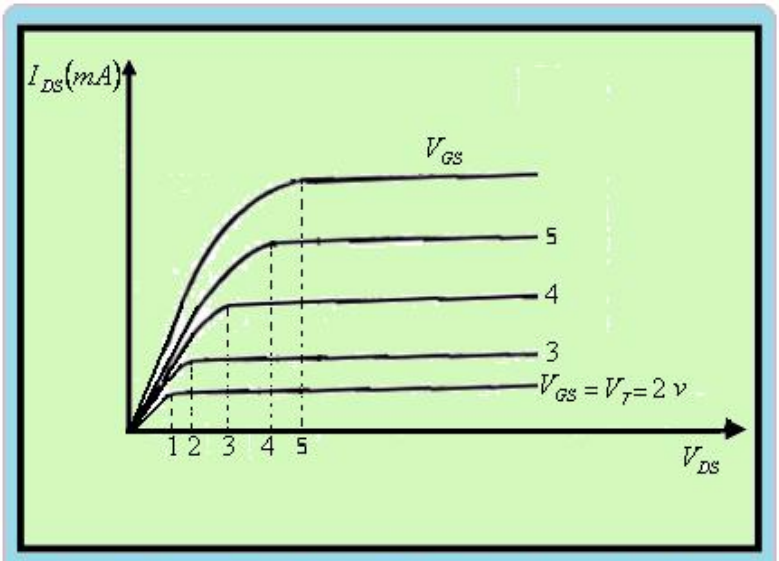
يبين الشكل (16) مبدأ تصنيع ترانزستور تأثير المجال ذي الاوكسيد المعدني – ألتعزيزي فقط E- MOSFET طبقة أساس موجبة (P) والاختلاف بين هذا التركيب والتركيب السابق هو أن طبقة الأساس تمتد حتى تصل إلى الاوكسيد وبذلك لم تعد هناك قناة (n) بين المنبع والمصرف، بما أن المنبع مفصول عن المصرف بطبقة الأساس (P) لذا فان تيار سيكون صغيرا جدا بسبب وجود وصلتي PN مربوطتين ظهرا لظهر (وصلة المنبع – طبقة الأساس – ووصلة المصرف – طبقة الأساس) وعليه فان ربط المجهز V_{DS} لن يعمل على إحداث تيار بين منبع والمصرف، وبخلاف الحاملات الأقلية المنتجة حراريا وبعض التسرب السطحي فان لهذا التيار يكون صفراً ولهذا السبب فان E- MOSFET يدعى أحيانا باسم ترانزستور تأثير المجال غير الموصل اعتياديا . على أية حال إن تسليط جهد موجب على البوابة مع المحافظة على الجهد V_{DS} ثابتاً عند قيمة معينه يعني تولد الشحنات موجبة على هذه البوابة تعمل على حث شحنات سالبة في طبقة الأساس ،هذه الشحنات المحتثة هي ايونات سالبة ناتجة عن الالكترونات التكافئية المالئة للثقوب في طبقة الأساس، وعندما تكون البوابة موجبة بما فيه الكفاية تستطيع أن تكون طبقة رقيقة من الكترونات حزمة التوصيل التي تمتد على طول الطريق من المنبع إلى المصرف . وهكذا تزداد ايصالية المادة الموجبة وتتولد قناة سالبة (n) بين المنبع والمصرف تكون طريقا للتيار الساري بينهما وهكذا يتعزز التيار بتسليط جهد موجب على البوابة ولذلك يسمى هذا النوع من الترانزستور بالتعزيزي .إن أدنى جهد بين البوابة والمنبع تنشا معه القناة (n) في طبقة الأساس الموجبة (P) يسمى بجهد العتبة Threshold – Voltage ويرمز له بـ V_T وعندما تكون V_{DS} اقل من V_T يمر تيارين المنبع والمصرف ،ولكن عندما تكون V_{GS} اكبر من V_T تصل القناة (n) المنبع بالمصرف ونحصل على التيار . هذا ولكل ترانزستور جهد العتبة الخاص به ويمكن أن تتغير من اقل من فولت واحد إلى أكثر من 5 فولت .



الشكل (16): مركبات ترانزستور MOSFET

إن أساس عمل كل من E- MOSFET و JFET هو واحد ذلك إن أي زيادة في جهد المصرف فوق منطقة الضيق لن تؤدي إلى زيادة تيار المصرف وان الزيادة في هذا التيار تأتي فقط من الزيادة في الجهد البوابة . إن الفرق الرئيسي JFET بين E- MOSFET هو أن هذا الأخير لا يعمل إلا عندما تكون V_{GS} موجبة. . ذلك لآن V_{GS} يجب أن تكون موجبة لنشوء القناة. وحيث أن التيار لا يسري إلا في حالة تولد القناة فان التيار لا يسري إلا في حالة كون V_{GS} اكبر من قيمة معينه $V_{GS\ (OFF)}$ في الشكل(17) نلاحظ مجموعة منحنيات الخواص من بينها المنحني I_D = صفر عندما يكون $V_{GS}=V_T=2$ فولت لكل قيم V_{DS} وكذلك المنحنيات التي تمثل تغير I_D مع V_{DS} لعدد من قيم V_{GS} التي هي اكبر من V_T.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



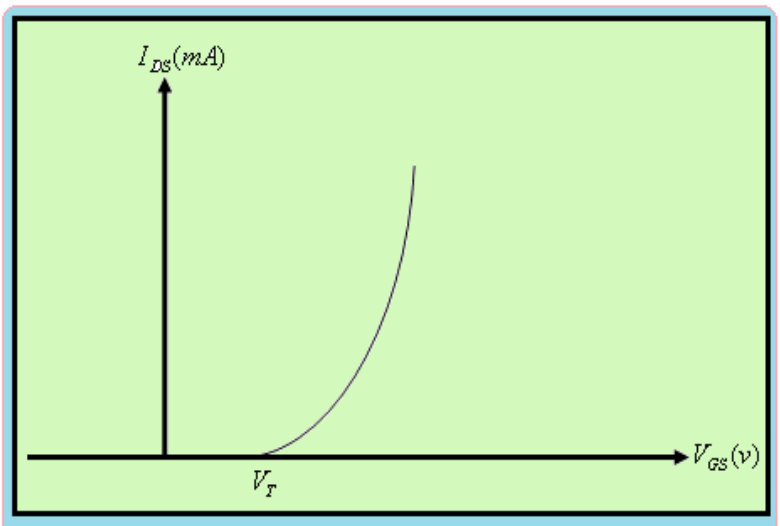
شكل (17):منحنيات الخواص لترانزستور تأثير المجال E-MOSFET

من جهة أخرى يبين الشكل(18) منحني التوصيلية التبادلية الذي هو عبارة عن قطع مكافئ يقع رأسه عند V_T ولهذا لسبب فان معادلة التيار الخاص بهذا القطع المكافئ هي :

$$I_D = K.(V_{GS} - V_T)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

حيث يمثل K ثابت التناسب ويعتمد على نوع MOSFET ذلك أن $K = \frac{m\,e}{4t}.\frac{W}{L}$

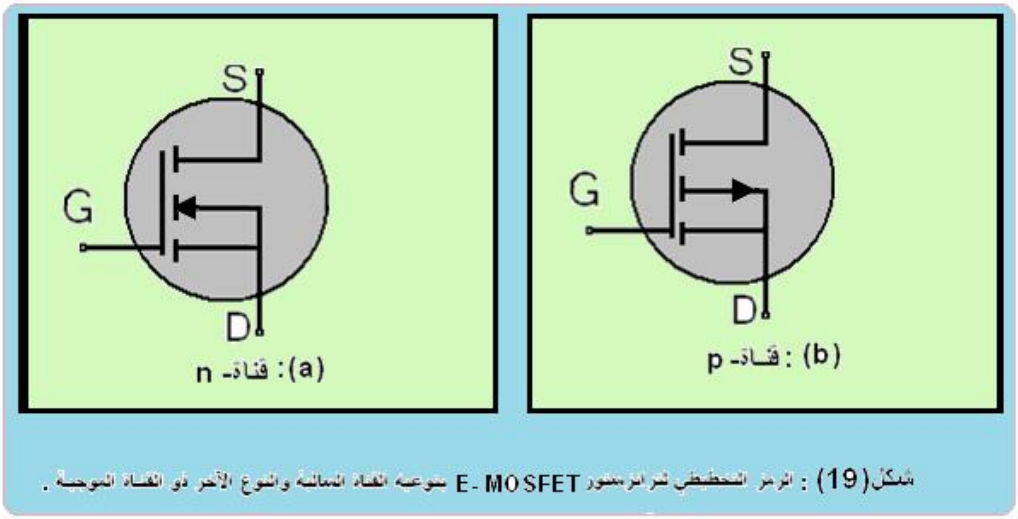
حيث μ:- حركية الحاملات في القناة، ε :- ثابت العازل للاوكسيد المعدني ، t:-سمك العازل ، W:- عرض القناة ، L:- طول القناة . تكون وحدات K بالأمبير / فولت مربع وتقع قيمتها ما بين 10^{-3} إلى 10^{-2} وعليه فان إل FET حين يصمم ليعمل كمقاومة صغيرة يجب أن تكون $(\frac{W}{L})$ كبيرة ومن ثم K صغيرة والعكس صحيح.



(18):منحنى التوصيلية التبادلية لترانزستور E-MOSFET .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ومن الجدير بالملاحظة انه اصطلح على أن يرمز للترانزستور E- MOSFET بالرمز المبين بالشكل(19) ويتضح منه أن البوابة مفصولة عن بقية جسم الترانزستور مشيرا بذلك إلى أن البوابة معزولة كهربائيا عن القناة كذلك يلاحظ أن السهم في الترانزستور ذي القناة من النوع -n يشير إلى الداخل بينما يشير السهم في الترانزستور ذي القناة من النوع -P إلى الخارج إن وجود خط المتقطع العمودي بين المصرف والمنبع يدل على أن الترانزستور يكون غير فعال في الحالة العادية(



شكل(19) : الرمز التخطيطي لترانزستور E- MOSFET بنوعيه القناة المماثلة والنوع الآخر ذو القناة الموجبة .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com