كلية العلوم التطبيقية

قسم الفيزياء الحياتية

المرحلة الثالثة

الإلكترونيات

أ.م.د. غسان عدنان الهيتي

- المحاضرة الخامسة عشر -

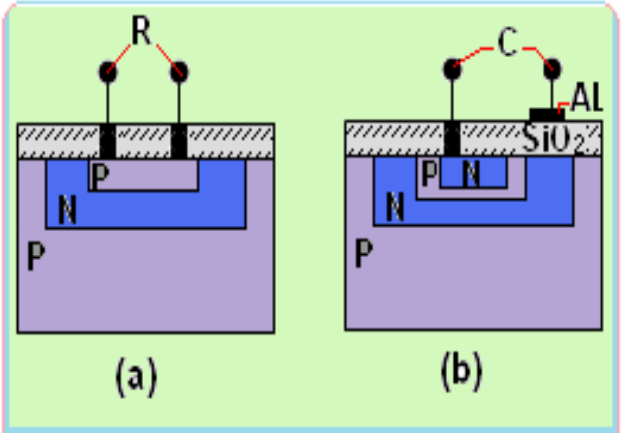
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

صناعة المقاومات والمتسعات المتكاملة Integrated Resistor &Capacitor

ان المقاومات والمتسعات التي توجد في الدوائر المتكاملة تختلف اختلافات اساسية عن المقاومات والمتسعات الاعتيادية. ان المقاومات والمتسعات الاعتيادية يجري انتاجها بقيم وابعاد قياسية وتحدد فيها مقادير القدرة والفولتية بصورة معلومة ودقيقة وتغير قيمها بتغير المواد التي تصنع منها. فالمقاومات مثلا يمكن التحكم بقيمها اثناء الانتاج بتغير المواد التي تصنع منها وكذلك بالنسبة للمتسعات فانه يمكن تغير العازل لتغير اتلسعة او تغير مساحة السطح للمتسعة.اما بالنتسبة للدوائر المتكاملة فانه لايمكن تغيير المقاومة النوعيةلاجل الحصول على مفاومات مختلفة لان هذا سوف يؤثر على قواعد الترانزستورات ولهذا فان قيم المقاومات في الدوائر المتكاملة تحدد بصورة كاملة بواسطة ابعادها أي طول المقاومة وعرضها لهذا تكون المقاومات العالية طويلة وضيقة ،والمفاومات الصغيرة قسيرة وعريضة وكذلك المتسعات فان مساحة السطح هي التي تحدد السعة ،حيث ان العازل هو SiO_2 يبقى ثابتا وكذلك سمك هذا العازل هو ثابت ايضا.

المقاومات المتكاملة

ان البلورة سواء كانت من النوع n او p تمتلك مقاومة تعتمد على ابعاد تلك البلورة ومقدار تركيز الشوائب .وفي الدوائر المتكاملة ذات البلورة الاحادية يستحسن تجنب وجوج مقاومة في الدائرة تقل عن اوم واحد او تزيد عن $20\ \Omega$.وتصنع المقاومات العالية من نشر شوائب قابلة (p)في الطبقة الفوقية للبلورة بالطريقة التى مر ذكرها في الموضوع السابق(عند نشر شوائب قاعدة الترانزستور).اما بالنسبة للمقاومات التي تقل عن 20اوم فان نشر الشوائب المانحة (n)ذات التركيز العالي التى تستعمل وبنفس طريقة نشر (شوائب باعث الترانزستور)ويبين الشكل (5a)مقاومة متكاملة باستعمال البلورة p ويلاحظ ان هذة المقاومة تكون معزولة عن بقية عناصر الدائرة المتكاملة بوصل p-n للثنائي المتواجد مع هذة المقاومة.



الشكل (5): المقاومات والمتسعات المتكملة.

المتسعات المتكاملة

من الممكن تصنيع المتسعات في الدوائر المتكاملة باستخدام خاصية سعة الانتقال في الوصلة (p-n)النحاز عكسيا ولان هذة السعة تعتمد على الفولتية العكسية فانة يجب ترتب الانحياز الصحيح في الدائرة عبر هذة المتسعة وتحدد اقصى قيمة للمتسعة التى يمكن الحصول عليها بهذة الطريقة بحوالي (100PF) كما يمكن تصنيع المتسعة بواسطة تركيب مكون ببساطة من صفيحتان متوازيتان بينهما عازل من اوكسيد السيلكون تكون الصفيحة العليا من الالمنيوم اما الصفيحة السفلى فتكون من مادة شبة موصلة سالبة – N كما في

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

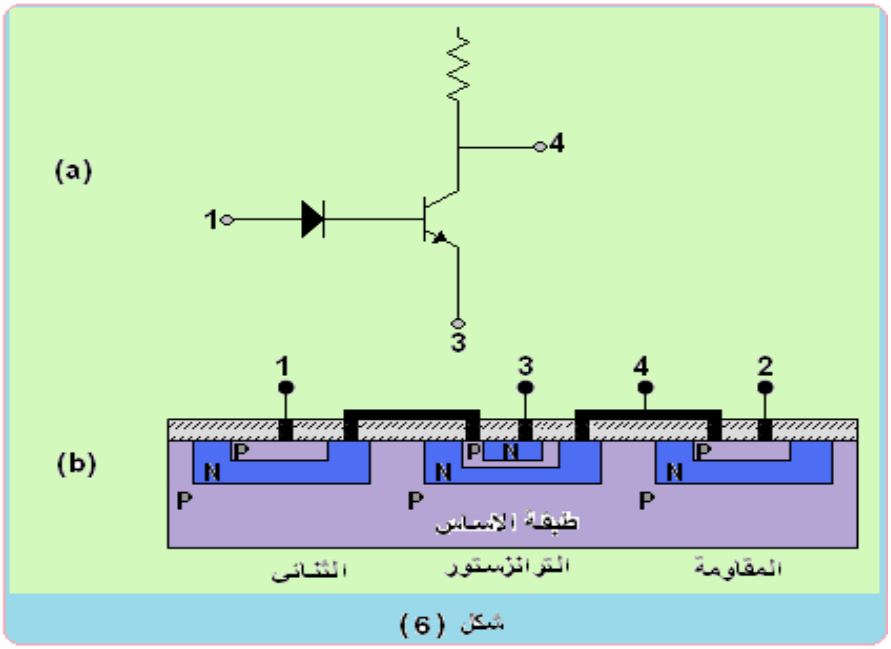
الشكل (5b) تكون قيمة هذه المتسعة مساوية لـــ $C = e\frac{A}{t}$ حيثان : A مساحة المتسعة و e ثابت العازل و t: سمك العازل اي المسافة بين الصفحتين من الواضح انه بالامكان زيادة C بزيادة A او عند تقليل المسافة t بين الصفيحتين حيث ان هناك قيمة معينة للمجال الكهربائييمكن ان يتحملها (اوكسيد السيلكون)ثم ينهار بعدها.

الملفات المتكاملة Integrated Inductor

تصنع الملفات المتكاملة يقيم محاثة في حدود بضع مايكروهنري (Mh) من الاغشية الرقيقة Thin Film عن طريق ترسيب مواد موصلة بشكل حلزوني Spiral. الا ان هذا النوع من الترسيب ياخذ مساحة كبيرة على طبقة الاساس ويمتلك عامل جودة Quanlity Factor Q (هو النسبة بين القدرة المخزونة الى القدرة المستهلكة)واطئا. وبهذا فان الملفات تستعمل مع الترددات العالية تتطلب محاثةInductance قليلة وعامل Q صغيرا اما في الاحوال التى تتطلب ملفات بمحاثات عالية فانه يتم ربط الملف كعنصر منفصل يربط خارجيا الى الدائرة المتكاملة.

تكوين الدائرة المتكاملة الكاملة

لتوضيح فكرة انتاج الدوائر المتكاملة ناخذ الدائرة البسيطة ذات العناصر الثلاثة المبينة في الشكل (6a), حيث يمكن المئات من هذه الدوائر بنفس الوقت وفي الرقاقة الواحدة وسيكون تركيب الشريحة كما هو واضح من الشكل (6b), الواحدة كما هو مبين في الشكل ادناه فالخطوة الاولى بعد تغطية سطح البلورة بالاوكسيد هو تكوين المناطق (n) التى تمثل الطرف السالب للثنائي وطرف الجامع للترانزستور وطرف الذى يعزل الماومة عن طبقة الاساس ويتم تكوينها بنفس الوقت ويمثل الخطوات التى سبق ذكرها بعد ذلك تكون المناطق(p) للثنائي والمقاومة وقاعدة الترانزستور . اما الخطوة التى تلي ذلك فهي نشر شوائب (n) لتكون الطرف الباعث في الترانزستور والخطوة تشمل ترسيب التوصيلات المعدنية وكما يوضح ذلك الشكل(6), بعد ذلك تقطع الشرائح وتوضح كل شريحة في التغليف package وتوصل النقاط الضرورية الى دبابيس التغليف.



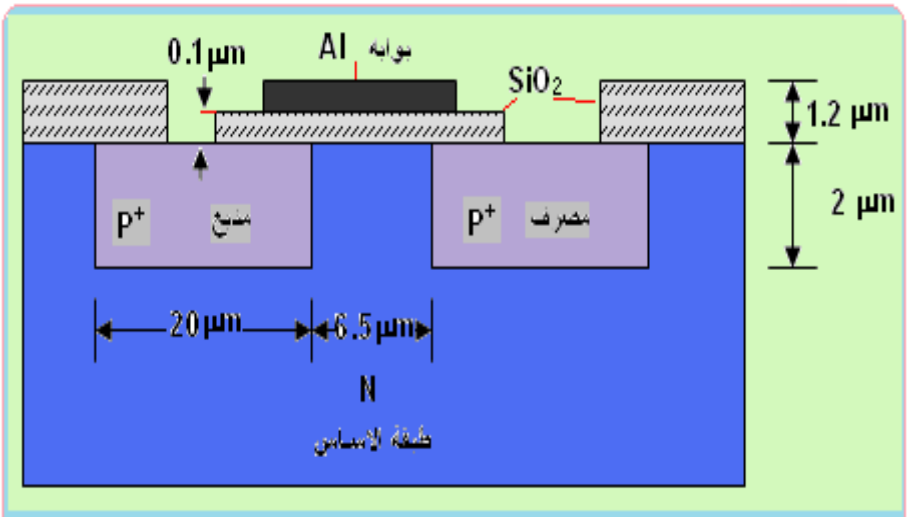
شكل (6)

دوائر mos المتكاملة

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

الدوائر المتكاملة الاحادية البلورة التى تمت مناقشتها اعلاه يمكن ان ندعوها بشكل ادق بالدوال المتكاملة احادية الباورة ثنائيات القطب وذلك لانها تعتمد اساسا على تصنيع الترانزستور الثنائي القطبية JBT من جهة اخرى هناك عائلة اخرى من الدوائر المتكاملة احادية البلورمة تعتمد في تصنيعها على تركيب ترانزستور تاثير المجال ذي الاوكسيد المعدني الاحادية القطبية وتستخدم بكثرة في عد من التطبيقات وخصوصا ما يتعلق منها في مجال الاكترونيات الرقمية كما ان هناك ايضا بعض الدوائر المتكاملة التى تحتوي كلا من نوع الترانزستور ثنائي القطبية واحادي القطبية

ان العمليات المستخدمة في تحضير الرقاقه لدوائر mosهي نفس العمليات التى مر ذكرها عند تصنيع رقاق دوائر الـ(BJT)المتكاملة الا ان العمليات الخاصة لـ(MOS)تكون اقل كلفة من عمليات الثنائيات القطبية .ففي الترنزستور (MOS)يازم عملية نشر الشوائب من نوع واحد لتكوين كل من منتطقتي المنبع والمصرف(كلاهما يقعان في مستوى واحد)مقارنة مع اثنين الى اربع عمليات نشر في الدوائر المتكاملة الثنائيات القطبية كما ان عزم المكونات عن بعضها الاخر سوف تنفي الحاجة اليها في الدوائر (MOS)حيث ان كل منطقة منبع سوف تكون مفصولة عن مثيلاتها بواسطة وصلة(PN)المتكونة بفعل وجود طبقة الاساس.،وبسبب من عدم الحاجة الى مناطق العزل هذه بين مكونات دوائر(MOS)المتكاملة فان كثافة المكونات لهذة الدوائر يمكن ان تكون عالية جدا (اكبر عشر مرات مما هي علية في الدوائر (BJT)المتكاملة)وبالتالي فان دوائر الـ(MOS)المتكاملة تصلح على وجهه الخصوص لعملية التكامل الموسع .وهو زيادة كثافة العناصر مع انخفاض كلفة التصنيع.ويبين الشكل (12) تركيب ترانزستور MOS ذو بوابة معدنية في دائرة متكاملة من نوع (P)مع الابعاد النموذجية مقاسة بالمايكرون (10^{-6} m) . تدل الاشارة الموجبة التي ترافق اللحرف(P) على ان المنسوب المشعمل مع n الذي لايحوي هذه الاشارة.وتمتاز دوائر(P) ببساطة تصنيعها ورخص ثمنها. لكنها تحتاج الى مصادرفولتية عالية لبقيمة نوعا ما $\left(V_{GG} = 24\ V, V_{DD} = -12\ V\right)$ ونتيجة لكسر مساحة معدن البوابة فان المتسعة المتكونة تضع حدا للتردد الذي لا يمكن استعماله الى حوالي $1\ MHz$.



الشكل (12) تركيب ترانزستور MOS ذو بوابة معدنية في دائرة متكاملة.

وقد لوحظ ان كلا هاتين السلبيتين تتحسنان عند استعمال مادة Poplycrystalline Silicon المصلة لتقوم بعمل البوابة وتسمى مثل هذه الدائرة

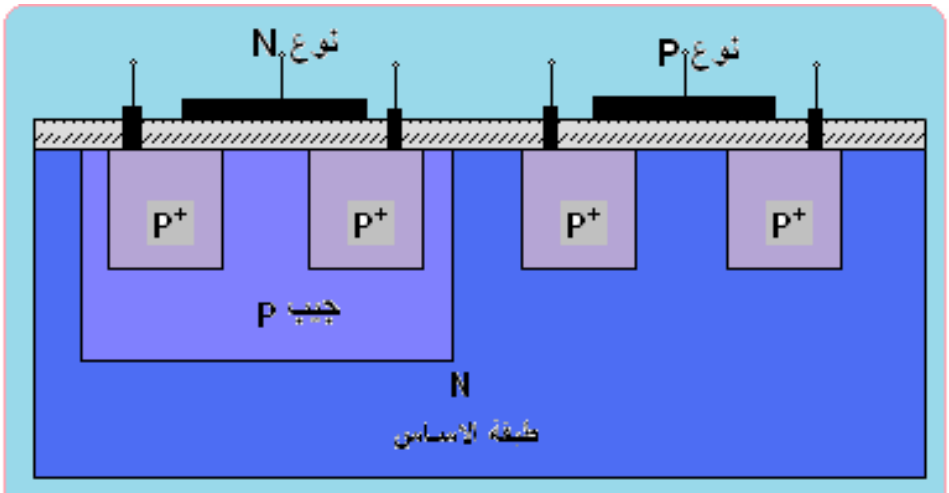
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

عنجئذ يذات البوابة السيلكوتية Silicon Gate ان دفع ثمن هذا التحسن فيدفع بزيادة تعقيد صنع الدائرة المتكاملة.

على الرغم من المميزات المذكورة اعلاة لدوائر (MOS) المتكاملة فان هذة الدوائر تعاني من بطء في الاستجابة الترددية وذلك لان كبر مساحة معدن البوابة ووجود العازل سوف يضعان حدا للتردد الذى يمكن استعمالة بسبب كبر المتسعة المتولدة .وللحصول على دوائر(MOS)تعمل بترددات اعلى تستبدل طبقة الاساس P بطبقة من نوع N، وبالتالي تصبح القناة المحتثة من النوع N التى تفوق سرعة شحناتها ((الالكترونات))سرعة شحنة القناة P((الفجوات)) بحوالى (٣)مرات

من الجدير بالذكر ان المقاومة المتكاملة في دوائر الـ(MOS)هي عبارة عن ترانزستورE-MOSFET ربطت بوابتة الى مصرفه وبذلك تعمل القناة التعزيزية عمل مقاومة تعتمد قيمتها على الشكل الهندسي لها وعلى شكل التصميم وتساوي مقلوب معامل توصيل الترانزستور(gm)بهذة الطريقة يمكن الحصول على مقاومة تزيد قيمتها عن W 100k ومثل هذه القيمة لاتكون سهلة المنال عند تصنيعها بطريقة الانتشار. وحيث ان المقاومات المتكاملة يمكن الحصول عليها من بين المصرف والمنبع وتعتمد المقاومة المكافئة حينئذ على جهد الانحياز المسلط على البوابة ، ومن الجدير بالذكر ان البمقاومة تزيد قيمتها عما يمكن الحصول عليه من طريقة الانتشار، بالاضافة الى ذلك الحجم الاصغر الذي تشغله مقاومة MOS المتكاملة. اما المتسعة فبالدوائر MOS المتكاملة تصنع بنفس الطريقة المذكورة اعلاه.

ان ظهور دوائر MOS المتكاملة التي تحوي على كلا نوعي الترانزستور (P) او F ((N) والتي تعرف ب(CMOS) او دوائر MOS المتممة Complementary الموصوفة بالشكل(13)،حيث نلاحظ خاصية عزل الترانزستور ذي القناة السالبة من طبقة الاساس عن طريق عملية اضافية لنشر الشوائب الموجبة(p)والتي تكون على شكل جيب داخل طبقة الاساس (وهذه الفكرة تم استعمالها في تكوين ترانزستور pnpمع ترانزستورات npn في دوائر ذات القطبين المتكاملة.



الشكل(13): يبين دوائر CMOS المتممة Complementary .

الدوائر المتكاملة المختلطة

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

الدوائر المتكاملة المختلطة وهي تلك الدوائر التى تتكون من شبكة من المقاومات مصنوعة اما من اغشية رقيقة او اغشية سميكة مرسية على على طيقة اساس عازلة مضافا اليها المكونات الاخرى من الثنائيات والمتسعات والترانزستورات .وتمتاز الدوائر المتكاملة المختلطة من الميزات يمكن اجمالها :

١-هناك الكثير من المرونة عند التصميم.

٢-تكون اقل كلفة من احادية البلورة.

٣-تكون عناصرها غير فعالة اكثر استقرارا وقيمتها اكثر دقه.

٤-يمكن الحصول بواستطها على قيم عالية كالعناصر غير الفعالة.

التكامل الموسع

بدات البحوث من اجل تصنيع الدوائر المتكاملة منذو عام 1959 اذ امكن حينئذ وضع ترانزستورين في تغليف واحد وفي سنة1962كان عدد العناصر المجمعة في الشريحخة الواحدة لايتجاوز العشرة (10) وارتفغ في عام1967 ليصبح (70)وفي السبعينات تطورة عملية توسيع الدائرة المتكاملة بحيث ان عدد العناصر يمكن جمعها الآن في الشريحة الةاحدة عن(5,000)ان المقصضود من عملية التكامل الموسع Large Scale Integrationاختصارا (LSI) هو زيادة كثافة العناصر مع انخفاض كلفة التصنيع في الوقت نفسه يؤخذ عدد الترانزستورات دون غيرها من العناصر في تحديد تصنيف الدوائر المتكاملة فمثلا تعتبر الدائرة المتكاملة مت الصنف الموسع اذا زاد عدد الترانزسنورات فيها عن(500)اما اذا قل العدد عن(50) فان الدائرة تصنف ضمن الدوائر قليلة التكامل Small Scale Intergrationاختصارا(SSI)اما الصنف الثالث فيكون في حالة احتواء الدائرة على عدد ترانزستورات بين (50) و (500)ويدعة البتكامل المتوسط(MSI)والحرفM يدل علىMedium .

ومن الجدير بالذكر العناصر يتم عزلها عن بعضها البعض بواسطة الثنائيات المتولدة بين طبقة الاساس (p)والمناطقn الثلاثة السفلى لذلك يجدر دوما ربط طبقة الاساس الموجبة في نقطة من الدائرة التى تمتلكاعلى فولتية سالبة.

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