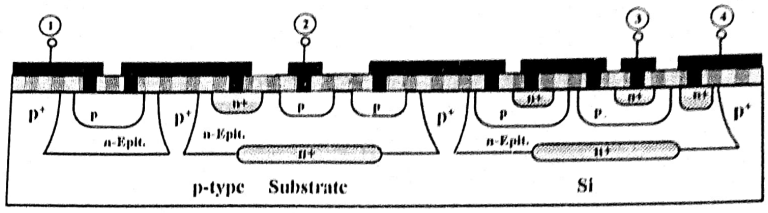
سلم تصحيح مقرر الالكترونيات الدقيقة لطلاب السنة الخامسة – الكترون

الدورة الفصلية الثانية ٢٠٢٤

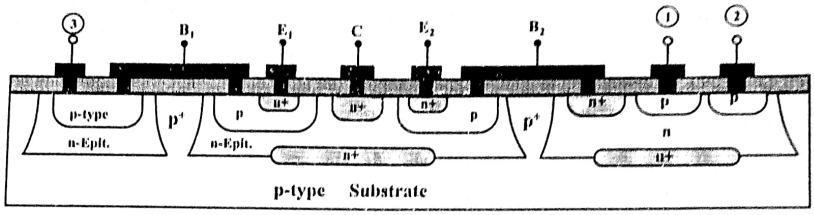
السؤال الأول: (٤٨ درجة)

الطلب أ: (٢٠ درجة)

الدارة الأولى:(١٠ درجات)

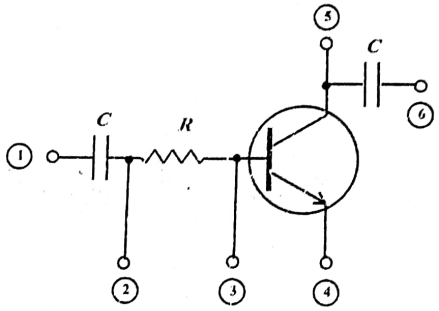


الدارة الثانية (١٠ رجات)

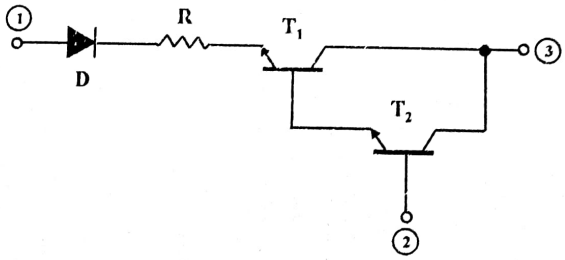


الطلب ب: (٢٠ درجة)

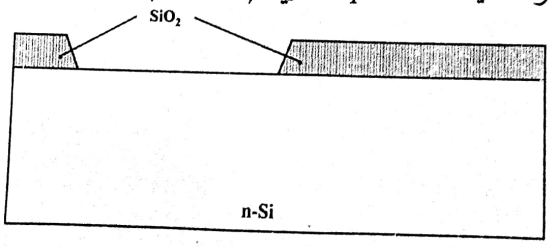
البنية الطبقية ١: (١٠ درجات)



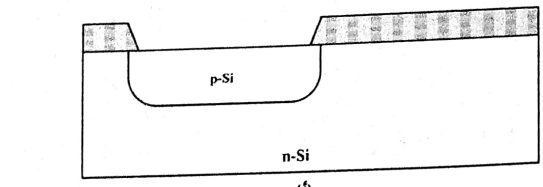
البنية الطبقية ٢: (١٠ درجات)



الطلب ج: خطوات تصنيع عاكس CMOS في إطار عملية p – well معيارية **(٨ درجات)**

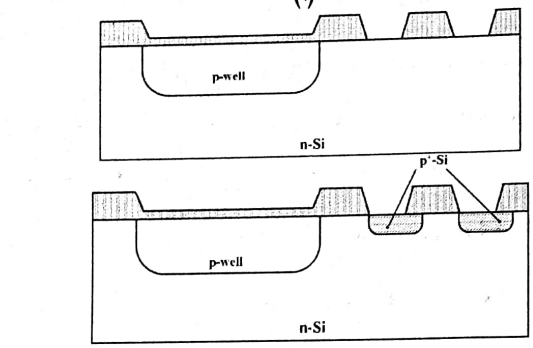


القناع M1



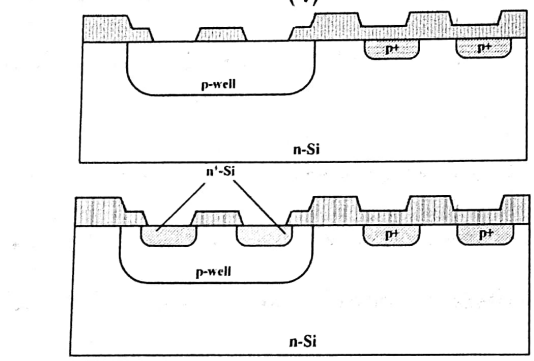
(أ)

القناع M2



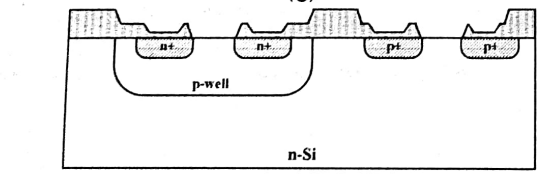
(ب)

القناع M3



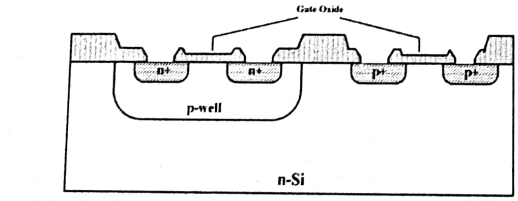
(ج)

القناع M4



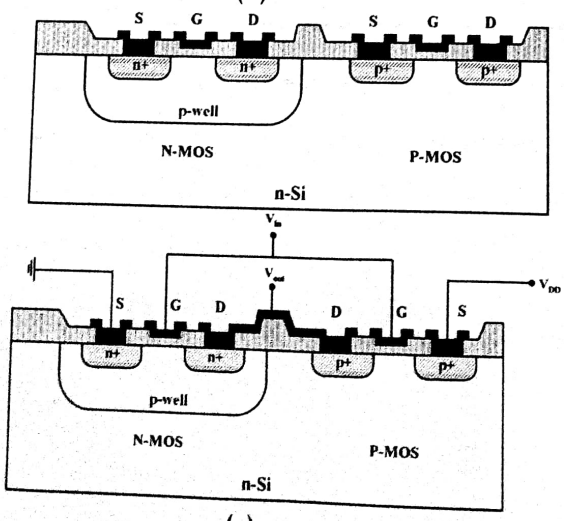
(د)

القناع M5



(هـ)

القناع M6



(و)

السؤال الثاني: (٣٢ درجة)

١ – متطلبات الجودة: (٦ درجات)

١-الأبعاد الفيزيائية (Physical Dimensions): و هي الأبعاد الفعلية للرقاقة (على سبيل المثال: السماكة).

التسطح (Flatness): و هو تغير السماكة الخطي عبر الرقاقة.

٢- الخشونة الميكروية (Microroughness): و هي القمم و الوديان الموجودة على سطح الرقاقة. نحصل بعد سلسلة من عمليات الحفر و الجلخ و الصقل و التنعيم على سطح مستو للرقاقة قريب من التام مع عدم استواء (تعرج) بمقدار أقل من (1 nm) و هذا يعني خشونة سطح تبلغ فقط عدة طبقات من الذرات.

٣- كمية الأوكسجين (Oxygen Content): الأوكسجين الزائد يمكنه التأثير على الخواص الميكانيكية و الكهربائية.

٤- عيوب البلورة (Crystal Defects): يجب أن تكون أصغر ما يمكن من أجل جودة رقاقة مثالية.

٥- الجسيمات (Particles): يجب التحكم بها لتقليل خسارة الإنتاج أثناء تصنيع الرقاقة.

٦- المقاومة الحجمية (Bulk Resistivity): إن الحصول عل مقاومة حجمية منتظمة من الإشابة أثناء نمو البلورة أمر بالغ الأهمية.

٢ – على الرغم من الغرف النظيفة يوجد أنواع مختلفة من الملوثات: (٦درجات)

١- الملوثات المجهرية الدقيقة: على سبيل المثال الجسيمات (particles) من الهواء أو من الغازات.

٢- الملوثات الجزيئية: و تشمل الملوثات العضوية (organic contamination) على سبيل المثال الهيدروكربونات من الزيت أو في المضخات.

٣- الملوثات الأيونية: كالعرق على سبيل المثال.

٤- الملوثات الذرية: الشوائب المعدنية (metallic impurities). مثل المعادن الثقيلة من المخففات (dilutions) و حت الأجسام الصلبة.

٥-الأكاسيد الفطرية (native oxides).

٦- التفريغ الكهروستاتيكي ((electrostatic discharge (ESD).

٣- (٤ درجات)

تمتاز الدارات الإلكترونية الدقيقة عن الدارات الإلكترونية التقليدية بسمتين أساسيتن و هما التكامل (Integration) و النمنمة (التصغير) (Miniaturization). يقصد بالتكامل تجميع جميع العناصر (الترانزستورات، المقاومات، المكثفات، و عناصر أنصاف نواقل أخرى) و التوصيلات في دارة الكترونية واحدة على طبقة أساس مشتركة. يتم ذلك أيضاً في الدارات الإلكترونية الدقيقة في عملية تصنيع مشتركة. يقصد بالتصغير أو النمنمة إنقاص حجم العناصر المفردة (و بذلك الدارة المتكاملة ككل) بشكل متواصل. يمكن من خلال النمنمة تصنيع دارات متكاملة تحوي أكثر من مليار ترانزستور على قطعة من السيليكون أقل من 10 mm.

٤- لعملية التغليف عدة وظائف (٤ درجات):

١- الحماية و الوقاية من البيئة و الوسط المحيط (رطوبة، أوساخ، حرارة، إشعاع) و كذلك من طريقة التعامل مع الدارة المتكاملة.

٢- توصيل الإشارة و ربطها.

٣- الدعم الفيزيائي.

٤ – تسهيل التعامل مع الدارة المتكاملة في النظام التي تعمل فيه.

٥ – تبديد الحرارة.

٦ – السلامة البيئية و سهولة التخلص منها (تصريفها).

٥ – **التعاريف: (٧ درجات: درجة لكل تعريف)**

١ – **الأوكسيد الفطري** (native oxide): طبقة رقيقة من أوكسيد نامي على سطح الرقاقة نتيجة التعرض للهواء.

٢ – **الملوثات المجهرية الدقيقة (Microscopic cotamination)**: الملوثات المجهرية الدقيقة هي جسيمات تمتز على سطح الرقاقة و مصادر هذه الملوثات هي الهواء المحيط، الملابس، تآكل الأجزاء المتحركة، السوائل المفلترة بشكل غير كافٍ (من أجل التنظيف، الحفر، الإظهار) أو المخلفات المتبقية بعد عملية الحفر الجاف.

٣ – **تنظيف الرقاقة (Wafer Cleaning)**: إن هدف التنظيف هو إقصاء الجسيمات و الملوثات العضوية و اللاعضوية و إزالتها، و التي تتواجد على سطح الرقاقة الأولية (لم يصنع عليها شيء بعد) أو تنشأ نتيجة خطوات التصنيع المختلفة على الرقاقة كمنتجات جانبية غير مرغوب فيها.

٤ – **الإنتقائية في الحفر (Etch Selectivity)**: قيمة هامة في عمليات الحفر و هي عبارة عن نسبة حك (حفر) الطبقة الواجب حفرها (مثل فيلم من الأوكسيد) إلى حك الطبقة الأخرى (كقناع من مادة مقاومة ضوئية). إذا كانت الانتقائية 2:1 فإن الأوكسيد سيحفر أسرع بمرتين من حفر المادة المقاومة الضوئية.

٥ – **معدل الحفر (Etch Rate)**: معدل الحفر هو التآكل و الحت في الزمن و يعبر عن السرعة التي تزال بها المادة، و على سبيل المثال يمكن تحديده بالنانومتر في الدقيقة الواحدة أو انغستروم في الثانية الواحدة.

٦ – **الرقم التصنيفي Class number**: عامل يحدد جودة الهواء داخل الغرفة النظيفة و ذلك بتحديد حجم الجسيمات (particle size) و كثافتها (density) حيث يعبر هذا الرقم عن الجسيمات المتبقية في حجم محدد.

٧ – **تقنية النانو (Nanotechnology)**: استخدام خواص مواد معينة نحصل عليها عندما تقترب أبعاد البنية من أبعاد الجزيء أو الذرة. تهتم هذه التقنية بالبحث و تطوير تقنيات على مستوى الذرات (أبعاد الذرة) و بأبعاد تتراوح من ١– ١٠٠ نانومتر و تهدف إلى تحقيق و استخدام بنى و أجهزة و أنظمة تملك خواص و وظائف جديدة نتيجة أبعادها الصغيرة جداً حيث تتغير الخواص الضوئية و الكهربائية و الكيميائية للمواد بشكل كامل بتعديل البنية الدقيقة لها.

٦ – **فك الاختصارات: (٥ درجات: درجة لكل اختصار)**

VLSI	Very Large-scale Integrated Ciruits	الدارات المتكاملة ذات الكثافة العالية جداً (عالية التكامل جداً)
GLSI	Giant Large-scale Integrated Ciruits	الدارات المتكاملة ذات الكثافة الهائلة (فائقة التكامل)
PVD	Physical Vapor Deposition	ترسيب بخار فيزيائياً
CVD	Chemical Vapor Deposition	ترسيب بخار كيميائياً
CMP	Chemical Mechanical Planarization	التسوية الميكانيكية الكيميائية

حمص في ٢٠٢٤/٧/٢٨

مدرس المقرر

د. م. مجد الدين العلي

MAC