كلية طب الأسنان

مقرر
النانو في طب الأسنان
(DEFE902)

(المحاضرة الثالثة)

التصوير الرقمي النانوي

Nano digital dental imaging

الفصل الدراسي الصيفي

2025-2026

Dr. M. Moualla

مقدمة (Introduction):

يُستخدم، كلاً من أجهزة اقتران الشحنة (حساسات سي سي دي CCD-Charge-Coupled Devices) و أنصاف نواقل الأكاسيد المعدنية المتكامل (ترانزستور السيموس المتكامل CMOS Complementary Metal Oxide (Semiconductors، تقليديًا كأجهزة لتحويل فوتونات الأشعة السينية إلى ضوء مرئي والذي بدوره يكشف مستقبلات الصور الرقمية الحساسة . أثناء عملية التحويل هذه، يتشتت الضوء، مما يعني فقدان جزء من المعلومات مما سيساهم في النهاية في انخفاض دقة الصورة. تقوم الشاشة الفوسفورية الجديدة المصنعة وفق تقانة النانو بتحويل الأشعة السينية إلى ضوء مرئي ومن ثم تقوم بالتقاط الضوء وتوجيهه بشكل دقيق باتجاه الكواشف الإلكترونية للضوء. هذه هي النظرية الأساسية وراء تكنولوجيا الحساسات النانوية الفوسفورية Nanophosphor Scintillator technology.

الكواشف التقليدية مقارنةً بالكواشف الحديثة (Traditional scintillators versus modern scintillators):

إن الكواشف التقليدية المستخدمة في بناء حساسات سي سي دي وترانزستور السيموس المتكامل هي: يوديد السيزيوم المحفز بالثاليوم [CsI: TI]، أوكسيكبريتيد الجادولينيوم المحفز بالتربيوم $[Gd_2O_2S: Tb]$، السيراميك البصري الشفاف المغطى بأكسيد اللوتيتيوم باليوربيوم$[Lu_2O_3: Eu^{+3}]$. بينت التجارب أنه من الممكن استخدام $[Lu_2O_3]$ المشبع باليوروبيوم بدلاً من يوديد السيزيوم وأوكسي كبريتيد الجادولينيوم في المستقبل القريب. ينبغي أن يمتلك الكاشف المثالي كثافة مرتفعة وعدد ذري كبير، طاقة خرج مرتفعة و زمن اضمحلال قصير دون التفسفر بالإضافة إلى امتلاكه طول موجي مطابق لطول موجة الحساس. كما ينبغي أن تتوفر الصلابة الميكانيكية التي من شأنها حماية الطبقة الخارجية للكاشف من التلف بفعل الأشعة السينية، ناهيك عن ضرورة انخفاض التكلفة.

في غياب مثل هذا الكاشف المثالي، فإن الاتجاه المستقبلي هو ابتكار طرق جديدة لتحسين كفاءة عملية تحويل الأشعة السينية إلى ضوء من خلال تصميم كواشف جديدة باستخدام مواد جديدة. أحد هذه الاتجاهات هو الاستفادة من الكواشف النانوية التي من شأنها زيادة كفاءة تحويل الضوء من الأشعة السينية الساقطة على الكاشف. بالإضافة إلى ذلك، إذا كان هناك إمكانية صناعة قنوات دقيقة تستطيع التقاط وعكس فوتونات الضوء المحولة على مادة الكاشف دون أي خسارة، فمن الناحية النظرية سيتم زيادة كفاءة الكاشف.

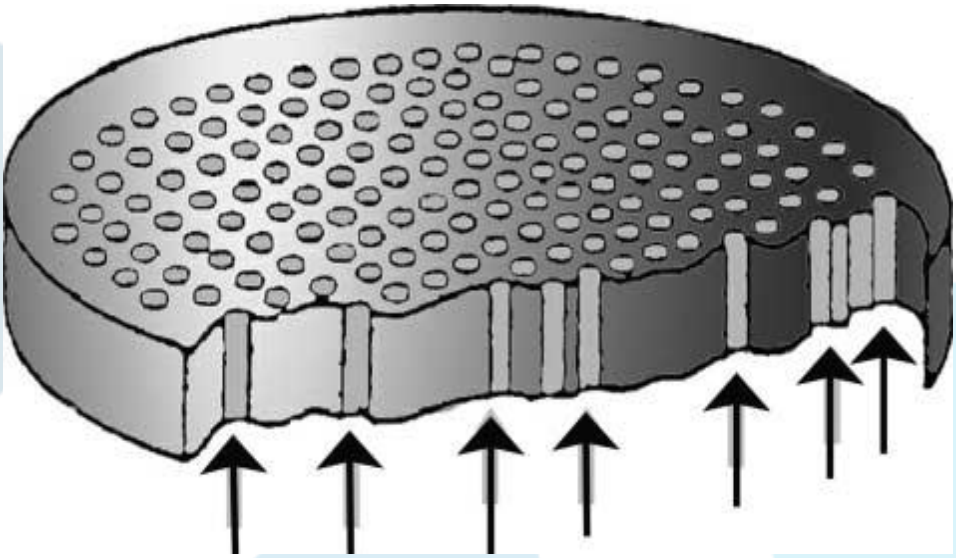
علم تكنولوجيا النانو (The science of nanotechnology):

تقانة النانو هي علم صنع مواد أو هياكل جديدة يقل حجمها عن جزء من المليون من المتر (ذرة بذرة). تعرف الذرة المقيدة كمومياً (Quantum Confined Atom, QCA) بأنها ذرة أو أيون يتم احتجازها ضمن قفص عبارة عن بلورة نانوية مصنوع من أنصاف النواقل. في تكنولوجيا أنصاف النواقل التقليدية، يتم تصنيع معظم الأجهزة الإلكترونية من طبقات متعددة من

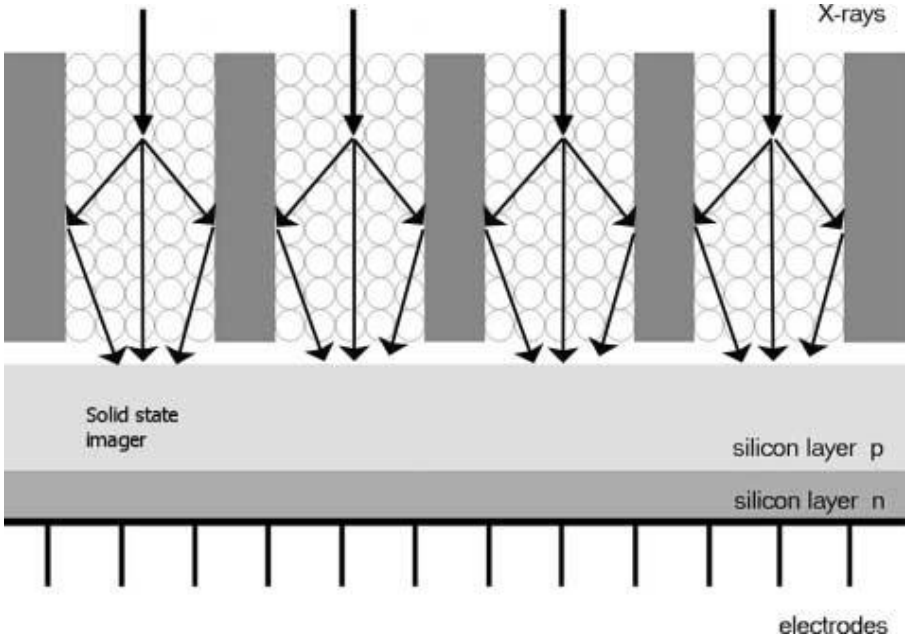
أنصاف النواقل. يتم إشابة أنصاف النواقل المستخدمة بذرات عناصر مختلفة، مما يغير خصائصها بحيث تتمتع كل طبقة بالخاصية الكهربائية الفريدة اللازمة لعمل هذا النوع من الأجهزة بالكفاءة المطلوبة. بالرغم من ذلك فإن تقنية الـ QCA تعمل بالاتجاه المعاكس، فبدلاً من أن تقوم الذرة المحتجزة بتغيير خصائص مضيفها نصف الناقل، تقوم ذرات أنصاف النواقل المكونة للقفص بتعديل خصائص الذرة التي تحتجزها. من المتوقع أن يوفر هذا الفرع من تكنولوجيا النانو مواد نانوية لاستخدامها كقاعدة لأجهزة الجيل القادم مثل مصابيح الفلورسنت، وأجهزة استشعار (حساسات) الأشعة السينية الرقمية عالية الدقة وبعض الأجهزة الإلكترونية الضوئية.

تصميم شاشة الكاشف الفوسفوري (**Design of the nanophosphor scintillator screen**):

يتم تطوير هذه المواد النانوية كي تستخدم بشكل متزامن مع جهاز يقوم بتوجيه دقيق للضوء على حساسات سي سي دي CCDأو ترانزستور السيموس المتكامل CMOS (الشكل1). تتم صناعة هذه الشاشات الفوسفورية من السيليكون أو الزجاج وتكون شبيهة بالغربال لاحتوائها على قنوات دقيقة يبلغ قطرها حوالي $10\mu m$ أو أقل. يتم حشو هذه القنوات الدقيقة بالفوسفور النانوي الذي يصدر الضوء عند تعرضه للإشعاع. تحوي جدران القنوات الدقيقة على طبقات عاكسة للضوء تعمل على تحويل الضوء المنبعث من الفوسفور وتوجيهه نحو أجهزة تجميع الضوء (الشكل2).



الشكل1: نموذج لشاشة نانوية حيث تمثل الأسهم قنوات دقيقة مطلية بمواد عاكسة للضوء و مملوءة بالفوسفور النانوي.



الشكل2: شاشة نانوية موصولة مع الكاشف .تمثل الأسهم ذات الرؤوس الكبيرة فوتونات الضوء الصادر نتيجة سقط الأشعة السينية (X-Rays) على جسيمات الفوسفور النانوية والتي يتم حرفها وتوجيهها على الحساس (الكاشف).

يتم التركيز في الأبحاث المستقبلية للتصوير الشعاعي الرقمي باستخدام الكواشف النانوية على تخفيض جرعة الإشعاع المستخدمة حالياً للحصول على الصورة الشعاعية بالإضافة إلى الحصول على صور ذات جودة تشخيصية عالية جدًا عن طريق زيادة كفاءة تحويل الضوء والتخزين.

أتاحت لنا تقنية البلورات النانوية المكتشفة حديثًا الآن زيادة تألق بلورات الفوسفور المستخدمة في تصنيع أجهزة الوميض المستخدمة في أجهزة الشحن المقترنة (CCD) وأجهزة الاستشعار (CMOS) . عند استخدام أجهزة الوميض التقليدية، تكون كفاءة المستشعرات بأقصى حالاتها حوالي 60% بسبب التشتت المستمر للضوء الذي يتم تحويله من فوتونات الأشعة السينية التي تلامس شاشة الفوسفور. إيقاف هذا التشتت، وتحسين أداء الأجهزة الباعثة للضوء (LED) وتوجيه الضوء إلى أجهزة تجميع الضوء، من الممكن أن يزيد عندئذٍ الكفاءة نظريًا إلى 100% مما يعني زيادة في دقة الصورة. وهذا يعني أيضًا أنه يمكن استخدام طاقة أشعة سينية أقل نسبيًا للحصول على صور ذات دقة ومقدرة فصل عاليين مقارنةً بتقنيات التصوير الشعاعي التقليدي. تم تصميم هذه التقنية لإنتاج صور عالية الدقة بجزء صغير من الجرعة الإجمالية التي يتلقاها المريض حاليًا في مجال أشعة الفم والوجه والفكين.

تصوير وتتبع الخلايا الجذعية (Stem cells imaging/tracking):

بغية تقييم الفعالية العلاجية للخلايا الجذعية المزروعة ضمن الفم، من المهم تتبع بقائها وهجرتها ومصيرها وتأثيرها التجددي في الجسم الحي. يمكن تتبع هذه الخلايا الجذعية في الجسم الحي بعد الزرع باستخدام تقنيات وضع العلامات المختلفة (Labeling techniques). من الممكن وضع العلامات الأولية باستخدام صباغ الفلورسنت (Fluorescent dyes) أو الجسيمات النانوية المغناطيسية مثل أكسيد الحديد الفائق المغناطيسية (Superparamagnetic iron oxide)، أما عملية تصوير هذه الخلايا فتتم باستخدام تقنيات تصوير مختلفة أبرزها التصوير بالرنين المغناطيسي MRI .

Best of luck my dears...