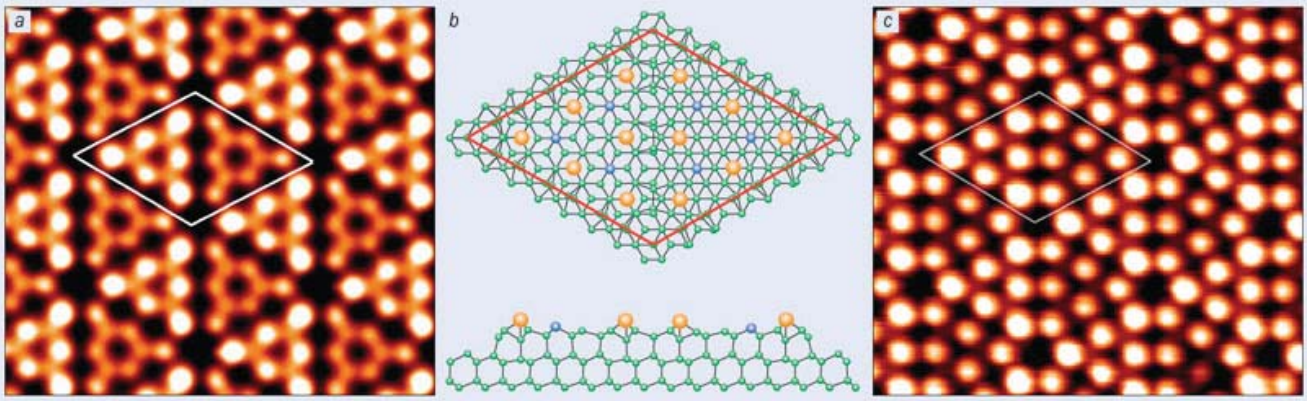
الشكل 2 : سطح السليكون (111)-(7×7) الألماسي أفضل صديق للعاملين في المجهرية النفقية الماسحة



(a) أفضل صورة، من حيث الميْز، أُخذت بمجهر نفقي ماسح لسطح سليكون (111)–(7×7) حتى تاريخه. (b) يمكن التمييز بين طبقة الذرّات العلوية (الممثلة بالدوائر الصفراء في نموذج البنية) والطبقة من الذرّات الواقعة تحتها فيما يسمى طبقة الذرّات الساكنة (الدوائر الزرقاء). (c) يؤدي تغيير جهد الانحياز المستعمل إلى اكتساب صورة لتعديل مجال طاقة الإلكترونات العابرة نفقياً، وبالتالي يسبِّب تغيّراً ملحوظاً في تباين الصورة.

الذرّات رؤية عين، أي إننا لا نرسم خريطة لمواقع الذرّات، بل نرسم خريطة تغيّرات الكثافة الإلكترونية.

وفي مجال التصوير الجزيئي، نجد صور تغيّرات الكثافة الإلكترونية عالية الميْز مدهشة حقاً. وإن جزيئة فلورين باكمنستر، جزيئة C_{60} التي تشبه كرة القدم، كانت مثيرة للنقاش حقاً في هذا الصدد، حيث بيّنت دراسات المجهر النفقي الماسح عليها البنية الإلكترونية الداخلية. إذ ينشأ التباين ضمن الجزيئي في صور المجهر النفقي الماسح من التوزع المكاني للكثافة الإلكترونية لمداريات الجزيئة. (ينفرد المجهر النفقي الماسح بقدرة رسمه المداريات الممتلئة بالإلكترونات والخالية منها بميْز دون النانومتر). يظهر في الشكل 3 مثالٌ ملفتٌ ومدهشٌ لذلك. أُخذ هذا المثال من عمل الباحثين جيلوم شول G. Schull وريتشارد بيرندت R. Berndt العاملين في جامعة كريستيان ألبرختس في كييل بألمانية، حيث تظهر البيانات تغيّر التباين ضمن الجزيئي في صور المجهر النفقي الماسح مع تغيّر توجهات الجزيئة بالنسبة للسطح.

تحسّس القوة

لسنا مقيدين باستعمال التيار النفقي المار بين الرأس والعيّنة. فقد قام بيننغ وروهرر ملهمين في أعقاب محاضرة، ألقاها جون بيشيكا J. Pethica في أول ورشة عالمية تناولت مجهرية المسح النفقي عام 1985، بتوسعة عمل المجهر النفقي الماسح ليكشف عن القوى الذرّية باختراعهما مجهر القوة الذرّية عام 1986. إن أحدث تقدم حصل في التصوير العالي الميْز مؤخراً نَجَم عن مجهر قوة ذرّية محسّنٍ يستعمل ما يُعرف بالنمط «اللاتلامسي» non-contact (الشكل 4).

يُعدُّ مجهر القوة الذرّية اللاتلامسي NC-AFM مثالاً ممتازاً يطبّق معلومات فيزياء السنة الأولى من الدراسة الجامعية –في هذه الحالة، في مجال الاهتزازات والأمواج– على علم متقدم يستعمل آخر ما توصلت إليه آخر التقنيات. ففيه يوجد الرأس المؤنف الذي هو جزء مشترك بين جميع مجهرية المسبار الماسح، في نهاية مجازة (كابول) يهتز عند تردده الخاص. ففي حين يكون متحول التحكّم في المجهر النفقي الماسح هو التيار النفقي، نجد المتحول المشاهد في المجهر NC-AFM الرئيسي هو انزياح التردد –أي الفرق بين تردد التجاوب في «الفضاء الحرّ» للمجازة عندما يكون بعيداً عن العيّنة وتردد التجاوب عندما يتآثر الرأس مع السطح. فكما أن التردد التجاوبي المرافق لكتلة معلقة بنابض ينزاح عند تغيّر الكتلة، فإن الانزياح في التردد المشاهَد في المجهر NC-AFM ينشأ عن القوة التي يتبادل تأثيرها الرأس والسطح. وأصبح الآن ممكناً قياس القوة الناجمة عن رابطة كيميائية مفردة بين ذرّتين مباشرة بدقة تصل إلى مسافات دون ذرّية.

تقع الأبحاث على المجهر NC-AFM في الوقت الحاضر في قسمين عريضين. إذ تستعمل بعض مجموعات البحث مجازات «مرنة» إلى حدٍّ ما، من السليكون ذات ثوابت نابضية صغيرة نسبياً (من مرتبة عشرات النيوتن لكلّ متر) في حين يركّز آخرون على تطبيقات مجسّات الشوكات التجاوبية الكوارتزية القاسية، تماماً كتلك المستعملة في ساعات الكوارتز والميقاتيات الكوارتزية بغية الحصول على صورة عالية الميْز.

ففي نوع جديد من المجاهر NC-AFM المسمى كيو بلس qPlus رائده فرانز غيسيبل F. giessibl الذي يعمل حالياً في جامعة ريغنزبورغ، يلصق الرأس بفرع من فرعي شوكة رنانة من الكوارتز