

Значение закона Брэгга в электронной дифракции и микроскопии

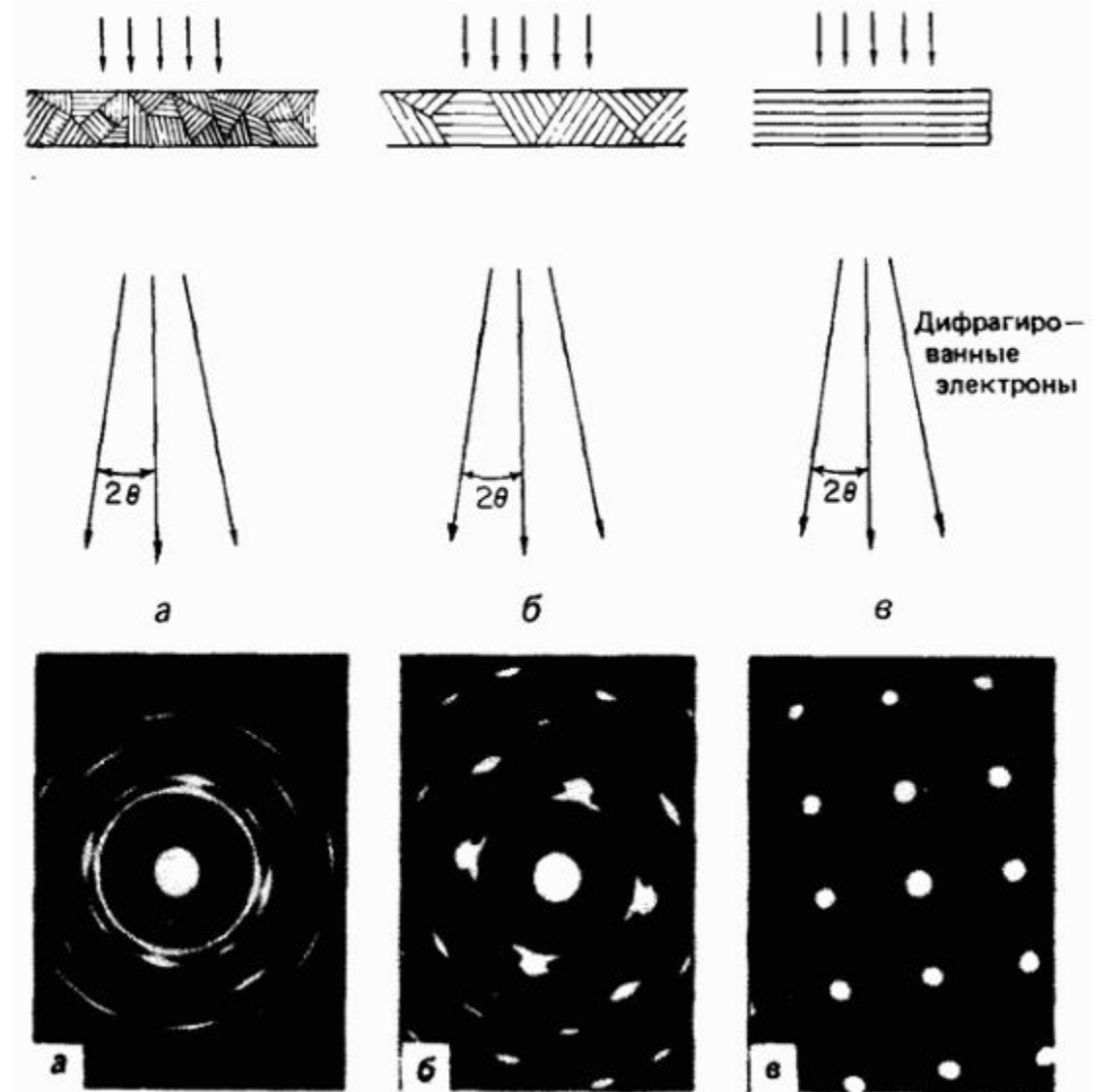
Условие Вульфа — Брэгга

Условие Вульфа — Брэгга определяет направление максимумов дифракции упруго рассеянного на кристалле рентгеновского излучения. Имеет вид:

$$2d \sin(\theta) = \lambda n$$

Электронная дифракция

Схематическое представление картин дифракции электронов с энергией 200 кэВ на прохождение от мелкозернистых случайно ориентированных поликристаллических пленок Pd, после напыления различных элементов



Сфера Эвальда демонстрирует взаимосвязь между волновым вектор падающего и дифрагированных пучков рентгеновского излучения, угол дифракции для данного отражения, обратной решетки в кристалле

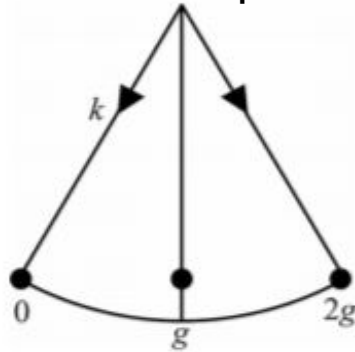


Рис. 1 Схематическое строение сферы Эвальда для кристалла в положении Брэгга второго порядка, $2g$.

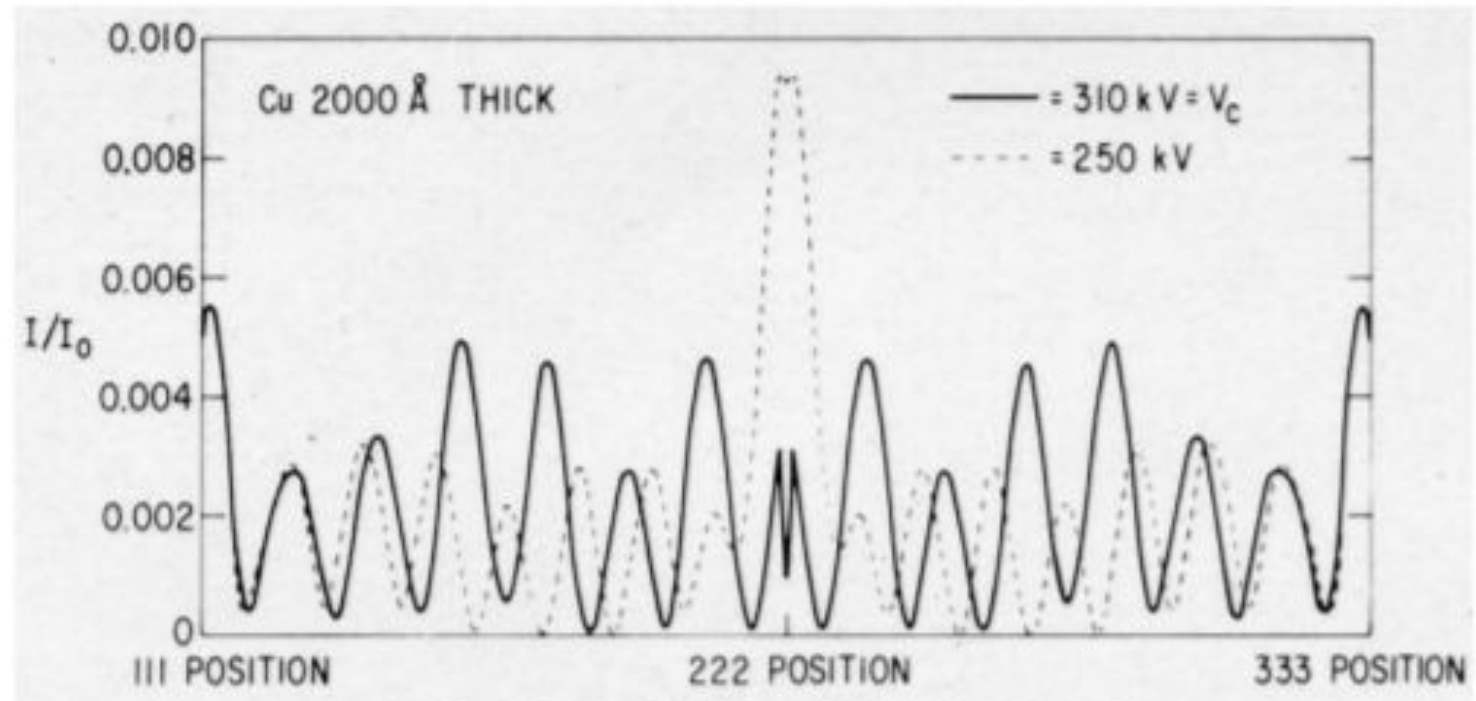


Рис. 2

Рассчитанные кривые качания темного поля для кристалла Cu толщиной $2000 \cdot 10^{-10}$ для ускоряющих напряжений падающего электрона 250 кВ (пунктирная кривая) и 310 кВ (сплошная кривая). Обратите внимание на минимальную интенсивность, когда кристалл находится в точном положении Брэгга для ускоряющего напряжения падающего электрона 310 кВ, критического напряжения.

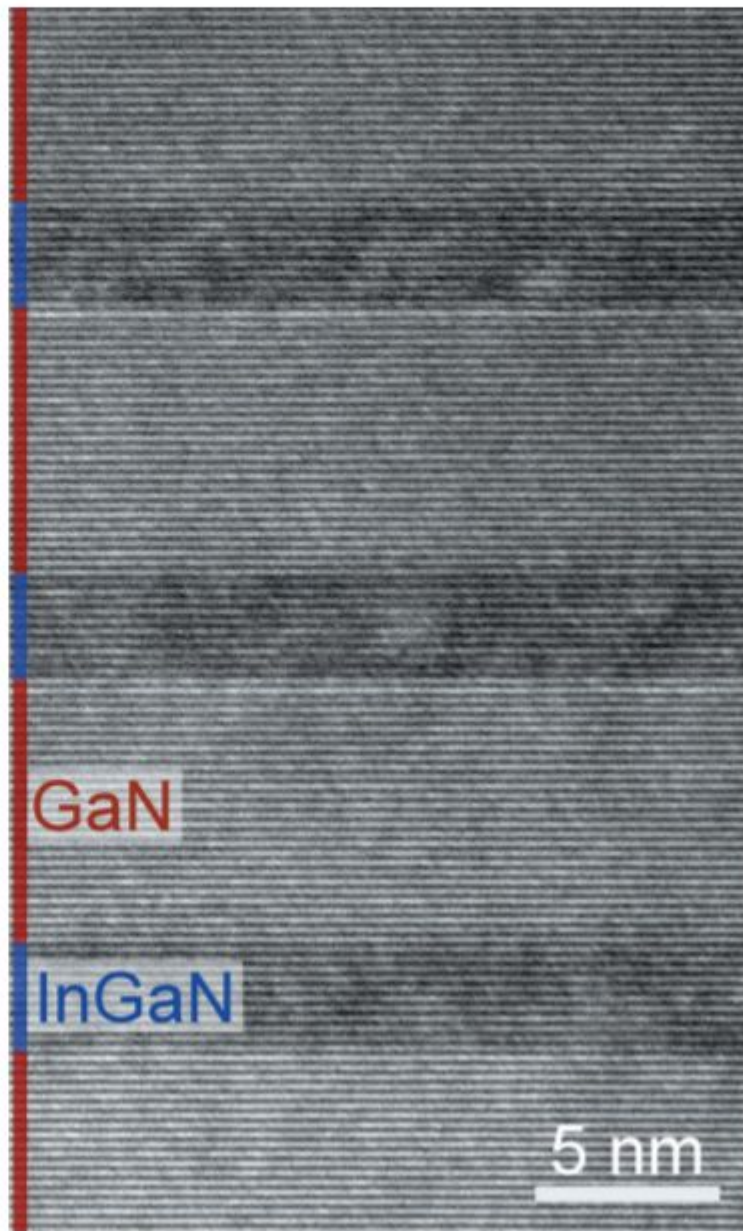


Рис. 3 Изображение решетчатого электронного микроскопа высокого разрешения с тремя квантовыми ямами InGaN, разделенными барьерами GaN. Предоставлено Т. М. Сметоном.

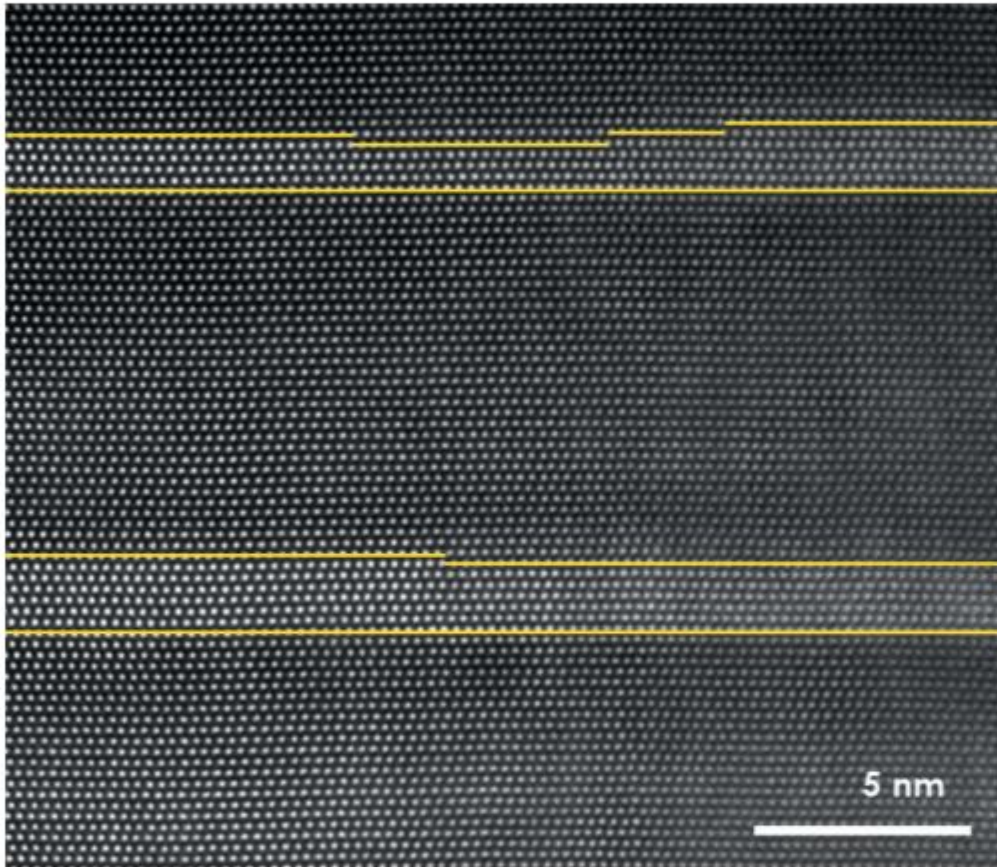
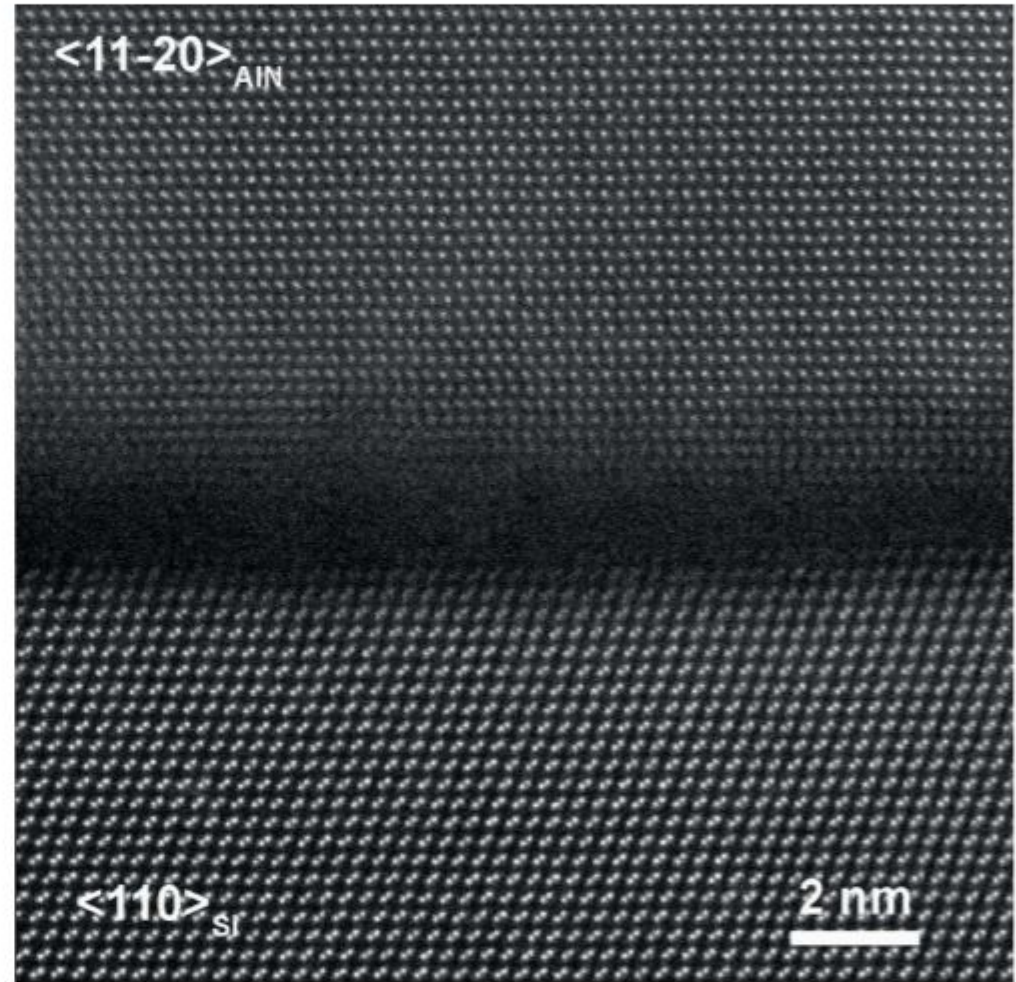


Рис. 4 Толщина монослоя на квантовых ямах InGaN (с барьерами GaN). Желтые линии, обрисовывающие в общих чертах квантовые ямы, были добавлены, чтобы вести глаз. Изображение HAADF-STEM



HAADF-STEM изображение AlN, выращенного на Si. Обратите внимание на аморфную область толщиной около 2 нм на границе раздела.

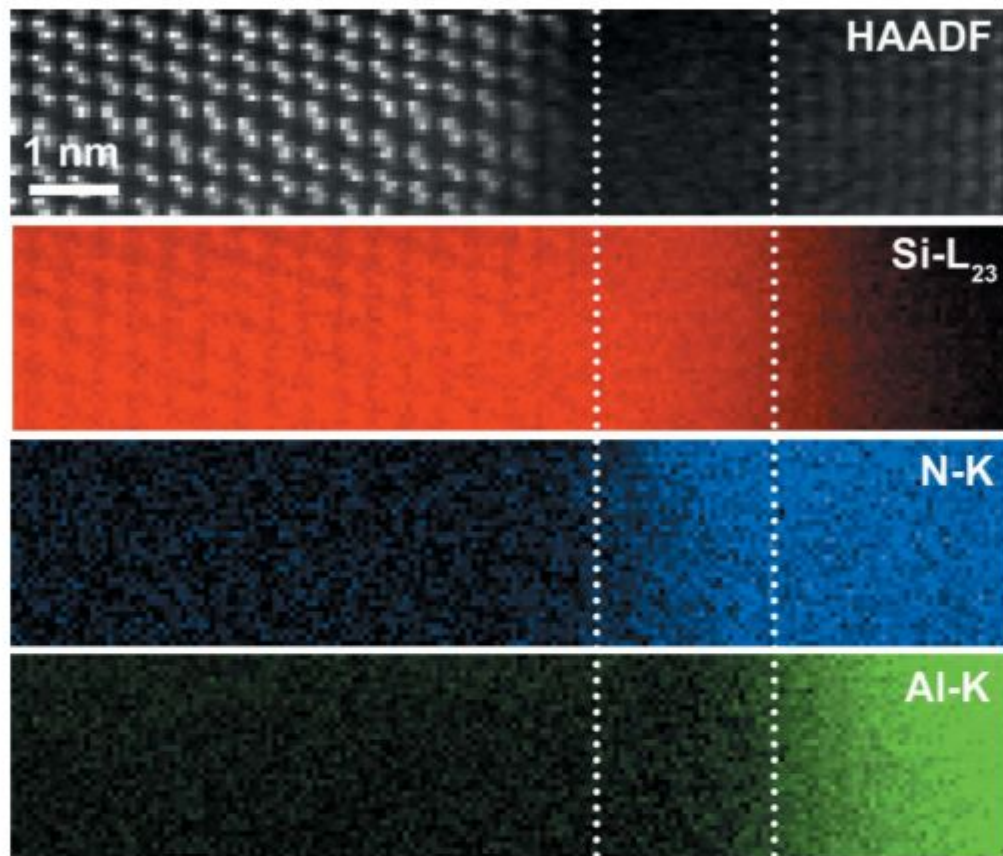
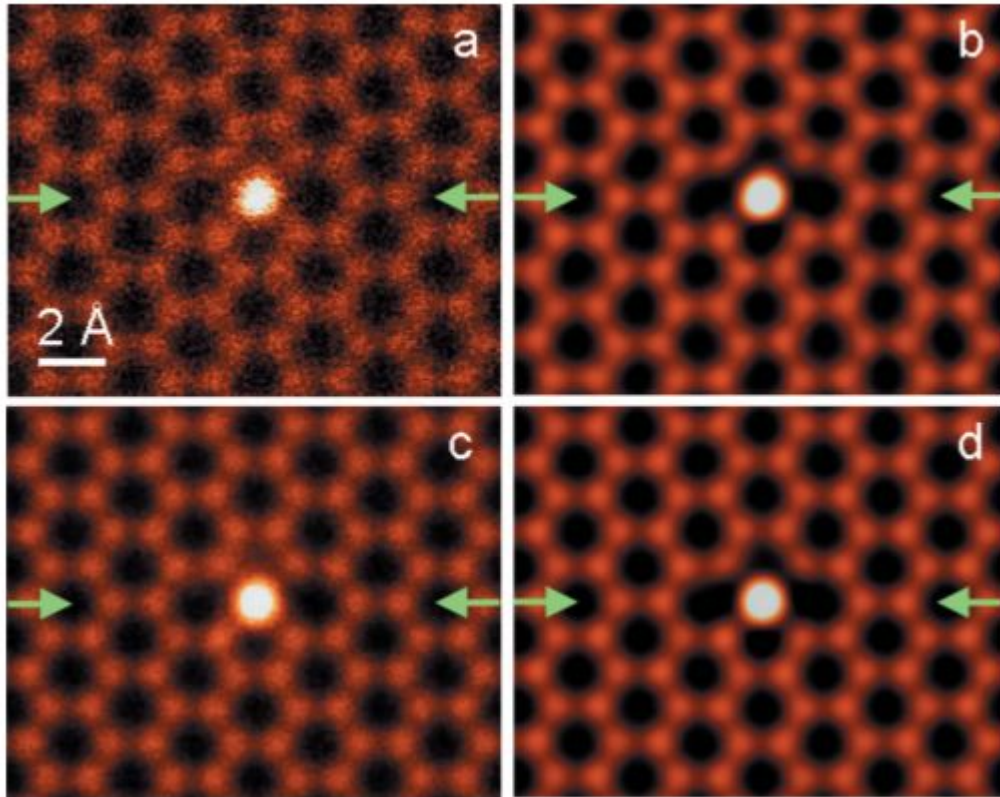


Рис. 6 Часть изображения, показанная на рис. 5 (повернута на 90) вместе со спектральными изображениями EELS с использованием электронов, которые излучают энергию из-за возбуждения кристаллических электронов Si L₂₃, N K и Al L₂₃. Пунктирные линии показывают положение аморфного слоя.

В 2012 году, благодаря очень малому зонду (10^{-10} м), стало возможным получение изображения единичных атомов



Отдельный атом Si, встроенный в монослой графена.
(a), (b), (c) и (d) - изображения, использующие различные условия формирования изображения

Оригинал статьи:

The significance of Bragg's law in electron diffraction and microscopy,
and Bragg's second law C. J. Humphreys Department of Materials
Science and Metallurgy, University of Cambridge, Pembroke Street,
Cambridge CB2 3QZ, United Kingdom