

УДК 004.94

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ В ЭЛЕКТРОННОМ МИКРОСКОПЕ  
ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЁТОК**

Шабека А. С., Подлипнов В. В., Куприянов А. В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Объектом исследования являются изображения кристаллических решёток. В результате работы программы, реализующей метод многих слоёв, были получены модельные изображения кристаллической решётки арсенида галлия (рисунок 1) при различных параметрах модели электронного микроскопа:  $C_s$  – сферическая aberrация,  $E$  – напряжение,  $df$  – дефокусировка,  $ddf$  – хроматическая aberrация (рисунки 2-3).

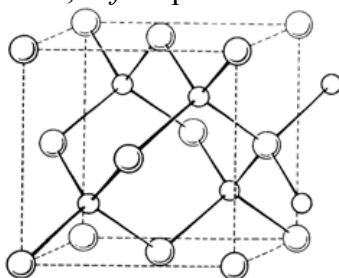


Рис. 1. Модель кристаллической решётки арсенида галлия

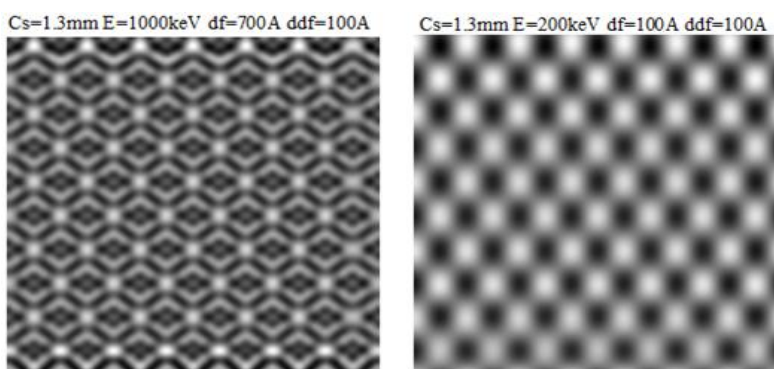


Рис. 2. Электронное изображение арсенида галлия при изменённых значениях напряжения и дефокусировки

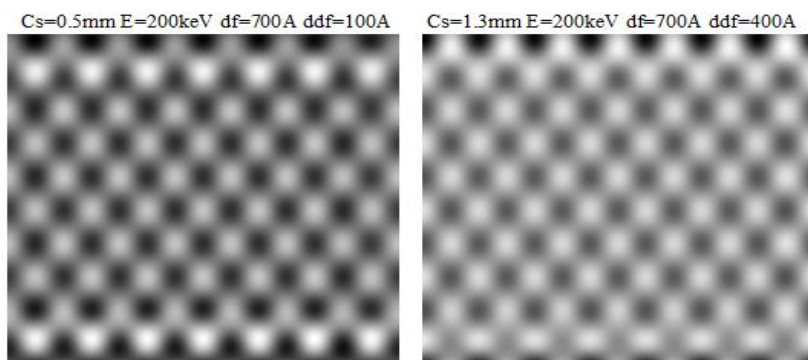


Рис. 3. Электронное изображение арсенида галлия при изменённых сферической (слева) и хроматической (справа) aberrациях

Проанализировав полученные изображения, заметим, что такие параметры, как сферическая и хроматическая aberrации, а также напряжение и дефокусировка влияют

на качество изображения, но не влияют на его общую структуру. Для повышения качества изображения необходимо подобрать оптимальные значения параметров. Для этого установим зависимость максимальной интенсивности от выбранных параметров (рисунок 4).

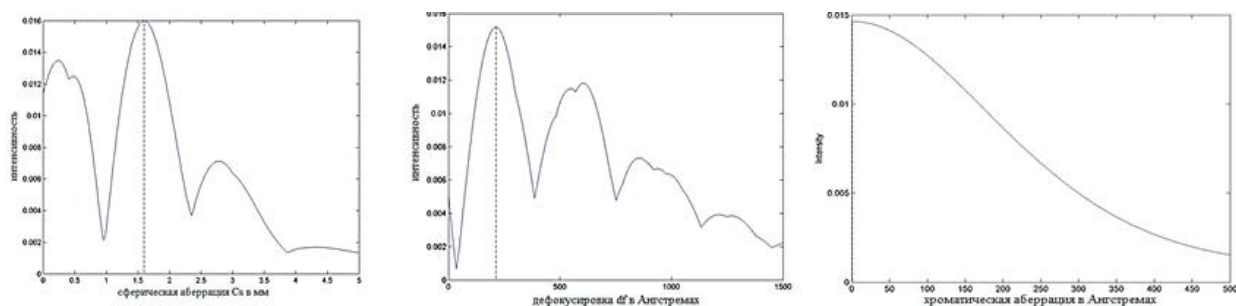


Рис. 4. Графики зависимости максимальной интенсивности от выбранных параметров

При наличии искажений максимальная интенсивность уменьшается, поэтому необходим в качестве идеального параметра тот, который будет соответствовать максимуму этой функции. Анализ графиков показывает, что наилучшим значением сферической абберации будет примерно 1,6 мм, а для дефокусировки – 220 А. При этом интенсивность убывает при увеличении хроматической абберации, поэтому следует использовать максимально близкое к нулю, допустимое значение хроматической абберации.

На рисунке 5,а представлено натурное изображение, полученное в электронном микроскопе высокого разрешения, на рисунке 5,б – соответствующее модельное изображение при оптимальных значениях параметров. Можно отметить высокую степень похожести.

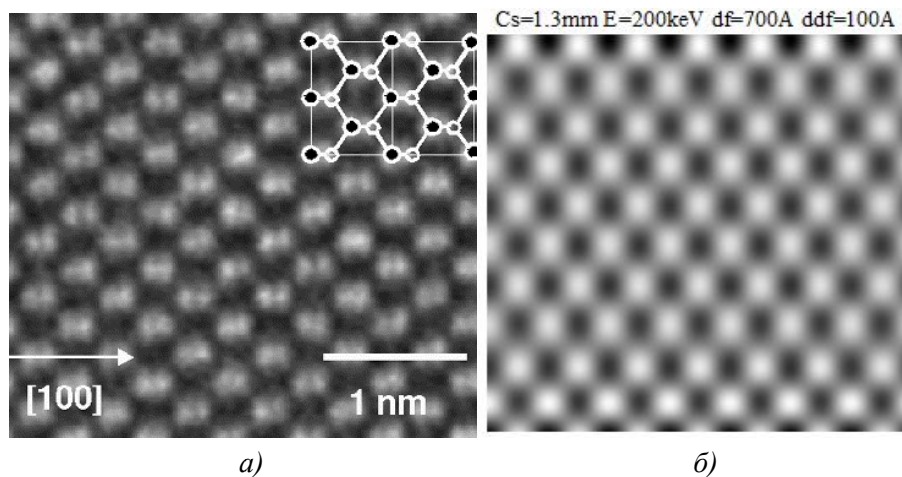


Рис. 5. Изображение арсенида галлия в электронном микроскопе: а) натурное изображение, б) результаты моделирования

В результате реализации метода многих слоёв были получены изображения кристаллической решётки при различных параметрах микроскопа. Полученные изображения вполне точно отображают структуру кристаллической решётки. Также были определены параметры, при которых изображение имеет наиболее высокое качество. Метод многих слоёв для компьютерного моделирования является самым удобным методом.