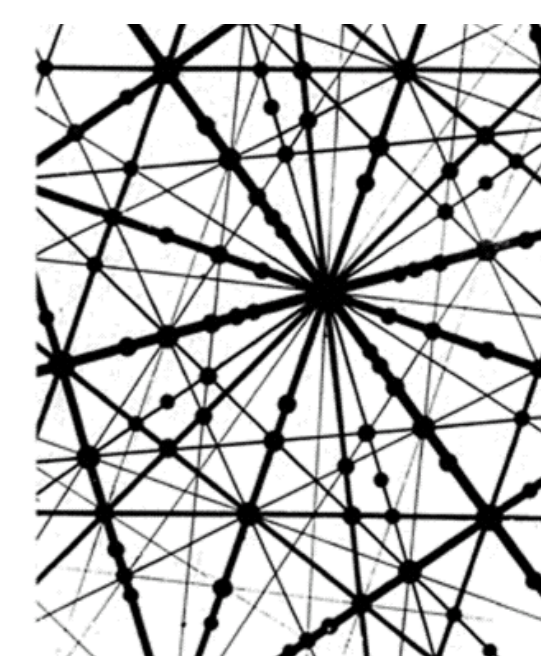


# ЭЛЕКТРОННОЕ ОБЛУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КВАРЦА: ОПТИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА

У.В. Юрина<sup>1</sup>, Д.А. Кирпиченко<sup>1</sup>, О.А. Подсвиров<sup>1</sup>, А.И. Сидоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО



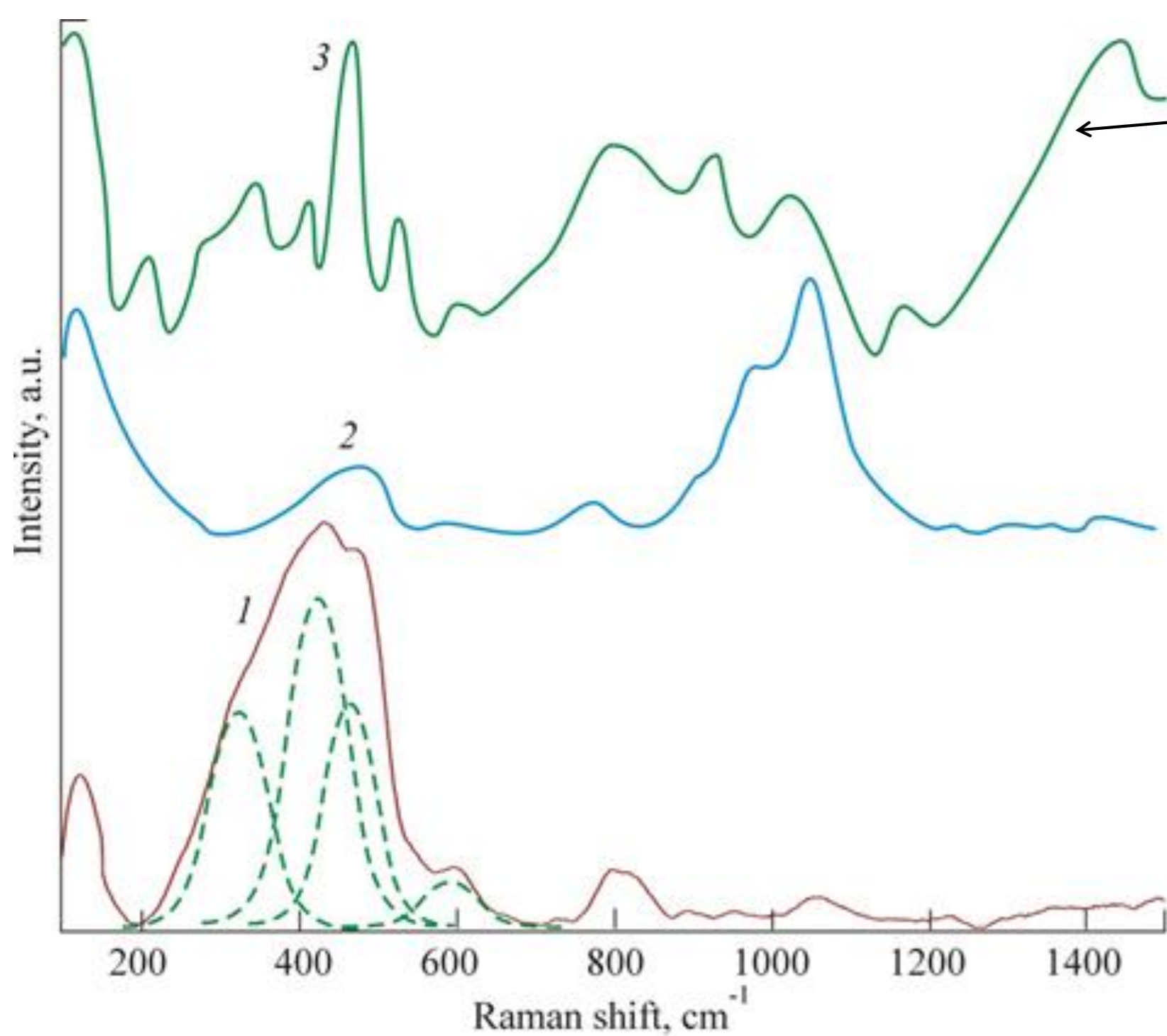
## Введение

Электронное облучение электронами относительно низких энергий (<100 кэВ) является эффективным инструментом для локальной модификации оптических свойств оптических материалов, таких как стекла и кристаллы. Под поверхностью металлосодержащих стекол и кристаллов могут быть сформированы металлические наночастицы, могут быть записаны оптические волноводы. Облучение электронным лучом может приводить к усилению нелинейно-оптических свойств. Достоинством метода является возможность фокусировки электронного луча в пятно, размером менее 10 нм.

## Методика эксперимента

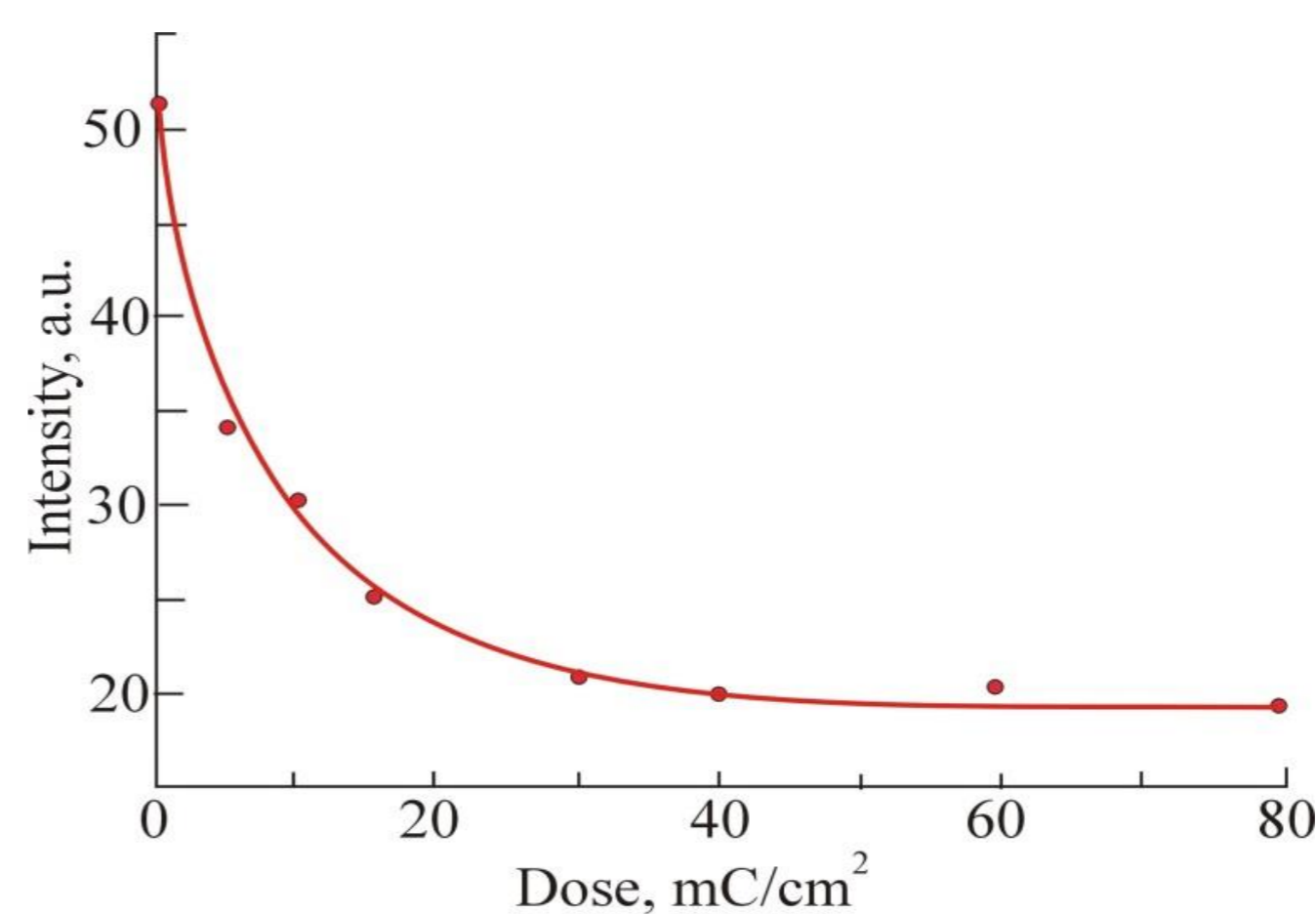
В экспериментах были использованы полированные пластины кристаллического кварца, размерами 15×15 мм<sup>2</sup>. Облучение проводилось на сканирующем электронном микроскопе JEED-2 с энергией электронов  $E = 50$  кэВ и дозами облучения  $D = 5-80$  мС/см<sup>2</sup> при комнатной температуре. Спектры комбинационного рассеяния измерялись с помощью спектрометра-микроскопа inVia Raman (Renishaw) при комнатной температуре. Так как некоторые типы радиационных дефектов нестабильны, спектральные измерения проводились в течение нескольких дней после облучения.

### До электронного облучения

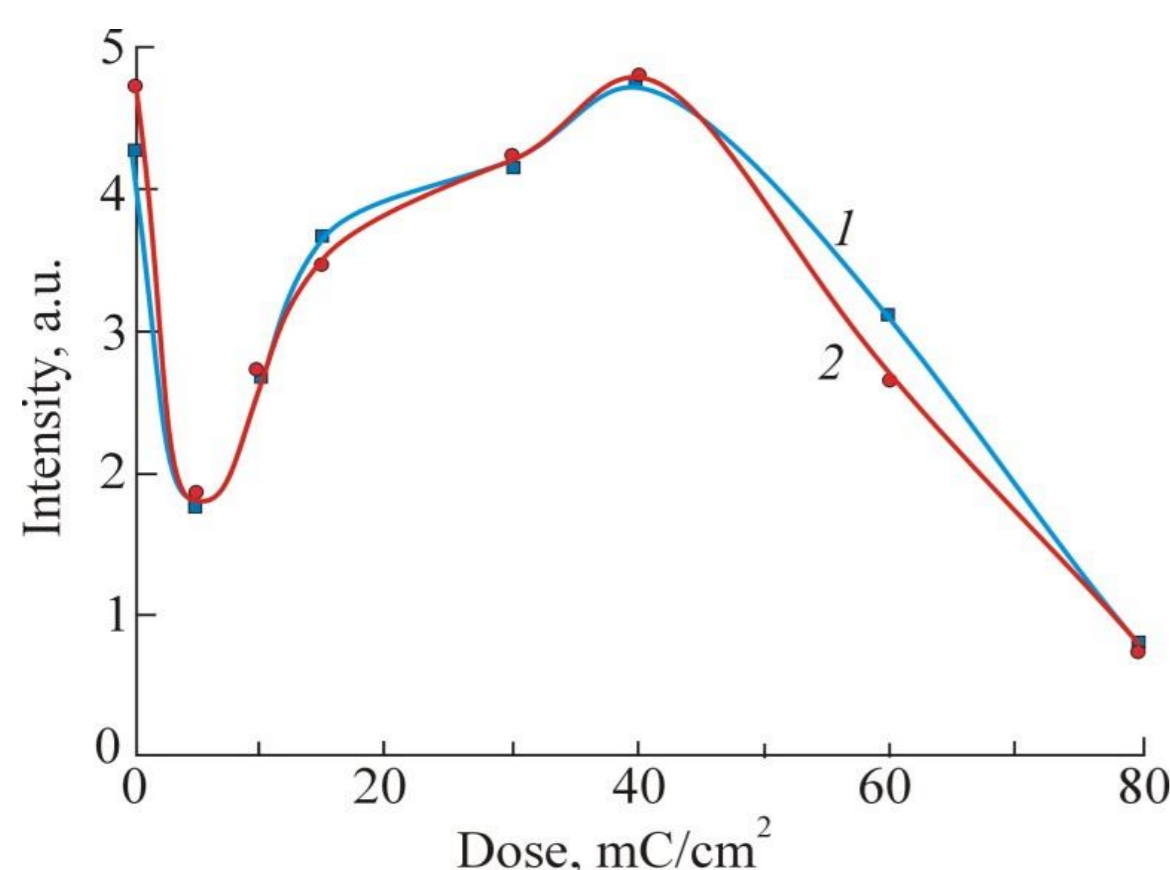


Спектры комбинационного рассеяния кварцевого стекла (1), натрий-содержащего силикатного стекла (2) и кристаллического  $\alpha$ -кварца (3).

Спектры комбинационного рассеяния. Для сравнения представлены спектры для кварцевого стекла и натрий-содержащего силикатного стекла (кривые 1 и 2). Отношение интенсивности полос на  $\nu \approx 400$  см<sup>-1</sup> и  $\nu \approx 1000$  см<sup>-1</sup> существенно отличается от отношения аналогичных полос для силикатного стекла из-за значительной концентрации дефектов сетки в силикатном стекле.



Влияние дозы облучения на интенсивность полосы на  $\nu = 465$  см<sup>-1</sup> для кристаллического  $\alpha$ -кварца.



Влияние дозы облучения для кварцевого стекла на интенсивность полос на  $\nu = 465$  см<sup>-1</sup> (1) и  $420$  см<sup>-1</sup> (2).

Наиболее существенные изменения амплитуды полосы происходят для  $D < 20$  мС/см<sup>2</sup>. Влияние электронного облучения на интенсивность полос в интервале частот 700-1100 см<sup>-1</sup> незначительно, и не превышает погрешности измерений. Увеличение дозы сопровождается уменьшением интенсивности → рост концентрации радиационных дефектов.

Для сравнения спектры влияния дозы электронного облучения при аналогичных условиях на кварцевое стекло. Присутствует рост интенсивности для малых доз, здесь происходит разрушение структурных единиц сетки стекла – силоксановых колец и их последующее восстановление. Дальнейшее увеличение дозы облучения приводит к уменьшению интенсивности.

При электронном облучении возникают точечные дефекты, которые частично рекомбинируют после окончания электронного облучения. Влияние дозы на интенсивность полосы комбинационного рассеяния на  $\nu = 465$  см<sup>-1</sup> для кристаллического кварца существенно отличается от аналогичной зависимости для кварцевого стекла: интенсивность полосы монотонно уменьшается при увеличении дозы электронного облучения. Это может быть связано с тем, что кристаллический кварц является более статичной системой, чем кварцевое стекло, и динамические процессы, включая восстановление силоксановых колец, после электронного облучения происходят в нем при комнатной температуре очень медленно. Слабое влияние электронного облучения на полосы связанные с дефектами в кварце вызвано различием типов радиационных дефектов.