



# Экспериментальное исследование зарядки алмазов при электронном облучении

Лаборатория «Сканирующей электронной микроскопии структур микро- и наноэлектроники»

Студент 4 курса: Гареев А.М.  
Научный руководитель: к.ф.-м.н. Татаринцев А.А.

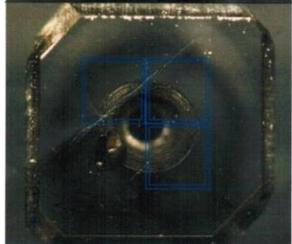
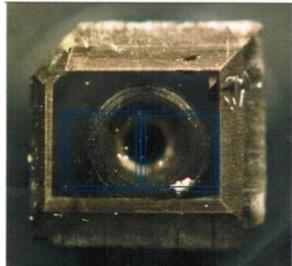
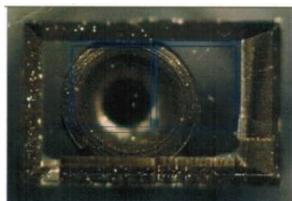
Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
2020 г.

# Введение

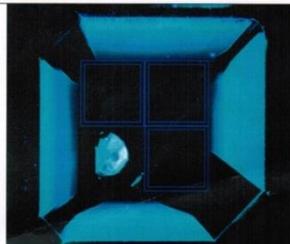
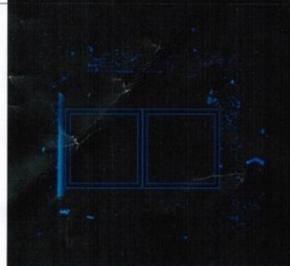
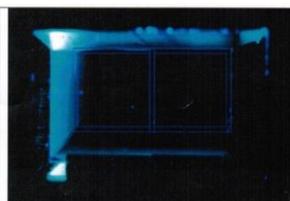
- В последние десятилетия алмаз вызвал большой интерес как альтернатива проводящим металлическим и полупроводниковым холодным катодам.
- Попытки создать матрицы на основе алмазов и алмазоподобных излучателей для работы в качестве дисплеев с полевой эмиссией, в конечном итоге были коммерчески неудачными, но потенциал использования алмазного нанокристалла, в качестве точечного источника электронов, не был систематически исследован ранее.
- Непрерывный интерес к алмазной электронике основан на превосходных свойствах материалов, с помощью которых возможно сделать устройства высокой мощности. На данный момент такие устройства невозможны с обычными полупроводниками и другими широкозонными полупроводниками.
- Силовые устройства на основе алмаза будут улучшены благодаря широкой запрещенной зоне и увеличенному напряжению пробоя, высокой подвижности носителей и повышенной теплопроводности. Стабильность при высоких температурах, кроме того, позволит эксплуатировать алмазные устройства в экстремальных условиях окружающей среды.
- Алмаз - это перспективный материал и изучению его свойств пока уделено недостаточно внимания, как в России, так и за рубежом, остается много неизвестных нюансов. Так до сих пор остаются вопросы в области радиационной физики алмаза при электронном и ионном облучении. А одним из ключевых вопросов является радиационная стойкость и механизм дефектообразования и влияние этого механизма на процесс зарядки алмаза пучками заряженных частиц. Поэтому в последующей работе будет исследован механизм зарядки алмаза синтезированного в ТИСНУМ.

# Объект исследований

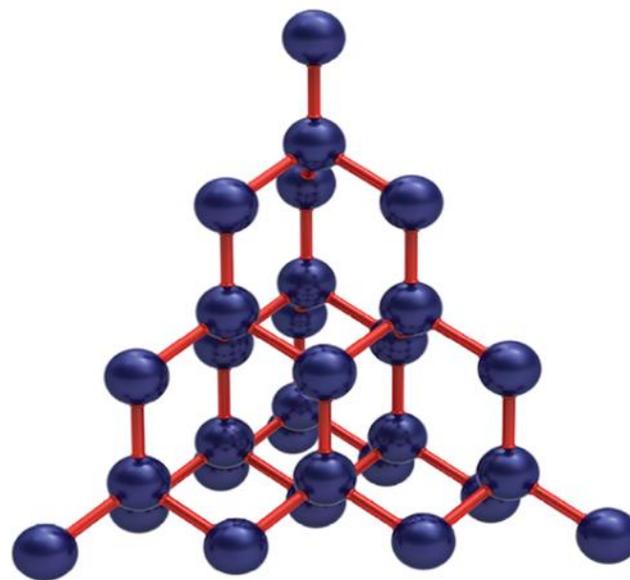
а



б



а - снимок в оптический микроскоп,  
б - в ультрафиолетовой подсветке



Кристаллическая решётка алмаза

# Схема экспериментальной установки

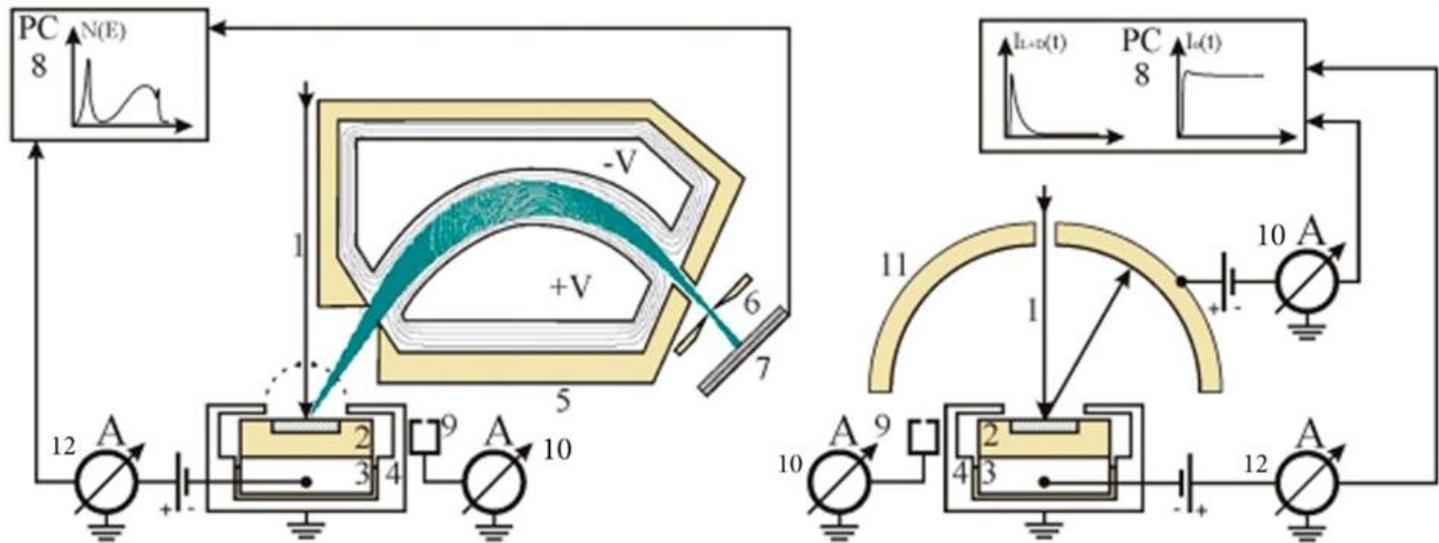
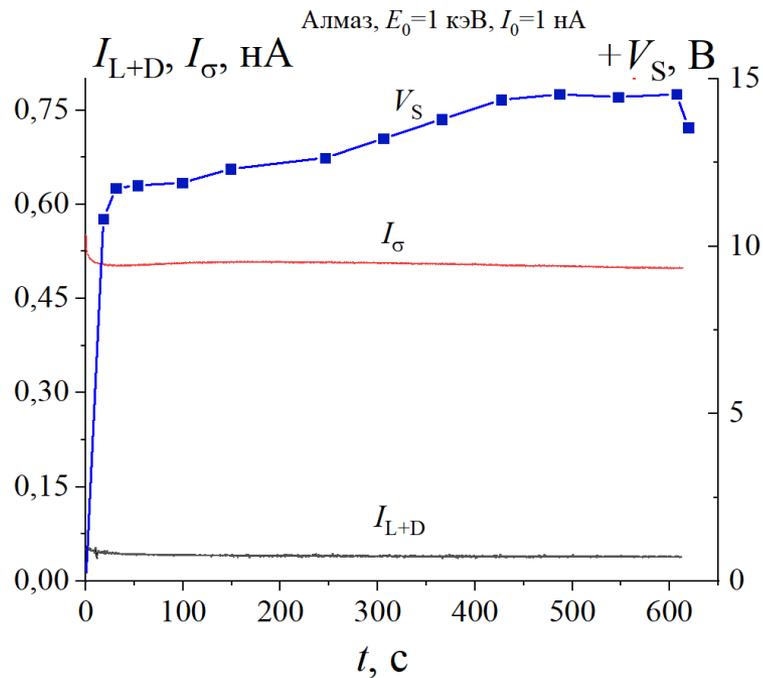
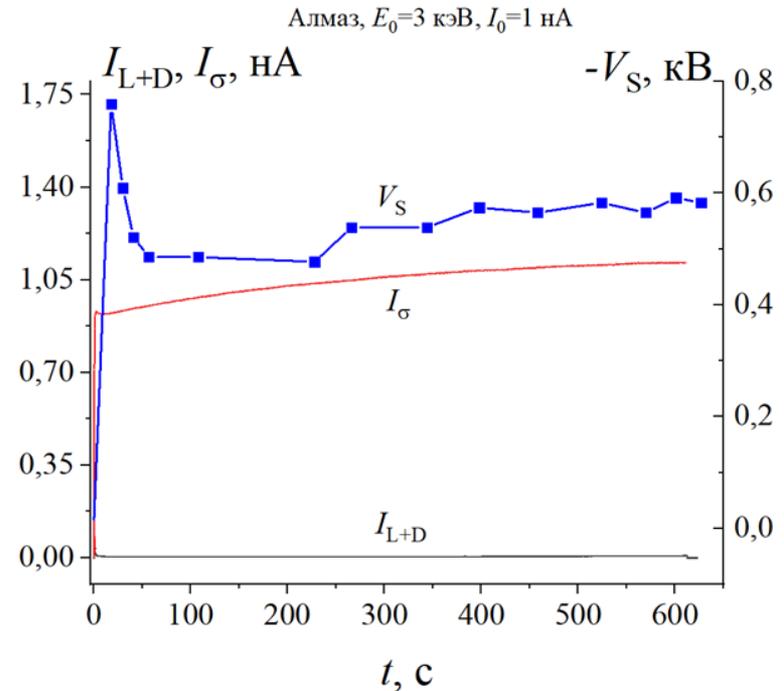


Схема экспериментальной установки для изучения зарядки алмаза. Справа – для снятия токов  $I_D$ ,  $I_L$ , слева – для снятия поверхностного потенциала  $U_s(t)$ . 1 – электронный зонд РЭМ, 2 – диэлектрическая мишень, 3 – металлическая подложка образца, 4 – защитный экранирующий корпус, 5 – сектор тороидального электронного спектрометра, 6 – выходная диафрагма, 7 – МКП, 8 – управляющий ПК, 9 – цилиндр Фарадея, 10 – наноамперметр, 11 – усеченный полусферический коллектор электронов, 12 – электрометр.

# ОСНОВНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАРЯДКИ АЛМАЗА

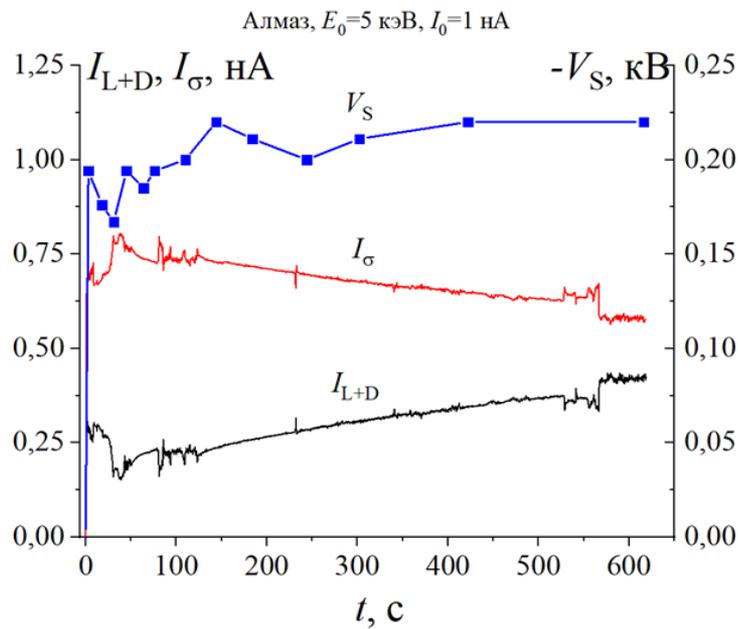


Зарядовые характеристики алмаза при облучении электронами с энергией  $E_0=1$ кэВ и током первичного пучка  $I_0=1$ нА

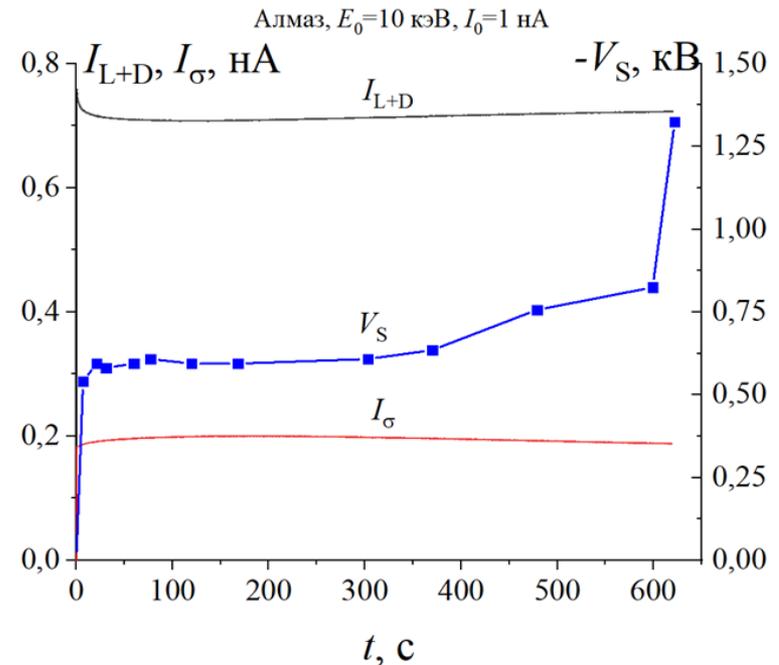


Зарядовые характеристики алмаза при облучении электронами с энергией  $E_0=3$ кэВ и током первичного пучка  $I_0=1$ нА

# ОСНОВНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАРЯДКИ АЛМАЗА

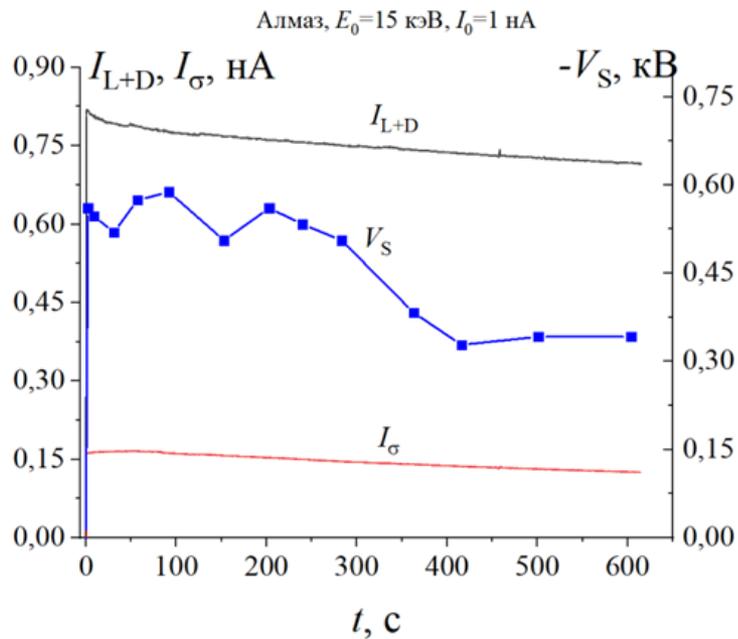


Зарядовые характеристики алмаза при облучении электронами с энергией  $E_0=5$ кэВ и током первичного пучка  $I_0=1$ нА

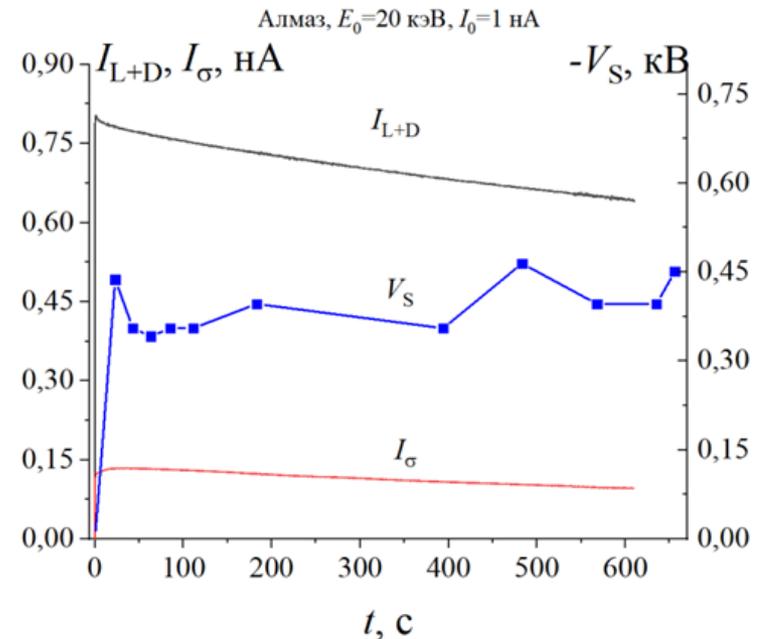


Зарядовые характеристики алмаза при облучении электронами с энергией  $E_0=10$ кэВ и током первичного пучка  $I_0=1$ нА

# ОСНОВНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАРЯДКИ АЛМАЗА



Зарядовые характеристики алмаза при облучении электронами с энергией  $E_0=15$ кэВ и током первичного пучка  $I_0=1$ нА



Зарядовые характеристики алмаза при облучении электронами с энергией  $E_0=20$ кэВ и током первичного пучка  $I_0=1$ нА

# Выводы

- 1. При зарядке алмаза электронным пучком с относительно низким значением энергии  $E_0 \leq 3$  кэВ, важным фактором является высокое значение вторичной электронной эмиссии. Так при энергии  $E_0 = 1$  кэВ измеренный потенциал зарядки составляет  $\sim +15$  В, что является очень высоким значением.
- 2. Для относительно высоких значений энергии заряжающих электронов сильное влияние оказывает ток утечки, и результирующий потенциал достигает относительно низких по абсолютному значению величин. Основной причиной столь высокого тока утечки может быть две: во-первых, из-за малого размера исследуемых образцов ( $3 \times 3$  мм<sup>2</sup>) значительный размер имеет ток утечки по поверхности. Второй причиной может являться малое количество дефектов, способных захватывать заряжающие электроны пучка, а следовательно электроны будут расталкиваться свободным пространственным зарядом и баллистически проходить на подложку, внося вклад в ток утечки.

**Благодарю за внимание!**