Белорусский государственный университет
Физический факультет
Кафедра атомной физики и физической информатики

Электрофизические свойства водородосодержащих доноров в субмикронных слоях кремния

Магистерская диссертация

Выполнил – магистрант Гиро А.В.

Научный руководитель – канд. ф.-м. наук, доцент Покотило Ю.М.

Содержание

1. Актуальность.
2. Поставленные цели.
3. Объекты и методика исследований.
4. Результаты.
5. Выводы.

Актуальность

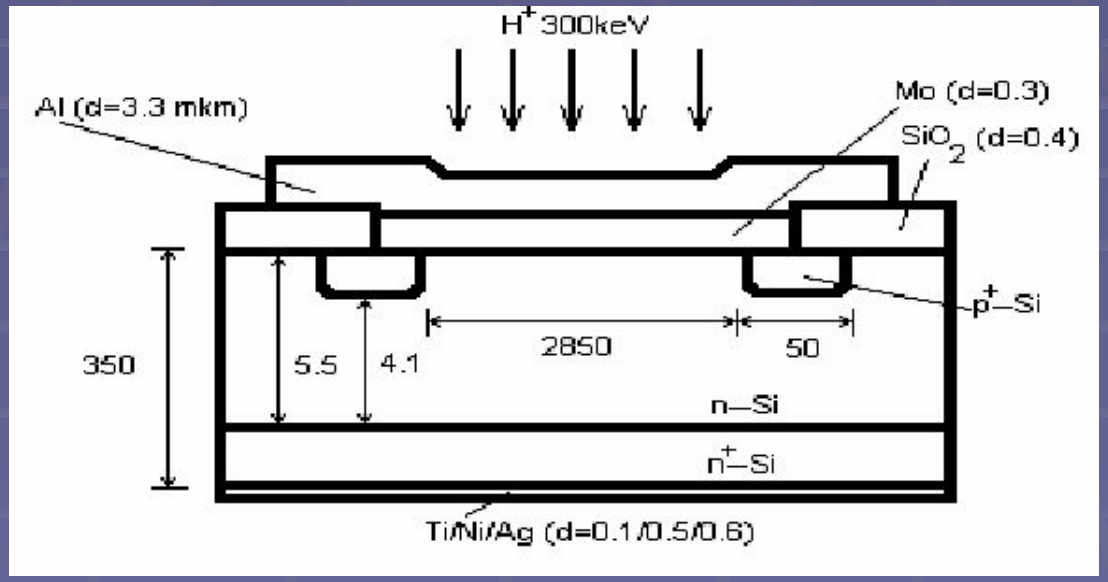
- Модифицирование полупроводниковых материалов пучками легких ионов, в частности протонов, является одним из наиболее перспективных и бурно развивающихся в последние годы физико-технологических методов.
- Интерес к протонам обусловлен широким контролируемым диапазоном обрабатываемых глубин материала (от 0,1 мкм до 1 мм) и отсутствием после протонного облучения сложных радиационных комплексов с высокой температурой отжига.
- Разработка и широкое использование радиационных технологий в электронной технике свидетельствуют о высокой эффективности данных методов и являются результатом глубоких исследований физико-химических процессов, лежащих в основе радиационных методов легирования.

Поставленные цели

- Идентификация дефектов, образующихся в кремнии после протонного облучения
- Исследования корреляции процессов формирования H-доноров и радиационных дефектов в эпитаксиальном кремнии.
- Выявление причины образования аномального пика в DLTS-спектре кремния, облученного протонами.

Объекты исследований

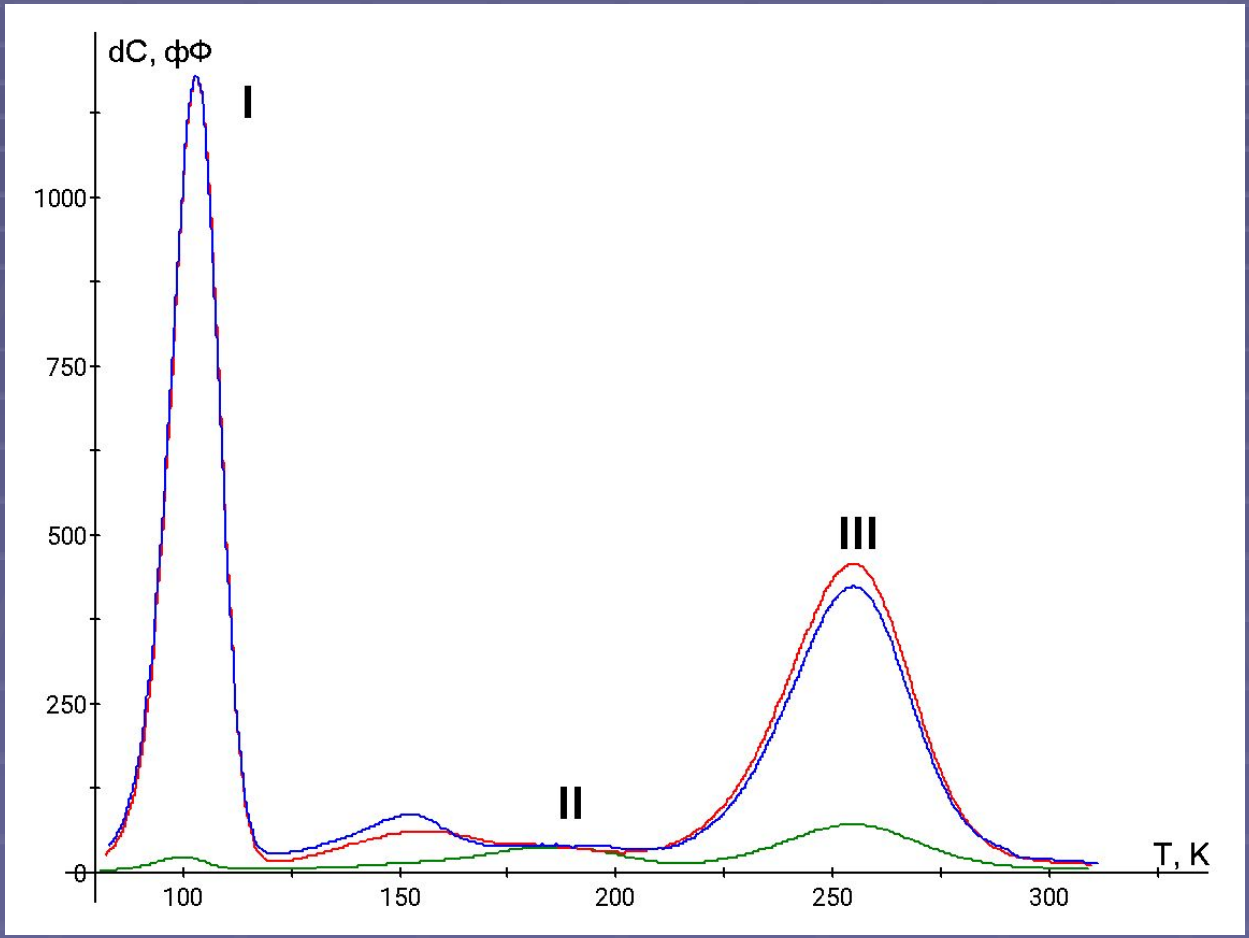
- Для экспериментов использовались промышленные Pd-Si диоды Шоттки, изготовленные на эпитаксиальном n-кремнии с удельным сопротивлением 1,2 Ом·см.
- Образцы облучались ионами H^+ с энергией 300 кэВ и дозой в интервале $\Phi = (1 \cdot 10^{13} - 3 \cdot 10^{15})$ см$^{-2}$.



Методика исследований

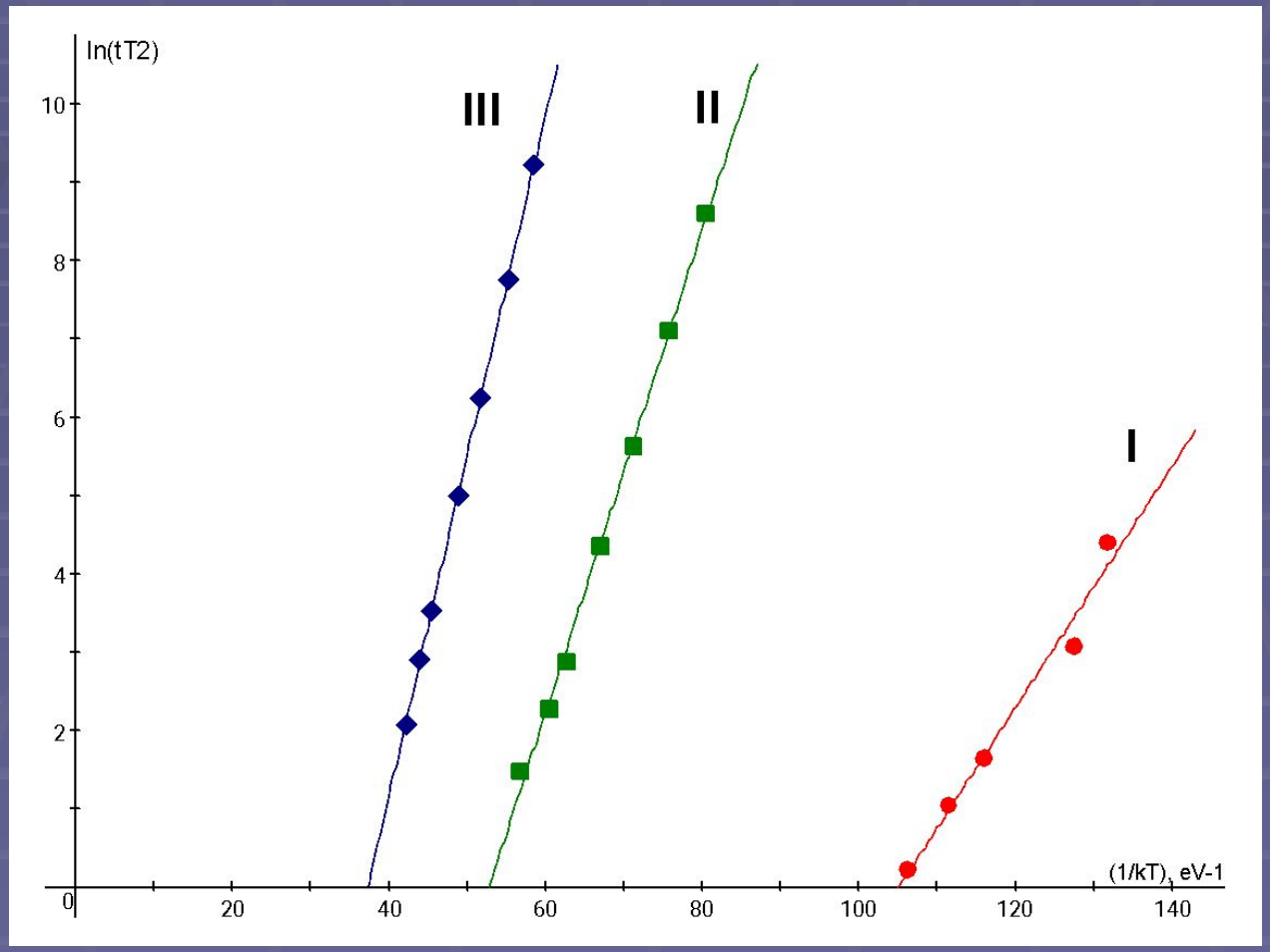
- Для нахождения параметров глубоких центров использовался метод **DLTS**. Отношение времен выборок составляло $t_2/t_1=5$, частота – 1 МГц. Напряжение смещения переключалось в диапазоне (0÷5) В, что соответствовало глубине сканирования базового слоя X=(0,2÷2,1) мкм. Температурный диапазон сканирования – от 90К до 300К.
- Дополнительно применялся метод C-V-характеристик для нахождение высоты потенциального барьера в диоде Шоттки. Частота составляла 1,2 МГц.

Результаты (DLTS)



Спектры DLTS образцов, облученных протонами, γ-квантами и после комплексного облучения. На спектрах можно выделить 3 пика.

Результаты (кривые Аррениуса)

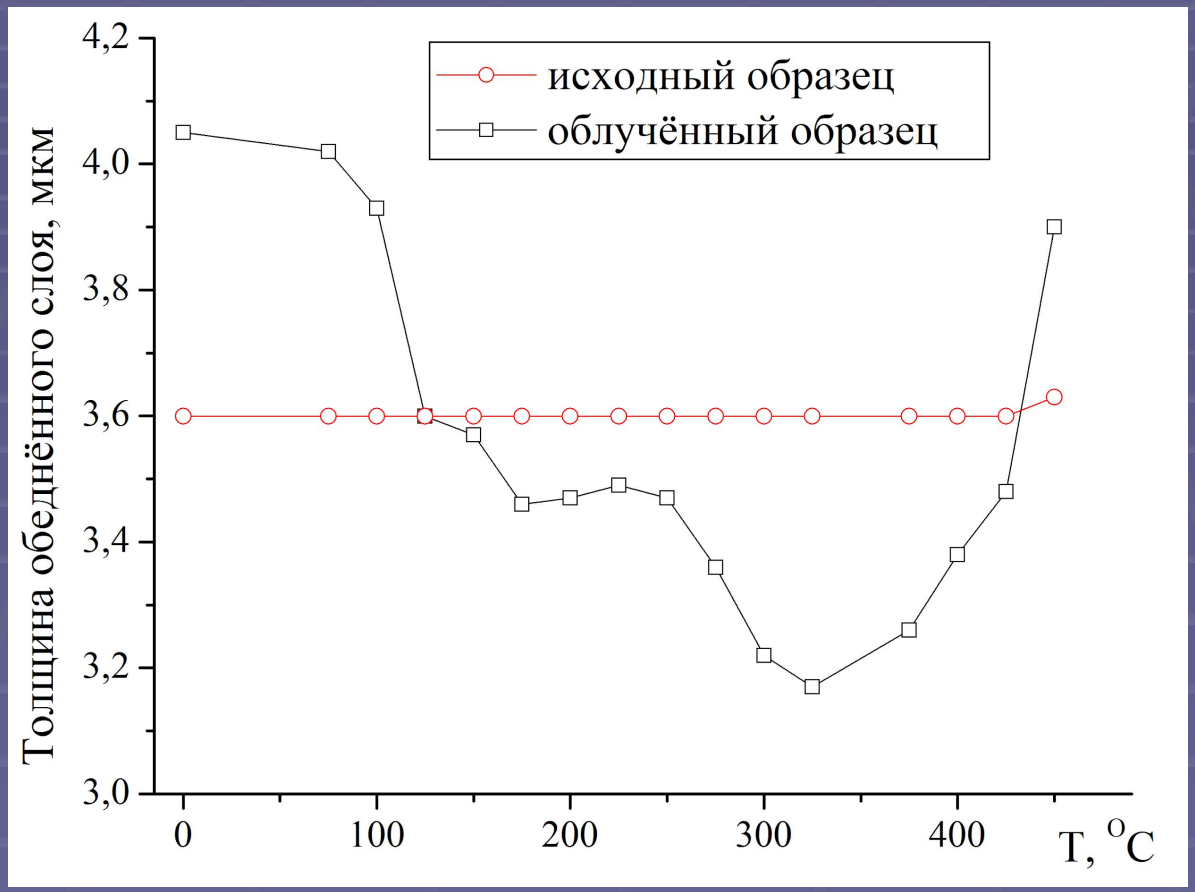


Благодаря кривым Аррениуса находим параметры дефектов для трёх пиков, что позволяет сделать предварительную идентификацию данных дефектов.

Результаты (параметры дефектов)

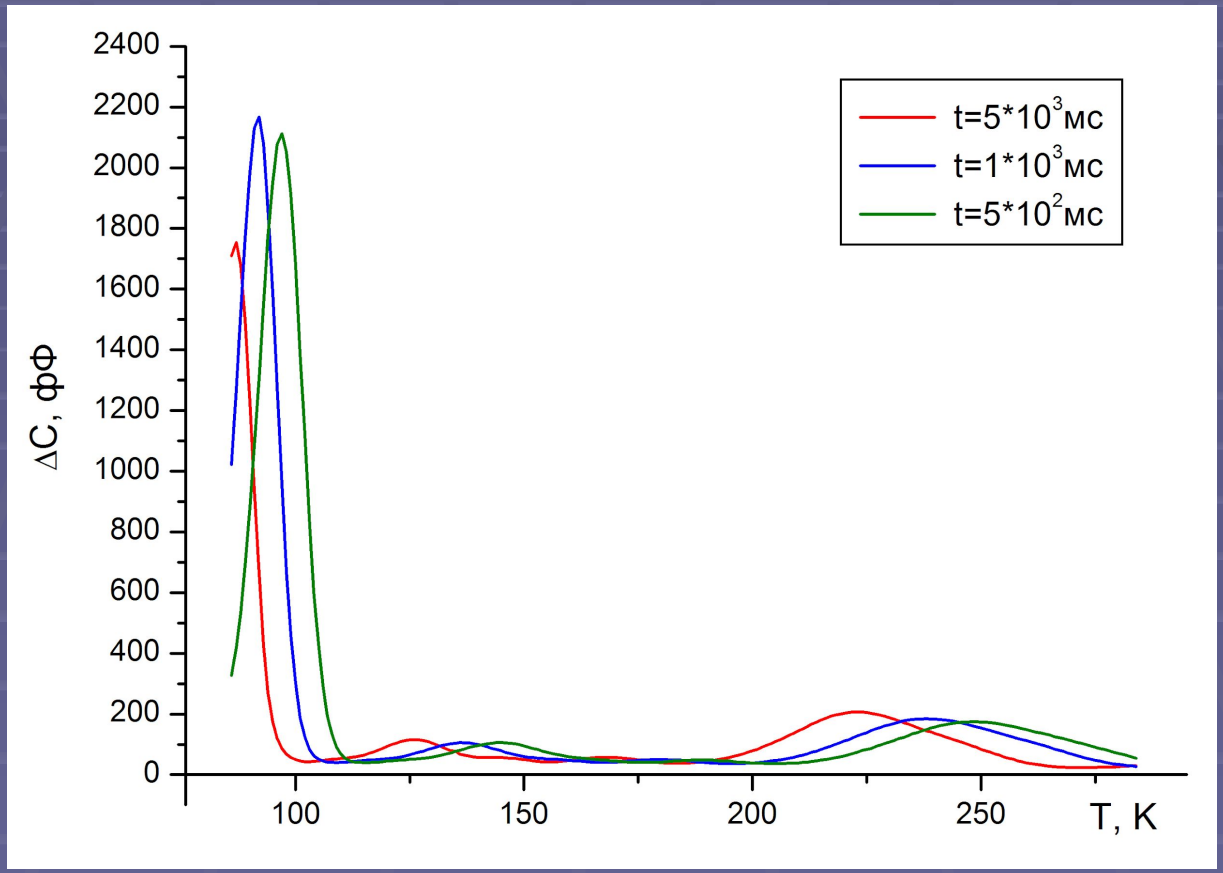
Номер пика	Энергия активации, эВ	Сечение захвата электронов, $см^2$	Температура отжига, ^0C	Предполагаемый тип центра
I	0,16	$1,6 \cdot 10^{-15}$	400	А-центр (V-O)
II	0,31	$1,7 \cdot 10^{-15}$	150-200	V-O-H центр
III	0,44	$1,7 \cdot 10^{-15}$	200	Е-центр (V-P)

Результаты (обеднённый слой)



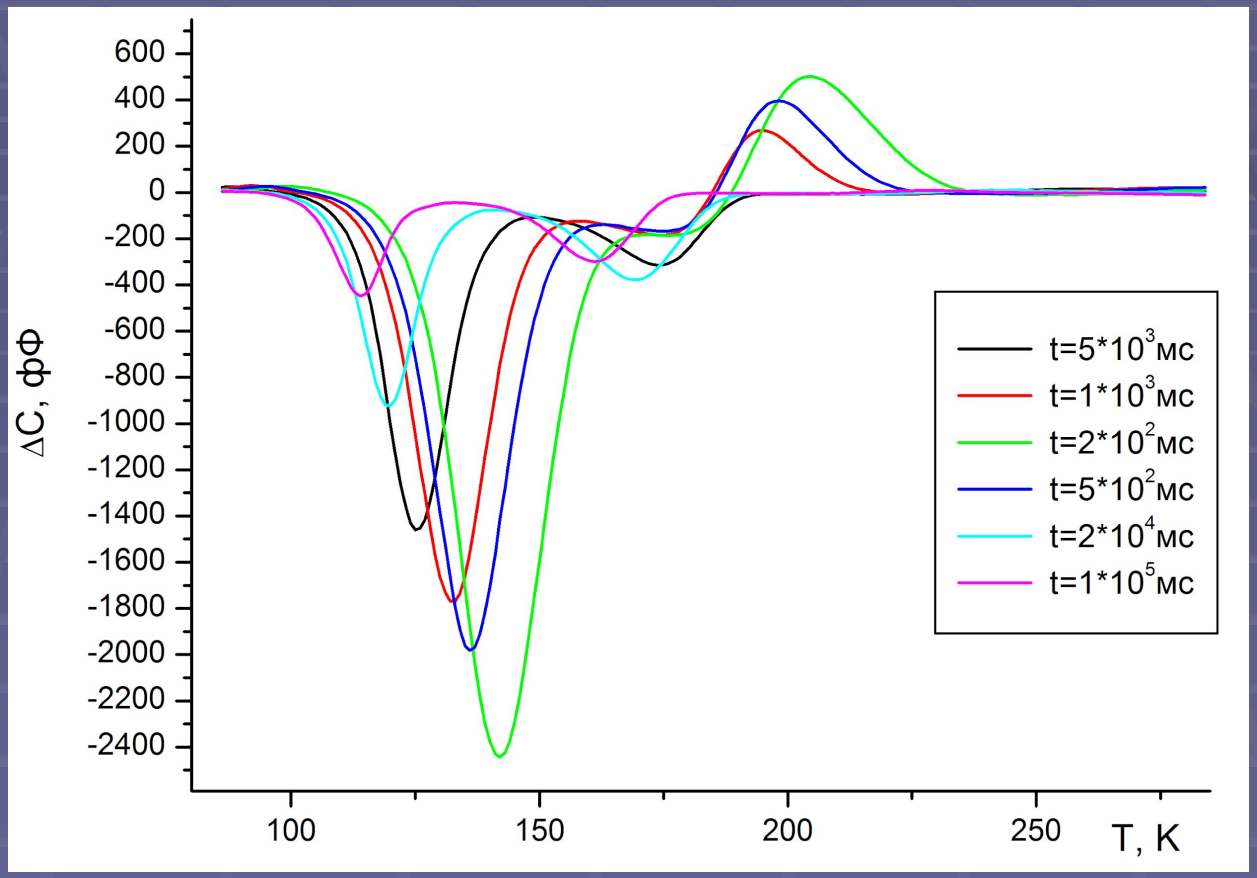
Зависимость толщины обеднённого слоя исходного образца и образца, подвергшегося облучению протонами с энергией 300 кэВ. Отжиг производился изохронно, 20 минут, шаг – 50 ^{0}C

Результаты (DLTS)



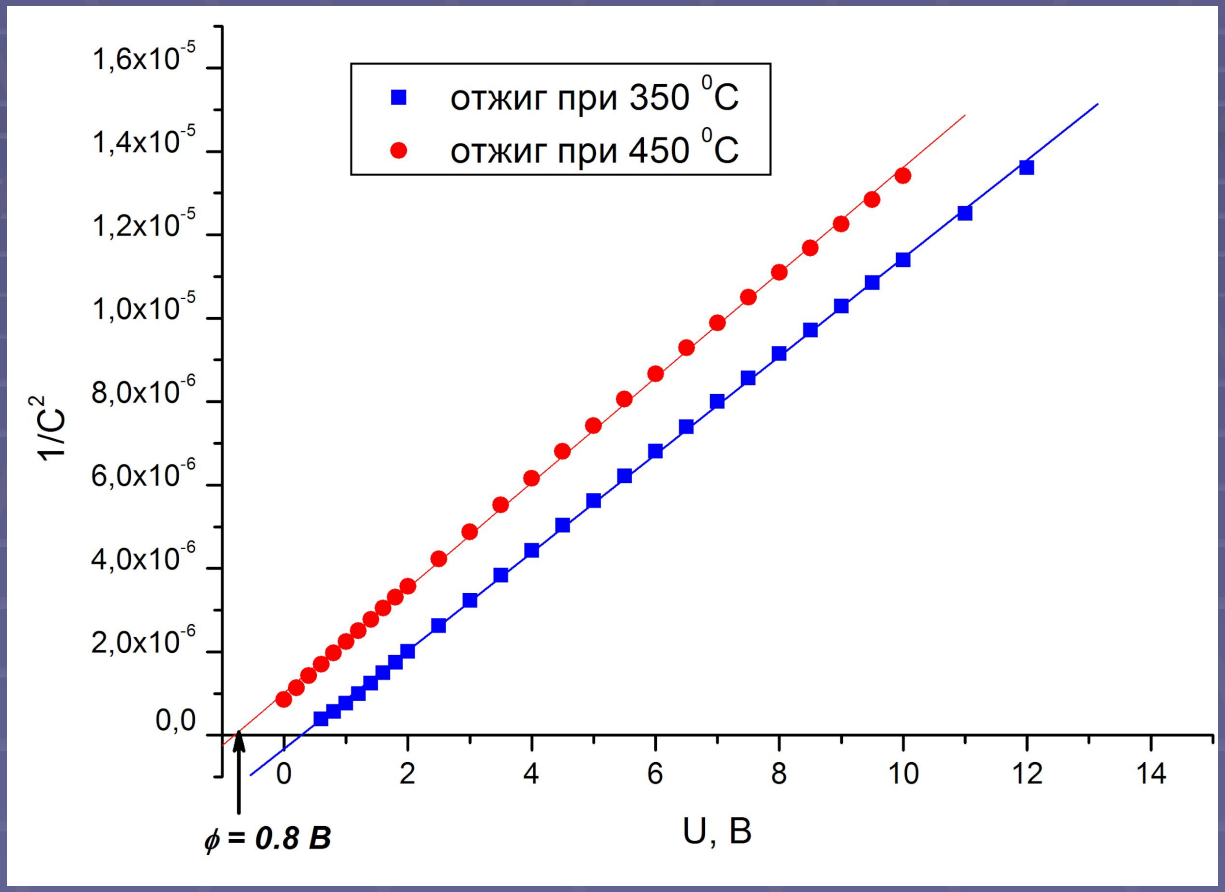
Спектры DLTS образца после отжига при 350 ^{0}C при разных временах съёмов. Здесь мы наблюдаем положительный пик

Результаты (DLTS)



Спектры DLTS образца после отжига при 450 ^{0}C при разных временах съёмов. Здесь мы наблюдаем отрицательный (аномальный) пик.

Результаты (C-V)



С помощью метода C-V-характеристик находим высоту потенциального барьера в диоде Шоттки.

Выводы

- Были идентифицированы дефекты в кремнии, возникающие при облучёнии протонами и γ-квантами.
- Было установлено влияние водорода на формирование данных дефектов: внедрённый водород не влияет на поведение E-центров, однако оказывает существенное влияние на A-центры и центры V-O-H.
- Была показана связь между формированием водородосодержащих доноров и радиационных дефектов при высоких температурах отжига.
- Была выявлена природа образования аномального пика, возникающего в результате отжига при 450 ^{0}C.

Спасибо за внимание