

**Физические основы
полупроводникового детектора
неионизирующих ядер отдачи**

Гирин С.В., 23.12.15, ИЯИ РАН, г. Троицк.

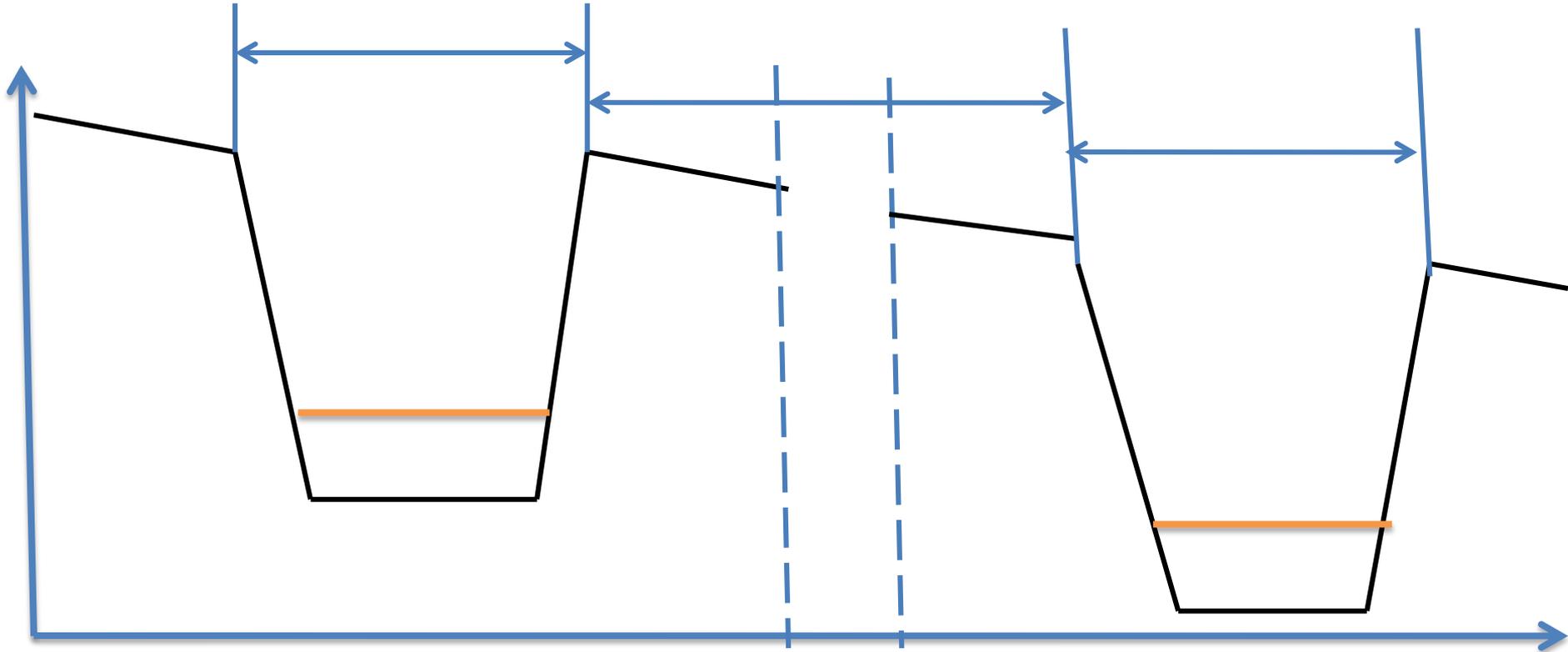
Проект Ge-PHONON.

Отчётный доклад за 2015 год.

The basement: Elastic coherent scattering (ECS) of a neutrino on a nucleus.

- $\nu + X = \nu' + X'$ (through the Z^0)
- 1. Л.А. Микаэлян, С.А. Фаянс. Упругое рассеяние нейтрино на ядрах. Ядерная физика, т.32, вып.3(9), 1980, с.748-755.
- 2. A. Drukier and L. Stodolsky. Principles and applications of a neutral current for neutrino physics and astronomy. Physical Review D., v.30, No. 11, p.2295-2309. 1984.

Энергетическая зонная диаграмма **nini**-структуры (мишень охлаждена, смещение приложено)



- См. статью “Dark current analysis...” fig.1

Исторический прототип 1967

A. Zilbersztejn.

**Stimulated emission of phonons by
supersonic electrons in germanium.**

**Physical Review Letters, Volume 19, Number
15, 9 October, 1967, p.838-840.**

Современный прототип 2008

- **Jam Farhoomand, ... , Elisabeth Corrales.**
**Design of a 1k pixel Ge:Sb focal-plane
array for far-IR astronomy.**
Proc. of SPIE Vol. 7020 70200D-1.

Российские предшественники.

Открытие в эксперименте.

Лифшиц Т.М., Надь Ф.Я. Фотопроводимость в германии, легированном примесями V группы, при энергиях фотонов меньше энергии ионизации примеси. Докл. АН СССР. 1965. Т. 162. С. 801.

Российские предшественники. Теоретическое объяснение.

Ш.М. Коган и Б.И. Седунов.

**Фототермическая ионизация примесного
центра в кристалле. Физика твёрдого тела,
1966, т. 8, в. 8, с. 2382–2389.**

Российские предшественники.

Развитие и применение.

Институт химии высокочистых веществ АН
СССР, город Горький

Институт физики микроструктур РАН, город
Нижний Новгород

Андреев Б.А., Иконников В.Б., Козлов Е.Б.,
Шмагин В.Б., Гернштейн Л.И., **Коган Ш.М.**,
Е.М. Гершензон, Г.Н. Гольцман, А.И. Елантьев.

Физические основы полупроводникового детектора неионизирующих ядер отдачи

Монокристалл германия при $T < 2,6\text{K}$

Ядро отдачи $0,825\text{ эВ}$ не ионизирует Ge

Фононы от ЯО (LO, TO, LA, TA, распады,
поколения, 100 фононов по 10 мэВ)

Ионизация D^0 неравновесными фононами

Извлечение и размножение e^-

VIV - структуры

Проблема и физическое противоречие 1

Как повысить вероятность W ионизации D^0 неравновесными фононами?

ПЕРВОЕ: Снизить энергию ионизации D^0 .

Энергия ионизации D^0 должна быть очень малой, чтобы иметь большую W .

Энергия ионизации D^0 не должна быть малой, чтобы не допустить большой ток тишины. (4200 e^- в секунду в прототипе)

Проблема и физическое противоречие 2

Как повысить вероятность W ионизации D^0
неравновесными фононами?

ВТРОЕ: Увеличить энергию каждому фонону.

Энергия фонона от ЯО должна быть большой,
чтобы иметь большую W .

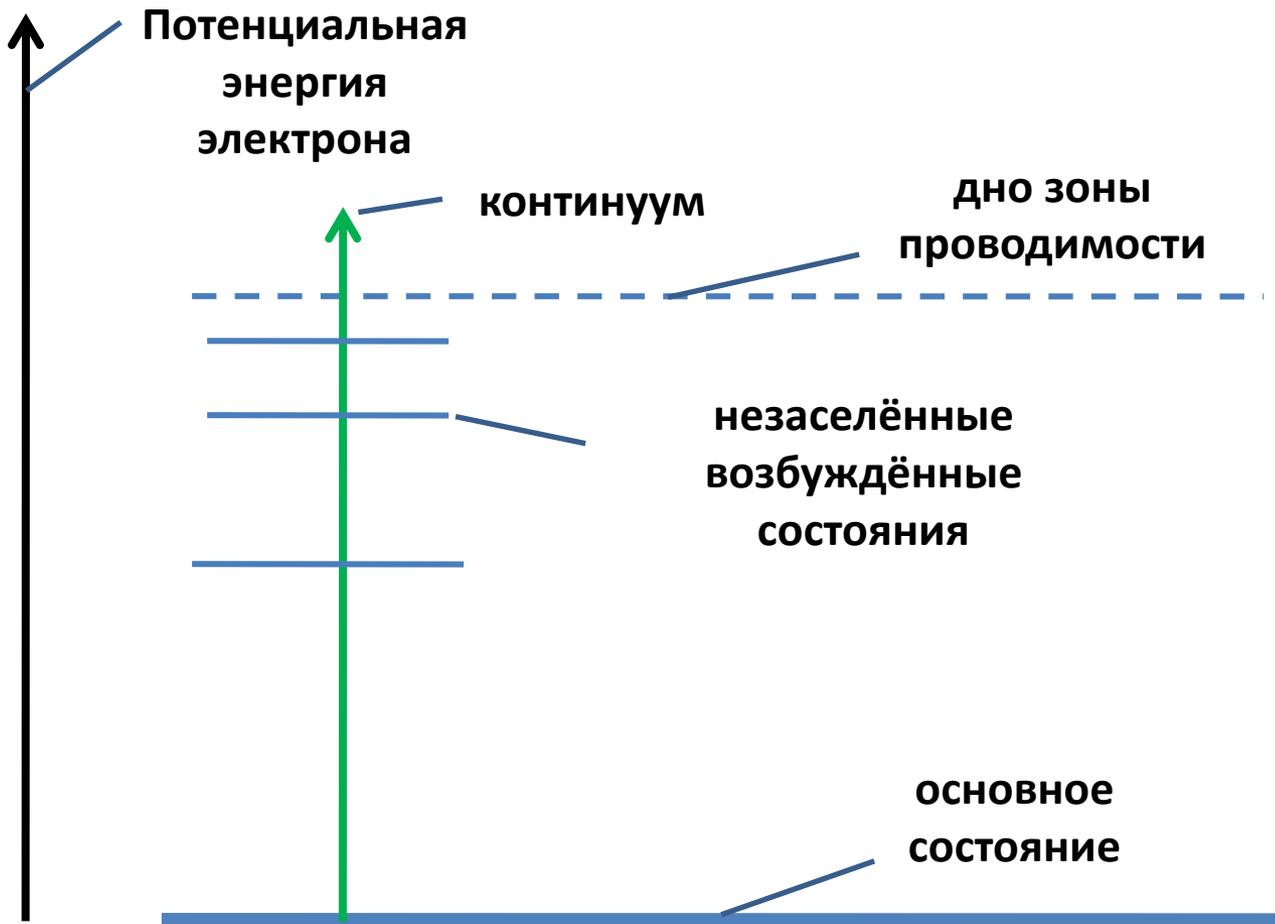
Энергия фонона от ЯО не может быть
увеличена, потому что я не знаю как это
сделать. Фонон без заряда и без спина.

Решение проблемы и разрешение двух физических противоречий

Ионизировать D^0 с последовательным поглощением резонансного фотона и неравновесного фонона.

Одновременное поглощение маловероятно -
Ш.М. Коган, Б.И. Седунов, Т.М. Лифшиц.

Можно назвать: “Метод резонансной фотонной активации доноров”.



**Рис.1. Схема 1. Нерезонансная ионизация донора
неравновесным акустическим фононом из
основного состояния**

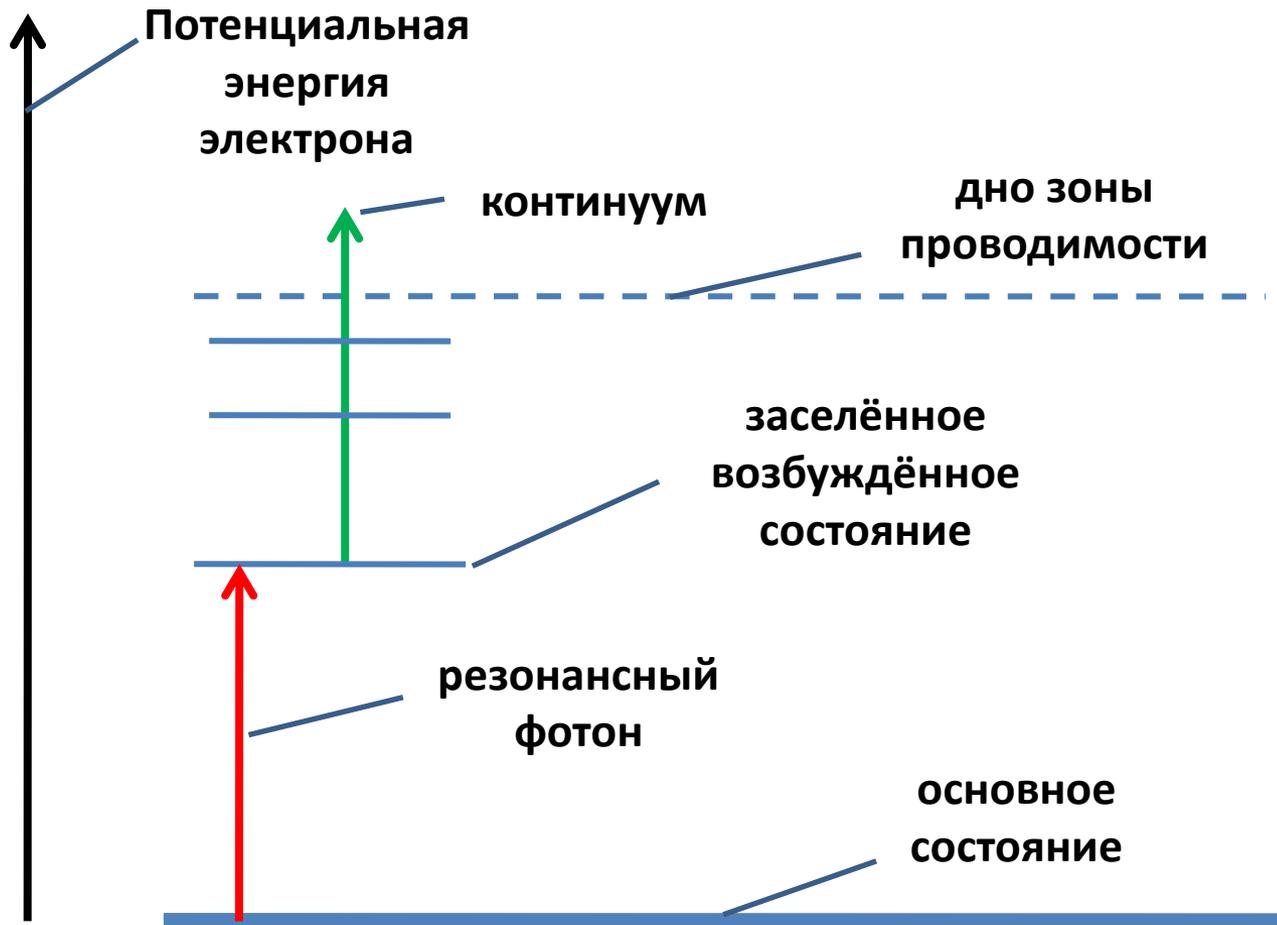


Рис.2а. Схема 2а. Нерезонансная ионизация донора неравновесным акустическим фононом из первого возбуждённого состояния

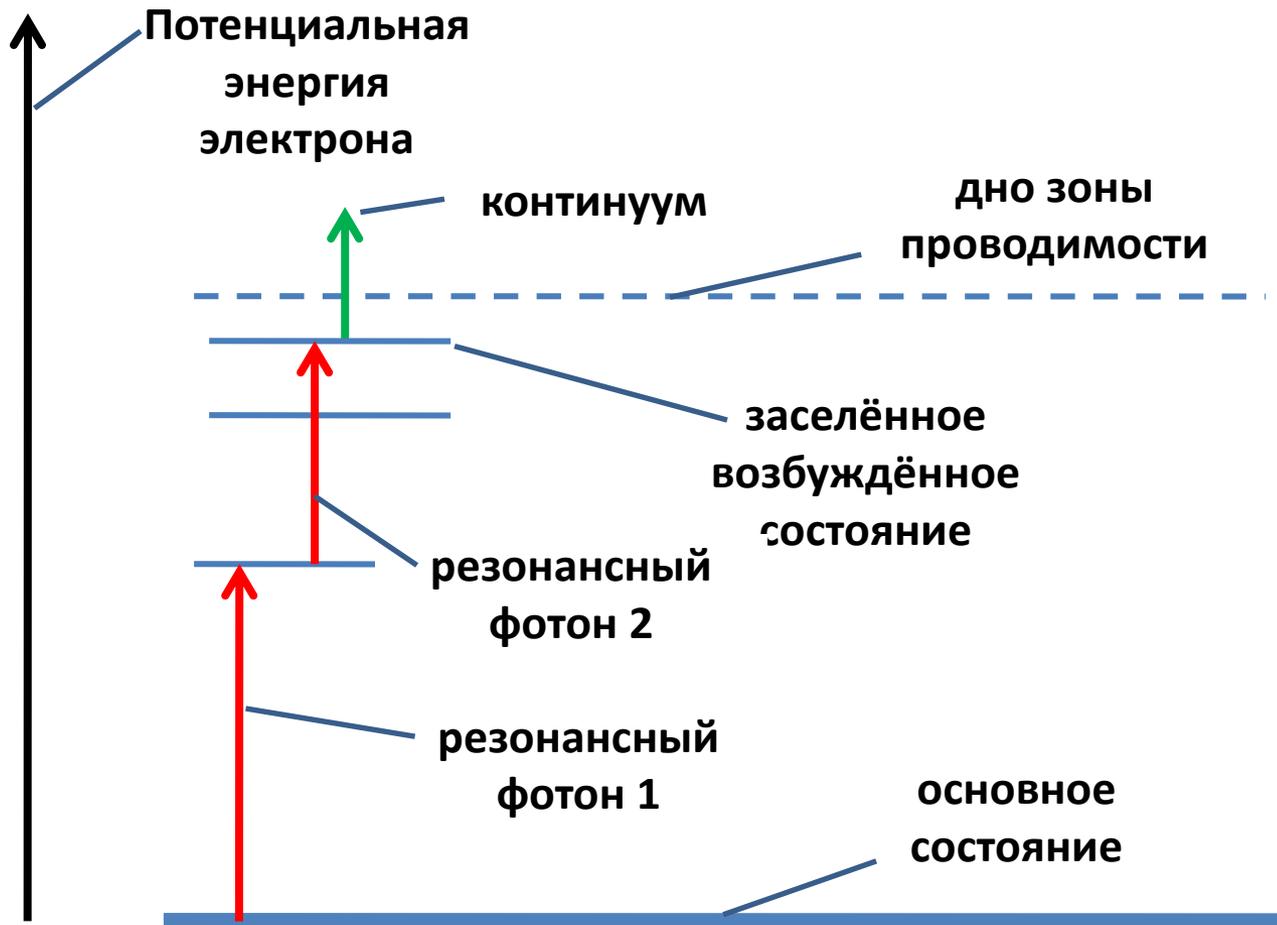


Рис.26. Схема 26. Нерезонансная ионизация донора неравновесным акустическим фофоном из высоколежащего возбуждённого состояния с двухступенчатым последовательным возбуждением

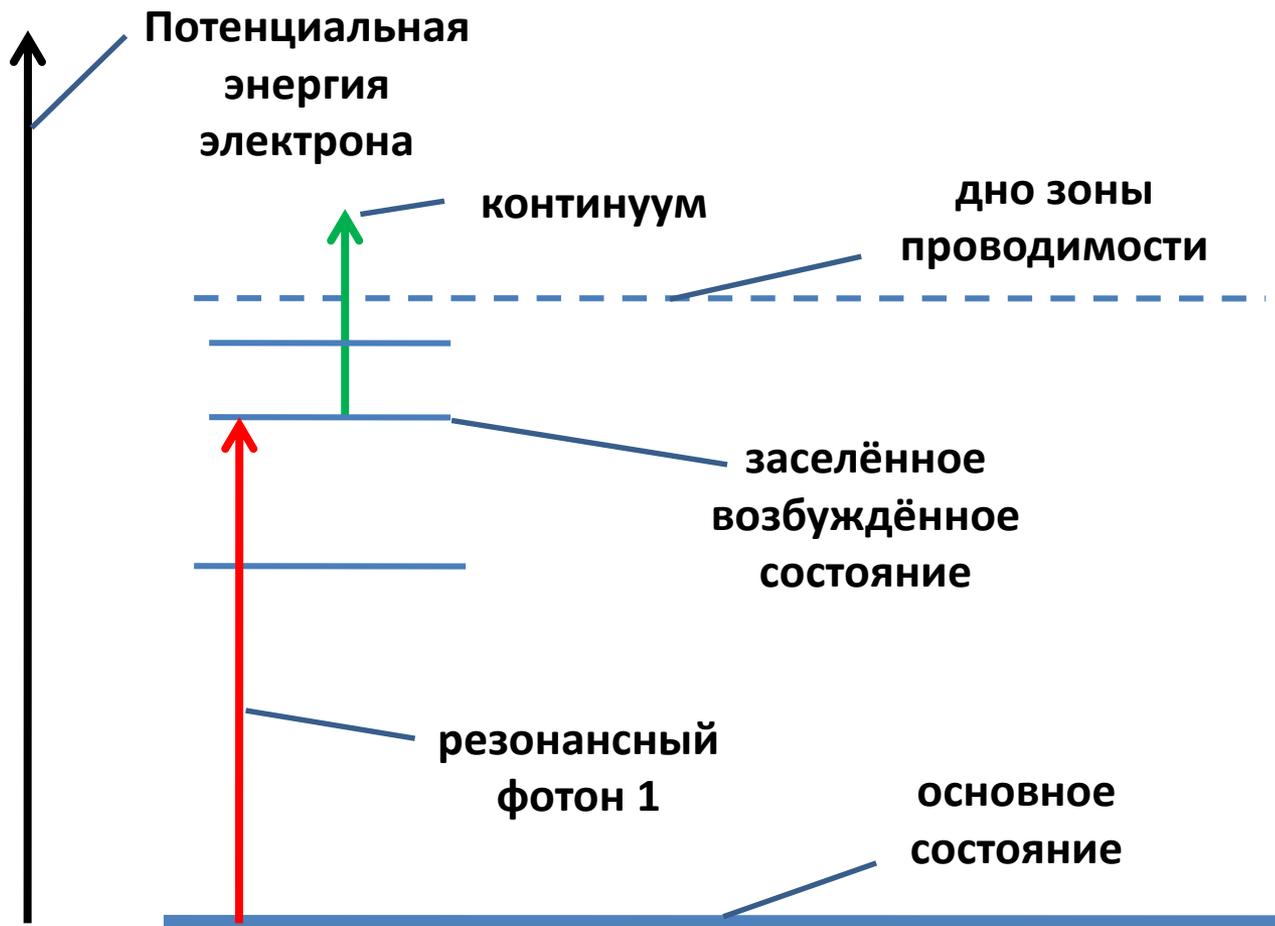


Рис.2в. Схема 2в. Нерезонансная ионизация донора неравновесным акустическим фононом из высоколежащего возбуждённого состояния с одноступенчатым возбуждением

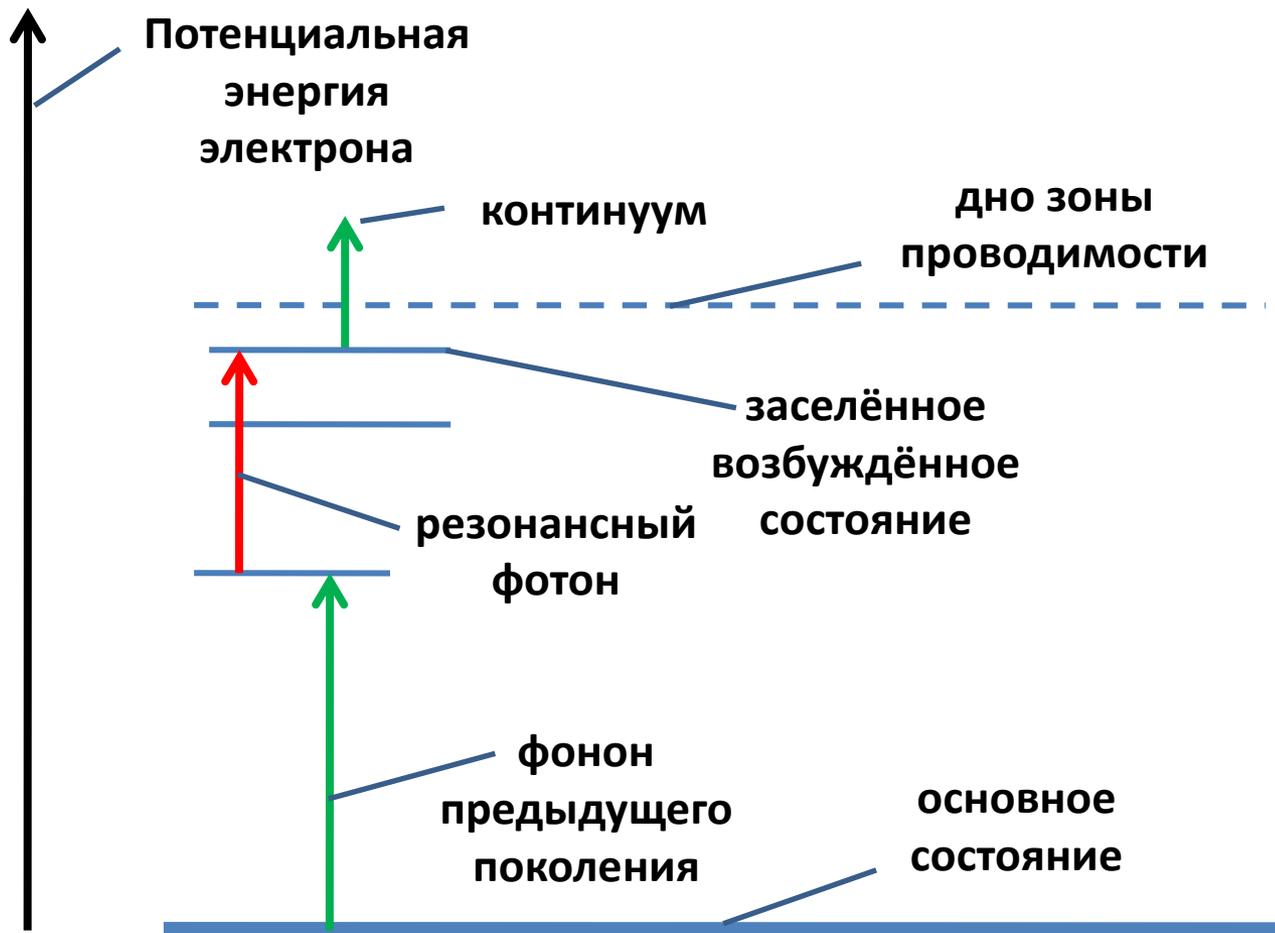


Рис.3а. Схема 3а. Нерезонансная ионизация донора неравновесным акустическим фононом из высоколежащего возбуждённого состояния с одноступенчатым дополнительным возбуждением и предварительным возбуждением неравновесным акустическим фононом предыдущего поколения.

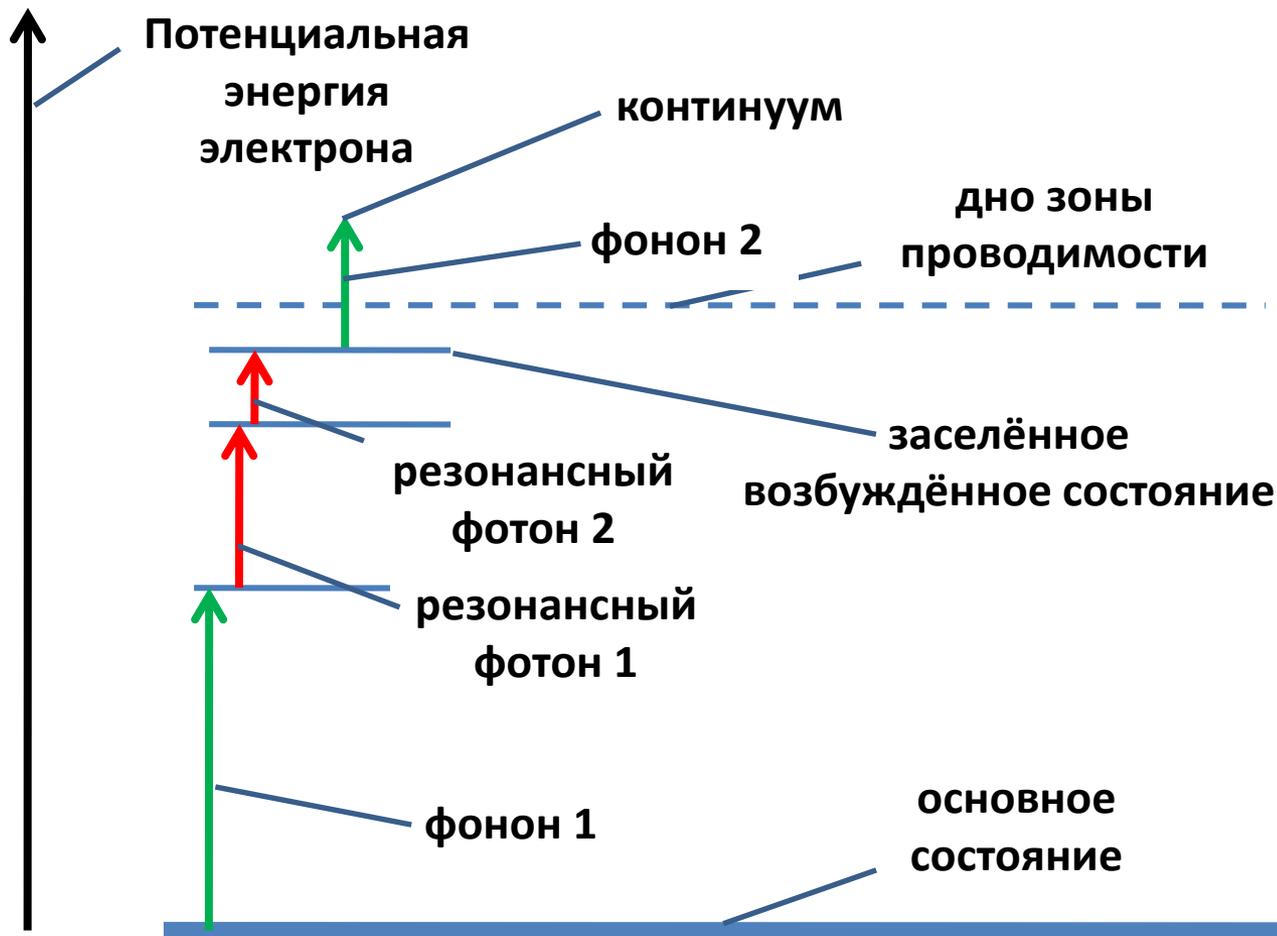


Рис.36. Схема 36. Нерезонансная ионизация донора неравновесным акустическим фононом из высоколежащего возбуждённого состояния с двухступенчатым дополнительным возбуждением и предварительным возбуждением неравновесным акустическим фононом предыдущего поколения.

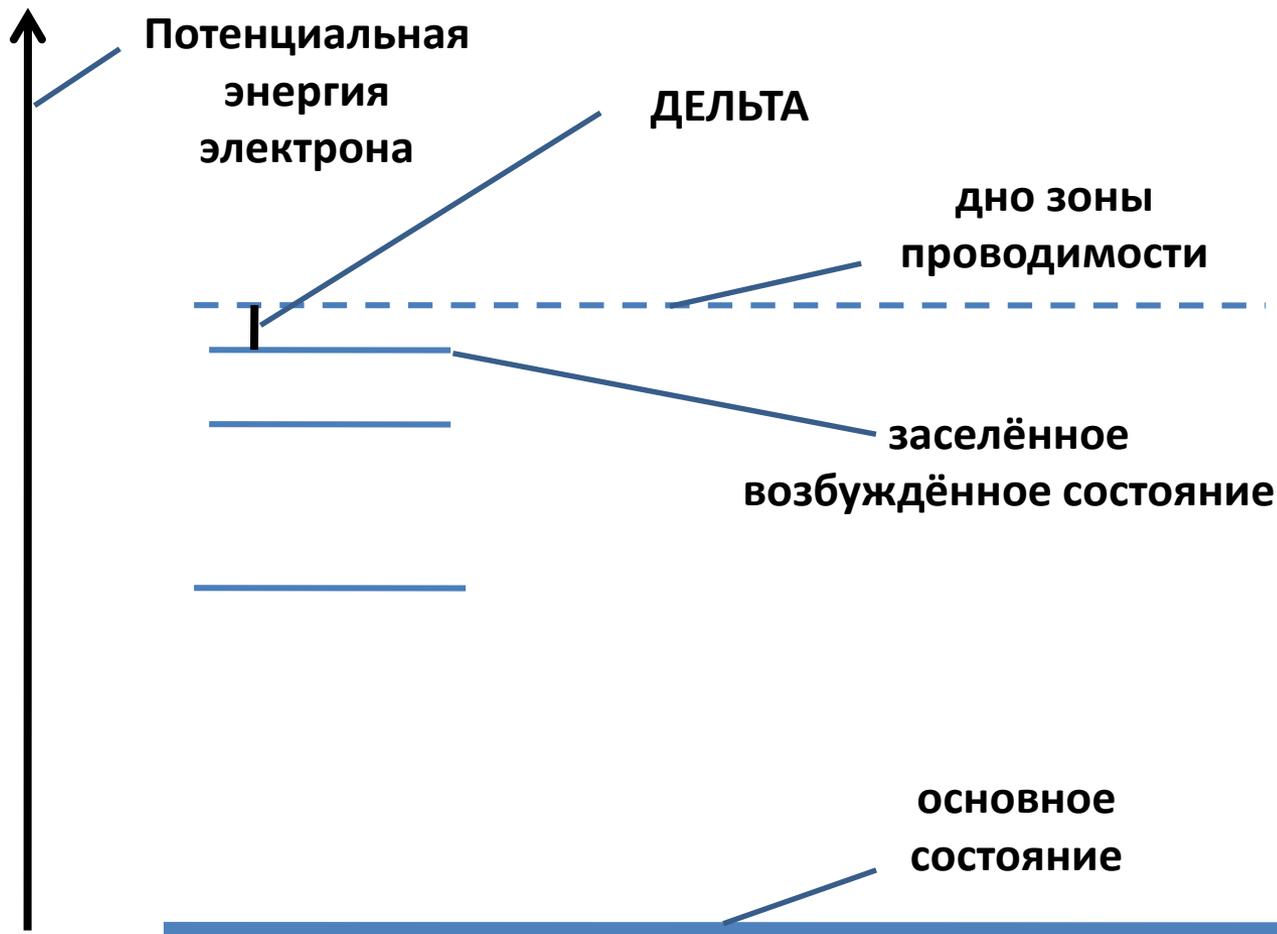


Рис.4. Схема поясняющая ограничения в применении метода. ДЕЛЬТА – разность между энергией высшего заселённого уровня и энергией ионизации должна быть меньше $10kT$

ЧТО мешает?

Решёточное поглощение фотонов

Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна

Переизлучение при снятии возбуждения D^*

Ток тишины:

мишени отдельно (в волноводе и холодильнике), накопители и усилители отдельно (не очень холодная электроника).

Скажите сами, что ещё?

Вдохновляющий опыт первопроходцев

Уже работают:

- **CDMS** – at Chicago University
- **CoGeNT** – at Kavli Institute
- **EDELWEISS** – under под Монбланом
- **HERSEL** – NASA - в космосе, отработал, в запасе.

Разрабатывают:

RICOCHET – детектор на основе квазиупругого рассеяния нейтрино на ядрах

Итог за 2015 год.

- Есть заготовка статьи в журнал “Физика и техника полупроводников”. Заготовка отправлена на согласование Андрееву Б.А. 22.12.15.

Данные для связи

- **Гирин Сергей Васильевич**
 - **361609 Кабардино-Балкарская Республика, Эльбрусский район, пос. Нейтрино, ул. Верхняя, д.7, кв. 28**
 - **8-866-38-75-219 проводной в Нейтрино**
 - **8-8793-36-75-90 проводной в Пятигорске**
 - **8-985-429-70-97 мобильный в Москве**
- sgirin@yandex.ru** - наиболее удобный

Благодарности - 1

- Хоконов Азамат – КБГУ
- Есаев Дмитрий Георгиевич – ИФП РАН
- Преображенский Валерий Владимирович – ИФП РАН
- Соколов Леонид Валентинович – ИФП РАН
- Хазанов Ефим Нуамович – ИРЭ РАН
- Сибельдин Николай Николаевич – ФИАН
- Данильченко Борис Александрович – Институт физики НАНУ

Благодарности - 2

- Данильченко Борис Александрович –
Институт физики НАНУ
- Шарков Андрей Иванович – ФИАН
- Галкина Татьяна Ильинична – ФИАН
- Цховребов Андрей Михайлович – ФИАН
- Жерихина Лариса Николаевна – ФИАН
- Мерзон Габриэль Израилевич – ФИАН

Благодарности - 3

- Энтин Матвей Вульфович – ИФП РАН
- Чаплик Александр Владимирович – ИФП РАН
- Брагинский Леонид Семёнович – ИФП РАН
- Попов Владимир Павлович – ИФП РАН
- Андреев Борис Александрович – ИФМ РАН
- Гирина Альциона Сергеевна – посёлок Нейтрино