

К 130-летию со дня рождения великого советского физика Игоря Евгеньевича Тамма. Анонс статьи

Виктор Алексеев

26 июня 2025 года исполняется 130 лет со дня рождения Игоря Евгеньевича Тамма (1895–1971) – российского физика-теоретика, академика АН СССР, лауреата Нобелевской премии по физике.

Игорь Тамм получил широкую мировую известность благодаря своим фундаментальным работам, таким, например, как: фотоэффект в металлах; особые энергетические уровни электронов вблизи поверхности кристаллов; квантовая теория рассеяния света в кристаллах. Спустя четверть века эти работы Тамма легли в основу базовых принципов разработки транзисторной техники.

В возрасте всего 38 лет Тамм был избран членом-корреспондентом АН СССР по отделению математических и естественных наук. Игорь Тамм был одним из ведущих разработчиков термоядерного оружия СССР. В 1953 году Тамм стал академиком АН СССР по отделению физико-математических наук.

Среди прочих научных достижений Игоря Тамма особую роль играет создание теории «Черенковского излучения» – ЧИ, за что вместе с Ильёй

Михайловичем Франком и Павлом Алексеевичем Черенковым получил в 1958 году Нобелевскую премию по физике.

В 1934 году аспирант С.И. Вавилова Павел Алексеевич Черенков обнаружил, что заряженные элементарные частицы, проходя с очень большими скоростями сквозь воду, испускают свет. В 1937 году Илья Франк и Игорь Тамм дали теоретическое объяснение этому эффекту.

Игорь Тамм показал, что ЧИ можно использовать как своего рода «световую подпись» заряженных частиц, движущихся в прозрачной среде, со скоростью, превышающей фазовую скорость распространения света в этой среде.

Излучение возникает только при условии $v > c/n$, где n – показатель преломления среды, v – скорость частицы, c – скорость света. Таким образом, ЧИ представляет собой яркий пример того, как относительно простое физическое наблюдение при правильной интерпретации может привести к важным открытиям и проложить новые пути для дальнейших исследований.

Эффект Черенкова широко используется в настоящее время, в первую очередь – в классических приложениях ядерной физики. В нейтринной обсерватории Super-Kamiokande (Япония) для регистрации ЧИ используется резервуар с 50 000 тонн сверхчистой воды, окружённый 11 000 фотоумножителей. В колоссальной установке IceCube на Южном полюсе в качестве детектирующей среды применяется лёд, в котором на глубине до 2,5 км размещены более 5000 ультрабыстрых ФЭУ.

Космические лучи сверхвысоких энергий, сталкиваясь с атмосферой Земли, вызывают ливни вторичных частиц, которые, в свою очередь, стимулируют вспышки ЧИ в атмосфере. Эти вспышки изучаются с помощью наземных телескопов, например, с помощью американской системы VERITAS.

В то же время ЧИ используется в самых передовых проектах ядерной физики. Так, в «Большом адронном коллайдере» (БАК) используют детекторы RICH (Ring Imaging Cherenkov), которые работают именно по принципам, описанным Таммом. Когда частица проходит через радиатор, возникающее ЧИ фокусируется в кольцо на фотодетекторе. Радиус кольца зависит от скорости частицы, что позволяет различать пионы, каоны и протоны с одинаковым импульсом. Кольцевые детекторы ЧИ (RICH) играют значительную роль в экспериментах по физике частиц и ядерной физике, обеспечивая идентификацию частиц. Они работают исключительно хорошо для идентификации адронов, поскольку существует мало других методов, которые могут различать пионы, каоны и протоны в многогигаэлектронвольтовом диапазоне импульсов.

В последние годы появляется всё больше исследований внутренней динамики ЧИ, характеризующейся временными масштабами в субфемтосекундном диапазоне, которые по-новому раскрывают особенности



Детекторы черенковского излучения RICH [<https://hep.hamamatsu.com/>]

этого явления, отсутствующие в общей квантовой теории. Например, существует исследование, показывающее, что ЧИ содержит ранее неизвестные квантовые эффекты на аттосекундных временных масштабах, включая парадоксальное «отрицательное время распространения».

Крайне интересны опыты с «обращённым ЧИ», при котором заряженная частица, движущаяся со сверхсветовой скоростью в веществе, испускает когерентное радиоволновое излучение, направленное не вперёд, как в обычном ЧИ, а назад, к источнику частицы. Этот новый механизм обращённого ЧИ может найти применение в компактных источниках света и детекторах частиц нового поколения.

Черенковское излучение применяется в современной медицине. Например, в новейших моделях ПЭТ (позитронно-эмиссионная томография) используются методы, которые преобразуют гамма-кванты в видимый свет через механизм ЧИ.

Недавно открытый метод смещения спектра ЧИ из голубого в красную область даёт возможность более детального обследования внутренних органов.

Поразительные результаты дают эксперименты с изображениями цветного ЧИ, исходящего от пациентов во время лечения. Цветовые оттенки ЧИ в лучевой терапии могут использоваться для интерпретации объёма крови в тканях, насыщения кислородом и основных сосудов внутри тела.

Перечисленные приложения стимулировали развитие следующих сверхбыстрых электронных устройств.

- Детекторы Черенковского излучения – Ring Imaging Cherenkov (RICH).
- Кремниевые фотоумножители (SiPM), способные регистрировать отдельные фотоны с временным разрешением в наносекунды.
- Высокочувствительные ПЗС-матрицы для регистрации слабых световых сигналов.

- АЦП с частотой дискретизации до ГГц для точной регистрации формы импульсов.

- Сверхбыстрые системы реального времени для обработки потоков данных.

- Специализированные ПЛИС для наносекундной обработки сигналов.

Кроме того, работы Игоря Тамма вызвали появление новых устройств с уникальными оптическими свойствами, таких, например, как аэрогели с точно заданным показателем преломления и кварцевое стекло с ультранизким поглощением.

Также теоретические работы Игоря Тамма оказали влияние и на многие другие области электроники, начиная с проектирования мощных лазеров и солнечных батарей до создания установок управляемого термоядерного синтеза.

Все эти вопросы будут рассмотрены в следующем номере журнала в статье, посвящённой юбилею Игоря Евгеньевича Тамма.



НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

Гибридно-плёночный DC/DC-преобразователь напряжения с эффективными встроенными входным и выходным фильтрами электромагнитных помех

Модули DC/DC-преобразователей напряжения, выпускаемые многими производителями, имеют на входе и выходе встроенные фильтры, подавляющие электромагнитные помехи до уровней, допустимых для соответствующих применений. В некоторых случаях, когда восприимчивость к воздействию импульсных помех, излучаемых блоками питания, высока, используются модули фильтров, обеспечивающие более серьёзное ослабление шумов.

Для установки модулей фильтрации требуется дополнительное место на печатной плате. Снизить проблемы с компоновкой и сэкономить площадь платы для размещения функциональных схем позволяет встраивание фильтров с большими коэффициентами ослабления помех на входе и выходе модулей. Для применений, где есть жёсткие требования к площади, занимаемой блоками питания, предлагается 30-ваттный гибридно-плёночный модуль DC/DC-преобразователя напряжения WTAL40-28FS5 от компании Wibbow с встроенными на входе и выходе фильтрами.

Входной фильтр с проходным током 3 А и коэффициентом ослабления помех 55 дБ на

частоте 500 кГц обеспечивает соответствие требованиям стандарта MIL-STD-461C, CE03 и обеспечивает фильтрацию для дополнительных преобразователей через выводы фильтра. Выходной фильтр ослабляет высокочастотные синфазные и дифференциальные помехи. Это обеспечивает более высокое значение ширины пропускания пульсаций напряжения и исключает необходимость применения внешних развязывающих конденсаторов. Входной и выходной фильтры ослабляют излучения, обеспечивая более спокойную работу по сравнению со стандартными DC/DC-преобразователями.

Предлагаемый преобразователь напряжения выполнен по одноконтурной прямоходовой схеме с регулированием методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с постоянной рабочей частотой до 450 кГц. В контуре обратной связи применяется трансформаторная широкополосная развязка, выносная обратная связь по напряжению используется для компенсации падения напряжения на соединительных проводах.

Другими сервисными функциями являются: дистанционный командный вход, синхронизация рабочей частоты внешним синхросигналом, подстройка выходного напряжения на выводах модуля в небольших пределах для компенсации падения напряжения на проводниках. Модуль снабжён следующим комплектом защит: от перегрузки по току и короткого замыкания, обеспе-



чиваемой схемой ограничения выходного тока до уровня 115% от максимального значения. Диапазон входного напряжения от 17 до 50 В. Типовое значение КПД 75% при полной нагрузке. Устройство предназначено для работы в диапазоне температур от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ (на основании корпуса).

Параметры WTAL40-28FS5 идентичны параметрам модуля FMTR2805S (Crane Electronics, Interpoint, США).

DC/DC-преобразователь напряжения производится в соответствии с требованиями национальных производственных стандартов:

- GJB 548C-2021 «Методы и процедуры испытаний микроэлектроники» (соответствует MIL-STD-883 «Test Methods and Procedures for Microelectronics»);

- GJB 2438B-2017 «Технические требования к гибридным микросхемам. Общая спецификация» (соответствует спецификации MIL-PRF-38534 «Hybrid Microcircuits, General Specification For»).

