



*Тридцать лет назад (в 1977 г.) в Томском академгородке был открыт
Институт сильноточной электроники Сибирского отделения АН СССР.
Так новое научное направление получило официальное признание*

Исследования в новой области физики — сильноточной электронике (термин образован от словосочетания «сильные токи») — стали проводиться в 1960-х гг. группой ученых под руководством будущего академика Г. А. Месяца сначала в НИИ ядерной физики при Томском политехническом институте, а затем в Институте оптики атмосферы. В 1977 г. на базе этого исследовательского коллектива был создан Институт сильноточной электроники СО АН СССР. Новое направление включало в себя такие области физики, как: разработка методов генерирования сверхмощных электрических импульсов, получение потоков заряженных частиц и электромагнитных излучений; физика вакуумного и газового разрядов, а также исследования воздействий мощных потоков частиц и энергии на вещество.

С силой ядерного взрыва

Плоть и кровь сильноточной электроники — мощная импульсная техника. В сильноточных генераторах электрическая энергия сначала медленно накапливается в конденсаторах, затем преобразуется и быстро выводится из них как короткий (длительностью в миллионные или миллиардные доли секунды!) электрический импульс. Напряжение в этом импульсе может достигать миллионов вольт, ток — миллионов ампер, а мощность — нескольких тераватт. (1 ТВт равен 1 млрд кВт; мощность, непрерывно генерируемая Красноярской ГЭС, составляет всего 0,006 ТВт.)

Участники 13-го Международного симпозиума по сильноточной электронике и 7-й Международной конференции по модификации материалов пучками частиц и потоками плазмы (2004) на экскурсии в высоковольтном зале, где происходит сборка ступени мегаамперного линейного трансформатора

Томский ИМПУЛЬС



Визит руководства Академии наук СССР в ИСЭ в связи с его открытием (1977): осмотр сильноточного наносекундного ускорителя электронов «СИНУС». Справа налево: председатель Президиума СО АН СССР академик Г. И. Марчук, директор института Г. А. Месяц, заместитель председателя СО АН СССР академик А. А. Трофимук, председатель АН СССР академик А. П. Александров

В ИСЭ были созданы крупнейшие электрофизические установки для проведения фундаментальных исследований в области физики плазмы и отработки новых технологий: тераваттные генераторы ГИТ-12, ГИТ-4, МИГ — и десятки менее крупных универсальных и специализированных устройств.

Важнейшей областью потенциального применения подобной импульсной техники является инерциальный термоядерный синтез. Начиная со второй половины 1990-х гг. в институте осуществляется разработка индукционных генераторов нового поколения, мощность которых настолько велика, что позволяет подключать их к нагрузке без использования дополнительных ступеней компрессии энергии. Сегодня учеными из США этот подход признан наиболее перспективным в строительстве сверхмощных генераторов для им-

пульсного термояда с электродинамическим сжатием мишени. А импульсные источники питания систем накачки твердотельных лазеров, произведенные в ИСЭ, планируется использовать в установке лазерного термоядерного синтеза LMJ, работа над которой ведется во Франции.

Создание импульсных установок с критическими характеристиками позволило ученым приступить к физическим исследованиям вещества в условиях экстремально высокой плотности энергии. Благодаря проведению экспериментов по осуществлению электродинамического сжатия вещества были получены импульсные магнитные поля в десятки миллионов гаусс и давления в десятки миллионов атмосфер. В лабораторных условиях для твердого вещества, в привычном понимании — несжимаемого, удалось достичь 3–4-кратной степени сжатия! До того считалось, что подобного состояния вещества можно достичь лишь внутри ядерных взрывов. Опытным путем выяснилось, что вещество, сжимаемое магнитным полем мегаамперных токов, становится источником сверхмощных вспышек как мягкого, так и жесткого рентгеновского излучения: данное явление может быть использовано в импульсной радиографии.

Эффект взрывной эмиссии

Еще в середине 1960-х гг. ученым из группы Г. А. Месяца на основании результатов, полученных в ходе уникальных экспериментов, удалось описать механизм электрического пробоя в вакууме, названный взрывной эмиссией. Суть этого феномена заключается в том, что под влиянием сильного электрического поля, которое создано вблизи металлической поверхности в вакууме, за время, исчисляемое миллиардными долями секунды, происходит термическое взрывное разрушение микроскопических участков металла с образованием плотной плазмы. Из нее под действием приложенного электрического поля и извлекаются электроны, при этом плотности тока на порядки выше тех, что характерны для всех других известных типов эмиссии.

После объяснения механизма взрывной эмиссии электронов стало возможным создание катодов, способных генерировать импульсные электронные пучки с недостижимой ранее силой тока. Были разработаны мощные импульсные лазеры, рентгеновские трубки, ускорители заряженных частиц, позволившие генерировать сверхмощные импульсы СВЧ-излучения.

В 1989 г. в качестве научного открытия были зарегистрированы результаты цикла исследований воздействия внешнего ионизирующего излучения на процесс формирования импульсного разряда высокого давления. Применение объемных газовых разрядов привело к получению важных результатов в мощной лазерной

технике. Так, ионизуя рабочий газ с помощью сильноточного электронного пучка, удалось получить однородный разряд в лазерной среде объемом до кубометра! Это позволило создать лазеры на углекислом газе с рекордной энергией в импульсе до 5 кДж.

В настоящее время институт активно участвует в крупном российском научном проекте по созданию лазерной системы петаваттной мощности: сверхмощный и сверхкороткий лазерный импульс, протяженность которого в пространстве составит всего лишь 15 микрон, станет новым инструментом для проведения фундаментальных исследований вещества.

Быстрее, выше, сильнее!

Несомненно, девизом сильноточной электроники мог бы быть древний олимпийский лозунг. Сильнее — ток, выше — мощность, короче — импульс: по этой дороге можно бежать бесконечно. Но жесткие требования, которые индустриальное общество предъявило к науке, заставляют ученых отказаться от установления рекордов и доказать, что наука может принести практическую пользу. И в этом плане фундаментальные разработки сильноточной электроники оказались щедрыми на урожай. В качестве примера приведем лишь технологии, которые в целях обработки поверхностей используют воздействие потоков заряженных частиц и плазмы.

Помещая металлическое изделие в плазму дугового газового разряда, можно очистить его поверхность, нанести на нее наноструктурное композиционное покрытие с твердостью, приближающейся к твердости алмаза! А пучково-плазменная металлургия позволяет создавать поверхностные сплавы с таким составом и свойствами, создать которые с точки зрения традиционных методов совершенно невозможно.

Плазма позволяет наносить покрытия и на неметаллические материалы. На многих предприятиях Сибири используется технология нанесения теплосберегающих покрытий на архитектурное стекло, на подходе — производство более дешевой теплосберегающей полимерной пленки с прозрачным нанокристаллическим покрытием.

Облучая металлический образец импульсным сильноточным электронным пучком, можно мгновенно отполировать его поверхность до зеркального блеска, пусть эта поверхность и имеет сложную форму. Плаваясь под пучком и быстро остывая, тонкий слой металла очищается от примесей,



Мощные современные импульсные генераторы в высоковольтном зале

приобретает нанокристаллическую структуру с высокой твердостью, износостойкостью и стойкостью к коррозии. Эту технологию можно применять и к хрупким сверхтвердым инструментальным сплавам.

В 2003 г. в Японии импульсная электронно-пучковая технология, разработанная в ИСЭ, была признана «технологией года», а число выпущенных здесь по лицензии института установок превысило сотню. В институте уверены: совсем скоро электронно-ионно-плазменные технологии обработки поверхности материалов и изделий будут востребованы и российским машиностроением. Добрые традиции, современная техническая база, мобильность и гибкость коллектива, а также забота о молодых научных кадрах — вот те составляющие успеха, которые, несмотря на непростые российские условия, позволят сибирской сильноточной электронике и в дальнейшем уверенно развиваться и завоевывать новые позиции на мировом рынке наукоемкой продукции.

*Д. ф.-м. н. А. В. Козырев, д. ф.-м. н. И. В. Пегель
(Институт сильноточной электроники СО РАН,
Томский научный центр)*

1976 В Государственном реестре научных открытий зарегистрировано открытие явления взрывной эмиссии электронов

