

## От субмиллиметрового – к рентгеновскому

Как известно, в ТОП-список журнала «Science» вошли две работы, выполненные на установках mega-science: открытие бозона Хиггса на коллайдере LHC и исследование в области структурной биологии, проведенное с помощью первого в мире рентгеновского лазера на свободных электронах (LCLS). На создание таких мега-установок, от идеи до первых результатов, потребовалось несколько десятков лет и миллиардные финансовые вложения (на создание коллайдера LHC – около 10 млрд долл., LCLS – около 1 млрд долл., без учета стоимости готового линейного ускорителя SLAC).

Приятно отметить, что сама идея такого лазера родилась в Институте ядерной физики СО РАН им. Г.И. Будкера: именно здесь более 30 лет назад А.М. Кондратенко и Е.Л. Салдин предложили метод генерации лазерного рентгеновского излучения.

Экспериментальное подтверждение возможности безрезонаторного рентгеновского ЛСЭ было сделано в начале двухтысячных годов в США (с участием Н.А. Винокурова и бывших сотрудников ИЯФ Э. М. Трахтенберга, И.Б. Вассермана) и в Германии (Е. Салдин, М. Юрков). В создании и запуске LCLS в 2009 г. приняли участие сотрудники пяти государственных лабораторий США, среди которых было более десяти бывших сотрудников ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН.

Здесь будет уместно упомянуть, что вопрос об использовании в лазерной технике миллиметровых и субмиллиметровых областей спектра электромагнитных волн, не говоря уже о рентгеновской, долгое время оставался открытым. Хотя задолго до изобретения лазеров исследованием перспективного субмиллиметрового диапазона занимались российские ученые, нобелевские лауреаты А. М. Прохоров и В.Л. Гинзбург. В результате еще в конце 1940-х гг. был изобретен ондулятор – устройство, заставляющее электронный пучок «колебаться» определенным образом. Именно ондулятор и стал впоследствии главной частью всех лазеров на свободных электронах (ЛСЭ).

В отличие от обычного лазера, в ЛСЭ источником электромагнитного излучения служит движущийся в ондуляторе пучок электронов, параметры которого можно менять и таким образом «корректировать» длину волны излучения в широких пределах. Еще одно отличие лазера на свободных электронах – его огромные, по сравнению с обычными лазерами, размеры и, соответственно, уже упомянутая выше высокая стоимость.

В ИЯФ СО РАН еще в 1990-х г. под руководством д. ф.-м. н. Н. Винокурова было начато, а в 2000-ых г. успешно закончено строительство ЛСЭ – источника излучения в субмиллиметровом (от 5 до 200 мкм) диапазоне. Этот участок спектра был выбран в то время в основном из экономических соображений: в отличие от рентгеновского ЛСЭ, он обошелся «только» в 30 млн долл. К тому же этот самый мощный в мире терагерцовый ЛСЭ был создан практически без государственной поддержки, на средства, заработанные самим институтом.

Рентгеновский лазер на свободных электронах, как и Большой адронный коллайдер, безусловно, станет в ближайшее десятилетие мощной «фабрикой» многих прекрасных работ и Нобелевских премий. В настоящее вре-



КУЛИПАНОВ Геннадий Николаевич – академик РАН, заместитель директора Института ядерной физики СО РАН, один из организаторов и директор Сибирского центра синхротронного излучения

мя Россия является второй после Германии страной (среди 14-ти участников) по объему инвестиций в строительство рентгеновского лазера на свободных электронах XFEL длиной 3,4 км в крупнейшем синхротронном центре DESY (Гамбург, Германия). Однако если наша страна планирует выйти на мировой уровень в инновационных исследованиях в области физики, химии, материаловедения, биомедицине и других научно-прикладных дисциплин, абсолютно необходимо уже на государственном уровне планировать создание отечественного источника рентгеновского синхротронного излучения четвертого поколения на базе накопителя электронов нового поколения, либо ускорителя – рекуператора.