

Волшебный луч в его судьбе

Более 50 лет исполнилось изобретению, которое справедливо считается одним из величайших достижений XX века. Речь идет об устройстве со сложным названием Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (усиление света под действием вынужденного излучения), которое вошло в нашу жизнь как аббревиатура ЛАЗЕР.

Пожалуй, редкая область знаний может похвастаться таким бурным развитием, как лазерная наука и техника. Современный мир просто оброс лазерами всех «мастей», имеющими огромное число видов и модификаций. Газовые лазеры, твердотельные и полупроводниковые, лазеры на свободных электронах, лазеры стационарные и нано-, пико- и фемтосекундные, милливаттные и килоджоулевые – такого разнообразия не могли даже вообразить себе создатели первых приборов. Все это говорит об огромном пути, который прошло данное научно-технологическое направление.

За это время в нашей стране выросла целая плеяда выдающихся исследователей, открывших новые грани этого удивительно необъятного мира лазера. Изучению физики его фундаментальных оптических свойств, а также смежных областей науки – прародителей волшебного луча – нелинейной оптики и спектроскопии, посвятил себя академик Национальной академии наук Беларуси Павел Андреевич АПАНАСЕВИЧ.

ОТ ФАНТАСТИКИ К КИНО

Как и у многих великих изобретений, у лазера был свой предшественник. Им стал аммиачный мазер – квантовый генератор микроволнового излучения, созданный в 1954 году одновременно в Физическом институте имени П.Н. Лебедева РАН (ФИАН) будущими нобелевскими лауреатами Александром Прохоровым и Николаем Басовым и в США профессором Колумбийского университета Чарльзом Таунсом с ассистентами Джеймсом Гордоном и Гербертом Цайгером. В 1958 году Н. Басов и А. Прохоров, а также независимо Ч. Таунс предложили новую идею – квантового генератора, формирующего не микроволновое, а видимое излучение, то есть привычный нам свет. Это, собственно, и был лазер, хотя сами авторы изобретения вначале назвали его несколько иначе – оптический мазер. Чтобы названная идея воплотилась в жизнь, ученым потребовалось еще 2 года. В 1960 году сотрудник исследовательского центра фирмы «Хьюз Эйркрафт» американский физик Теодор Мейман создал первый в мире действующий лазер на искусственном рубине.

Первое известие о появлении уникального оптического квантового генератора (ОКГ) и открывающихся перспективах его изучения привез в Беларусь в 1960 году от оптиков из Государственного оптического института (ГОИ; Ленинград) академик Борис Иванович Степанов, возглавлявший в то время Институт физики АН БССР. Несмотря на то, что и белорусским исследователям это открытие казалось фантастическим, увлеченные наукой реалисты начали обдумывать, могут ли они присоединиться к обозначившемуся передовому направлению. Не удержался и молодой ученый Павел Апанасевич. Вооруженный знаниями квантовой теории излучения, сотрудник лаборатории молекулярной спектроскопии в то время уже защитил кандидатскую диссертацию по взаимодействию света с веществом и квантовым неклассическим подходам и планировал продолжить изучение оптических свойств вещества. Живой интерес к новой тематике, иницируемый учителем и коллегой, выдающимся оптиком и спектроскопистом Б.И. Степановым, привел его в дальнейшем к изучению основ нелинейной оптики и лазерной физики.

ПАТРИАРХИ
БЕЛОРУССКОЙ
НАУКИ



Академик Б.И. Степанов заприметил талантливого физика еще в БГУ, когда читал там специальный курс для студентов физико-математического факультета. Тем не менее принятое им решение о распределении П.А. Апанасевича в Академию наук стало для выпускника вуза неожиданным.

– На четвертом и пятом курсах я был сталинским стипендиатом и надеялся, что меня оставят в аспирантуре при БГУ, – поделился воспоминаниями Павел Андреевич Апанасевич. – Не могу сказать, что обрадовался такому повороту событий, как распределение в Академию. Эти эмоции, наверное, отразились у меня на лице, потому что академик Степанов, оставив комиссию по распределению, вышел за мной в коридор и пояснил, что это он приглашает меня в свои сотрудники и что работа в Академии имеет свои преимущества. Так и состоялся мой судьбоносный выбор. Впрочем, об этом я впоследствии никогда не пожалел. Итак, в 1954 году я стал аспирантом сектора физики и математики Физико-технического института Академии наук БССР. В январе 1955 года на базе сектора был создан Институт физики и математики АН БССР, так что я в нем, почитай, с его утробного периода.

Первые профессиональные шаги физик-исследователь и новый институт делали, можно сказать, совместно: молодой ученый искал себя в науке, а институт определялся с приоритетными научными направлениями. Вначале тематика зависела преимущественно от «специализации» в науке приглашенных в Беларусь из Государственного оптического института Б.И. Степанова, М.Н. Ельяшевича, А.Н. Севченко, окончившего аспирантуру ГОИ Н.А. Борисевича и известного белорусского физика-теоретика Ф.И. Федорова. Надо сказать, что с 1957 года, когда Институт физики и математики возглавил Борис Иванович Степанов, белорусские физики существенно продвинулись в изучении оптических явлений и спектроскопии.

– В оптической науке уже назревал некий революционный момент, – рассказал П.А. Апанасевич. – В поставленной передо мной задаче по решению проблемы классификации процессов рассеяния и люминесценции и в ее наиболее сложной час-



П.А. Апанасевич – выпускник БГУ. 1954 год

ти – резонансной флуоресценции Б.И. Степанов предлагал учитывать и вынужденное испускание. Совместно с аспирантом В.П. Грибковским сам Борис Иванович интенсивно развивал методы расчета спектров поглощения и испускания света с учетом процессов вынужденного испускания и нелинейной их зависимости от интенсивности. Поэтому когда в 1960 году директор института привез весть о том, что появились лазеры, и рассказал, насколько это интересно и перспективно, мы в данной области не были дилетантами, а в значительной мере представляли себе действие лазера. Не прошло и года, как в свет вышли первые публикации Б.И. Степанова и сотрудников нашего института по теории лазерной генерации, разумеется, в рамках тех представлений, которые у нас тогда были.

Белорусские ученые активно включились в лазерную тематику. В 1962 году В.А. Пилиповичем запущен первый в Беларуси лазер на рубине и начаты экспериментальные исследования в этой области. В течение 2–3 лет проблемы лазерной физики и нелинейной оптики быстро заняли ведущее место в тематике Института физики АН БССР. На первых порах практически все исследования проходили как закрытые. Табу на разглашение результатов касалось тогда

НАШЕ ДОСЬЕ

АПАНАСЕВИЧ Павел Андреевич.

Физик. Академик Национальной академии наук Беларуси (1984), член-корреспондент (1980), доктор физико-математических наук (1974), профессор (1977). Заслуженный деятель науки Республики Беларусь (1995). Родился в 1929 году в д. Староселье Докшицкого района Витебской области. Окончил Белорусский государственный университет (1954). В 1957–1968 годах – младший научный сотрудник, старший научный сотрудник, с 1968 года – заведующий лабораторией нелинейной спектроскопии, с 1978 года – заместитель директора по научной работе, с 1985 года – исполняющий обязанности директора, в 1987–1998 годах директор Института физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси. С 1998 года – почетный директор, главный научный сотрудник этого института.

Автор свыше 320 научных работ, в том числе 2 монографий.

Сфера научных интересов: лазерная физика, нелинейная оптика и спектроскопия.

Лауреат Государственной премии БССР (1978) за цикл работ «Спектрально-оптические свойства вещества в поле мощного лазерного излучения», Государственной премии СССР (1982) за цикл работ «Физические основы динамической голографии и новые методы преобразования пространственной структуры световых пучков».

Награжден орденами «Знак Почета» (1979), Почета (2010), медалью.

всех НИИ в Советском Союзе, в том числе ГОИ и ФИАНа, что, однако, не мешало активному сотрудничеству ученых. Оптический профиль с уклоном в лазерную физику в Институте физики в Минске развивался очень эффективно в тесном контакте с НИИ Ленинграда, Москвы и других городов. Научно-исследовательские центры постепенно прирастали опытными предприятиями и КБ. При Институте физики АН БССР тоже было организовано специальное конструкторско-технологическое бюро с опытным производством лазеров и элементов лазерной техники.

– Институт физики АН БССР был одной из ведущих организаций в области лазерной физики и оптики в Советском Союзе, – отметил П.А. Апанасевич. – К 1964 году у нас, да и в других НИИ СССР, накопились результаты, представляющие широкий научный интерес, назрела необходимость обмена информацией. Но каким образом это сделать, ведь на любое упоминание о лазерах распространялся гриф «Секретно». Свою идею об открытом форуме ученых Советского Союза, активно работавших в данной области, мы реализовали в Беларуси в 1965 году. И, чтобы избежать ненужных запретов, завуалированно назвали его симпозиумом по нелинейной оптике.

На форуме впервые был представлен широкий обзор состояния лазерной физики и нелинейной оптики в Советском Союзе и, что очень важно, образован постоянно действующий комитет по продолжению этой деятельности. Вскоре созданному комитету был придан статус Научного совета АН СССР по когерентной и нелинейной оптике (КиНО). Соорганизаторами первого симпозиума с белорусской стороны выступил П.А. Апанасевич, с российской – Р.В. Хохлов (МГУ), Н.А. Ораевский (ФИАН). К слову, академик Рем Викторович Хохлов – весьма знаковая фигура в советской науке. Известный физик был ректором Московского государственного университета, а затем вице-президентом Академии наук СССР. Организация первого и участие во всех последующих форумах этого профиля позволяла специалистам Беларуси устанавливать и поддерживать партнерские и дружеские отношения с учеными других научно-исследовательских организаций Союза и зарубежных стран.

Директор
Института физики
АН БССР
Б.И. Степанов
с аспирантами
П.А. Апанасевичем
и А.М. Самсоном.
1957 год



Получив первую прописку в живописных местах озера Нарочь, конференции КиНО впоследствии проходили в Новосибирске, Ереване, Кишиневе, Киеве, Ташкенте, Москве, Ленинграде, что способствовало широкому развитию лазерной физики в СССР. К слову, в Минске были проведены 4 конференции из состоявшихся за эти годы. В 2010 году физики-лазерщики собирались в Казани на свой симпозиум в 20-й раз. Со временем всесоюзный форум становился все более открытым. Уже с третьей по счету конференции, проходившей в Ереване, к участию в ней присоединились зарубежные специалисты. Международный акцент усилился с распадом СССР.

О неослабевающем интересе говорит и количество участников международных конференций КиНО, собирающих ученых более чем из 40 стран мира.

Перспективы, обозначенные лазерной тематикой тех лет, сегодня только расширяются: новые практические идеи с использованием этого волшебного луча свидетельствуют о том, что исследователи продолжают создавать все более сложные и мощные технологические системы.

Этому инновационному направлению в Беларуси уделяется приоритетное внимание и поддержка со стороны государства. «Согласно Государственной программе инновационного развития около 1000 новых проектов будет реализовано в ближайшие 5 лет, причем 80 % из них – по результатам исследований и разработок белорусских ученых, – подчеркнул,



Создатель неодиодового лазера А.М. Бонч-Бруевич, вице-президент АН СССР Р.В. Холлов и П.А. Апанасевич (слева направо на переднем плане) перед началом научной сессии, посвященной 20-летию Института физики АН БССР. Январь 1975 года

выступая на конференции КиНО в Минске в 2007 году председатель Президиума Национальной академии наук Михаил Мясникович. – На это пойдут значительные инвестиции – около 8 млрд. долларов, и к 2020 году намечено увеличить белорусский ВВП практически в 3 раза». По словам М. Мясниковича, многие из новых отечественных производств будут использовать и ноу-хау участников конференции, их коллег. В частности, речь идет о создании лидарного комплекса лазерной обработки материалов, о технологиях изготовления светодиодов, миниатюрных лазерных источников и ряде других.

Наука о лазерах, первые из которых создавались в 1960-е годы, уже имеет историю, и многие ученые успели прожить в ней свой «золотой век», однако, как отметил в своем выступлении на одном из минских форумов КиНО академик НАН Беларуси А.Н. Рубинов, «мир лазеров – это неразведанный доселе материк». И с этим нельзя не согласиться.

СУДЬБОНОСНЫМИ ПУТЯМИ

Моя биография сложилась удачно: можно сказать – родился в подходящее время и в нужном месте, – считает Павел Андреевич Апанасевич. – Мог быть деревенским пахарем или даже священником, а так сошлись обстоятельства, что стал физиком... От деревни Староселье, где я родился, до границы с СССР было меньше километра. Только окончил 2 класса польской школы, как до нас докатилась война. Было это в 1939 году. 17 сентября, день воссоеди-

нения Западной Беларуси с БССР, я тоже запомнил: тогда мы услышали шум моторов с советской стороны границы...

Во время фашистской оккупации к осени 1942 года к востоку от Староселья организовалась постоянная партизанская зона, а в противоположном направлении, то есть к западу от нашей деревни, в Докшицах расположился немецкий гарнизон. Во время войны читать было нечего: ни тебе художественных книг, ни газет. Но у нас сохранилась дедушкина библиотека церковных книг, большинство на старославянском языке. Не без помощи родственников я осилил эту грамоту, бегло читал, да еще так распевно, «по-церковному». Прослышав про то, местные жители иногда приглашали меня почитать Псалтырь по покойнику, а уже в послевоенное время священник даже предлагал пойти учиться в духовную семинарию.

В учебе я был старательным и настойчивым. Три года учился в Докшицкой средней школе – за 18 километров от родной деревни. Шестой и восьмой классы прошел экстерном. В то время автобусы из деревни в районный центр не ходили. Поэтому приходилось жить на частной квартире и практически каждую субботу после уроков отпрашиваться домой за продуктами. Здесь я с особой благодарностью должен отметить понимание и помощь родителей, которые, будучи неграмотными, всячески поддерживали мое стремление учиться.

Я всегда предпочитал естественные науки, но среди них физику особенно выделял. В 1949 году поступил на заочное отделение физмата БГУ. Мне было 20 лет, и я хотел учебу совмещать с работой, но поскольку мне не дали отсрочку от призыва в армию, решил перевестись на дневное отделение. 28 августа, когда пришло, наконец, сообщение, что я принят на учебу в университет на очное обучение, был один из наиболее памятных и радостных дней в моей жизни.

Еще пять лет П. Апанасевич терпеливо набирался знаний в БГУ, а потом погрузился в науку. Встреча с Б.И. Степановым, одним из первых учеников и ближайших соратников которого стал П.А. Апанасевич, определила дальнейшую судьбу ученого и, в конечном счете, его место в отечественной науке. Павел Андреевич был одним из первых, кто для решения проблем по взаи-

модействию электромагнитного излучения с веществом стал широко использовать в оптике метод матрицы плотности. Им установлены многие закономерности действия мощного лазерного излучения на спектры поглощения, испускания и рассеяния света атомами и молекулами.

В 1963 году Павел Апанасевич сделал важное научное открытие. В его опубликованной работе по спектрам поглощения пробного излучения в присутствии сильного монохроматического впервые предсказано расщепление резонансной линии двухуровневой квантовой системы на три компонента. Спустя пять лет такой триплет был установлен американским ученым Моллоу. В 1974 году этот триплет наблюдался экспериментально, был объяснен на основе соотношений, полученных Моллоу в 1968 году, и в научной литературе получил название «триплета Моллоу». А ведь у этого, фундаментального по своей сути открытия, как считают многие теоретики-физики, если учитывать право приоритета, на самом деле должно быть другое имя – «триплет Апанасевича».

Впрочем, о каких-то приоритетах в то время белорусский физик не задумывался. У него было много интересных и значимых, достойных воплощения идей. Широкий круг исследуемых проблем включал немарковские эффекты в теории релаксации квантовых систем в поле лазерного излучения, теорию вынужденного комбинационного рассеяния и др.

По словам коллег Павла Апанасевича, все эти годы неизменной оставалась характерная особенность его стиля научной работы – высокая требовательность к проведению исследований. Возможно, именно поэтому к докторской диссертации ученый подошел лишь через 16 лет после защиты кандидатской. Глубокие знания П.А. Апанасевича нашли отражение в уникальной монографии «Основы теории взаимодействия света с веществом». Изданная в 1977 году, эта работа и в XXI веке не утратила актуальности. На счету П.А. Апанасевича и крупный цикл исследований по нелинейной спектроскопии, за который он в 1978 году удостоен Государственной премии БССР, и работы по теории светоиндуцированной дифракции, отмеченные Государственной премией СССР в 1982 году.

ВРЕМЯ ПЕРЕМЕН

Более десяти лет – с 1985 по 1998 год – Павел Андреевич Апанасевич возглавлял Институт физики, сменив на этом посту академика Б.И. Степанова. Новому директору достался громадный по численности коллектив: Институт физики в Минске – больше 700 человек, в Могилевском отделении – 160 человек (там располагался не только научный сектор, но и экспериментальный). Полностью подчинялось институту, хотя и являлось самостоятельным юридическим лицом, СКТБ с опытным производством, в котором насчитывалось около 500 человек.

В советский период исследования в области лазерной физики, научно-технические



Космонавт В.В. Коваленок обсуждает с руководством Института физики АН БССР планы по созданию аппаратов спектрального зондирования земных объектов из космоса. 1980 год

разработки и выпуск лазерной техники в Беларуси финансировались в основном из общесоюзных источников. Поэтому с распадом Советского Союза и разрушением единого научно-технического пространства страны белорусские организации, занимавшиеся лазерными исследованиями и разработками, оказались в очень тяжелом положении. Производство лазеров, лазерных систем и элементов лазерной техники в начале 1990-х годов резко сократилось или прекратилось полностью, существенно разрушились деловые связи между организациями белорусскими и из других бывших республик СССР. Все тяготы по руководству институтом П.А. Апанасевич принял на себя в довольно неблагоприятное время для

развития науки – период социальных потрясений и неопределенных надежд. Следует отметить, что и в годы перестройки, начиная где-то уже с 1985, появились первые ласточки грядущих проблем: снизилось финансирование оборонного сектора, труднее стало пробивать новую тематику.

– Союзное финансирование быстро сокращалось, и мы вынуждены были более пристальное внимание обратить на республиканское бюджетное финансирование, – рассказал о кризисных моментах в научной сфере тех лет Павел Апанасевич. – Но в республике, я считаю, с пониманием отнеслись к сложившейся патовой ситуации и помогли сохранить научный потенциал.



Пришлось, правда, обращаться непосредственно к Председателю Совета Министров БССР М.В. Ковалеву, который выслушал нашу аргументацию и выделил дополнительное финансирование. Оно помогло нам продержаться какое-то время без существенного сокращения научных сотрудников, но на 20–30 % «утруска» квалифицированных кадров все же произошла.

В начале 1990-х, чтобы поддержать научный потенциал страны, ученые Института физики совместно со специалистами БелОМО, НИИСА и Института порошковой металлургии оперативно организовали ГНТП «Белоптика», которая включала подпрограмму «Лазерные технологии». После успешного выполнения подпрограммы были разработаны самостоятельные ГНТП «Лазеры» и «Лазерные системы». Тематика работ отечественных ученых соответствовала передовым направлениям исследований в лучших зарубежных центрах. Поэтому еще одной доходной статьей,

судившей финансовое обеспечение работам белорусских физиков, были гранты различных международных фондов – МНТЦ, ИНТАС, Сороса.

Благодаря мерам, предпринятым белорусским руководством, и высокой активности специалистов, работавших в области лазерной физики и лазерных технологий, накопленный ранее потенциал в основном удалось сохранить и приспособить к работе в новых условиях. В этом деле важнейшую роль сыграли организация в Республике Беларусь государственных научных и научно-технических программ и создание Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований. Институт физики широко использовал эти источники финансирования. Поиск выхода из сложившегося трудного положения в науке Беларуси привел к возникновению малых предприятий и фирм по разработкам и производству лазерной техники, таких, например, как «ЛЭМТ», «ЛОТИС-ТИИ», «СОЛАР ЛС», «СОЛАР-ТИИ», «ЛЮЗАР», «Голографическая индустрия». Частичному восстановлению и активизации творческого сотрудничества белорусских и ставших после распада СССР зарубежными организаций в области лазерной физики способствовало выполнение российско-белорусской программы «Лазерные технологии XXI века» и других проектов, финансируемых из бюджета Союзного государства Беларуси и России, а также совместных грантов Белорусского фонда фундаментальных исследований с различными фондами других стран.

В 2010 году к 50-летию лазерной эры российские физики приурочили торжественные заседания и выставку «Фотоника». Участниками этих юбилейных мероприятий стали ученые, для которых луч лазера озарил перспективу будущего технологического прорыва, наступления лазерной эпохи высоких и новых технологий. С докладом «Лазерная физика в Беларуси: становление и состояние» был приглашен выступить почетный директор Института физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси академик Павел Андреевич Апанасевич. Ученый рассказал о достижениях белорусской науки в развитии лазерной физики, ее первых шагах, сделанных еще в советское время, а также трудностях, с которыми пришлось столкнуться нашим лазерщикам после распада

Президент АН БССР Н.А. Борисевич (слева) и секретарь ЦК КПБ А.Т. Кузьмин (второй слева) приехали поздравить коллектив Института физики с вручением переходящего Красного Знамени за победу в социалистическом соревновании. Февраль 1986 года

СССР. Кроме того, П.А. Апанасевич представил современные работы своих коллег-исследователей в этой вот уже полстолетия широко востребованной области знаний.

ПРЕВЗОЙТИ СВОЕГО УЧИТЕЛЯ

— Многому я научился у своих наставников, еще большему — у своих товарищей, но больше всего — у своих учеников, — отвечает афоризмом на мой вопрос о своих последователях в науке академик Павел Апанасевич. — Пока молодой аспирант осваивается в науке, ему, возможно, нужен наставник, который помогает сориентироваться в тематическом разнообразии направлений. А дальше мы работаем как коллеги. Так что потом, кто кого направляет и кто кому и в чем помогает — это еще вопрос.

С 1968 года в Институте физики я возглавлял лабораторию спектроскопии. Она просуществовала до 1994 года. За это время у меня в лаборатории «выросли» 4 доктора физико-математических наук, которые сами стали лидерами научных направлений, трое из них возглавили уже свои научно-исследовательские коллективы. Сегодня это ведущие ученые нашей страны: академик В.А. Орлович, члены-корреспонденты С.Я. Килин и А.А. Афанасьев. Теперь я сам участвую в научных программах, которые ведет лаборатория нелинейной оптики под руководством Валентина Орловича. До 2005 года я оставался председателем научных советов государственных научно-исследовательских и научно-технических программ «Оптехника» и «Когерентность». В Институте физики имени Б.И. Степанова возглавляю совет по защите диссертаций, являюсь председателем Научного совета по проблеме «Лазерная физика».

Лазерная техника, синтезировав достижения электроники, оптики, электротехники, робототехники и других отраслей, стала одним из важнейших наукоемких технологических компонентов современной экономики. Да и в мировом масштабе процесс развития лазерной техники все еще весьма далек от своего завершения. Можно



Академик
НАН Беларуси
П.А. Апанасевич
в рабочем кабинете. 2010 год

надеяться, что в ближайшие годы он приведет к появлению новых лазерных систем для уникальных практических междисциплинарных применений. Такие ожидания связаны с созданием и использованием в ведущих мировых лазерных центрах лазеров ультракороткой длительности, не превосходящей 1 пикосекунды (пс) = 10^{-12} с и доходящей до 10 фемтосекунд (фс) = 10^{-14} с. Новые идеи по использованию ультракоротких лазерных импульсов высокой интенсивности предвосхищают самые смелые научно-фантастические прогнозы. Лазеры ультракороткой длительности притягательны, прежде всего, именно своей чрезвычайно малой длительностью, позволяющей добиваться рекордной мощности при разумной энергии лазера. Так, для сравнительно невысокой энергии лазера в 30 Дж, пиковая мощность длительности лазерного импульса в 30 фс составляет 1 петаватт (ПВт) = 10^{15} Вт, то есть превышает суммарную мощность всех электростанций мира! Для получения таких практических результатов еще предстоит пройти трудный путь, но и выигрыш станет достижением мирового масштаба.

По мнению П.А. Апанасевича, задача каждого хорошего ученика в науке — превзойти своего учителя и состояться как ученому. Для реализации этой цели у белорусских физиков-лазерщиков есть необходимые условия. И результаты говорят сами за себя. За последние годы в Институте физики НАН Беларуси разработаны уникальные технологии использования лазера: системы видения в условиях сильно загрязненной атмосферы; компактные источники лазерного излучения с условно безопасной для глаз человека длиной волны; лазерная система управления посадкой летательных аппаратов в ближней зоне, где не срабатывают традиционные радары; лазерный маркировщик ювелирных изделий, способный наносить метки до 20 мкм, и др.

Такое стремительное развитие стало возможным благодаря тем ученым, которые стояли у истоков лазерных технологий, служили проводниками новаторских идей, предвосхитивших наступление эпохи лазера. Выдающийся белорусский физик академик НАН Беларуси Павел Андреевич Апанасевич — один из них.

Снежана МИХАЙЛОВСКАЯ