Технологии

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

Светлана ВНУКОВА

Луч, поставленный на службу, "мобилизованный и призванный" луч - вековая мечта человечества. Но реализовать ее удалось лишь в середине прошлого века. Лишь в 1960 г. при накачке маленького кубического кристалла рубина вспышками света был получен первый лазерный луч. Зато теперь трудно найти область человеческой жизни, в которой бы этот волшебный луч не применялся. Лазеры "рисуют" голограммы и литографии, читают штрих-коды и демонстрируют оптические эффекты, режут самые тоненькие ткани человеческих органов и толстенные обшивки кораблей, делают фотографии, пеленгуют, снимают звук с дисков, осуществляют телекоммуникации, исследуют ДНК, строят и разрушают, лечат и убивают... Великое множество применений. Да и самих лазеров, их типов - уже немало. Сегодня мы поговорим об одном - кислородно-йодном. Поговорим с самарским ученым, лауреатом губернской премии в области науки и техники, заведующим лабораторией химических лазеров Самарского филиала ФИАН Валерием Николаевым.

1. ПРИВЕТ БЛОНДИНКАМ! ПЕРГИДРОЛЬНЫМ

- Чем, Валерий Дмитриевич, отличается химический лазер от прочих?

- Прежде всего тем, что химический лазер - это устройство, прямо преобразующее химическую энергию в энергию излучения.

В любом типе лазера необходима сначала ввести энергию в рабочую среду, а затем извлечь ее оттуда в виде излучения. Ввод достаточно большого количества энергии в рабочую среду лазера - самостоятельная часто сложно решаемая задача. В химической же смеси энергия уже содержится, нужно лишь найти эффективный способ ее выделения в виде излучения. При этом сам принцип, на котором действует химический лазер, позволяет создавать устройства с очень большим расходом химических реагентов и соответственно высокой мощностью. Очень высокой. Ну, а когда возникают вот такие уникальные возможности, то их в первую очередь стараются использовать...

- ... в военных целях. Но мы, насколько я понимаю, будем говорить о мирном лазере. Предлагаю начать с истории.

- Химический лазер появился лет тридцать назад. У американцев, которые не считают, что фундаментальная наука - это пустая трата денег. Люди занимались исследованиями, потом вдруг в научном, как мы говорим, бульоне, возникло зернышко, из которого в конце концов выросло устройство. Правда, мощность его поначалу исчислялась милливаттами.

- С чем это сопоставимо?

- Лазер для терапии. Вы приходите в стоматологический кабинет, вам на зуб светят, и вы уходите счастливый и довольный. Вот такой уровень. Но прошло буквально несколько лет, и милливатты превратились в десятки киловатт. То есть примерно в миллион раз увеличилась мощность.

- Лазер, с которым работает ваша лаборатория, называется кислородно-йодным.

- И называется он так потому, что в нем используют свойства возбужденного кислорода. Это такой кислород, у которого очень большая внутренняя энергия. Энергия, соответствующая энергии молекулы при температуре примерно 10 тысяч градусов.

- Сильно.

- Энергия колоссальная, вопрос, как кислород таким сделать? Выяснилось, что возбудить кислород можно в процессе химической реакции с использованием перекиси водорода. Той самой перекиси, которой женщины выбеливают волосы. Только в парикмахерских для того, чтобы процесс отбеливания шел эффективно, в перекись добавляют аммиачную щелочь. Мы добавляем щелочь калиевую или натриевую. Затем к щелочному раствору перекиси водорода подмешиваем хлор. Хлор проникает в раствор, на очень маленькое расстояние, на десятимиллионные доли сантиметра, и сразу же начинается его становится избыточной, и он выделяется из среды. Но выделяется он оттуда уже не простой, а электронно возбужденный, как бы с мощной внутренней пружиной. С колоссальной энергией этой "внутренней пружины".

- И возникает второй вопрос: как энергию эту извлечь?

- Вопрос не из простых, поскольку квантовая механика запрещает кислороду в виде света эту энергию отдавать. Ну, так устроена кислородная молекула. В квантовой механике куча всяких запретов. Одним молекулам она позволяется светиться, другим нет. Молекулам кислорода не позволяет. Но, оказалось, что возбужденный, или, как у нас говорят, синглетный кислород легко передает эту свою энергию атому йода. Делает йод возбужденным, а сам от этой своей энергетической обузы освобождается.

- А возбужденным атомам йода квантовая механика светиться позволяет.

- Поэтому и существовали йодные лазеры. Правда, йод, когда вы его испаряете, находится не в атомарном состоянии, а в молекулярном. И сначала его надо разбить на атомы. Но тут природа синглетного кислорода оказалась настолько счастливой, что когда молекулы йода сталкиваются с ним, то еще и разваливаются на два атома.

Столкнулась молекула йода с атомом кислорода, развалились на два атома. Атом йода столкнулся с другим атомом кислорода, получил от него возбуждение.

- Но в таком случае неизбежны энергетические потери.

- Неизбежны. На развал одной молекулы йода требуется примерно 5 молекул синглетного кислорода, поскольку процесс "развала" является многоступенчатым. Часть энергии теряется уже при транспортировке. Так что из генератора, где возбуждается кислород, до резонатора (резонатор это два зеркала, между которыми пропускается среда и где, собственно, и происходит снятие энергии в виде пучка) доходит процентов 50 процентов энергии. Но мы смогли поправить ситуацию.

2. ИГРЫ РАЗУМА

- А вот с этого место поподробнее.

- Идея связана с устройством генератора.

Американцы перепробовали огромное количество разных способов получать возбужденный кислород, но тот, который придумали мы, оказался самым лучшим. И теперь во всем мире, во всех лабораториях, где исследуют кислородно-йодные лазеры, используют принцип, на котором работает наш генератор.

Идея пришла в голову Марселю Вакифовичу Загидуллину, он у нас был теоретик. А заключается она в следующем.

Поскольку все процессы в химических генераторах происходят вблизи поверхности, то для того, чтобы создать большее количество возбужденного кислорода, нужно иметь большую поверхность. А большую поверхность, ее как получить? Нужно либо много пузырьков создать, либо струи, либо еще что-то фрагментированное. Мы поверхность увеличиваем за счет струй. Пускаем через "душ" щелочной раствор перекиси водорода, навстречу пускаем хлор, хлор поглощается струями, из струй выделяется кислород. При этом, когда две его молекулы сталкиваются, то образуется на какое-то время молекулярный комплекс, имеющий двойную энергию. Газ в генераторе светится ярким красным светом, а сама молекула синглетного кислорода излучает невидимый инфракрасный свет.

Вот такой способ Марсель Вакифович предложил, а мы попробовали и, убедившись, что работает, создали на основе этой идеи устройство и начали получать результаты, которые в несколько раз превосходили самые лучшие результаты, что получали в Соединенных Штатах Америки. В США этим занимались в военном ведомстве. Занималось огромное количество людей, получавших на эти свои исследования огромные деньги. У нас ничего такого даже близко не было, но тем не менее сделали.

Теперь о второй проблеме, которую нам удалось решить.

Среда кислородно-йодного лазера - это раствор. Над раствором, естественно, находятся пары. Пары воды, пары перекиси... Они смертельно опасны для возбужденных атомов йода, и их нужно удалять. И обычно между генератором и резонатором ставили специальные ловушки, которые воду и пары перекиси вымораживали, если так можно выразиться, на себя. Ловушки при этом обрастали льдом настолько, что японцы вынуждены были создать дисковую ловушку паров со скребками: скребки сдирали наросты с вращающихся дисков. То есть сложная такая конструкция получалась. Мы предложили просто охлаждать перекись водорода до -20ºС и таким образом сразу снижать количество паров до требуемой величины. Незатейливое, казалось бы, решение, но ни японцам, ни американцам оно в голову почему-то не пришло, и они теперь и этот наш метод используют.

Ну и третий вопрос, на который нам удалось ответить. Кислородно-йодный лазер работает при давлении внутри резонатора, где происходит съем энергии, 10 тор. Атмосфера - 760 тор. При этом, о каком бы лазере ни шла речь - хоть о военном, хоть о гражданском, вы должны среду удалять, сжимая ее до атмосферного давления. Обычно для этой операции применялась очень сложная и громоздкая система, размеры которой в основном и определяют габариты лазера. Мы предложили метод, позволяющий уже на этапе формирования активной среды в несколько раз поднять в ней давление и тем самым значительно упростить, уменьшить и облегчить систему выброса отработанного газа.

Тоже во всем мире метод используется. Вообще на этой нашей установке решено много принципиальных задач. И не только нами. В лаборатории еще одна группа работает. Исследует процесс диссоциации йода. То есть пытается понять тот самый многоступенчатый механизм, который и "разваливает" молекулу йода на два атома. Уже почти 30 лет скоро лазеру, и до сих пор полной ясности тут нет. Так вот эта наша вторая группа ближе всех подошла к пониманию процесса. И здесь тоже на результаты нашего института во всем мире ссылаются; и здесь тоже признают наш приоритет.

- Сейчас над чем думаете?

- У нашего струйного генератора есть один недостаток. Раствор, пролетая зону контакта с хлором, весь не вырабатывается. Для полной выработки нужно раз пятнадцать прогнать его через генератор, а это связано с созданием системы рециркуляции, теплообмена, охлаждения, отделения соли и прочее. И желательно было бы сделать так, чтобы весь он (или хотя бы наполовину) вырабатывался за один раз. Тогда и лазер значительно упростится. Вот над этим сейчас и работаем.

КОМУ ОН НУЖЕН, ЭТОТ ЛАЗЕР?

- Пока, как я поняла, химические лазеры используют лишь в научных целях. А практическая область применения уже как-то вырисовывается?

- Область применения прежде всего определяет свойство этого лазера генерировать в инфракрасной области на длине волны 1,315 микрон.

- И чем эта длина замечательна?

- Ну, вы знаете, что атмосфера содержит азот, пары воды, углекислый газ, метан, много всего. Степень ее "прозрачности" зависит от длины волны. Так вот, на длине 1,315 микрон прозрачность почти абсолютная. На этой длине волны "окно прозрачности", как говорят оптики. Можно всю атмосферу прострелить практически без потерь мощности. Что является, как нетрудно догадаться, большим соблазном для военных.

Но это один аспект. Второй заключается в том, что созданы оптические световоды, распространяясь по которым свет отражается от боковых стенок без потерь. А если материал оптического световода не поглощает, то свет может распространяться на достаточно большие расстояния.

Именно такой световод проложен по дну Атлантики и связывает нас с Америкой. Правда, используют здесь полупроводниковый лазер. Излучение полупроводниковых лазеров маломощно. Решаются задачи связи, и не более. Но работают эти лазеры на той же самой длине волны, что и кислородно-йодные. И значит...

- Значит оптоволокно можно использовать и для передачи мощного излучения кислородно-йодных лазеров.

- И действительно, разработаны световоды 0,3-0,8 миллиметра, то есть тонкие, как леска, которые могут транспортировать несколько киловатт излучения на длине волны 1,315 микрон на расстояния 100-200 метров с минимальными потерями.

- И где это можно применить?

- Был, как вы знаете, Советский Союз. Он развалился, а в России посчитали армию, что досталась в наследство, избыточной.

Было сказано: "Мы от противостояния с Америкой переходим к мирному сосуществованию" - и приказано вывести из строя и утилизировать 176 атомных подводных лодок. Но что значит утилизировать? Сейчас реакторный отсек с выгруженным топливом вырезают, на торцы приваривают заглушки и складируют на берегу до лучших времен. Хотя в принципе технология утилизации мелких радиоактивных кусков разработана. Радиоактивные компоненты заплавляют в стекло, в такие стеклянные саркофаги, и помещают на дно двух-трехкилометровой шахты, с тем чтобы через определенное время все там само собой распалось. Удовольствие это, однако, дорогое. Настолько дорогое, что когда нужно будет утилизировать еще и реакторы атомных станций, миллиарды долларов понадобятся.

Но это не вся проблема.

Я был на заводе, где делают атомные подводные лодки, и видел, как там работают с металлом. Листы огромной толщины. Поэтому используют плазменный резак. И весь металл, по которому проходит вот эта электрическая дуга, в область соприкосновения довольно большая, испаряется в воздух. И если материал, который режут, радиоактивен, то понятно, что радиоактивными будут и испарения. Поэтому-то, когда зашла речь об утилизации радиоактивных компонентов подводных лодок и вспомнили о лазере, который режет более деликатно (лазерный луч можно сфокусировать так, что зона воздействия будет незначительна), уменьшая, таким образом, количество испарений.

Поскольку в атомных реакторах есть детали, которые имеют толщину до тридцати сантиметров, то для работы с ними нужны очень мощные лазеры, в десятки киловатт и больше. С точки зрения мощности, все нормально: американцы сделали лазер мощностью на порядок больше, чем требуется. Правда, для других целей.

- Понятно.

- Однако и мощность это еще не все. Нужны лазеры, которые позволяли бы получать эту мощность на длине волны, проходящей по световоду. Нужен световод, потому что технология разделки реактора из-за высокой радиоактивности вообще не допускает присутствия человека. Это должна быть роботизированная технология. Источник энергии находится метрах в 200-300, излучение энергии транспортируется по световоду, один робот режет, другой забирает, третий в спецконтейнеры запаривает, четвертый опускает в шахты. Вот такая идея. Разрабатывать ее начали японцы, потом к ним подключились американцы.

Еще одна проблема, в решении которой мог бы помочь химический лазер, - проблема с энергоносителями. Нефть и газ исчерпаемы. Одни говорят, запасов на 50 лет, другие - на 100. Новые месторождения вроде как находят, но тем не менее думать и в этом направлении надо. Японцы очень активно думают. И вот к какой мысли пришли.

Под дном океана, на глубине порядка полутора километров находятся залежи метана. Газ этот там не свободен. При высоком давлении и низкой температуре он связан с водой и образует метагидрат, твердый, как лед. Но если вы этот метагидрат подогреете, то метан из него выделится. Вот японцы, у которых нет нефтегазовых ресурсов, но вокруг которых океаны, богатые метагидратом, и думают над тем, как это сделать. Рассматривают варианты добычи метана. И в частности такой. На дне океана бурят скважину, в эту скважину заводят трубу, в нее - световод, по световоду пускают лазерный луч. Метагидрат подогревается, метан освобождается и выходит по трубе - она практически полая, поскольку световод очень тонкий.

Вот такая идея. И довольно могучие японские индустриальные фирмы уже вкладывают реальные деньги в этот проект. Пока он, впрочем, на стадии теоретической проработки. То есть принцип ясен, и известно, что мощность установки должна быть в районе сотен киловатт, что излучать лазер должен на большие расстояния с маленькими потерями и на длине волны, хорошо проходящей по световоду. Но нужно понять, насколько это все будет эффективно: превысит ли объем добываемой энергии объем той, которая будет затрачена на добычу.

Есть также мысль использовать химические лазеры для "зажигания" термоядерных реакторов...

4. «А В ЭТО ВРЕМЯ В ГАДЮКИНО...»

- Интересно, Россия во всех этих направлениях думает?

- "Умные предприимчивые японцы проблему решат, а мы у них потом все купим", - вот в каком направлении думает Россия.

- Можно нашпионить.

- Шпионажем не обойдешься. Кроме понимания проблемы, а мы тут и без шпионов находимся на мировом уровне, нужны еще технологии соответствующие. Нужны, скажем, высокого качества зеркала. Которые, кстати говоря, у нас были, когда мы были Советским Союзом, потому что были институты, которые занимались разработкой оптики. Порушили институты. Много чего в науке нашей порушили и вот сейчас ругают науку. Говорят, неэффективная. На самом деле это полная глупость.

Почему в СССР наука была эффективна?

- Потому что на военных работала.

Потому что в значительной степени наука была мотивированной, работала на решение задач, которые перед ней ставились. Задачи перед наукой ставили! И ВПК, и гражданская промышленность. Был механизм постановки задач! Были предприятия, у этих предприятий были НИИ отраслевые. В чем заключалась главная задача этих НИИ? Они в контакте с промышленностью формулировали отраслевые проблемы и пытались их решать. Когда что-то не получалось, озадачивали фундаментальную науку. Теперь никто никаких задач перед фундаментальной наукой не ставит. Отраслевые институты уничтожены, между академией наук и промышленностью - вакуум.

- А на каких же основаниях идет финансирование?

- Никакого финансирования на самом деле нет. Уборщица в банке получает у нас сегодня больше, чем человек, который занимается наукой. Естественно, люди бегут. Сейчас у нас в лаборатории семь человек. А раньше была лаборатория в 20 человек. Разбежались. Невозможно жить.

- Куда бегут?

- В бизнес. Умные ж люди работали. "Радиант", компьютерная фирма, знаете? Три сотрудника нашей лаборатории, бывших сотрудника, организовали. "Метида", книжная фирма. Тоже наши люди.

Идеи бы ушли. Если бы у нас не было заказов из Японии, Израиля, Америки, Чехии... 14 контрактов начиная с 92-го года.

- И ни одного отечественного?!

- Одной частной питерской фирме помогли создать пятнадцатикиловаттный лазер. Правда, это был скорее экспериментальный стенд, чем конечное, с точки зрения дизайна, изделие. Вот у японцев и по части дизайна все уже решено. Американцы свои лазеры причесали. Включай в розетку и работай. Но у них другие возможности. У них инженеры к работе над системой привлекаются. А мы не инженеры, мы наукой занимаемся, а не созданием технических устройств. Но вот приходится. И это мы для японцев и американцев сделали струйные генераторы, а уж потом только они на их основе разрабатывали свои. Израильтянам сделали стенд, на котором те зарабатывают, решая исследовательские задачи для американцев. Короче, и здесь тоже в основном работу нам дает заграница. Но я вообще понимаю, почему американцы, например, с нами работают. Потому что мы высококвалифицированная рабочая сила, дешевая по сравнению с той, что в Америке. За те деньги, которые нужно платить одному американцу, у нас целая лаборатория работать будет.

- Так получается, что вы на личные деньги поддерживаете отечественную науку?

- На деньги, которые мы зарабатываем, мы строим и поддерживаем установки и имеем, таким образом, возможность вести исследования и получать новые знания, которые, замечу, принадлежат России и ждут своей востребованности.

Да, вот так мы работаем. Другой возможности у нас, по большому счету, нет. Потому что как только началась перестройка, нам не только перестали нормальные зарплаты платить. Перестали давать средства на материалы, на оборудование, а только требовали, чтоб мы выдавали на-гора результаты. Но мы готовы простить государству все, что оно с нами сотворило, если наше государство начнет развивать промышленность, а та, наконец, ставить перед нами задачи.

- И финансировать их решение.

Беседовала Светлана ВНУКОВА.