

Рисунок 2 — Дифрактограммы эталонного и синтезированного HKUST-1

Метод рентгеновской дифракции позволяет определить атомную структуру исследуемого образца. По положению пиков дифрактограммы определяют, какие кристаллические фазы присутствуют в образце. По интенсивности пиков производят количественный анализ кристаллических фаз, т. е. определяют концентрацию каждой кристаллической фазы образца. По интенсивности нелинейного фона определяют суммарное содержание аморфных фаз. Каждый пик на графике соответствует определённому углу отражения, которому, в свою очередь, соответствует свой индекс отражения (рисунок 2). Положения и относительные интенсивности пиков дифрактограммы говорит о соответствии параметров кристаллической решётки синтезированного образца параметрам кристаллической решётки стандартного образца.

Заключение. В ходе работы был проведён синтез металлорганической каркасной структуры HKUST-1. Для верификации структуры полученного образца были измерены рентгеновская дифракция и ИК-спектры.

Список цитируемых источников

1. Свистунов, А. Ю. Синтез металлорганического каркаса IRMOF-1: эффект растворителя / А. Ю. Свистунов, К. С. Ерохин, О. Е. Лебедева // Науч. ведомости. Сер. Естественные науки. — 2010. — Вып. 10. — № 3 (74). — С. 112—116.
2. Hirayasu, Furukawa. The Chemistry and Applications of Metal-Organic Frameworks // Science. — 2013, VOL. 341.
3. Metal-Organic Frameworks from Edible Natural Products / A. Ronald [et al.] // Angewandte Chemie International Edition, November 8, 2010, VOL. 49, Issue 46, P. 8630—8634.

Материал поступил в редакцию 25.02.2015 г.

УДК 621.375.826

А. Ю. Дерман, Г. В. Качкар

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В МАЗЕРАХ

Введение. Квантовый генератор, излучающий когерентные электромагнитные волны сантиметрового диапазона за счёт вынужденного излучения атомов и молекул, является фундаментальным в области электроники.

Основная часть. В мазерах незатухающие электромагнитные колебания поддерживаются за счёт вынужденного излучения атомов и молекул. Частота этих колебаний задаётся резонансными частотами атомов и молекул, поэтому стабильность генерируемых колебаний оказывается чрезвычайно высокой, а влияние внешних факторов на стабильность незначительным.

По виду активной среды, в которой происходит квантовое усиление и генерация электромагнитных волн, мазеры делятся на два типа. Мазеры, использующие молекулярные пучки, называются молекулярными генераторами. Второй тип мазеров, в котором применяются в качестве активной среды парамагнитные кристаллы, — парамагнитными генераторами и усилителями.

Для генерации электромагнитных волн в мазерах используется вынужденное испускание квантов электромагнитного излучения возбужденными атомами и молекулами вещества при их взаимодействии с внешним квантом электромагнитного излучения.

Для того чтобы появилась возможность использовать уникальные свойства вынужденного излучения, необходимо искусственно создать термодинамически неравновесную среду, в которой число возбужденных атомов или молекул будет больше, чем невозбужденных [1].

В мазерах на молекулярных пучках, или, как их обычно называют, в молекулярных генераторах, такую среду создают путем искусственного отбора из пучка молекул, находящихся в термодинамическом равновесии, только тех молекул, которые находятся в возбужденном состоянии.

Оптическим лазерам могут составить конкуренцию микроволновые мазеры. Твердотельный мазер, работающий при комнатной температуре, — это устройство, которое может быть использовано в космической связи и радиолокации. Твердотельные мазеры применяют чаще всего в качестве усилителей электромагнитного излучения в сантиметровом диапазоне длин волн (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Применение мазеров (радиотелескопы)

Год	Тип усилителей (длина волны)	Шумовая температура
1961	Параметрические (3,3 и 1,6 см)	425 и 850 К
1963	Мазер (21 см)	180 К
1964	Мазеры (8 мм и 1,35 см)	200 – 240 К
1992	Малозумящие усилители (МШУ) на полевых транзисторах	200 – 220 К
2001	МШУ на транзисторах на быстрых электронах – ХЕМТах (1,35 см)	120 К

Лазер излучает в оптическом диапазоне, но не все знают, что лазер является квантовым генератором. Слово «лазер» представляет собой акроним от английской фразы «light amplification by stimulate demission of radiation», что означает «усиление света посредством вынужденного излучения». Если же такой генератор излучает микроволны, т. е. длина волны его излучения равна не нескольким тысячам ангстрем, как у оптического излучения (1 Ангстрем = 10^{-10} м), а нескольким сантиметрам, то такой генератор называется мазер (microwave amplification by stimulate demission of radiation — усиление микроволн с помощью вынужденного излучения).

С этим диапазоном также знаком каждый из нас: микроволновое излучение большой интенсивности используется для бесконтактного нагрева тел в микроволновых печах, а микроволновое излучение малой интенсивности — для спутниковой связи, в сотовых телефонах и для передачи информации через Wi-Fi или Bluetooth.

Первые мазеры были независимо созданы в 1954 году советскими физиками Александром Прохоровым и Николаем Басовым, а также их американским коллегой Чарльзом Таунсом. За это изобретение все трое в 1964 году получили Нобелевскую премию по физике. Созданные им мазеры использовали трёхуровневую схему накачки, по которой рабочее тело излучателя накачивается энергией при помощи другого источника микроволнового излучения. В результате атомы водорода или других веществ переходят из состояния покоя на новый энергетический уровень [2].

Изучая оптические и квантовые свойства кристаллов из органического вещества — соединения двух углеводов, пентацена и терфенила, обнаружено, что такие кристаллы можно использовать для создания принципиально нового типа мазера, который использует принцип накачки, не похожий на технику работы классических мазеров.

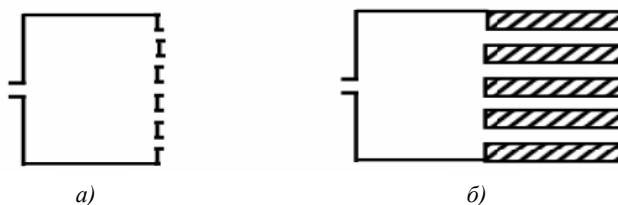


Рисунок 1 — Схемы формирования молекулярного пучка:

- а — с системой отверстий (расходимость $\sim 60^\circ$);
- б — с системой длинных узких каналов (расходимость $\sim 7^\circ$)

Условия формирования молекулярного пучка (потoki частиц не должны взаимодействовать):

$$d < l_n, \quad b > l_n, \quad L_C \geq l,$$

где l — длина свободного пробега молекул;
 d — диаметр отверстий;
 b — расстояния между отверстиями;
 L_C — длина канала.

При этом длина свободного пробега молекуле определяется по формуле:

$$l = \frac{1}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 n},$$

где σ — диаметр поперечного сечения соударения молекул;
 n — число молекул в кубическом сантиметре газа.

Типичные параметры формирователя с системой длинных узких каналов: $L_C = 0,31$ см, $R_C = 0,24$ мм число каналов 12800, $P = 0,3$ мм рт. ст., полный поток молекул $\sim 2,7 \cdot 10^{17}$ молекул/с, полуширина диаграммы направленности $3,5^\circ$.

Заключение. Твердотельные мазеры применяют чаще всего в качестве усилителей электромагнитного излучения в сантиметровом диапазоне длин волн. Активная среда в этих мазерах представляет собой кристалл, размещенный в резонаторе, имеющем две резонансные частоты: частоту излучения накачки и частоту усиления. Главная особенность твердотельных мазеров, называемых еще парамагнитными квантовыми усилителями, состоит в том, что инверсная населенность осуществляется на уровнях, создаваемых искусственно: путем помещения кристалла вместе с резонатором в постоянное магнитное поле. Важнейшее свойство парамагнитных квантовых усилителей — чрезвычайно низкий уровень шума, в 100 раз меньше, чем в лучших усилителях, работающих на других принципах. Наиболее широко парамагнитные усилители применяют в радиоастрономии и радиолокации для усиления слабых радиосигналов.

Список цитируемых источников

1. Ландау, Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц. — М.: Наука, 1998. — Т. 2.
2. Калашиков, И. П. Основы физики / И. П. Калашиков, М. А. Смондырев. — Б. м.: [б. и.]. — Т. 1.
3. Изобретатель. — 2014. — № 9. — С. 23—24.

Материал поступил в редакцию 25.02.2015 г.

УДК 621.94

А. Р. Дианова, А. Л. Гуцев

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Введение. Использование энергии является основой развития человеческого общества и позволяет ему изменять окружающую среду. Разработка энергетических ресурсов необходима для сельского хозяйства, транспорта, переработки отходов, развития информационных технологий и телекоммуникаций и других отраслей экономики, развитие которых означает достижение высокого уровня общественного развития.

Основная часть. На сегодняшний день выделяют следующие альтернативные источники энергии: гидроэнергетика, геотермальная энергетика, ветроэнергетика, солнечная энергетика (гелиоэнергетика), водородная энергетика, биотопливо, космическая энергетика (на стадии разработки).

Однако стоит отметить, что в Республике Беларусь рационально используют только два источника альтернативной энергии — ветроэнергетику и гелиоэнергетику вместе, в виде комбинированных систем. Биотопливо использовать на территории нашей страны достаточно выгодно, однако данная технология требует больших затрат на оборудование для контроля процесса.

Применение комбинированных систем, т. е. одновременное гелио- и ветроустановок, очень выгодно в условиях Беларуси. Предлагаемая нами установка (рисунок 1) может применяться, в частности, на животноводческих фермах для обеспечения их горячей водой и отопления зданий.