

шающаяся спиральная структура, называемая в С. ревербератором, и др. Эти понятия позволяют в универсальных наглядных образах объяснить особенности поведения конкретных систем.

Наряду с термином «С.» для обозначения данного направления широко употребляются такие названия, как нелинейная неравновесная термодинамика, теория самоорганизации, теория *автоволн*, подчёркивающие выбор объекта или метода исследования.

Лит.: Эбелинг В., Образование структур при необратимых процессах, пер. с нем., М., 1979; Хакен Г., Синергетика, пер. с англ., М., 1980; е го же, Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах, пер. с англ., М., 1985; Романовский Ю. М., Степанова Н. В., Чернавский Д. С., Математическая биофизика, М., 1984; Пригожин И., От существующего к возникающему, пер. с англ., М., 1985. Н. А. Кириченко.

**СИНТЕТИЧЕСКИЕ КРИСТАЛЛЫ** — кристаллы, выращенные в лаб. или заводских условиях. Имеют то же атомное строение, что и природные, часто совершеннее их. Из 3000 известных природных минералов искусственно выращено только неск. сотен, тогда как из  $10^4$  синтезированных неорганич. и  $10^5$  органич. кристаллов подавляющее большинство не имеет природных аналогов. Выращивание объёмных и тонкоплёночных кристаллов осуществляется из газовой фазы, из растворов и из расплавов (см. *Кристаллизация, Эпитаксия*). Хим. состав и размеры С. к. разнообразны: от неск. г до неск. кг. Для практич. применений существенное значение имеют лишь 20—30 С. к. (см. табл.). Они служат осн. функциональными элементами микроэлектроники, вычислит. техники, оптики и др.

Лит.: Современная кристаллография, под ред. Б. К. Вайнштейна, т. 3, М., 1980; Чернов А. А., Физика кристаллизации, М., 1983; Тимофеев В. А., Физико-химические и методические основы раствор-расплавного поиска новых технических кристаллов, М., 1990. В. А. Тимофеев.

**СИНУС-ГОРДОНА УРАВНЕНИЕ** — релятивистски инвариантное ур-ние, в пространственно-временных переменных имеющее вид:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + m^2 \sin u = 0; \quad (A)$$

$$-\infty < x, t < \infty, u \in \mathbb{R}^1, m > 0.$$

Название предложено в 1960-х гг. М. Крускалом (М. Kruskal) по аналогии с линейным *Клейна — Гордона уравнением* (где вместо  $\sin u$  стоит  $u$ ). В характеристических (светоподобных) переменных ( $\sigma = x + t$ ,  $\tau = x - t$ ) С.-Г. у. выглядит так:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \sigma \partial \tau} + m^2 \sin u = 0; \quad \sigma, \tau, u \in \mathbb{R}^1, m > 0. \quad (B)$$

Как в случае (А), так и в случае (В) С.-Г. у. допускает представление Лакса

$$\frac{\partial L}{\partial t} = [L, M]$$

с линейными операторами  $L$  и  $M$  ( $[L, M] = LM - ML$ ), что позволяет применить к нему *обратной задачи рассеяния метод*.

*Коши задача* для С.-Г. у. формулируется след. образом.

Случай (А):

$$u|_{t=0} = u_1, \quad \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = u_2;$$

$$\frac{du_1}{dx}, u_2 \in S(\mathbb{R}^1); \quad \lim_{|x| \rightarrow \infty} u_1(x) \equiv 0 \pmod{2\pi}.$$

Случай (В):

$$u|_{\tau=0} = u_0; \quad \frac{du_0}{d\sigma} \in S(\mathbb{R}^1);$$

$$\lim_{|\sigma| \rightarrow \infty} u_0(\sigma) \equiv 0 \pmod{2\pi}.$$

Здесь  $S(\mathbb{R}^1)$  — пространство Шварца быстроубывающих ф-ций. Задачи Коши (А) и (В) при нек-рых дополнит. ограничениях на нач. данные однозначно разрешимы в указанных классах, и множества их решений совпадают. Эволюция данных рассеяния соответствует действию  $L$ -операторов и даёт явными ф-лами, а решения  $u(x, t)$  и  $u(\sigma, \tau)$  находятся с помощью инте-

Наиболее распространённые синтетические кристаллы

Название	Хим. ф-ла	Макс. вес, размер	Применение
Кварц	SiO <sub>2</sub>	от 1 до 15 кг	Пьезоэлементы, ювелирные изделия, оптич. приборы
Корунд	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	стержни диам. 60—100 мм, дл. до 3 м, пластины 140×300×30 мм	Приборостроение, часовая пром-сть, ювелирные изделия, рубиновый лазер, квантовый усилитель, сапфировые подложки и «окна» в микроэлектронике
Рубин	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> с примесью Cr		
Сапфир	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> с примесью Fe		
Германий	Ge	до 10 кг	Полупроводниковые приборы
Кремний	Si	до 50 кг	
Галогениды	KCl, NaCl	от 1 до 100 кг	Сцинтилляторы
Сегнетова соль	KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ·4H <sub>2</sub> O	от 1 до 25 кг	
Триглицинсульфат	NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	от 1 до 40 кг	Пьезоэлектрич. элементы
Дигидрофосфат калия KDP		500×500×300 мм	
Алюмоиттриевый гранат	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub>	40×40×150 мм, 30×200×150 мм	Пьезоэлементы, нелинейные кристаллы, лазеры, ювелирные изделия
Железоиттриевый гранат	Y <sub>3</sub> Fe <sub>5</sub> O <sub>12</sub>	30×30×30 мм	
Гадолиний-галлиевый гранат	Gd <sub>3</sub> Ga <sub>5</sub> O <sub>12</sub>	20×80×200 мм	Акустоэлектроника
Алмаз	C	от 0,1 до 3 мм	
Ниобат лития	LiNbO <sub>3</sub>	10×20×200 мм	Пьезоэлементы, акустоэлектрич. и электрооптич. элементы
Нафталин	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	блоки в неск. кг	
Бифталат калия	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub> K	до 1 кг	Сцинтилляц. детекторы частиц
Сульфид кадмия	CdS	20×20×100 мм	
Кальцит	CaCO <sub>3</sub>	10×30×30 мм	Рентг. анализаторы, нелинейная оптика
Сульфид цинка	ZnS	20×20×100 мм	
Арсенид галлия	GaAs	—→—	Полупроводниковые приборы
Фосфид галлия	GaP	—→—	
Молибдат иттрия	Y <sub>2</sub> (MoO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	100×10×100 мм	Лазеры
Двуокись циркония (с добавкой Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> до 10%)	ZrO <sub>2</sub>	блоки 2 кг, столбчатые кристаллы, 100×10×50 мм	Ювелирные изделия, оптика
Двуокись гафния (с добавкой Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> до 10%)	HfO <sub>2</sub>	—→—	—→—
Вольфрамат кальция	CaWO <sub>4</sub>	10×20×200 мм	Лазеры
Алюминат иттрия	YAlO <sub>3</sub>	10×10×100 мм	
Алюминий (трубы разл. сечений)	Al	дл. до 1 м, диам. 3×20 см	Металлургия