СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dixon S., Giordano R. F., Jacobs H. „J. Appl. Phys.", 1974, 45, 2570.
2. Баскаков А. Н., Козарь А. В. и др. «Письма в ЖТФ», 1976, 2, 891.
3. Козарь А. В., Колесников В. С., Пирогов Ю. А. «Вестн. Моск. ун-та. Физ., астрон.», 1978, 18, № 1, 78.
4. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ, т. 1. Л., 1961.

Кафедра
радиофизики СВЧ

Поступила в редакцию
01.01.78

УДК 539.12.01

Г. А. Сарданашвили

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГИПОТЕЗЫ ДИСКРЕТНОСТИ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

Гипотеза дискретности пространства микромира продолжает обсуждаться и разрабатываться [1—3] в качестве одного из вариантов преодоления трудностей, связанных с необходимостью введения всевозможных обрезающих факторов в теории поля. Так, дискретное решетчатое пространство впервые было использовано в работе Амбарцумяна—Иваненко в 1930 г. для получения асимптотически кулоновского решения уравнения Клейна—Гордона с конечной энергией электрона. Однако в целом концепция дискретности пространства не вышла за рамки разнородных гипотетических конструкций. Для того чтобы ее разработка могла быть проведена с корректных теоретико-математических позиций, прежде всего необходимо установить: 1) класс топологических пространств, формализующий представления о дискретном пространстве-времени, 2) каким образом эти пространства могут возникать в физических моделях и 3) физическую задачу, в которой дискретное пространство могло бы появиться как один из вариантов ее решения.

В большинстве предлагавшихся моделей понятие дискретности основывалось на интуитивном представлении об элементарных несвязных компонентах пространства, точки внутри которых неразличимы физическими величинами. Приемлемой его формализацией служат топологические пространства Y, в которых связной компонентой всякой точки $y \in Y$ является ее замыкание $\overline{y}$, а в отделимых Y — сама эта точка (вполне несвязные пространства). Примерами таких пространств являются дискретное топологическое пространство, рациональная прямая, топологические группы с топологией, порождаемой некоторым семейством подгрупп, аналитические многообразия и группы Ли над полями с неархимедовыми абсолютными значениями $|a| : |a+b| \leqslant \max(|a|, |b|)$. Последние делают возможным применение обычных методов для построения дискретных моделей, тем более что представления групп $GL(n)$ над такими полями изучены [4].

Пространства Y с неотделимой равномерной структурой [5, II, 1] формализуют представления о «минимальных» длинах — характеристических размерах областей пространства, в которых пространственно-временной континуум не применим для параметризации физических процессов (например, гамильтонов формализм в нелокальных моделях) и точки которых не разделяются наблюдаемыми величинами. Непрерывные числовые функции на таких пространствах постоянны на неот-

делимых точках и не различают их. Заметим, что двум различным топологиям на одном и том же множестве могут соответствовать равномерные структуры, различающиеся лишь на масштабах, меньших некоторого. Это делает принципиально возможным согласование какой-либо «экзотической» топологии пространства с известной метрической структурой макропространства.

Пространства типа Y возникают в квантовой теории (впервые у Снайдера в 1947 г. в качестве дискретного спектра специально подобранных операторов координат) как обобщенные координатные пространства в качестве спектров некоторых C^*-алгебр наблюдаемых, например, коммутативных алгебр, в которых элементы вида $p^2=p$ порождают плотное подмножество.

Рассмотрим задачу: какие системы могут образовывать объекты с простейшей группой морфизмов $Z_2=\{s, 1: s^2=1\}$ (ими могут быть, например, 2-спиноры). Она является принципиальной для такого рода проблем, как структура частиц, возможные структуры в многофермионных системах. Можно показать, что системы таких объектов имеют своими симметриями группы Кокстера W с множеством образующих элементов $S=\{s, s^2=1\}$, биективным множеству составляющих систему объектов [6]. Разные группы Кокстера W над одним и тем же образующим множеством S соответствуют разному характеру взаимодействия объектов в системе.

Исследуем случай систем с абелевой группой Кокстера симметрий. К ним, например, могут быть отнесены статистические системы 2-спиноров, которые на фоне пространства Минковского описывали бы фермионы. Рассмотрим для такой системы C^*-алгебру наблюдаемых A, в которой множество S порождает всюду плотное подмножество. Такую же роль в A будет играть и множество $P=\left\{p=\frac{1}{2}(1+s),\ s\in S,\ p^2=p\right\}$. Тогда можно показать, что спектром алгебры A является компактное вполне несвязное топологическое пространство X [7, 1, 9], и она по теореме Гельфанда—Наймарка может быть изоморфно реализована алгеброй непрерывных комплекснозначных функций на X. Образующими элементами для нее служат характеристические функции открыто-замкнутых подмножеств пространства X.

Таким образом, пространство X является дискретным координатным пространством для рассматриваемой системы. Его конкретный вид определяется видом алгебры A, неоднозначно конструируемой по группе W симметрий системы. Например, X будет дискретным топологическим пространством, если для любых $p\neq p'\in P$ $pp'=0$.

Следовательно, дискретная структура пространства может возникать при определенном характере взаимодействия в системе, например при его значительной самоэкранизации, которая может иметь место, в частности, внутри частиц или в космологических и астрофизических сингулярностях.

Автор благодарит проф. Д. Д. Иваненко за сотрудничество при разработке данной тематики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вяльцев А. Н. Дискретное пространство-время. М., 1965.
2. Блохинцев Д. И. Пространство и время в микромире. М., 1970.

3. Finkelstein D. „Phys. Rev.", 1974, D 9, 2219.
4. Бернштейн И. Н., Зелевинский А. В. «Успехи матем. наук», 1976, 31, № 3, 5.
5. Бурбаки Н. Общая топология (основные структуры). М., 1968.
6. Иваненко Д. Д., Сарданашвили Г. А. «Изв. вузов. Физика», 1978, № 11.
7. Гамелин Т. Равномерные алгебры. М., 1973.

НИИЯФ

Поступила в редакцию
23.02.78

УДК 537.533.35:548.33:546.832

Н. Я. Рухляда, А. Г. Трефилов, Б. Б. Шишкин

ПОЛИМОРФНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ В МОНОКРИСТАЛЛЕ ГАФНИЯ

Удельное электросопротивление [1] и теплоемкость [2] поликристаллического гафния в интервале температур $T \sim 1960$—2075 К имеют особенности, которые обычно связывают с полиморфным превращением $\alpha Hf \rightarrow \beta Hf$. По нашим исследованиям с помощью электронного эмиссионного микроскопа (ЭЭМ) в поликристаллическом гафнии при повышении температуры от 1700 до 1980 К идет перекристаллизация, а в интервале температур 1980—2050 К происходит изменение структуры в пределах каждого зерна, обусловленное, по-видимому, перестройкой решетки. В данной работе приведены результаты наблюдения в ЭЭМ полиморфного превращения в монокристалле гафния.

Монокристаллические образцы размерами $5 \times 5 \times 1$ мм^3 вырезались электроискровым способом из крупных кристаллитов, образовавшихся в гафнии, полученном осаждением из газовой фазы. Вырезанные объекты шлифовались и электрополировались, а затем с них снимались лауэграммы. По данным рентгеноструктурного анализа изучаемые образцы имели плоскость (0001), выведенную с точностью $\sim 3°$.

Яркостная температура поверхности образца измерялась оптическим пирометром ЭОП-66 с точностью 0,2%. По измерениям температур поверхности и модели черного тела с эффективным коэффициентом излучения 0,998 вычислялся коэффициент излучения ε_λ гафния в области температур 1300—2300 К на длине волны $\lambda = 0{,}65$ мкм. Вводились поправки на поглощение в сапфировом стекле, отделяющем колонну ЭЭМ от атмосферы. Таким образом, в работе приводятся истинные температуры объекта.

Откачка колонны ЭЭМ производилась магниторазрядными насосами НОРД-250 и криопанелью с распыляемым титаном. Предельный вакуум в ЭЭМ $1 \cdot 10^{-8}$ мм рт. ст.; при нагретом образце давление остаточных газов было не более 5×10^{-8} мм рт. ст. Конструкция ЭЭМ и методика измерений локальной и интегральной эмиссии описаны в работе [3].

На рис. 1, *1* приведено эмиссионное изображение грани (0001) монокристалла гафния при $T = 1950 \pm 5$ К. Виден контраст, обусловленный микрогеометрией, возникающей при электрополировке образца. Контраст по эмиссии не наблюдался, что характерно для монокристалла. Эмиссионное изображение (рис. 1, *2*) получено при $T = 2020 \pm 5$ К. Вид-