

В результате работы были получены монокристаллические ориентированные пленки антимонида индия с размером совершенного зерна 20 мкм, ориентированного плоскостью {110} параллельно поверхности подложки, и рекордными для толщин 500 Å значениями подвижности носителей тока  $5500 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$  и концентрацией носителей  $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  при комнатной температуре.

Институт радиотехники и электроники  
Академии наук СССР, Москва

Поступило  
4 XI 1987

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Палатник Л.С., Едыкин В.Я., Федоренко А.И. — Изв. АН СССР. Неорг. матер., 1976, т. 12, № 6, с. 1008–1011.
2. Котелянский И.М. и др. — Письма в ЖТФ, 1977, т. 3, с. 18–21.
3. Зыбцев С.Г., Шефтель Р.Н. Тез. докл. VII конф. по процессам синтеза и роста полупроводниковых кристаллов и пленок. Новосибирск: Наука, 1986, т. 1, с. 69–70.

УДК 525.1.153

#### ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А.Ф. ОХАТРИН

#### МАКРОКЛАСТЕРЫ И СВЕРХЛЕГКИЕ ЧАСТИЦЫ

(Представлено академиком М.А. Садовским 27 X 1987)

Ряд исследователей в настоящее время занимается разработкой моделей газа, частицами-носителями которого являются сверхлегкие слабовзаимодействующие частицы (аксионы) [1–3]. О подготовке экспериментальных работ по обнаружению аксионов с массой  $10^{-5}$  эВ сообщалось в [4].

Эксперименты, описанные в этой работе, позволяют установить, что сверхлегкий газ заполняет пространство вокруг тел и при возбужденном состоянии аксионов (микролептонов) из него вокруг тел могут образовываться некоторые ассоциации — макроквантовые пространственные структуры, или макрокластеры. Эти макрокластеры имеют шаровую конфигурацию и их размеры квантованы. Макрокластерные формирования, вероятно, существуют не только в пространстве, окружающем различные тела, но и внутри их, участвуют в процессах их деформации, разрушения материалов и изменения их характеристик и свойств. По-видимому, их существование объясняется общим законом преобладающих размеров структур различного рода макро- и микрообъектов, впервые сформулированным М.А. Садовским [5] и многократно подтвержденным рядом исследователей. Это, в частности, образование зерен, имеющих дискретные значения размеров при разрушении горных пород [5] и соединений [6, 7], формирование определенных видов неровностей при получении напыленного слоя кремния на подложке [8] и др.

Наличие макрокластеров, сформированных из сверхлегких частиц — микролептонов вокруг твердых тел, обнаруживается путем фотографии и с помощью крутых весов. Эти макрокластеры фотографировались фотоаппаратом, объектив которого помещали в отверстие в одном из боковых торцов камеры, имевшей прямоугольное поперечное сечение. Внутренняя поверхность камеры (ее стенки) была покрыта светопоглощающим слоем. В одной из боковых стенок камеры имела узкая щель, через которую внутрь камеры входил узкий плоский коллиматор.

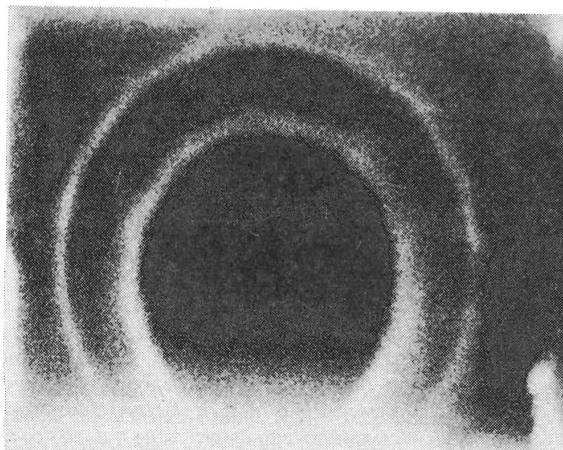


Рис. 1. Аксационный кластер

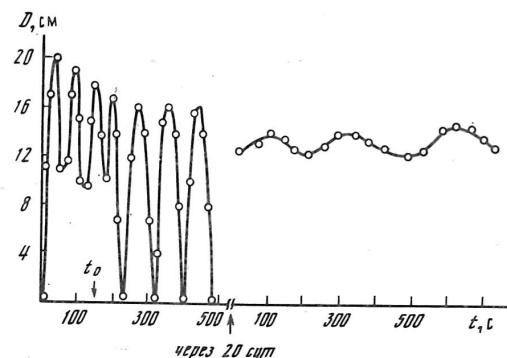


Рис. 2. Колебательные режимы диаметра акционного кластера для свинцового образца

рованный пучок света от лампы накаливания мощностью 500 Вт. Вне камеры, напротив ее другого торца, помещали на расстоянии 3 см тело, окруженное, согласно нашему предположению, макрокластером из частиц сверхлегкого газа (микролептонов или аксионов). Испытуемым телом является конус высотой 2 см с диаметром основания 2 см. При отсутствии вращения свинцового конуса на помещенной в фотоаппарат пленке чувствительностью 130 ед. по ГОСТ какое-либо изображение не фиксировалось. Однако, когда свинцовый конус начинали вращать с помощью привода от электродвигателя, при скорости вращения около 860 об/мин на пленке фиксировалось изображение концентрических колец. Дальнейшее увеличение скорости вращения свинцового конуса приводило к повышению яркости изображения. На рис. 1 приведена типичная картина свечения от находящегося вне камеры свинцового конуса макрокластера. Кольцевые светящиеся зоны при этом имели различный диаметр, величина которого периодически изменялась во времени. Зависимость от времени величины диаметра одной из сфотографированных кольцевых зон показана на рис. 2. Участок кривой от начала координат до  $t_0$  соответствует периоду времени, в течение которого свинцовый конус вращался со скоростью 3500 об/мин. В момент

времени  $t_0$  двигатель, приводящий конус во вращение, был остановлен. После остановки двигателя и прекращения вращения конуса период свободных колебаний диаметра представленной на фотографии зоны (в условиях данного опыта фиксировалось наличие четырех таких концентрических зон) возрастал с 83 до 260 с через 20 сут. Амплитуда колебаний первого радиуса макрокластера падала с 3,5 до 1,0 см. Причем асимптотическое значение среднего радиуса составляло 24 см.

Внесение латунного экрана между конусом и камерой приводило к временному запаздыванию возникновения указанных на рис. 2 колебаний, зависящему от толщины экранирующего материала. Период и амплитуда регистрируемых изменений размеров кольцевых зон зависели от материала конуса.

Наложение на систему магнитного поля уменьшало величину периода колебаний, изображенных на рис. 2. Поле интенсивностью 0,1 Тл, действующее на свинцовый конус, уменьшало период колебаний в 2–3 раза. Яркость света, рассеянного кольцевыми зонами, зависела от материала конуса. Сравнительно менее яркие кольцевые зоны регистрировались не только при исследовании быстровращающихся тел, находящихся возле торца камеры, но и в том случае, если у торца камеры помещали свинцовый конус, находившийся перед этим в поле постоянного магнита (индукция поля 0,03 Тл, продолжительность действия магнитного поля 3 ч).

В целях идентификации основных характеристик макрокластерных формирований, обнаруженных в описанном эксперименте и работах [5–8], может быть принята газокинетическая модель аксионного (микролептонного) газа, дополненная уравнениями Гемгольца для скалярного и векторного потенциалов. В квантовом варианте модели последние могут быть заменены уравнением Шредингера. Применение этой модели к описанию указанных экспериментов приводит к следующим выражениям для параметров микролептонов и характеристик микролептонного газа (в СГС):

Масса

$$(1) \quad m_a = \frac{e}{2} \left( \frac{3\pi^2}{8} \right)^{1/3} \frac{\hbar g^*}{\alpha} \frac{T_{ak}}{R_{a1}^2}.$$

Слабый заряд

$$(2) \quad e_c = \left[ \frac{3}{e} \left( \frac{8}{3\pi^2} \right)^{1/3} \frac{\hbar \alpha}{g^*} \frac{R_{a1}}{T_{ak}^2} \right]^{1/2}.$$

Плотность микролептонного газа

$$(3) \quad N_a = \left( \frac{1}{16\sqrt{2}\pi^2} \right)^{1/2} \left( \frac{\alpha}{\hbar g^*} \frac{m_a}{\sigma_{ac} T_{ag}} \right)^{1/2}.$$

Тепловая скорость микролептона (аксиона)

$$(4) \quad v_a = 4 \left( \frac{3\pi^2}{8} \right)^{1/3} \frac{\hbar g^*}{\alpha} \frac{N_a^{1/3}}{m_a}.$$

Вязкость микролептонного газа

$$(5) \quad \eta_a = \frac{16}{e^2} \frac{R_{a1}^2 T_{ag}}{T_{ak}^2} m_a N_a.$$

Магнитный момент микролептона

$$(6) \quad \mu_a = \sqrt{\frac{2}{3}} \left( \frac{8}{e} \right)^2 \left( 1 - \frac{T_{akm}^2}{T_{akc}^2} \right)^{1/2} \frac{R_{a1}^4}{T_{akm}^2 B_m} m_a N_a^{2/3},$$

Таблица 1  
Параметры аксиона и некоторые характеристики аксионного газа

Параметр	Размерность	Значение	Погрешность
Масса	кг	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$\pm 0,6 \cdot 10^{-4}$
Слабый заряд	К	$1,2 \cdot 10^{-19}$	$\pm 0,4 \cdot 10^{-19}$
Магнитный момент	$A \cdot m^2$	$0,9 \cdot 10^{-26}$	$\pm 0,5 \cdot 10^{-26}$
Плотность	$m^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{23}$	$\pm 1,0 \cdot 10^{23}$
Тепловая скорость	м/с	$1,1 \cdot 10^5$	$\pm 0,9 \cdot 10^5$
Вязкость	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,8 \cdot 10^{-16}$

где  $T_{ak}$ ,  $T_{akc}$  – свободный и связанный периоды колебаний кластера,  $T_{akm}$  – период колебания кластера в магнитном поле,  $R_{a1}$  – первый радиус шаровой зоны макрокластера,  $T_{ag}$  – постоянная времени затухания,  $B_m$  – индукция внешнего поля в области сечения макрокластера световым потоком,  $\sigma_{ac}$  – сечение слабого взаимодействия,  $\hbar$ ,  $\alpha$ ,  $g^*$  – постоянные Планка, тонкой структуры и Ферми.

Связанный акционный газ вокруг тел с малым поперечником структурируется в макрокластеры, первый радиус которого связан с массой аксиона выражением (при  $e_c = e/2$ )

$$(7) \quad r_{a1} = (\hbar/e_c)^2 m_a^{-1}.$$

В табл. 1 сведены параметры аксиона и характеристики аксионного газа, полученные из (1) – (6) при использовании следующих экспериментальных данных:  $T_{ak} = 83$  с,  $T_{akc} = 43$  с,  $T_{akm} = 33$  с,  $T_{ag} = 6 \cdot 10^5$  с,  $R_{a1} = 24$  см,  $\sigma_{ac} = 4,7 \cdot 10^{-31}$  см<sup>2</sup>.

В заключение выражают благодарность В.В. Касьянову за проведение эксперимента фотометодом и В.Ю. Татуру, Б.А. Красюку за помощь в работе.

Институт минералогии, геохимии  
и кристаллохимии редких элементов  
Москва

Поступило  
18 XI 1987

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аксельм А.А. – УФН, 1985, т. 145, вып. 2, с. 185–196.
2. Харри Х. – В мире науки, 1986, № 6, с. 26.
3. Ткачев И.И. – Письма в астрон. журн., 1986, т. 12, № 9, с. 726–733.
4. Tyrok N. – Nature, 1986, vol. 322, N 6075, p. 111–112.
5. Садовский М.А. – ДАН, 1983, т. 269, № 1, с. 69–73.
6. Юрченко П.Ю., Бердников В.Ф., Сухонос С.И. – ДАН, 1987, т. 293, № 3, с. 610–613.
7. Бовенко В.И. – ДАН, 1987, т. 292, № 5, с. 1075.
8. Хайкин М.С., Трояновский М.А. – Письма в ЖЭТФ, 1986, т. 44, вып. 4, с. 193–196.