

$$S_2(\theta) = \frac{4 + 3\beta^2 \sin^2 \theta}{(1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{3/2}},$$

$$S_3 = \frac{\cos^2 \theta (4 + \beta^2 \sin^2 \theta)}{(1 + \beta^2 \sin^2 \theta)^{3/2}}. \quad (5)$$

Функции $S_i(\theta)$ в точности совпадают с соответствующими выражениями в теории синхротронного излучения (см. [2], стр. 31). Таким образом, угловое распределение излучения по θ аналогично синхротронному. Интегрирование по θ в (5) приводит к выражениям

$$W_2 = W \frac{6 + \beta^2}{8}, \quad W_3 = W \frac{2 - \beta^2}{8}, \quad W = W_2 + W_3 =$$

$$= \frac{2}{3} \frac{m^2 c^5}{H_0^2 \beta^4} \left(\frac{\beta^2}{1 - \beta^2} \right)^3 \frac{\sin^3 \psi}{\cos^4 \psi} \left(1 + \frac{\cos^2 \psi}{2} \right).$$

Очевидно, что и поляризация данного излучения аналогична синхротронному, т. е. излучение сильно линейно поляризовано. Оказывается, это не случайно, что для углового распределения по θ и поляризации излучения можно получить более общие результаты [5].

Таким образом, неоднородность магнитного поля может в общем случае привести к нетривиальным изменениям в излучении заряда, движущегося в таком поле, однако некоторые характеристики синхротронного излучения сохраняются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов А. А. Введение в квантовую электродинамику. М., Физматгиз, 1958.
2. Синхротронное излучение. Сборник статей. М., «Наука», 1966.
3. Вопросы теории плазмы, вып. 1. М., Госатомиздат, 1963.
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. М., «Наука», 1967.
5. Тернов И. М., Багров В. Г., Бордовицын В. А. «Оптика и спектроскопия», (в печати).

Поступила в редакцию
5.7 1967 г.

Кафедра
теоретической физики

- УДК 548.55

В. И. ВОРОНКОВА, В. К. ЯНОВСКИЙ, В. А. КОПЦИК

РОСТ КРИСТАЛЛОВ β -Ga₂O И Al₂(WO₄)₃ ИЗ РАСТВОРА В РАСПЛАВЕ ПОЛИВОЛЬФРАМАТОВ НАТРИЯ

В настоящей заметке показано, что монокристаллы β -Са₂О₃ и вольфрамата алюминия могут быть выращены из раствора в расплаве поливольфраматов натрия.

Кристаллы β -Ga₂O₃ представляют интерес с точки зрения их использования в качестве лазеров [1, 2]. Ранее эти кристаллы выращивались по методу Вернейля [3, 4] и из раствора в расплаве фтористого свинца [5, 6], смеси PbO и В₂O₃ [7] или PbF₂ и В₂O₃ [8]. Однако получение совершенных кристаллов обычно затруднено из-за склонности β -Ga₂O₃ к полисинтетическому двойникованию или захвату растворителя растущим кристаллом с образованием включений.

Исследование системы Ga₂O₃-Na₂WO₄-WO₃ при помощи нагревательного микроскопа показало, что здесь отсутствуют тройные соединения, имеется обширное поле кристаллизации окиси галлия и целый ряд составов может быть с успехом использован для выращивания монокристаллов этого окисла. Оптимальным для растворения и кристаллизации окиси галлия является, по-видимому, тройная эвтектика между Ga₂O₃, 2Na₂O·WO₃ и 4Na₂O·WO₃ с составом 2,5 мол. % Ga₂O₃, 67,5 мол. % WO₃ и 30 мол. % Na₂O и температурой плавления около 675°С. Несмотря на относительно невысокую растворимость (5-7 мол. % при изменении температуры от 675 до 1350°С), окись галлия легко кристаллизуется при охлаждении расплава этого состава после его насыщения Ga₂O₃, скорость роста кристаллов достаточно велика, а их форма изометрична.

Выращивание монокристаллов окиси галлия проводилось следующим образом. Смесь состава 7 мол. % Ga₂O₃, 64,5 мол. % WO₃ и 28,5 мол. % Na₂CO₃ заплывалась

Межплоскостные расстояния (d) и относительная интенсивность линий J на дебаграмме Ca_2O_3

$d, \text{Å}$	J	$d, \text{Å}$	J	$d, \text{Å}$	J	$d, \text{Å}$	J
3,65	5	2,81	75	2,39	90	1,975	44
2,95	100	2,67	8	2,34	17	1,870	6
2,93	83	2,54	17	2,02	17	1,834	16

ричные двойники (рис. 2) и менее часто сдвойникованные пластинчатые кристаллы. Обе эти формы резко отличаются от форм роста кристаллов $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ из раствора в расплаве PbF_2 [6] и не соответствуют своей точечной группе, что объясняется, по-видимому, особыми условиями, связанными с двойникованием. Индексы граней изометричного и пластинчатого двойников, найденные после гониометрических измерений и съемки лауэграмм, указаны на рис. 3. Плоскости срастания у двойников этих двух типов также различны: (102) у пластинчатого и (212) или (212) у изометричного. Несдвойникованные кристаллы не встречались. В то же время не наблюдалось и полисинтетическое двойникование, характерное для кристаллов $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$, получаемых по методу Вернейля. Кристаллы были бесцветны и, как показал их просмотр под микроскопом, совершенно свободны от включений растворителя и каких-либо других видимых дефектов. Удельный вес, найденный с помощью гидростатического взвешивания в толуоле, составляет $5,87 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$. Показатели преломления: $N_g = 1,928 \pm 0,004$, $N_p = 1,921 \pm 0,004$, а N_m не определялся. Кристаллы двусосные, отрицательные, погасание косое. Совершенная спайность по (001) ¹.

Вольфрамат алюминия, имеющий состав $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{WO}_3$ или, по другим данным [10], $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{WO}_3$ и температуру плавления 1250°C [11], ранее не был получен в виде монокристаллов.

В настоящей работе для выращивания монокристаллов этого соединения был использован метод кристаллизации из раствора в расплаве поливольфраматов натрия. Соответствующий участок диаграммы состояния системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{WO}_3$, исследованный с помощью нагревательного микроскопа, приведен на рис. 3. Характерной особенностью расплавов в этой системе является их склонность к переохлаждению на $100-200^\circ\text{C}$ с последующим быстрым ростом неизометричных дендритообразных или пластинчатых кристаллов.

Для получения монокристаллов вольфрамата алюминия были использованы расплавы трех значительно отличающихся друг от друга составов, указанных в табл. 2. Равновесный ход кристаллизации этих расплавов показан на рис. 3. Смесь Al_2O_3 , WO_3 и Na_2CO_3 заправлялась в платиновые тигли объемом 25 мл, выдерживалась в течение двух часов при температуре, несколько превышающей температуру ликвидуса, и охлаждалась до 700°C со скоростью от 5 до 20 град/час. Далее тигли вынимались из печи, часть расплава сливалась и кристаллы $\text{Al}_2(\text{WO}_4)_3$ отмывались горячей водой.

Результаты, полученные во всех опытах, были в общем идентичны. Вольфрамат алюминия кристаллизовался в форме большого количества тонких пластинок, обычно прорастающих через весь объем тигля и друг через друга. Толщина кристаллов составляла от малых долей миллиметра при больших скоростях охлаждения до 1-2 мм при медленном снижении температуры (рис. 4). Чрезмерно высокие скорости роста кри-

Таблица 2

Составы исходных смесей и интервалы снижения температуры

№ состава	Na_2O , мол. %	Al_2O_3 , мол. %	WO_3 , мол. %	Интервал снижения температуры, $^\circ\text{C}$
1	14	10	76	1150 700
2	18	10	72	1150 700
3	24	5	71	900 700

¹ Авторы выражают благодарность Н. Н. Дониянц за определение оптических характеристик $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$.

таллов, обусловленные переохлаждением расплавов, часто приводили к захвату растворителя и образованию включений.

В настоящее время существует разногласие относительно структуры вольфрамата алюминия и изоморфного с ним молибдата алюминия [12, 13]. Симметрия лауэграмм полученного монокристалла указывает, по-видимому, на его принадлежность к ромбической сингонии. Более детальное исследование структуры проводится. Плотность кристаллов, измеренная с помощью гидростатического взвешивания в толуоле, составляет $5,08 \pm 0,02$ г/см³. Кристаллы $Al_2(WO_4)_3$ двуосные, отрицательные, с большим углом между оптическими осями; показатели преломления следующие: $N_g = 1,77 \pm 0,01$; $N_p = 1,73 \pm 0,01$ и $N_m = 1,76 \pm 0,01$.

Вольфрамат алюминия бесцветен и прозрачен в области длин волн от 350 мкм до 6,4 мкм (рис. 5). Максимальное светопропускание образца толщиной около 1 мм отмечается в инфракрасной области спектра (при 2—6 мкм) и составляет 70% без поправки на отражение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Peter M., Schwlow A. L. Bull. Am. Phys. Soc., 5, 158, 1960.
2. Tippens H. H. Phys. Rev., 137, No. 3A, 865, 1965.
3. Chase A. B. J. Am. Ceram. Soc., 47, No. 9, 470, 1964.
4. Lorenz M. R., Woods J. F., Gambino R. J. J. Phys. Chem. Solids., 28, No. 3, 403, 1967.
5. Тимофеева В. А. Рост кристаллов, т. 6. М., «Наука», 1965, стр. 86.
6. Katz G., Roy R. J. Am. Ceram. Soc., 49, No. 3, 168, 1966.
7. Remeika J. P. Pat. U. S. 3075831, Jan., 29, 1963.
8. Chase A. B., Osmer J. A., Am. Ceram. Soc., 50, No. 6, 325, 1967.
9. Geller S. J. Chem. Phys., 33, No. 3, 676, 1960.
10. Waring J. J. J. Am. Ceram. Soc., 48, No. 9, 493, 1965.
11. Nassau K., Levinstein H. J., Loicono G. M. J. Phys. Chem. Solids., 26, 1805, 1965.
12. Abrahams S. C., Bernstein J. L. J. Chem. Phys., 45, No. 8, 2745, 1966.
13. Плясова Л. М., Кефели Л. М., «Неорганические материалы», 3, № 5, 906—908, 1967.

Поступила в редакцию
6.7 1967 г.

Кафедра
физики кристаллов

УДК 539.216.22 : 621.391.822

В. В. ПОТЕМКИН, Г. П. ЖИГАЛЬСКИЙ

ШУМЫ ПЕРМАЛЛЮЕВЫХ ПЛЕНОК В ПОПЕРЕЧНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Реальная тонкая магнитная пленка (ТМП) состоит из отдельных участков, которые имеют различные направления полей анизотропии, причем отклонение вектора намагниченности в различных областях от эффективной легкой оси может быть значительным.

Известно [1, 2], что постоянное поле $\vec{H}_0 \perp$, приложенное перпендикулярно направлению легкой оси, уменьшает время перемагничивания ТМП, так как с возрастанием $\vec{H}_0 \perp$ все большая часть пленки будет перемагничиваться поворотом в одну сторону. При некотором значении $\vec{H}_0 \perp$ угловая дисперсия будет преодолена, и перемагничивание пленки будет осуществляться односторонним вращением.

Представляет интерес исследование шума пленок при наличии дополнительного поперечного поля. Экспериментальное исследование влияния поперечного магнитного поля на шумы пленок было выполнено на установке, описанной в работах [3, 4].

На рис. 1 представлена зависимость шума от амплитуды перемагничивающего поля при наличии вспомогательного поперечного поля. Как следует из этих результатов, шум значительно уменьшается при наложении небольшого поперечного поля.

Зависимость положения максимума по полю $\vec{H}_0 \perp$ от \vec{H}_p приведена на рис. 2. Наблюдаемое возрастание шума вызвано резонансным поглощением энергии высокочас-