**Синтез тонких плёнок ε-Fe2O3 химическим осаждением из газовой фазы**

***Козлов Л.В.***

*Студент, 2 курс специалитета*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: lennnnny1508@gmail.com*

В настоящее время в материаловедении большую роль играют мультиферроики – материалы, характеризующиеся одновременным присутствием двух типов упорядочений (магнитного и сегнетоэлектрического). Сферой их применения является изготовление датчиков переменного магнитного поля и материалов для магнитоэлектрических устройств. Недавно открытый метастабильный ε-Fe2O3 [1] является перспективным мультиферроиком, поскольку обладает большим значением коэрцитивной силы и способностью к естественному ферромагнитному резонансу в субтерагерцовом диапазоне частот (100-300 ГГц) [2]. Фаза ε-Fe2O3 в объёмном виде термодинамически неустойчива, вследствие чего при синтезе необходимо ограничивать размер частиц (10-200 нм), что достигается в наночастицах [3] и тонких плёнках, эпитаксиально стабилизированных на монокристаллической подложке [4].

Данное исследование посвящено получению тонких пленок ε-Fe2O3 методом химического осаждения из газовой фазы с использованием металлорганических прекурсоров (MOCVD). Все образцы были получены с использованием летучего прекурсора трис-дипивалоилметаната железа (Ш). В качестве параметров напылений в работе варьировались температура напыления (800–970°С), время напыления (10–30 минут), скорость подачи прекурсора в реактор (0,2–2 мг/мин) и парциальное давление кислорода (1-4 мбар). В качестве подложек использовались ориентированные монокристаллические подложки STO (111), YSZ (100) и c-Al2O3. Характеризацию образцов проводили методами рентгеновской дифракции и растровой электронной микроскопии (РЭМ).

На каждой из выбранных в работе подложек были получены ориентированные тонкие плёнки ε-Fe2O3. Показано, что на STO (111) и YSZ (100) образование целевого продукта происходит при повышенных температурах, а на c-Al2O3 – при пониженных, что связано с разным механизмом роста тонких пленок на этих подложках. Сделан вывод о том, что наиболее подходящей монокристаллической подложкой для образования фазы ε-Fe2O3 является STO (111). Кроме этого, установлено, что в зависимости от выбранной подложки, температуры напыления и скорости подачи прекурсора можно получать ориентированные плёнки разных полиморфных модификаций Fe2O3: α-Fe2O3 (001), γ-Fe2O3 (111) и ε-Fe2O3 (001).

Методом РЭМ был проведён анализ микроморфологии плёнок ε-Fe2O3 (001) на подложке STO (111). Показано, что поверхность ε-Fe2O3 несплошная и имеет ярко выраженный островковый характер. Размер микрокристаллитов пленки составил 75-350 нм, что частично согласуется с известным из литературы размерным диапазоном существования ε-Fe2O3, однако превышает этот диапазон, что, видимо, связано с эпитаксиальным характером полученной пленки, что также подтверждается ростом в тех же условиях сплошной пленки α-Fe2O3 (001) на подложке c-Al2O3.

**Литература**

1. Неорганическая химия в трёх томах, том 3, книга 2 / под ред. Ю.Д. Третьякова – Москва : Академия, 2008. – 399 с.

2. Gorbachev E. Tuning the particle size, natural ferromagnetic resonance frequency and magnetic properties of ε-Fe2O3 nanoparticles prepared by a rapid sol–gel method // Journal of Materials Chemistry C. – 2021.

3. Yalçın O. Ferromagnetic Resonance - Theory and Applications // IntechOpen, 2013. - 250 p.

4. Gich M. Epitaxial stabilization of ε-Fe2O3 (00l) thin films on SrTiO3 (111) // Applied Physics Letters. - 2010. – 4 p