

機能性材料を作って、その性質を調べよう

～ 魚津高校県外実習: 「圧電材料の応用」 ～

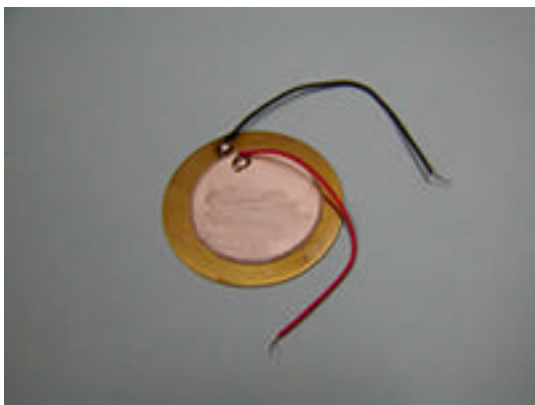
2. 圧電素子を作ろう 編

平成 16 年 8 月 5 日 奈良先端科学技術大学院大学

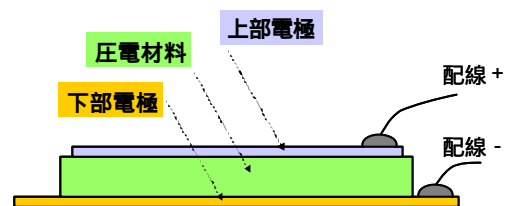
物質創成科学研究科 演算・記憶素子科学講座

2.1 圧電素子の作製と材料

今回は代表的な圧電素子として圧電ブザー・スピーカーを作ってみようと思います。一般に圧電素子は図.2.1 の様にきわめて単純な構造をしており、圧電材料を上下 2 枚の電極ではさんだだけのものです。安価、堅牢、高信頼性の特徴を持つのがわかると思います。



(a) 外見



(b) 断面図

図.2.1 圧電素子(ブザー)の構造

通常、この素子の圧電材料にはセラミックが使われますが、持ち時間(今回は 3 時間半しかありません)と最近のトレンド(ナノ とか)を考慮して薄膜にします。薄膜を作るには色々な方法があります。たとえば、蒸着、ゾル・ゲル、CVD、スパッタなどがありますが、今回はスパッタ法を使います。(研究室の装置の都合です。)

スパッタ法の概要ですが、スパッタ装置は図.2.2 のようにスパッタ原料(ターゲットと言います)と基板(薄膜をつける土台)とそれを包みこむ真空容器(チャンバ)からなっています。(1)真空ポンプでチャンバを一度真空にしてから、(2)高純度のガス($\text{Ar} + \text{O}_2$)を充満させ、(3)原料ターゲットに高周波高電圧をかけると放電(プラズマ)が起きます。放電で原料が蒸発して基板に付着します。これで薄膜ができます。身近な例をあげますと、古くなった蛍光灯のはしっこが黒くなっているのを見たことがありませんか? あれは、蛍光灯の中の放電で電極がスパッタ蒸発してガラスに付着してできるものです。

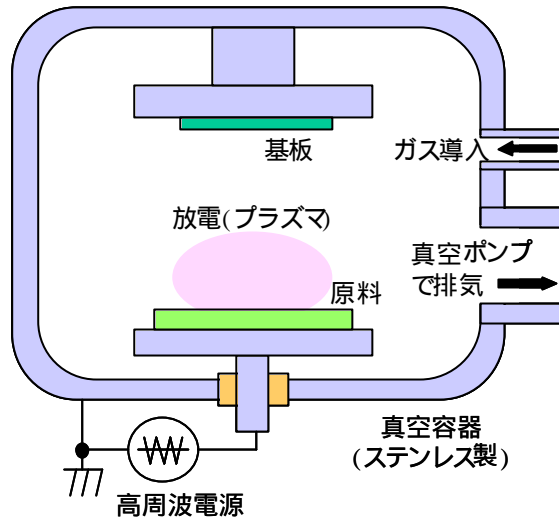


図.2.2 スパッタ製膜法の概要

膜はスパッタ法でつけるとして、肝心の圧電材料にはなにを使いましょう？ セラミックではチタバリや PZT が良く使われており、薄膜でも最近これらの材料研究が活発に行われています。私どもの研究室でも PZT の薄膜を主に研究しています。(詳しくは、研究室付近の展示パネルを見てください) しかし、PZT 薄膜は性能は良いですが、作製に高温(600) が必要なのと、膜のできる速度が遅く(1 時間あたり 0.3 μm)、実験に時間がかかってしまいます。それで、今回は**酸化亜鉛(ZnO)**の膜にします。この膜の場合、温度は 390 で、速度は 1 時間あたり 2 μm と高速です。

この ZnO 薄膜は 10~20 年前非常に活発に研究され、圧電材料として実用化されています。上記のように低温で性能の良い膜ができるためです。(なお、この ZnO 薄膜では当研究室の塩崎教授は世界的権威です。) ところが、最近になってまたこの ZnO 薄膜の研究が活発になっています。この ZnO は透明なので光学応用に使えること、添加物を入れる事で電気が通って「透明導電膜」になること、添加物によって半導体として利用でき「発光ダイオード」や「半導体レーザー」に使えるのではないかと期待されているためです。

2.2 スパッタ製膜の準備

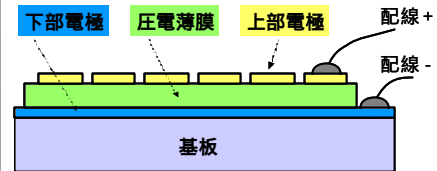
図.2.3(a)が実際に使うスパッタ装置です。基板は皆さんよくご存知のガラスのプレパレート(図.2.3b)です。最終的には図.2.3(c)のような 金電極(上部電極膜) / ZnO(圧電膜) / プラチナ(下部電極膜) / ガラス(基板) の 4 層構造を作ります。金、ZnO、プラチナのすべてをスパッタ装置で作りますが、時間の都合もあるので、このプラチナのスパッタはあらかじめこちらで済ませました。それで、プラチナ付ガラスを使ってください。



(a) スパッタ装置



(b) 基板



(c) 薄膜圧電素子(断面図)

図.2.3 スパッタ製膜

2.3 ZnO のスパッタ製膜

ZnO のセラミック円板(図.2.4)を原料ターゲットに使用します。



図.2.4 ZnO ターゲット

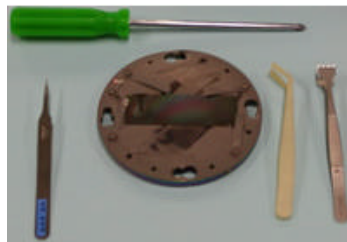


図.2.5 基板ホルダ

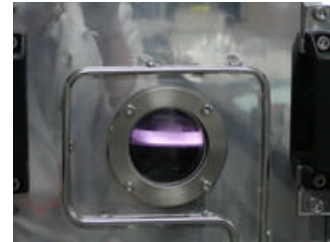


図.2.6 スパッタ中

手順を説明しますと

- (1) 基板ホルダーにガラス基板を固定して装置にセットします。(図.2.5)
- (2) チャンバー内を油回転真空ポンプで真空に引き込みます。
- (3) ヒータを ON して基板加熱を始めます。
- (4) 真空度が 10Pa を切ったら、油拡散ポンプに切り替えます。
- (5) 温度が 390 に達したら、ガス(Ar:O₂=1:1)を導入します。(0.2Pa)
- (6) 高周波電力(100W)を加えます。
- (7) 真空ポンプのバルブを閉めていき、ガスをチャンバにためていきます。
- (8) ガスが 10Pa くらいになると放電が始まります。(図.2.6)
- (9) バルブを開き、所定のガス圧(1.3Pa)にして、15 分待ちます。
- (10) シャッターを開けて 60 分間、製膜をします。
- (11) ヒータを OFF, シャッターを閉めて、50 分待ちます。
- (12) 200 以下になったら、チャンバーを空けて、ファンにて冷やします。
- (13) 50 度以下になったら試料を取り出します。

2.4 金電極のスパッタ製膜

上部電極もスパッタですが、これは、手軽な小型スパッタ装置(図.2.7)を使って行います。



図.2.7 ミニスパッタ装置

手順は

- (1) 試料(ZnO/Pt/ガラス基板)に、マスクをつけてチャンバ内にセット
- (2) 電源を入れてチャンバを真空にする。
- (3) COAT スイッチを入れると、放電するので、1分ほど膜をつける。
- (4) 試料を取り出す。

以上で圧電素子の完成です。図.2.8 が各ステップでの試料です。後は、次の「圧電素子を知ろう 編」で圧電効果を確認してください。

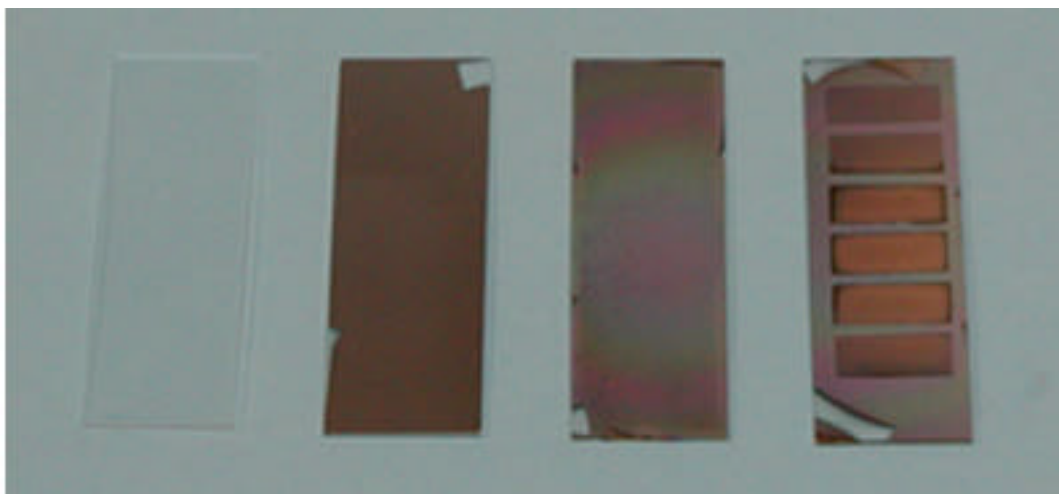


図.2.8 試料の写真(左からガラス基板、Pt スパッタ、ZnO スパッタ、金スパッタ)

Ver 0.2: 2004/8/5 by Takashi Nishida

Ver 0.0: 2003/7/26 by Takashi Nishida

tnishida@ms.aist-nara.ac.jp