

58542

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK EĞİTİMİ ANABİLİMDALI

**ELEKTROKİMYASAL DEPOLAMA YOLUYLA ELDE
EDİLEN Co-Cu ALAŞIM FİLMLERİNDE SICAKLIĞA
BAĞLI BOYUNA MAGNETOREZİSTANS VE ÖZDİRENÇ**

İsmail Hakkı KARAHAN

Yönetici: Doç.Dr.Ömer Faruk BAKKALOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

Co-Cu alaşım filmleri elektrokimyasal depolama metodu ile üretildi. Film kompozisyonu atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılarak analiz edildi. Filmlerin kristal yapısı X-ışını difraksiyonu ile belirlendi. Özdirenç ve magnetorezistans ölçümleri dört nokta prob metodu kullanılarak alındı. Bazı filimlerde 300 K civarında özdirençte keskin artışlar gözlemlendi. Magnetorezistans oranı filmdeki kobalt konsantrasyonuna bağlı olarak %0,5 ile %1,85 oranında gözlemlendi.



SUMMARY

Co-Cu alloy films have been produced by electrochemical method. The composition of the films have been analysed by atomic absorption spectrophotometer. Crystal structure of films has been determined by X-ray diffraction. Resistivity and magnetoresistance measurements have been taken by using four point probe method. A sharp increase in resistivity above 300 K has been observed for some films. Magnetoresistance ratio is detected as ranging from 0,5 % to 1,85 % depending on cobalt concentration in films.



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu çalışmada, tez yöneticiliğimi yapan ve çalışmamın gerçekleşmesinde büyük fedakarlık gösteren sayın hocam Doç.Dr.Ömer Faruk Bakkaloğlu'na, Fen Fakültesi laboratuvarlarında çalışmamıza izin veren sayın Prof.Dr.Yahya Kemal Yođurtçu'ya, yardımlarından dolayı sayın Doç.Dr.Hasan Efeođlu'na ve Doç.Dr.Muhammet Yıldırım'a, her türlü kimyasal maddeyi temin eden ve yardımlarını esirgemeyen sayın Prof.Dr. Samih Bayrakçeken ve Doç.Dr.Ahmet Gürses'e çalışmalarım sırasında bana destek veren tüm Fizik Bölümü elemanlarına, atomik absorpsiyon spektrometresi ile ölçüm almamızda her türlü kolaylığı sağlayan Prof.Dr. Muhtar Kocakerim ve ölçüm almamıza yardımcı olan Uz. Abdurrahman Sert'e, X-ışını difraksiyon spektrometresinde ölçüm almamıza izin veren K.T.Ü Fen Fakültesi Fizik Bölümü başkanı sayın Prof.Dr.Ali İhsan Kopya'ya ve ölçüm almamızda yardımcı olan Arř.Gör.Tayfur Küçükömer'e, tez yazımında yardımcı olan Arř. Gör. Birol Soysal'a, bana çalışma imkanı sağlayan Fen-Edebiyat Fakültesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü yöneticilerine teşekkür ederim.

İsmail Hakkı KARAHAN

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| ÖZET..... | i |
| SUMMARY..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| İÇİNDEKİLER..... | iv |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. TEORİ..... | 3 |
| 2.1. Giriş..... | 3 |
| 2.2. Elektrokimyasal Depolama..... | 3 |
| 2.3. Direnç, Özdirenç ve Magnetorezistans..... | 5 |
| 3. DENEY TEKNİĞİ..... | 13 |
| 3.1. Giriş..... | 13 |
| 3.2. Elektroliz Sistemi..... | 13 |
| 3.3. Film Büyütülmesi..... | 14 |
| 3.3.1. Banyo Bileşimi..... | 14 |
| 3.3.2. Film Altlığının Kimyasal Temizlenmesi..... | 14 |
| 3.3.3. Elektrolitin Asitlik Derecesi, Akım, Zaman ve Elektrolitteki Kobalt Konsantrasyonlarına Göre Filmlerin Büyütülmesi ve Kompozisyon Analizi..... | 14 |
| 3.4. Filmlerin Kristal Yapısının Tayini..... | 18 |
| 4. MAGNETOREZİSTANS ÖLÇÜMLERİ..... | 21 |
| 4.1. Magnetorezistans Ölçümünde Kullanılan Filmlerin Hazırlanması..... | 21 |
| 4.2. Magnetorezistans Ölçüm Sistemi ve Ölçümlerin Alınması..... | 23 |
| 5. ÖZDİRENÇ ÖLÇÜMLERİ, MAGNETOREZİSTANS ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRME..... | 26 |
| 6. SONUÇ..... | 35 |
| 7. BİR SONRAKİ ÇALIŞMADA YAPILABİLECEKLER..... | 36 |
| 8. KAYNAKLAR..... | 37 |

1. GİRİŞ

Magnetorezistans, magnetik alan etkisiyle numunede oluşturulan direnç değişikliği olarak tanımlanır. Malzemenin elektrik ve magnetik özelliklerini incelemede önemli bir tekniktir. Magnetorezistans etkisinin deneysel olarak tespit edilmesi için iki çeşit magnetorezistans katsayısı hesaplanabilir. Enine magnetorezistans akımın doğrultusu ile magnetik alanın doğrultusu birbirine dik olduğu zaman, boyuna magnetorezistans ise akımın ve magnetik alanın doğrultuları aynı olduğu zaman elde edilir. Bu katsayıları tespit etmek için dikdörtgen şeklinde kesilen numunenin akım geçen uçları arasındaki kontaklarından potansiyel ölçümleri almak gerekir. Ölçüm sırasında oluşabilecek olan termal potansiyelleri bertaraf etmek için akımın ve magnetik alanın yönleri ters çevrilerek alınan ölçümlerin ortalamasını almak gerekir (Putley, 1960).

Son yıllarda magnetorezistans etkisi artan teknolojik imkanlar sayesinde çok cazip hale geldi. Özellikle magnetorezistiv sensor teknolojisi, magnetik kayıt başlıkları, magnetik veri saklama filmlerinin yapılması, magnetorezistansın fiziksel kökeni ve taşıyıcı özelliklerin belirlenmesi gibi kullanım alanlarının artması nedeniyle bu alandaki araştırmalar hızlandırıldı.

Son zamanlarda magnetorezistans üzerine olan ilginin çoğu ferromagnetik ve magnetik olmayan metallere oluşan sistemler üzerinde yoğunlaştı. İlk olarak Fe/Cr çok tabakalı filminde çok büyük magnetorezistans (giant magnetorezistans) 4 K sıcaklıkta %40 oranında rastlandı (Baibich, et al., 1988). Bu çalışmadan sonra Co/Cu, Fe/Cu ve Co/Au/Co gibi çok tabakalı sistemlerde de çok büyük magnetorezistans gözlemlendi (Parkin, et al., 1991; Petroff, et al., 1991; Velu, et al., 1988). Çok büyük değerli magnetorezistansın çok tabakalı filmlerde gözlenmesi, magnetik olmayan tabakalara komşu olan magnetik tabakalar arasında ki antiferromagnetik bir çiftlenme olmasına bağlanmaktadır (Ueda, et al., 1994). Bu yüzden büyük değerli magnetorezistansın çok tabakalı yapılara has olduğu sanılıyordu. Bununla birlikte A.E.Berkovitz ve arkadaşları (Berkowitz, et al., 1991) çok büyük magnetorezistans etkisini sputter metodu ile hazırladıkları Co-Cu alaşım filmlerinde de buldular. Bu magnetorezistans etkisi, tavlanan bakır üzerinde kobaltca zengin ferromagnetik parçacıkların

çökmesi sayesinde gerçekleştiği şeklinde yorumlandı, ardından aynı etki M.J.Carey ve arkadaşları (1992) tarafından Co-Ag alaşımlarında da gözlemlendi. Co-Cu alaşım sistemleri magnetorezistans etkisi gösteren sistemlerdir. Bu sistemlerin oluşturulmasında buharlaştırma, sputter, eriyikten kristal çekme, elektrokimyasal depolama gibi yöntemler kullanılır. Elektro kimyasal depolamanın diğer metodlara üstünlüğü, çok pahalı olan vakum sistemlerine ihtiyaç duymayan ucuz bir metod olmasıdır.

Bu çalışmada içerisindeki kobalt miktarı değişen miktarlarda olmak üzere kobalt-bakır metallerinin tuzlarını içeren banyolardan elektrokimyasal depolama yöntemiyle Co-Cu ince alaşım filimleri yapıldı. Elde edilen ince filimlerdeki bakır ve kobalt konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrometresi yardımıyla tespit edildi. İnce Co-Cu alaşım filimlerinin yapısı hakkında bilgi edinebilmek için x-ışını spektrometresi kullanılarak yapı parametreleri tespit edildi.

İkinci bölümde elektrokimyasal depolama yöntemi, öz direnç, direnç, magnetorezistans kavramları teorik olarak açıklandı, magnetorezistans bağıntısı ve öz direncin sıcaklıkla değişim ifadeleri verildi.

Üçüncü bölümde elektroliz sistemi, film büyütülmesi, filmlerin kompozisyon ve kristal yapı tayini anlatıldı.

Dördüncü bölümde magnetorezistans ölçümünde kullanılan filmlerin hazırlanması, magnetorezistans ölçüm sistemi, film kalınlıklarının tespiti anlatıldı.

Öz direnç ve magnetorezistans ölçümleri ve değerlendirilmesi beşinci bölümde tartışıldı.

Altıncı bölümde elde edilen verilerden çıkarılan sonuçlar verildi.

Yapılan çalışmalardan çıkarılan sonuçlara göre Co-Cu alaşımları üzerine bundan sonra yapılabilecek çalışmalar yedinci bölümde verildi.

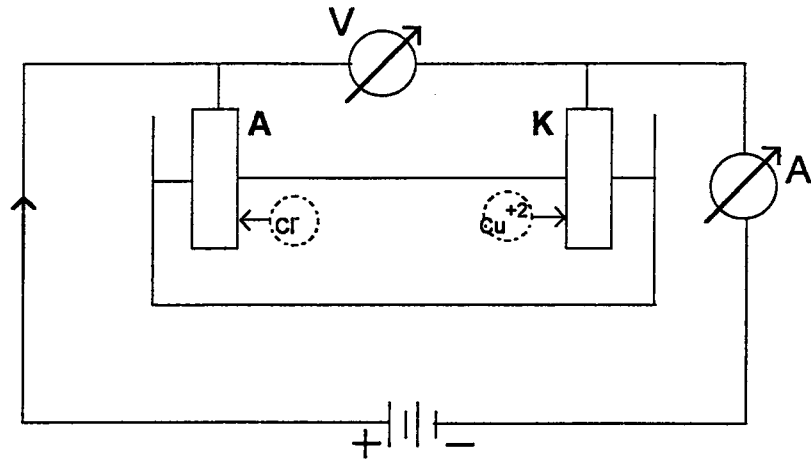
2. TEORİ

2.1. Giriş:

Alaşım filmlerinin hazırlanmasında kullanılan elektrokimyasal depolama yöntemi ve magnetorezistans olayının fiziksel kökenini anlamak için bu olayların teorisi hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Bu amaçla bu bölümde elektrokimyasal depolama, direnç, öz direnç ve magnetorezistans hakkında teorik bilgiler verilmiştir.

2.2. Elektrokimyasal Depolama:

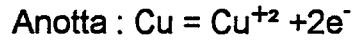
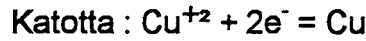
Asit, baz ve tuzların sudaki çözeltilerine elektrolit denir. Elektrolitler elektriği ileten ortamlardır. Elektrik iletimi çözelti içindeki iyonların hareketi ile sağlanır. Çözelti içine sarkıtılan iki metal levha (elektrod) bir doğru akım üreticinin pozitif ve negatif kutuplarına bağlanır ve sırasıyla anod ve katod adını alırlar. Anod ile katod arasındaki elektriksel alan, elektrodların çözelti içinde kalan kısımlarında bazı olaylar meydana getirir. Elektroliz denilen bu olaylar sonucunda, çözelti iletken duruma geçerek elektriksel iletim devresi tamamlanmış olur. Olayın başlayabilmesi için anod-katod arasında uygulanan gerilimin çözeltinin "ayırışma geriliminden" büyük olması gerekir.



Şekil 2.1. Elektroliz sistemi

Şekildeki gibi kurulan bir elektroliz devresinde CuCl_2 çözeltisi içine batırılmış iki bakır elektrot bir bataryanın uçlarına bağlanmışlardır. CuCl_2 , suyun dielektrik

katsayısının büyük olması nedeniyle Cu^{+2} ve Cl^- iyonlarına ayrılır. Elektrotlara uygulanan elektrik alan Cu^{+2} iyonlarının katoda, Cl^- iyonlarının anota toplanmasını sağlar. Katoda ulaşan Cu^{+2} iyonları (katyonlar) burada birer elektron alarak serbest kalır ve katot üzerine yığılırken anota gelen Cl^- iyonları (anyonlar) burada bir bakır atomunun iyonlaşarak çözeltiliye geçmesine yol açar.



reaksiyonları gerçekleşir. Böylece katotda biriken her bakır atomuna karşın anottan bir bakır atomu çözeltiliye geçmekte, anotta serbest kalan elektronlar ise dış devreyi dolaşarak katoda ulaşmaktadır. Elektroliz süresince, çözeltilinin konsantrasyonu sabit kalmasına karşın anodun kütlesinde bir azalma, katodun kütlesinde ise aynı miktarda bir artma olacaktır.

Bakır anot yerine, platin, grafit gibi çözünmesi son derece zor olan elektrotlar kullanılmasıyla banyoya, anodun çözünmesi neticesinde kirlilik atomlarının karışmasının önüne geçilebilir.

Elektroliz olayının sayısal incelemesi Faraday tarafından yapılmıştır. Buna göre;

1. Bir elektroliz olayı sonunda katotda toplanan madde miktarı, çözeltiliden geçen elektrik yükü ile orantılıdır.
2. Aynı bir elektrik yükünün çeşitli elektrolitlerden geçirilmesi durumunda, katotda toplanan madde miktarları, çözeltilerin elektro-kimyasal eşdeğer gramları ile orantılıdır.

Bu kanunların matematiksel ifadeleri;

$$m = k \cdot q \quad (2.1.)$$

$$m = k \cdot i \cdot t \quad (2.2.)$$

$$m = k \cdot A / n \quad (2.3.)$$

$$m = (q / F)(A / n) \quad (2.4.)$$

$$m = A.i.t / n.F \quad (2.5.)$$

m ; katotta toplanan madde miktarı, q ; devreden geçen elektriksel yük miktarı, i ; akım şiddeti, t ; zaman, A ; katotta toplanan maddenin atom kütlesi, n ; birleşme değeridir. A/n 'ye "elektro-kimyasal eşdeğer gram" denir (Gündüz, 1988).

Alaşım banyolarında, banyo içerisinde depo edilen her elementin ilgili tuzları belirli konsantrasyonlarda katılır. Her elementin belirli bir elektrod potansiyeli vardır. İki elementin aynı anda depo edilebilmesi için elektrod potansiyellerinin aynı düzeye getirilmesi gerekir.

2.3. Direnç, Özdirenç ve Magnetorezistans:

Serbest elektronun kütlesi m ve hızı da \vec{V} ise momentumu ile \vec{k} dalga vektörü arasında

$$m.\vec{V} = \hbar.\vec{k} \quad (2.6.)$$

gibi bir bağıntı vardır. Bu elektronun elektrostatik yükünü e olarak alır ve \vec{E} elektrik alanı ile \vec{B} magnetik alanının birlikte bulunduğu bir ortam içerisinde hareket ettiğini düşünürsek, elektron üzerine etki eden toplam kuvvet;

$$\vec{F} = -e[\vec{E} + (1/c)\vec{V} \times \vec{B}] \quad (2.7.)$$

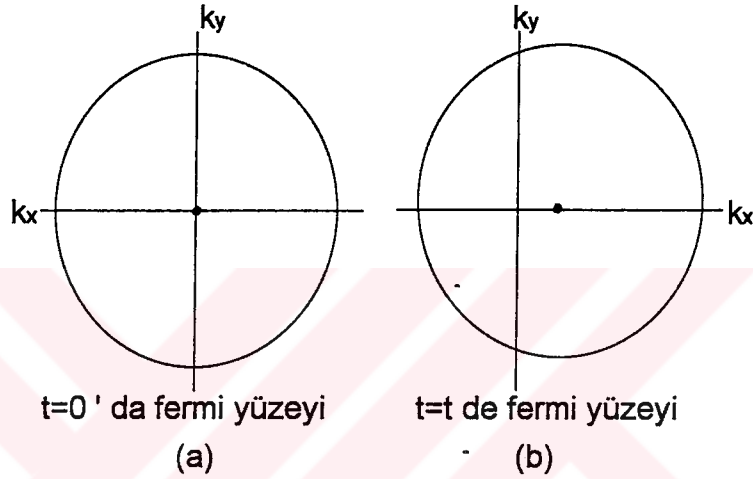
büyükliğünde olacaktır. Burada Newton'nun ikinci hareket kanununa göre;

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{V}}{dt} = \hbar \frac{d\vec{k}}{dt} = -e[\vec{E} + (1/c)\vec{V} \times \vec{B}] \quad (2.8.)$$

yazabiliriz. Herhangi bir çarpışma yoksa, \vec{k} uzayında fermi küresinin merkezi, uygulanan elektrik alanın etkisiyle, sabit bir hızla yer değiştirir. $\vec{B} = 0$ ile integral alınır;

$$\vec{k}_{(t)} - \vec{k}_{(0)} = -e.\vec{E}.t / \hbar \quad (2.9.)$$

bulunur. Fermi küresinin söz konusu hareketi Şekil2.2.'de gösterilmektedir. Burada, birinci halde, fermi küresi, \vec{k} uzayında doldurulmuş elektron yörüngelerini elektron gazının taban durumu için, içerisinde bulundurmaktadır. Her \vec{k} yörüngesi için $-\vec{k}$ da doldurulmuş bir yörünge olacağından net momentum sıfır olacaktır.



Şekil 2.2. t=0 ve t=t de fermi küresinin merkezinin değişimi.

İkinci halde ise, t zaman aralığı içerisinde etki eden sabit \vec{F} kuvveti dolayısıyla her yörüngeye sahip olduğu \vec{k} vektörü " $d\vec{k} = \vec{F}.t / \hbar$ " kadar artmıştır. Bu sonuçta, bütün fermi küresinin $d\vec{k}$ kadar yer değiştirmesi demektir. Böylece toplam momentum, N tane elektron varsa;

$$P = N.\hbar.d\vec{k} \quad (2.10.)$$

olur. Kuvvetin etkisiyle sistemin enerjisi de;

$$U = N(\hbar.d\vec{k})^2 / 2.m \quad (2.11.)$$

kadar artmış olacaktır. Yukarıda dikkate aldığımız \vec{k} vektörünün değişimi içerisinde \vec{F} kuvvetinin $-e.\vec{E}$ şeklinde olması gerektiğini düşünecek olursak;

$$d\vec{k} = -e.\vec{E}.t / \hbar \quad (2.12)$$

buluruz. Böylece, fermi küresi $d\vec{k}$ kadar yer değiştirerek yeni konumuna varmış olur.

Elektronlarla, safsızlık elektronlarının, kristal örgü kusurlarını ya da fononların çarpışması ile, yer değiştiren küre belirli bir konumda kararlı bir şekilde kalabilir. Bu durumda fermi küresinin \vec{E} elektrik alanının etkisi altında kararlı bir konumda kalması durumunda da yer değiştirmesi $d\vec{k}$ olarak belirlenmiş olacaktır. Çarpışmaların süresi τ ile gösterilirse, hızdaki artma miktarı ;

$$\vec{V} = -e \cdot \vec{E} \cdot \tau / m \quad (2.13.)$$

şeklindedir. Sabit \vec{E} elektrik alanında birim hacimde herbirinin yükü $q = -e$ olan n tane elektron varsa, elektriksel akım yoğunluğu;

$$\vec{J} = n \cdot q \cdot \vec{V} = n \cdot e^2 \cdot \tau \cdot \vec{E} / m \quad (2.14.)$$

şeklindedir ve bu OHM kanununun ifadesidir. Elektriksel iletkenlik σ göz önüne alınarak;

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} \quad (2.15.)$$

olacaktır. Buradan;

$$\sigma = \frac{n \cdot e^2}{m} \tau \quad (2.16.)$$

bulunur.

Elektriksel öz direncin, iletkenliğin tersi olarak tanımlandığını dikkate alırsak, öz direnç, ρ ;

$$\rho = m / (n \cdot e^2 \cdot \tau) \quad (2.17.)$$

bulunur.

İletim elektronlarının ortalama serbest yol uzunluğu, v_f fermi yüzeyindeki hız olmak üzere;

$$\ell = v_f \cdot \tau \quad (2.18.)$$

olarak alınır, metaller için ortalama serbest yol uzunluğunun bir hayli uzun olduğu görülür.

Özdirencin sıcaklığa bağlılığını ifade eden bağıntı;

$$\rho = [2 \cdot (3 \cdot k \cdot m \cdot T)^{1/2}] / e^2 \cdot n \cdot \ell \quad (2.19.)$$

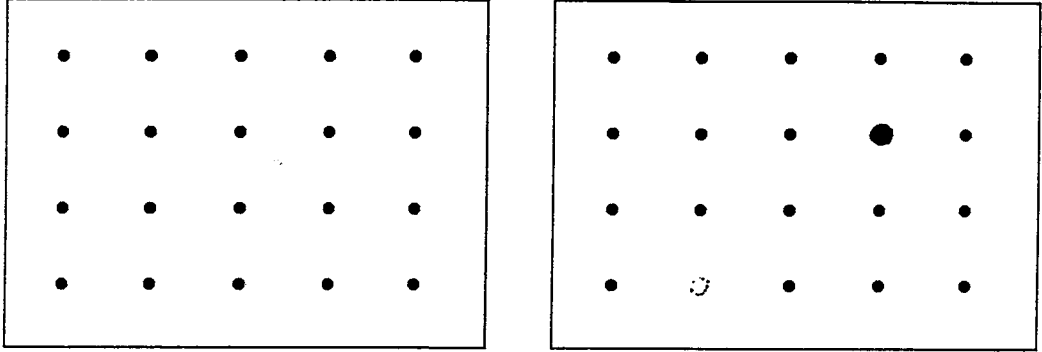
olarak verilmektedir. Her ne kadar klasik teori metallerin elektriksel özdirençlerinin $\rho \sim T^{1/2}$ değiştiğini gösterebilir, geniş bir sıcaklık alanını kapsayacak şekilde yapılan deneyler

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \quad (2.20.)$$

bağıntısıyla uyum içinde olduğunu göstermektedir. Burada ρ_0, T_0 referans sıcaklığındaki iletkenin özdirencidir. α ise seçilen sıcaklık bölgesine uygun özdirencin sıcaklık katsayısıdır (Halliday, et al., 1981; Kittel, 1986).

Bir çok metalin elektriksel özdirencini meydana getiren önemli etken sıcaklığa bağlı elektronların örgü fononlarıyla çarpışması neticesinde oluşan özdirenç ρ_L ve iletkendeki katkı atomları ve kusurlarla, elektronların çarpışması neticesinde oluşan özdirenç ρ_i dir.

Alçak sıcaklıklarda fononların sayısı çok az olacağından, bu sıcaklıklarda iletkendeki katkı atomları ve kusurlarla çarpışmaların neticesinde oluşan özdirenç olan ρ_i etkin olurken, yüksek sıcaklıklarda da fononlarla elektronların çarpışması neticesinde oluşan ρ_L etkin olur.



a) Sadece iletim elektronları fononlarla etkileşirler.

b) Katkı maddeleri ve boş örgü noktalarının varlığından dolayı iletim elektronları fononlar ve kusurlarla etkileşirler.

Şekil 2.3. Metal içerisindeki elektronun karşılaşılabileceği örgü düzeni ve kusur diyagramı.

Bu çarpışmaların oldukça iyi bir yaklaşıklıkla birbirinden bağımsız olduğu varsayılır. Buna göre elektrik alan kaldırıldığında momentum dağılımının tekrar taban durumuna dönebilmesi için gerekli durulma zamanı τ :

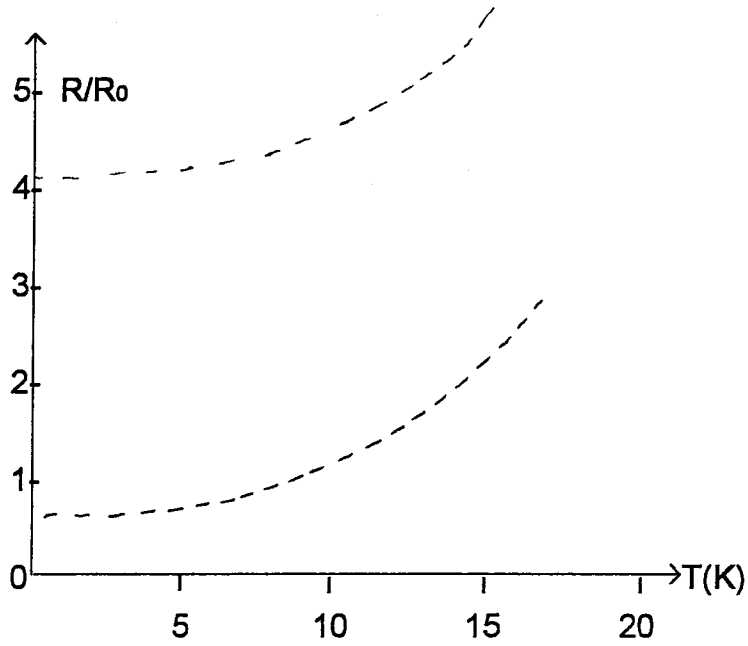
$$1 / \tau = 1 / \tau_L + 1 / \tau_i \quad (2.21.)$$

olur. Burada τ_L ve τ_i sırasıyla, fononlardan ve katkılardan saçılma zamanlarıdır.

Net özdirenç;

$$\rho = \rho_L + \rho_i \quad (2.22.)$$

olarak yazılırsa (Omar,1975), ρ_L ısısal fononların, ρ_i ise elektronun örgü düzenini bozan statik kusurlardan saçılmasının neden olduğu özdirençtir. Örgü kusurları yoğunluğu az ise ρ_L etkin olur, ρ_i ise düşük sıcaklık bölgesinde etkindir.



Şekil 2.4. Farklı iki potasyum numunesinin 20 K altında elektrik özdirencinin sıcaklıkla değişimi.

Farklı iki potasyum numunesinin 20 K altında elektrik özdirencinin sıcaklıkla değişimi, Şekil 2.4'te verilmiştir. 0 K'deki özdirençlerin farklı olmasının iki numunedeki farklı katkı yoğunluğu ve statik kusurlardan kaynaklandığı sanılmaktadır.

$T \rightarrow 0$ olurken ρ_L sıfır olduğundan, özdirenç 0 K sıcaklığına uzatılarak elde edilen $\rho_i(0)$ değerine kalıntı özdirenç denir. Bir metal numunesinin özdirenç oranı, oda sıcaklığındaki özdirencinin kalıntı özdirencine oranı olarak tanımlanır. Bu büyüklük numunenin saflık derecesinin bir ölçüsüdür.

Elektrik özdirencinin sıcaklığa bağlı olan kısmı elektronun ısısal fononlarla ve elektronlarla çarpışma sıklığına bağlıdır. Fononlarla çarpışma sıklığı ısısal fonon yoğunluğuyla orantılıdır. θ debye sıcaklığından yukarıdaki limitte fonon yoğunluğu sıcaklıkla orantılı olur. $T > \theta$ için $\rho \propto T$ 'dir.

Bir iletkenin direnci ise özdirence bağlı olarak

$$R = \rho \cdot l / A \quad (2.23.)$$

şeklinde verilir. Burada l iletkenin uzunluğu, A kesit alanı, ρ ise özdirençtir.

2.23. eşitliğinden ρ öz direnç değerini burada yerine koyarsak

$$R = \frac{m.l}{n.e^2.T.A} = \frac{V}{I} \quad (2.24.)$$

olur.

Burada V ; İletkenin iki ucu arasındaki potansiyel farkı ve I iletkeninin üzerinden geçen akım şiddetidir. Dolayısıyla V ve I bilinerek eşitliğin diğer tarafındaki nicelikler ve öz direnç hesaplanabilir.

İletkenin öz direncinde ve dolayısıyla direncinde, magnetik alan etkisiyle gözlenen değişim (magnetorezistans), magnetik alan etkisindeki saçılmanın magnetik alan yokken görülen saçılmadan farklı olmasının bir sonucudur.

Magnetorezistansın fiziksel orjini spin-orbit çiftleniminde yatar. İçinden akım geçen bir iletkene magnetik alan uygulandığında her bir çekirdek etrafındaki elektron bulutu dağılımının şekli değişir. Bu değişiklik iletim elektronlarının farklı şekilde saçılmasına yol açar (Callity,1972).

Magnetorezistans katsayısı:

$$\mu = \Delta\rho / \rho_0 \cdot B^2 = [\rho_{(B)} - \rho_{(0)}] / \rho_{(0)} B^2 \quad (2.25.)$$

olarak tanımlanır.

Burada $\Delta\rho = \rho_{(B)} - \rho_{(0)}$ olup dirençteki değişmedir. $\rho_{(B)}$, B magnetik alanı uygulandığında numune öz direnci, $\rho_{(0)}$ ise B magnetik alanı yokken ölçülen öz direnç değeridir. Ayrıca;

$$\begin{aligned} \Delta\rho / \rho_0 \cdot B^2 &= [\rho_{(B)} - \rho_{(0)}] / \rho_{(0)} B^2 \\ &= [E_x(B) - E_x(0)] / E_x(0) \cdot B^2 \\ &= [V_x(B) - V_x(0)] / V_x(0) \cdot B^2 \\ &= [R(B) - R(0)] / R(0) \cdot B^2 \end{aligned} \quad (2.26.)$$

$$V_x(B) = \frac{1}{2}[V_x(B)|I+ - V_x(B)|I-] \quad (2.27.)$$

olup $V_x(B)$ değeri $\Delta \rho / \rho_0$ 'da yerine yazılıp magnetorezistans katsayısı bulunabilir.



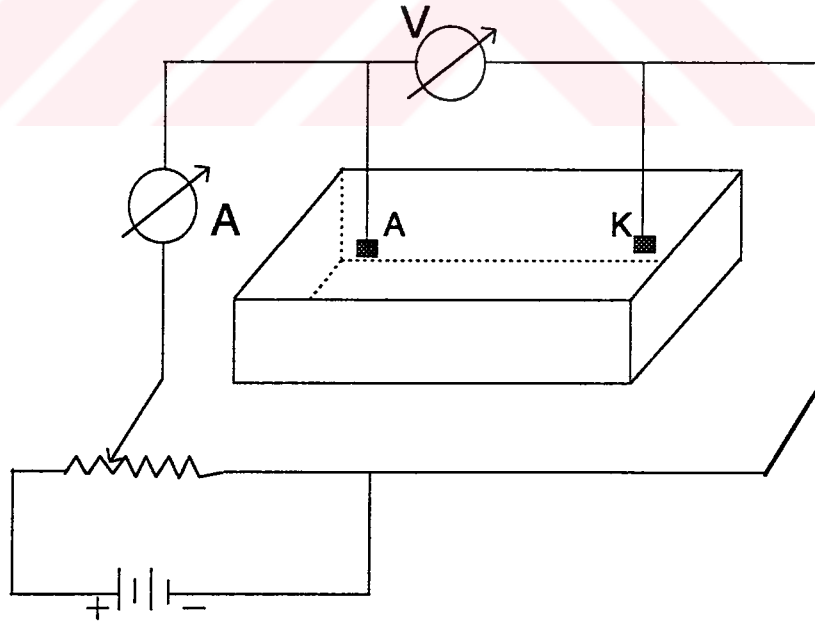
3. DENEY TEKNİĞİ

3.1. Giriş:

Bu bölümde elektroliz sistemi ve bu sistem ile büyütülmüş Co-Cu alaşım filmlerinin hazırlanması için yapılan işlemler sırasıyla verilmektedir. Ayrıca değişik parametrelere göre (pH, akım şiddeti, zaman v.b.) filmler hazırlanması ve filmlerin kompozisyon tayini ve analizi yapılmaktadır.

3.2. Elektroliz Sistemi:

Şekil 3.1.'de Co-Cu alaşım ince filmlerinin büyütüldüğü elektroliz cihazının şematik gösterimi verilmiştir. Sistem bir doğru akım potansiyometresi, iki elektrod, ampermetre, voltmetre, karıştırıcı ve elektrolit kabından oluşmaktadır. Anot elektrot, platin olarak kullanılırken katot elektrot ise filmin üzerine büyütüldüğü alüminyum altlıktır.



Şekil 3.1. Cu-Co alaşım filmlerinin büyütüldüğü sistemin diyagramı.

3.3. Film Büyütülmesi:

3.3.1. Banyo Bileşimi:

Cu-Co ince alaşım filmleri alüminyum levha üzerine elektrokimyasal depolama yöntemiyle büyütüldü. Elektrolit olarak kullanılan terkip:

$\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 30gr/lt, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 3,3gr/lt, H_3BO_3 6,6 gr/lt, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 23,3 gr/lt, $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 20gr/lt, $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 120gr/lt.

olarak düzenlendi. Burada H_3BO_3 , $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ve MgSO_4 tuzları, film üzerindeki oluşması muhtemel hidrojen tabakasını engellemek, elementlerin elektrod potansiyellerini aynı düzeye getirmek ve akımı kararlı bir düzeyde tutmak amacıyla katılmıştır.

3.3.2. Film Altlığının Kimyasal Temizlenmesi:

Alüminyum altlığın kimyasal temizlenmesinde şu işlemler yapıldı:

1. Perkloretilen de 5 dakika alüminyum altlığın yağı alındı,
2. Deiyonize su ile iyice yıkandı,
3. Alkali kızgın NaOH çözeltisinde dağlandı,
4. Deiyonize su ile iyice yıkandı,
5. %5'lik HNO_3 çözeltisinde 4-5 saniye bekletildi,
6. Deiyonize su ile iyice yıkandı,
7. HF 'li su içerisinde bir müddet bekletildi,
8. Deiyonize su ile iyice yıkandı.

3.3.3. Elektrolitin Asitlik Derecesi, Akım, Zaman ve Banyodaki Kobalt Konsantrasyonlarına Göre Filmlerin Büyütülmesi ve Kompozisyon Analizi:

Elektrokimyasal depolama yöntemiyle büyütülen filmlerin içerisindeki bakır ve kobalt konsantrasyonlarını bulabilmek için atomik absorpsiyon spektrometresi kullanıldı. Çözelti olarak hazırlanması gereken numuneler ilk önce film olarak hazırlandı. Filmleri elde edebilmek için kullanılması gereken en iyi asitlik derecesini belirleyebilmek için bölüm 3.3.1.'de belirtilen banyo terkibi sabit tutularak banyoya NaOH çözeltisi eklemek ve banyonun asitlik derecesi (pH) değiştirilmek suretiyle farklı beş film elde edildi. pH değeri 3 ile 7 arasında

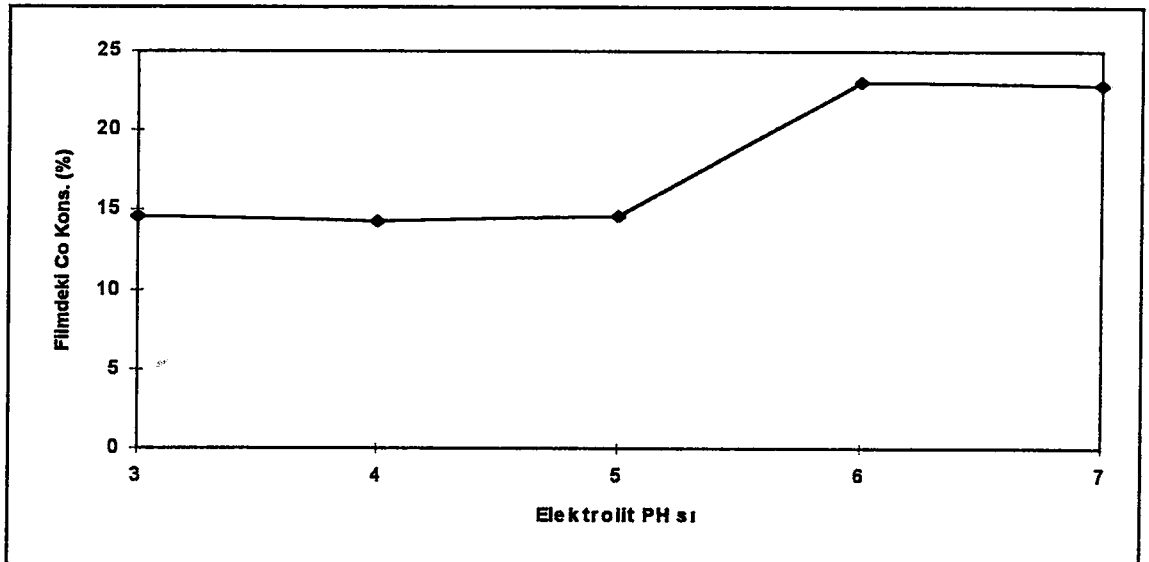
tarandı. Depolama süresi 30 dakika, akım yoğunluğu 5 mA/cm² tutuldu. Filmler 1cm x 1cm boyutlarında kesildi. Numuneler 5 ml'lik HNO₃ içerisinde çözüldü ve 90 ml'ye saf su ile tamamlandı.

Atomik absorpsiyon spektrometresinde, hazırlanan çözeltilerin ölçümleri alındı. Spektrometre, sonuçları kendisine önceden verilen bakır ve kobalt referans çözeltilerine göre hesapladı.

Spektrometreden alınan pikler tamamen tek bir elemente ait olmayıp, üst üste binmiş pikler bulunmaktadır. Girişimden dolayı sonuçlar bakır ve kobalt konsantrasyonlarının birbirine bağımlı değerleri olarak elde edilmektedir. Dolayısıyla alaşım ölçümlerinde her bir elementin bir diğeri üzerine olan etkisi hesaplamalarda gözönüne alındı. Girişim düzeltmesi hesaplarının detayı bölüm 4.1.'de verilecektir.

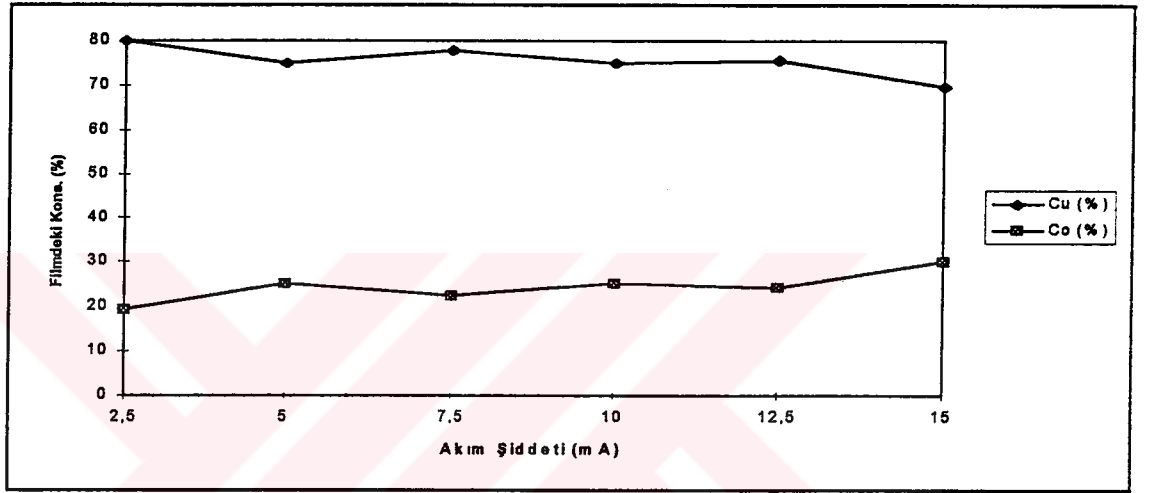
Atomik absorpsiyon spektrometresinden alınan sonuçlar yüzde konsantrasyon olarak hesaplandı. Böylece bu filmlerdeki kobalt ve bakır konsantrasyonları elde edildi.

Şekil 3.2.'de pH'nin filmdeki kobalt konsantrasyonuna karşı değişimi verilmiştir. Görüldüğü gibi filmdeki kobalt konsantrasyonunun en büyük olduğu asitlik derecesi pH=6 olduğu değere karşılık gelmektedir.

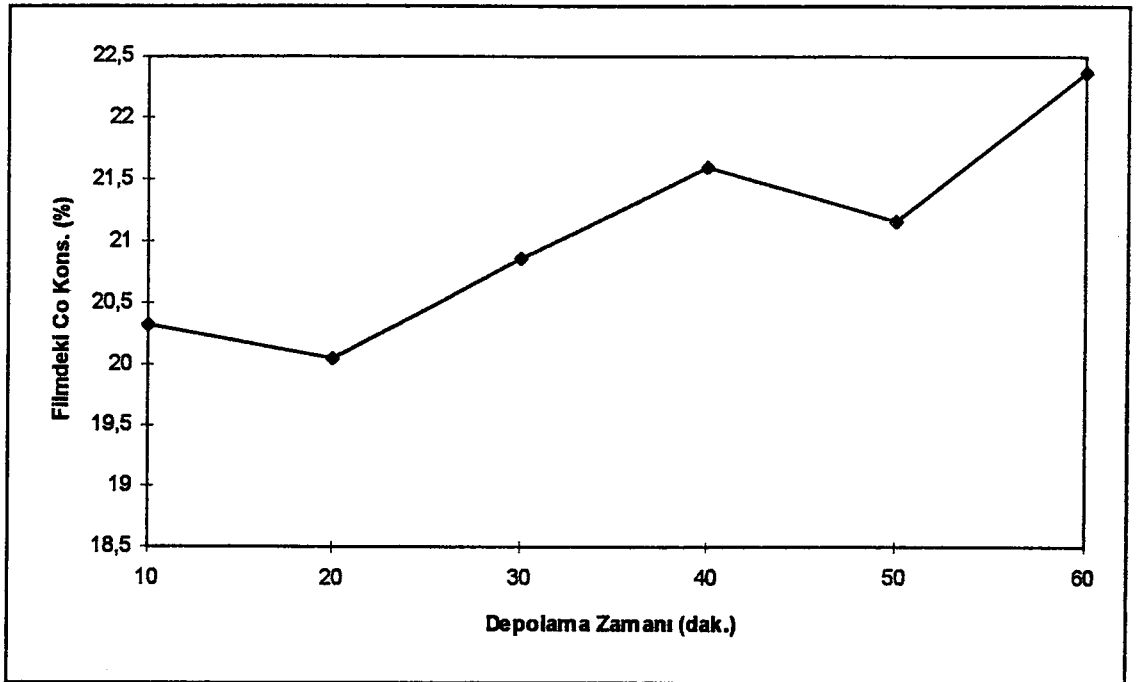


Şekil 3.2. Filmdeki kobalt konsantrasyonuna karşı elektrolit pH grafiği.

Şekil 3.3.'te filmdeki kobalt konsantrasyonuna karşılık banyodaki akım şiddeti grafiği verilmiştir. Bunun için yine banyo terkihi aynı tutularak banyodan geçen akım her bir film için farklı seçilmek üzere değişik filmler hazırlandı. Bu filmlerin kompozisyonu yukarıda anlatıldığı şekilde elde edildi. Şekilden de görüldüğü gibi akımın artmasıyla bakır konsantrasyonu, kobalt konsantrasyonundan daha fazla hale gelmektedir.



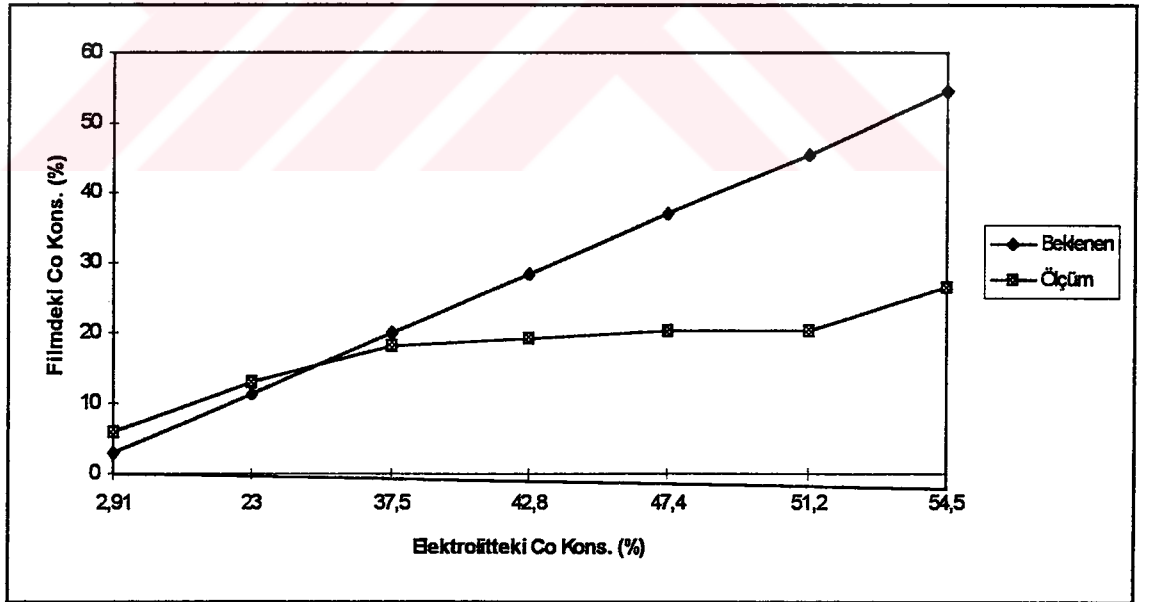
Şekil 3.3. Filmdeki % kobalt konsantrasyonuna karşı akım şiddeti grafiği.



Şekil 3.4. Filmdeki kobalt konsantrasyonu (%)'na karşı elektroliz süresi.

Şekil 3.4.'te zamana karşı filmdeki kobalt konsantrasyonunun değişimi verilmiştir. Bunun için de yine aynı banyo terkihi ve sabit bir pH değeri (pH=6) seçilerek zamanı değiştirmek suretiyle çeşitli filmler elde edilmiş ve bu filmlerdeki kobalt konsantrasyonlarının hemen hemen aynı oldukları ve zamanla yaklaşık olarak aynı oranda değiştikleri görülmektedir.

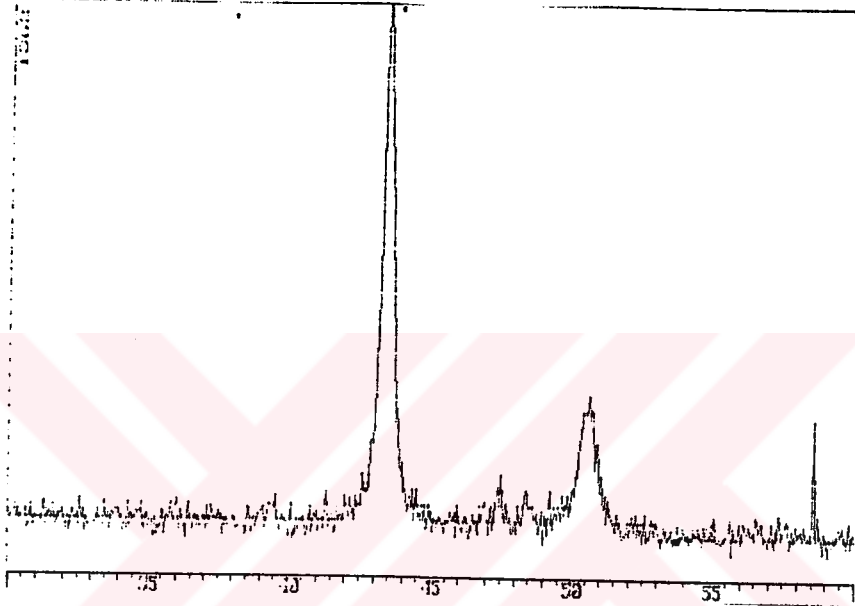
Banyoya katılan değişik oranlardaki kobalt miktarının film de ne kadarının toplandığını görmek için banyodaki kobalt miktarı değiştirilirken diğer bileşenler sabit tutulmak suretiyle filmler elde edildi. Bu filmlerdeki kobalt ve bakır konsantrasyonlarının banyodaki kobalt konsantrasyonuna karşı nasıl değiştiği şekil 3.5.'te görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi filmde ki kobalt miktarı ile çözültideki kobalt miktarı arasındaki ilişkinin tam bir doğrusal ilişki olmadığı ve filmdeki kobalt konsantrasyonunun çözültideki kobalt konsantrasyonundan daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 3.5. Filmdeki kobalt konsantrasyonuna karşı (%) elektrolitteki kobalt konsantrasyonu (%) grafiği. Şekildeki kesik çizgi, filmdeki kobalt konsantrasyonu ile, banyodakinin eşit olduğu düşünülerek çizilen bir referans çizgidir.

3.4. Filmlerin Kristal Yapısının Tayini:

Filmlerin kristal yapısının tayini için bakır K_{α} X-ışını difraktometresi kullanıldı. Şekil 3.6. 'da bonyodaki kobalt konsantrasyonu %37,5 olan film için difraksiyon spektrumu verilmiştir.



Şekil.3.6. Kobalt konsantrasyonu %37,5 olan filmin X-ışını difraksiyon spektrumunda görülen pikleri.

Şekilden de görüldüğü gibi difraksiyon pikleri fcc bakıra karşılık gelmektedir.Yapılan filmlerin hiçbirisinde kobalt difraksiyon pikine rastlanmamıştır.Ancak filmdeki artan kobalt konsantrasyonu ile fcc bakır difraksiyon piklerinde kaymalar meydana gelmiştir.

Latis sabiti a her bir film için difraksiyon piklerinden, aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplandı.

fcc Cu (111) bakırın dalgaboyu $\lambda_{CuK\alpha}=1,542 \text{ \AA}$ olduğundan Bragg kanununa göre

$$2.d.\sin\theta = n.\lambda \quad (3.1.)$$

dan $n=1$ için $2.d.\sin\theta=\lambda$ olur.

$$d = a / (h^2 + k^2 + l^2)^{1/2} \quad (3.2.)$$

olmak üzere

$$2.a \cdot \sin \theta = \lambda (h^2 + k^2 + l^2)^{1/2}$$

$$a = \lambda [(h^2 + k^2 + l^2)^{1/2}] / 2 \cdot \sin \theta \quad (3.3.)$$

olur. fcc Cu(111) için yani $h=k=l=1$ için difraksiyon spektrumundan θ değeri formülde yerine konarak a sabitleri bulunur.

fcc bakırın latis sabitleri

difraksiyon açıları

$$a_1 = 3,6244$$

$$\theta_1 = 21,62$$

$$a_{10} = 3,58966$$

$$\theta_{10} = 21,84$$

$$a_{20} = 3,61327$$

$$\theta_{20} = 21,69$$

$$a_{25} = 3,61169$$

$$\theta_{25} = 21,7$$

$$a_{30} = 3,60536$$

$$\theta_{30} = 21,74$$

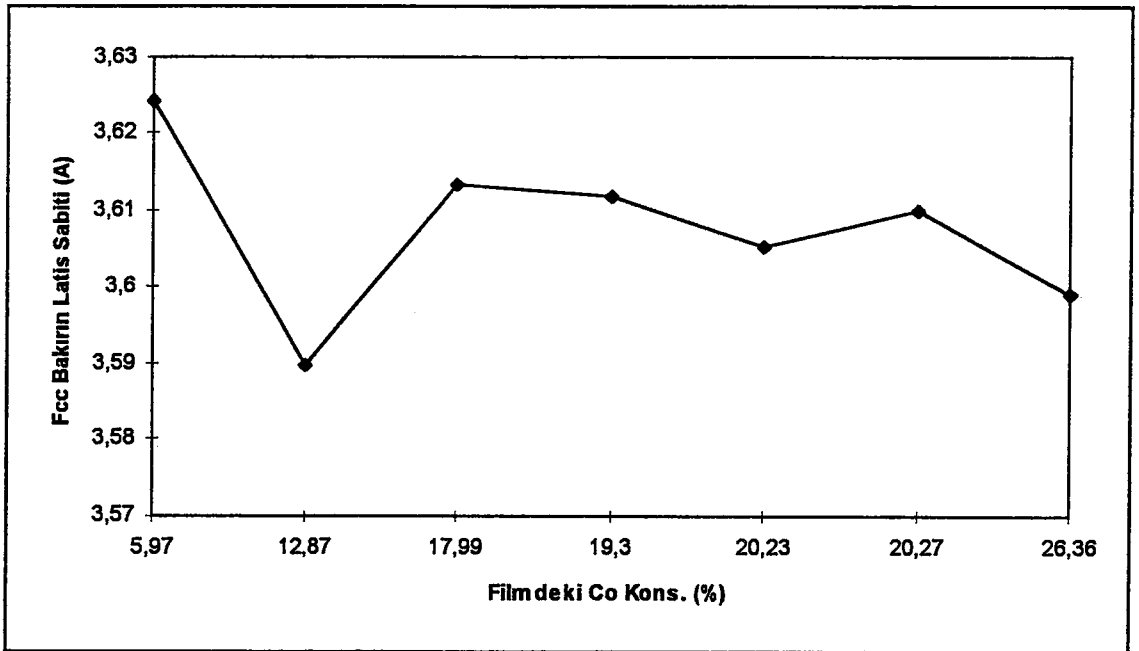
$$a_{35} = 3,6101$$

$$\theta_{35} = 21,71$$

$$a_{40} = 3,599067$$

$$\theta_{40} = 21,78$$

bulunur.



Şekil 3.7. Filmdeki kobalt konsantrasyonuna karşı latis sabiti grafiği.

Şekil 3.7. fcc bakır (111)'in difraksiyon açısından hesaplanan latis sabitlerine karşı filmdeki kobalt konsantrasyonunu göstermektedir. Latis sabitinin filmdeki artan kobalt konsantrasyonuna göre azaldığı görülmüştür. Kobalt konsantrasyonu %10 olan filmde bu azalma en büyüktür.



4. MAGNETOREZİSTANS ÖLÇÜMLERİ

4.1. Magnetorezistans Ölçümünde Kullanılan Filmlerin Hazırlanması:

Magnetorezistans ölçümleri için pH=6, akım yoğunluğu $I=5\text{mA/cm}^2$ ve banyo bileşiminde $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 30gr/l , $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 3,3g/l, H_3BO_3 6,6g/l , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 23,3g/l $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 120g/l sabit tutulmak üzere $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ miktarı 1,10,20,25,30,35,40 gr/l oranlarında değiştirilerek yedi film oluşturuldu.

Magnetorezistans ölçümü yapacağımız ince filmleri hazırlarken alüminyum altlıkların ölçümde kısa devre oluşturmaması için filmler altlıktan ayrıldı. Ayırma işleminde %20'lik NaOH çözeltisi kullanıldı. NaOH çözeltisinin filmlere zarar vermesini engellemek veya işlemde sonra filmin kırılmasını önlemek için filmin bir yüzeyi japon yapıştırıcı ile kaplandı. Bu işlemde filmin NaOH çözeltisiyle etkileşim süresinde önemli olduğu belli bir sürenin üzerinde filmin zarar görüp- dağıldığı gözlemlendi. Bu işlemlerin sonucunda Co-Cu ince alaşım filmleri elde edildi.

Elde edilen Co-Cu alaşım filmleri ölçümlerden önce metanolde bekletildi, asetonda silindi ve akan deiyonize su ile iyice durulandı. Sonra kurularak uygun geometride kesilerek kullanıldı.

Bu filmlerin kompozisyon ve kristal yapı tayinleri bölüm 3.'de anlatıldı. Kompozisyon tayinlerinin grafiği şekil 3.5.'te gösterildiği gibidir. Bu filmlerin kalınlıklarının tespiti için aşağıdaki yol takip edildi. X - ışını absorpsiyon spektrometresinden ölçülen değerler element konsantrasyon değerleri olarak okunmaktadır. Girişim olayından dolayı diğer elementin etkisi altındaki katkı sonucudur. Elementlerin saf konsantrasyon değerlerini elde edebilmek için yani girişim (interference) den gelen katkıları yok. etmek için konsantrasyon hesaplamalarında ;

$$y = y' + 0.228 \cdot x \quad (4.1.)$$

$$x = \frac{x' + 0.181 \cdot y'}{0.96} \quad (4.2.)$$

düzeltilmeleri kullanılarak bakır ve kobaltın gerçek değerleri hesaplandı. Burada;
 x : filmdeki kobaltın bakır katkısından arınmış konsantrasyon değeri,
 y : Filmdeki bakırın kobalt katkısından arınmış konsantrasyon değeri,
 x' : Kobaltın üzerine bakır etkisi mevcutken spektrometreden okunan kobalt konsantrasyonunun değeri,
 y' :Kobalt katkılı bakırın spektrometreden okunan konsantrasyon değeridir.

Filmdeki kobalt miktarına karşı çizilen banyodaki kobalt miktarı grafiğindeki değerlerin tümü, yukarıda sözü edilen metotla konsantrasyon olarak hesaplandıktan sonra yüzde değerlerine çevrilerek kullanıldılar.

Kalınlık tespitinde yapılan yaklaşım ise şöyle açıklanabilir. Kütle, yoğunluk ve hacim arasındaki ilişki:

$$m = \rho \cdot A \cdot t \quad (4.3.)$$

ile verilir.

Film kalınlıkları bu formülden faydalanılarak tespit edildi. Burada m filmdeki kobalt ve bakırın toplam kütlesi, ρ kobalt bakır alaşımının ortalama yoğunluğu, A film yüzey alanı, t ise filmin kalınlığıdır. Filmin toplam m kütlesi bakır ve kobaltın atomik absorpsiyon spektrometresinden bulunan konsantrasyonlar kullanılarak bulundu. Alaşımın yoğunluğu ise saf bakır ve kobaltın yoğunluklarının aritmetik ortalaması;

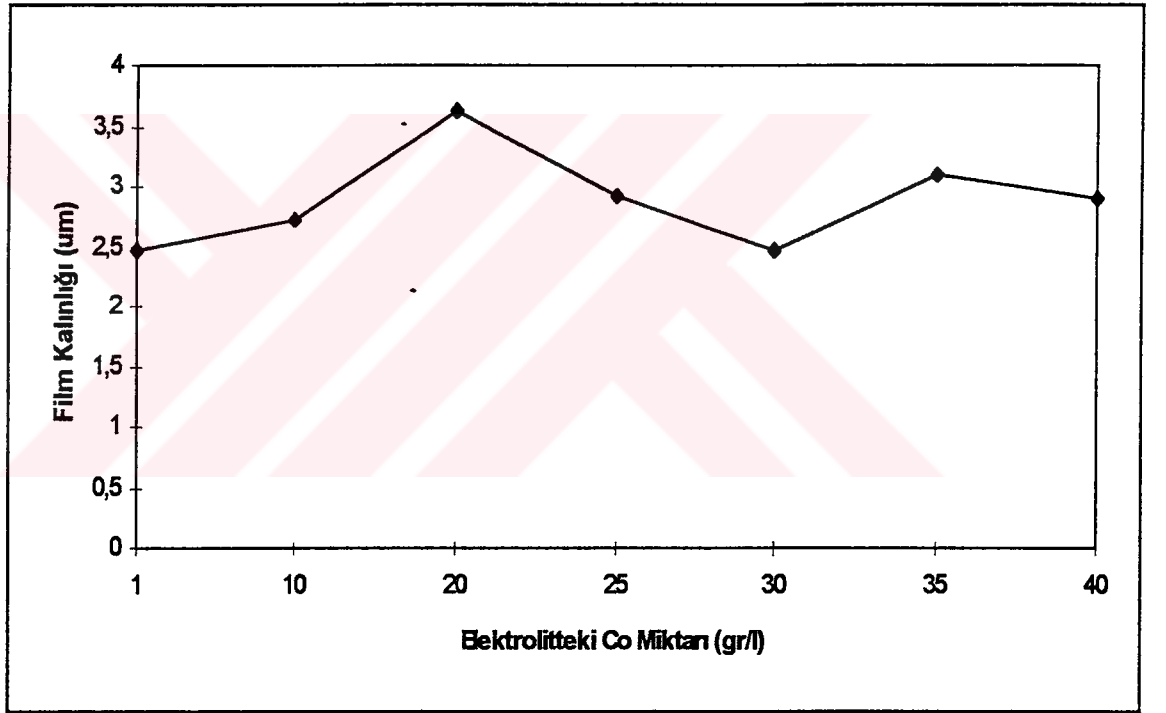
$$\rho_{Co-Cu} = (\rho_{Co} + \rho_{Cu}) / 2 \quad (4.4.)$$

olarak alındı. ($\rho_{Co} = 8,9 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{Cu} = 9,96 \text{ g/cm}^3$)

Her bir filmin yüzey alanı $A = 5 \times 5 \text{ mm}$ olarak seçildi. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen magnetorezistans ölçümünde kullanılan film kalınlıkları aşağıda verilmiştir.

| Film No | Filmdeki Kobalt Konsantrasyonu (%) | Banyodaki Kobalt Konsantrasyonu (%) | Film Kalınlığı (μm) |
|---------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 5,97 | 2,91 | 2,08 |
| 2 | 12,87 | 23 | 2,29 |
| 3 | 17,99 | 37,5 | 3,04 |
| 4 | 19,3 | 42,8 | 2,45 |
| 5 | 20,23 | 47,4 | 2,08 |
| 6 | 20,27 | 51,2 | 2,6 |
| 7 | 26,36 | 54,5 | 2,43 |

Tablo 4.1. Film kalınlığının banyodaki kobalt konsantrasyonu ile değişimini göstermektedir.



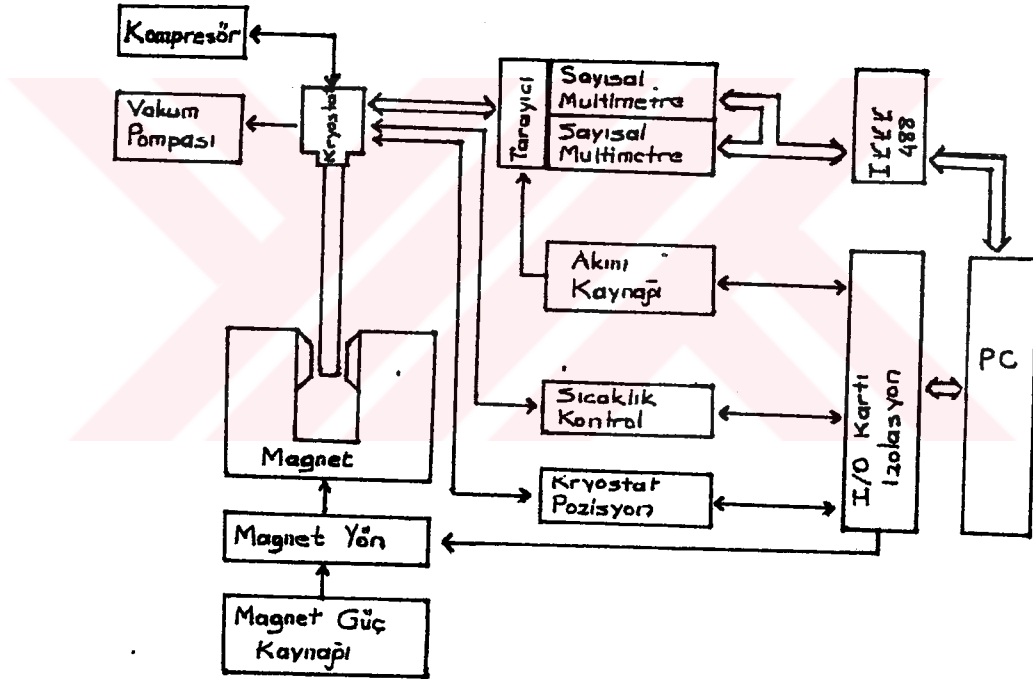
Şekil 4.1. Banyodaki kobalt miktarına karşılık oluşan filmlerin kalınlığını göstermektedir.

4.2. Magnetorezistans Ölçüm Sistemi ve Ölçümlerin Alınması:

Deney sistemi tam otomatik, magnetorezistans ve Hall ölçümü yapılabilecek şekilde düzenlenmiştir. Sistemin diyagramı şekil 4.1.'de verilmiştir. Numune sisteminde 10K sıcaklığa kadar düşebilen kapalı devre helyum kryostatına (Leybold serueus) tespit edildikten sonra turbo moleküler pompa ile vakum altına alındı. Numunelerin öz direnç ve magnetorezistans ölçümleri, 320 K dan

100 K sıcaklığa doğru 10 K aralıklarla yapıldı. Her bir sıcaklık aralığında sistem termal dengeye gelinceye kadar beklendi. Sıcaklık, üretici firma tarafından kalibre edilmiş D-tipi diyot yardımıyla kalibre edilen platin sensor yardımıyla ölçüldü.

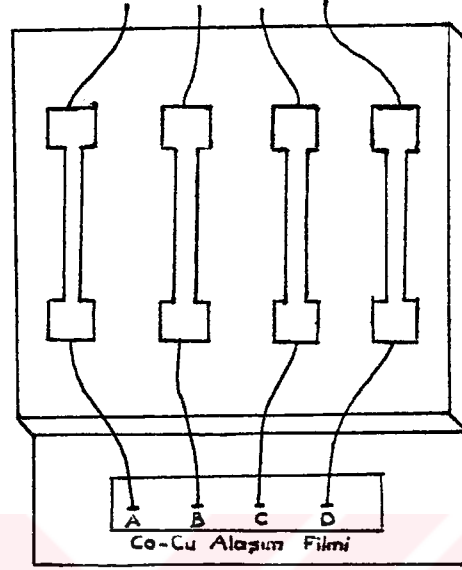
Magnetik alanda ölçü alabilmek için numune 2,5 cm hava aralığında 12kG'luk alan üretebilen Varian V-2900 elektromagnetin kutupları arasına yerleştirildi. Magnetik alan Hall probu yardımıyla ölçüldü. Deneylerde 8200 Gaussluk magnetik alan kullanıldı.



Şekil 4.2. Magnetorezistans sisteminin blok diyagramı

Filmler şekil 4.3.'de ki akım yollarına seramik altlık yapıştırılarak sisteme yerleştirildi. Akım yollarıyla film arasındaki bağlantı iletken teller vasıtasıyla baskı yapacak şekilde kontak oluşturuldu. Bu numune tutucu sistemdeki akım ve voltaj kablolarına bağlandı.

Bilgisayar kontrolü altında tamamen otomatik bir şekilde film üzerinden A-D noktaları arasından akım geçirildi ve B-C noktalarından magnetik alan yokken ve magnetik alan etkisi altında voltaj değerleri okundu. Boyuna magnetorezistans katsayı ölçümü yapabilmek için akım doğrultusu ile magnetik alanın doğrultusu film düzleminde aynı yönlü tutuldu.



Şekil 4.3. Magnetorizistans ölçümü alınan filmlerin konulduğu numune tutucu.

Böylece her bir filmin magnetik alan yokken ve magnetik alan etkisi altında öz dirençleri ölçüldü. Bu ölçümler, akımın yönü ve magnetik alanın yönü, ayrı ayrı ters çevrilerek tekrarlandı. Böylece numunenin üzerinde oluşan termal ve kontak potansiyellerinin istenmeyen etkileri bertaraf edilmeye çalışıldı.

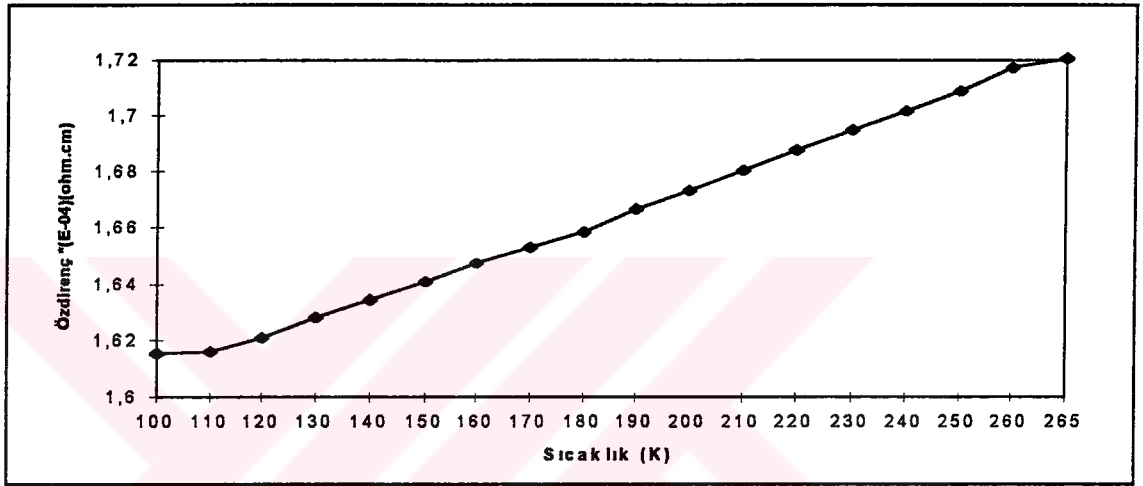
Boyuna magnetorezistans katsayısı ve öz direnç her bir film için;

$$\Delta\rho/\rho_0 \cdot B^2 = [\rho_{(B)} - \rho_{(0)}] / \rho_{(0)} \cdot B^2 = [V(B) - V(0)] / V(0) \cdot B^2 \quad (4.5.)$$

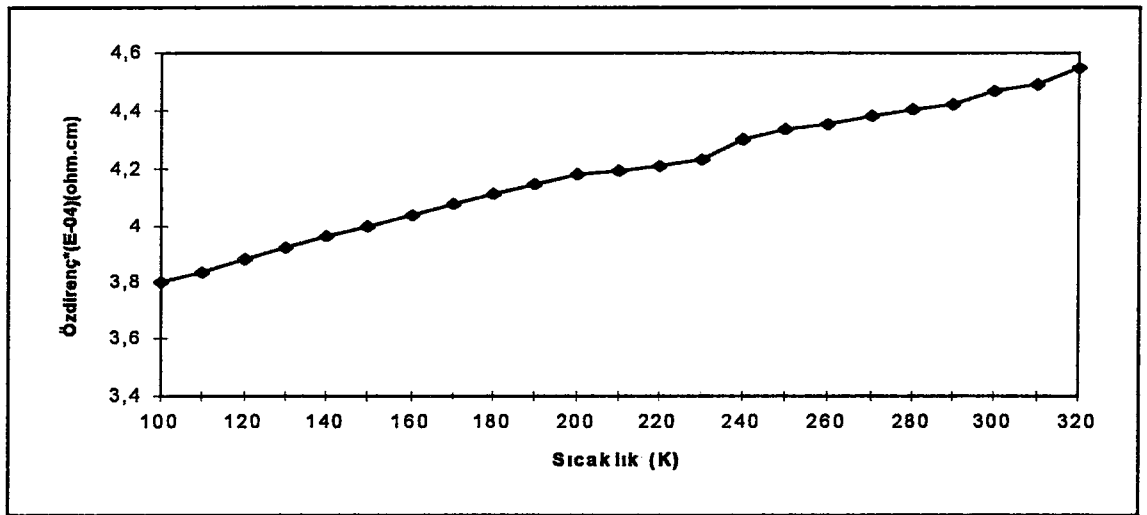
formülü kullanılarak 100-320 K sıcaklık aralığında hesaplandı. Burada ρ_B , magnetik alan etkisi altında ki filmin öz direnci, ρ_0 magnetik alan yokken ölçülen öz direnç ve B ise magnetik alandır. V_B ve V_0 magnetik alan altında ve magnetik alan yokken B ve C noktaları arasında ölçülen potansiyel farkıdır.

5. ÖZDİRENÇ ÖLÇÜMLERİ, MAGNETOREZİSTANS ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRME

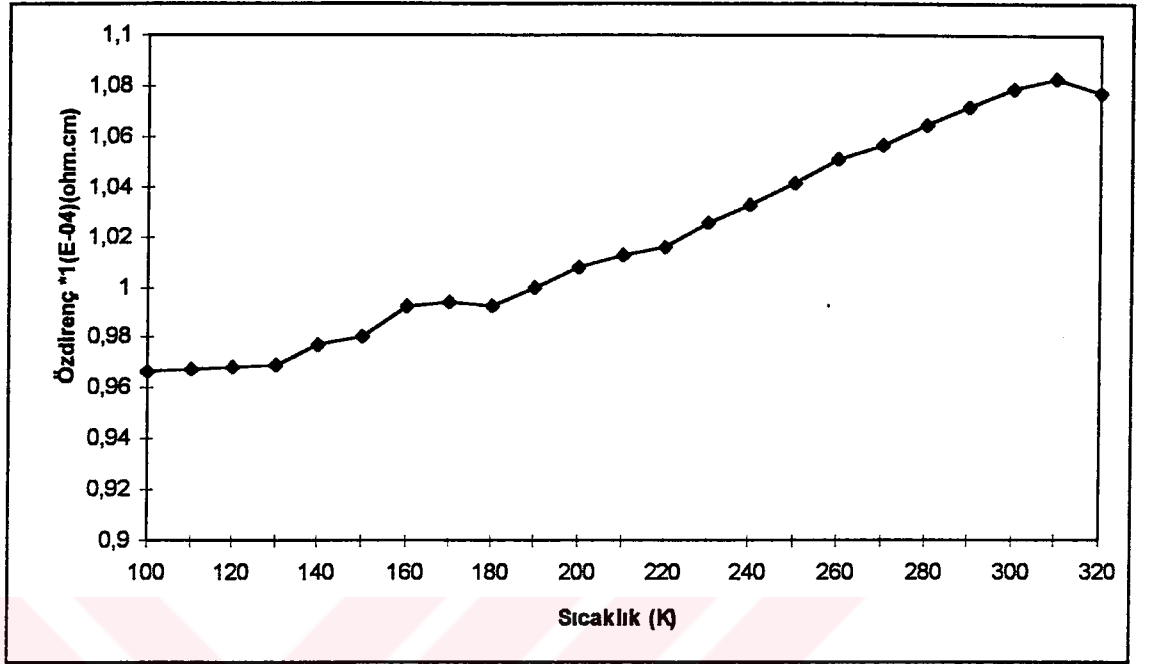
Şekil 5.1.1'den 5.1.7.'ye kadar verilen şekillerde her bir numune için ölçülen öz direncin sıcaklığa karşı değişimi gösterilmiştir. Denejde elde edilen yedi numuneye ait grafik aşağıda verilmiştir.



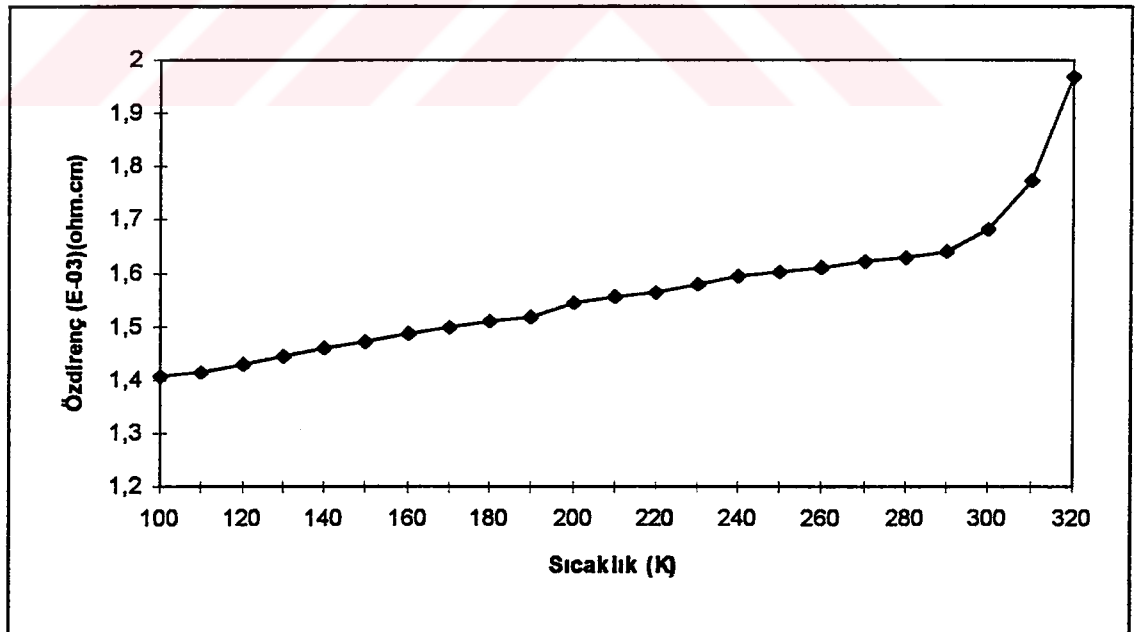
Şekil 5.1.1. Filimdeki kobalt konsantrasyonu % 5.97 olan numunenin öz direnç-sıcaklık grafiği.



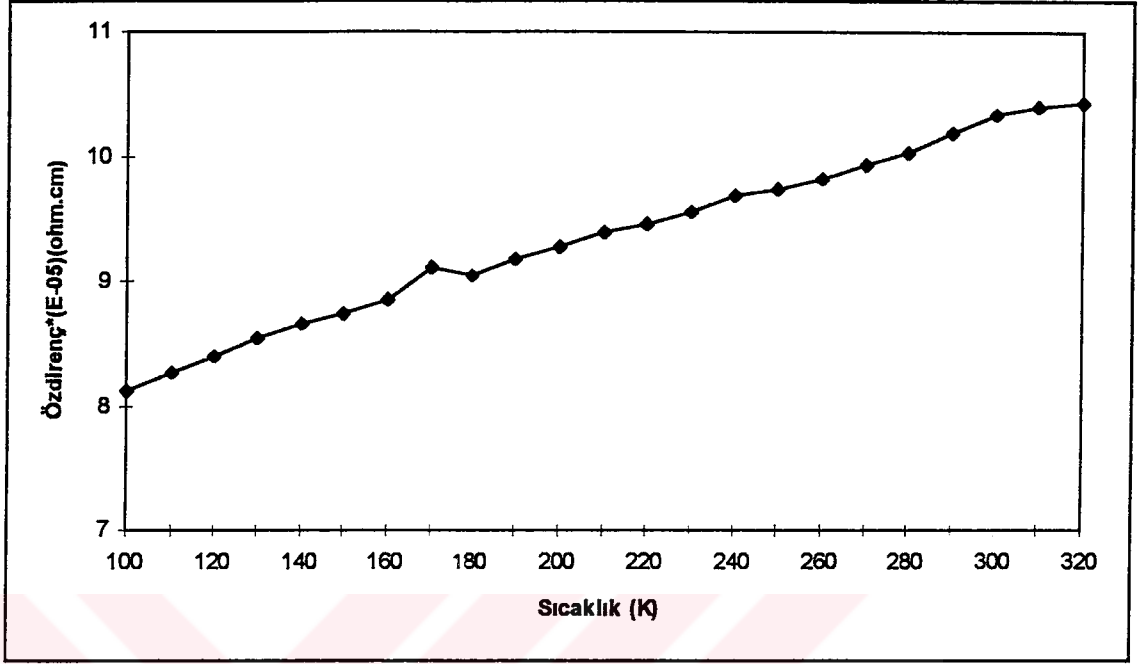
Şekil 5.1.2. Filimde kobalt konsantrasyonu % 12.87 olan numunenin öz direnç-sıcaklık grafiği.



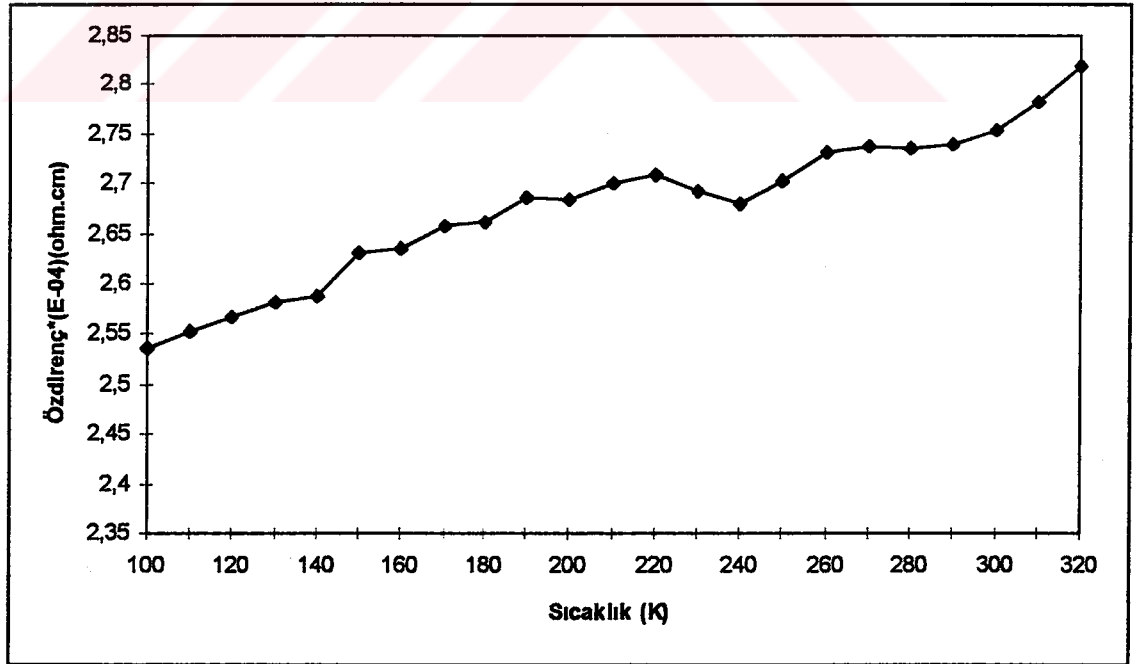
Şekil 5.1.3. Filimdeki kobalt konsantrasyonu %17.99 olan numunenin özdirenç-sıcaklık grafiği.



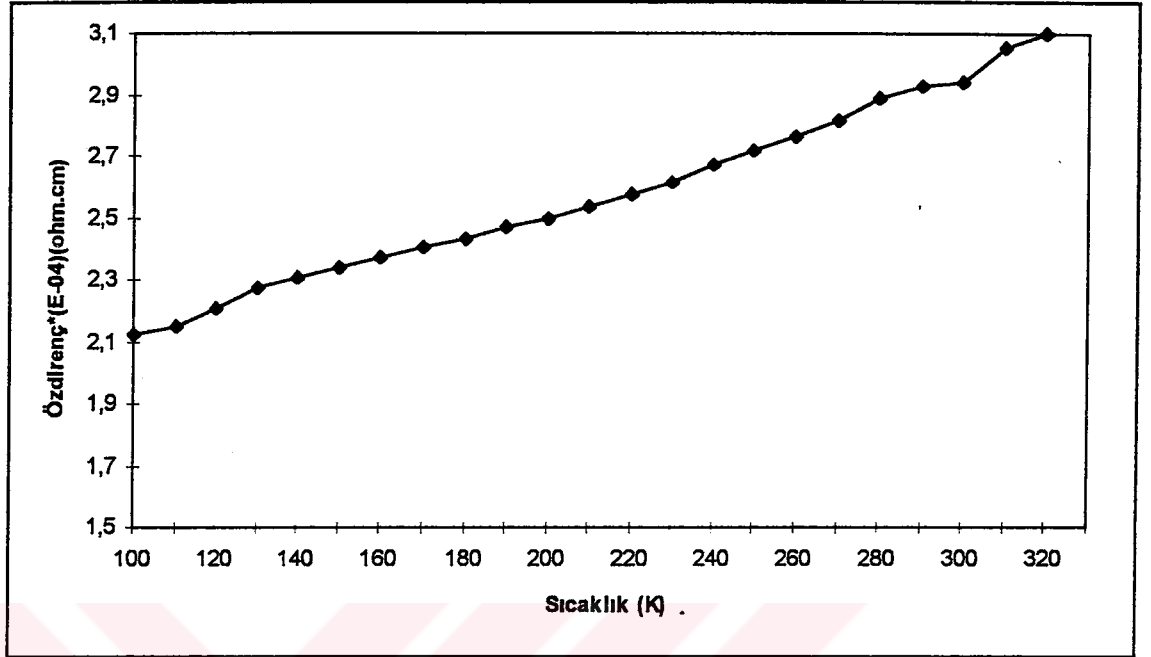
Şekil 5.1.4. Filimdeki kobalt konsantrasyonu %19,3 olan numunenin özdirenç-sıcaklık grafiği.



Şekil 5.1.5. Filmdeki kobalt konsantrasyonu %20.23 olan numunenin özdirenç-sıcaklık grafiği.

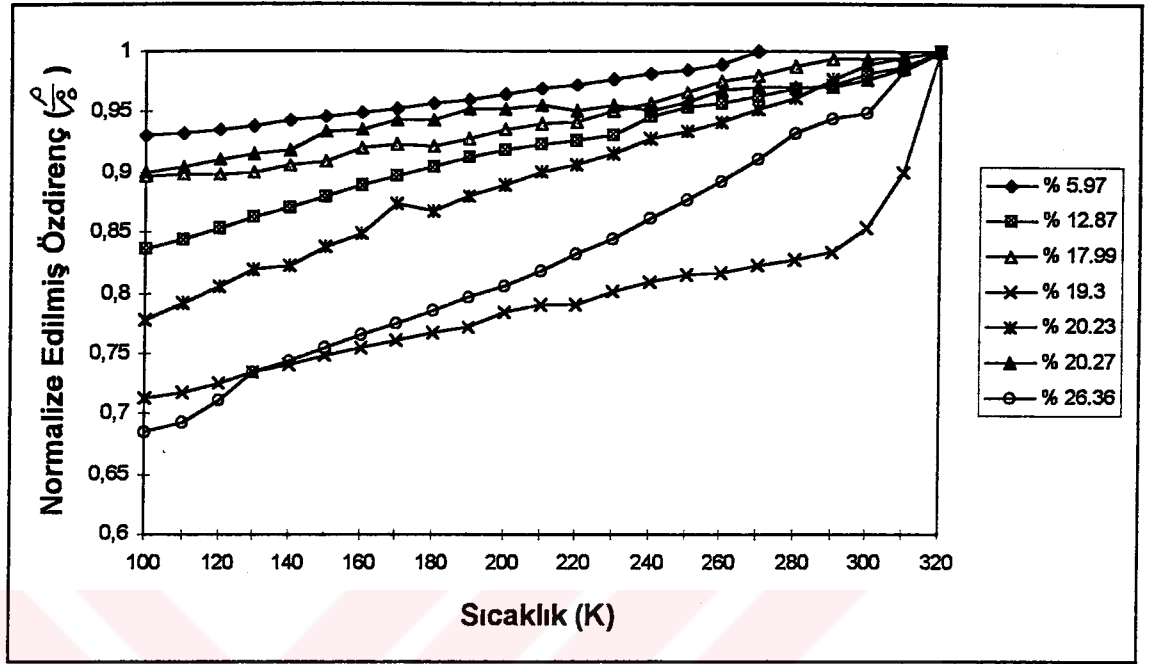


Şekil 5.1.6. Filmdeki kobalt konsantrasyonu %20.27 olan numunenin özdirenç-sıcaklık grafiği.



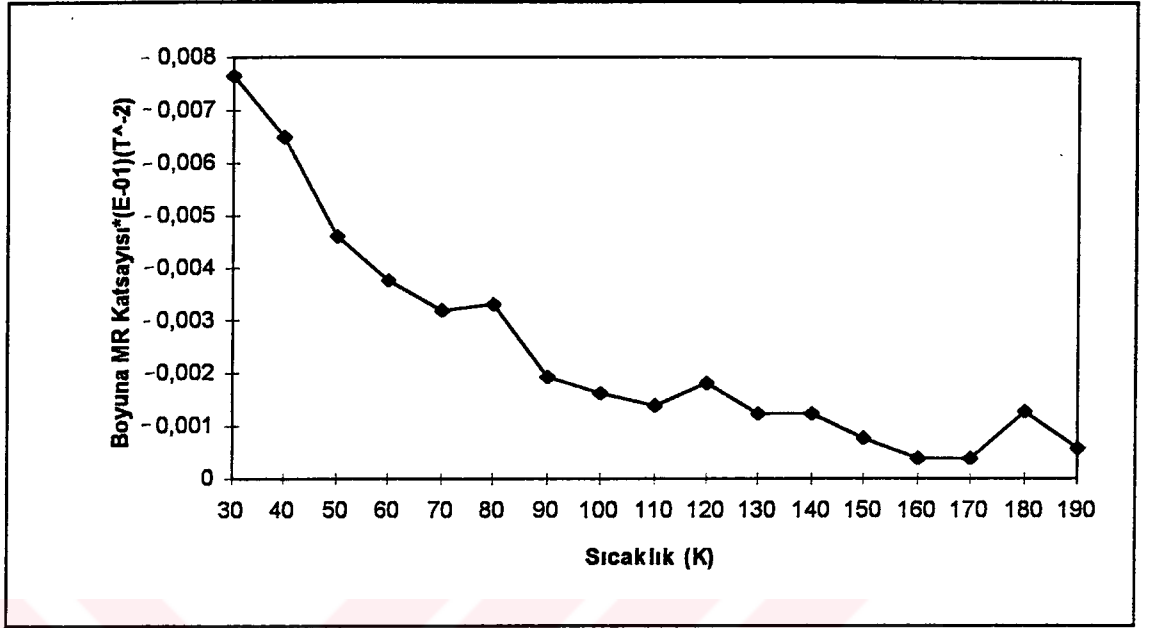
Şekil 5.1.7. Filimdeki kobalt konsantrasyonu %26,36 olan numunenin özdirenç-sıcaklık grafiği.

Cu-Co alaşımında her bir numunenin özdirencinin sıcaklıkla hemen hemen doğru orantılı bir şekilde azaldığı görülmektedir. Ancak kobalt konsantrasyonu 10 g/l 20 g/l ve 35 g/l olan numunelerde özdirencin sıcaklığa karşı azalma eğilimi diğer numunelere göre daha büyük olduğu gözlenmektedir. Banyodaki kobalt miktarı 25 g/l ve 35 g/l olan filmlerde özdirenç 300 K üzerinde keskin bir artış göstermektedir. Diğer numunelerde ise bu sıcaklık aralığında artış diğer sıcaklık bölgelerindeki artış ile aynı eğilimde olduğu izlenimini vermektedir. Şekil 5.1.8. 'de her bir numunenin 320 K deki özdirencine göre normalize edilmiş özdirençlerinin sıcaklığa göre değişimi karşılaştırma yapmak amacıyla çizilmiştir. Burada ρ_0 , 320 K'daki sıcaklığı göstermektedir.

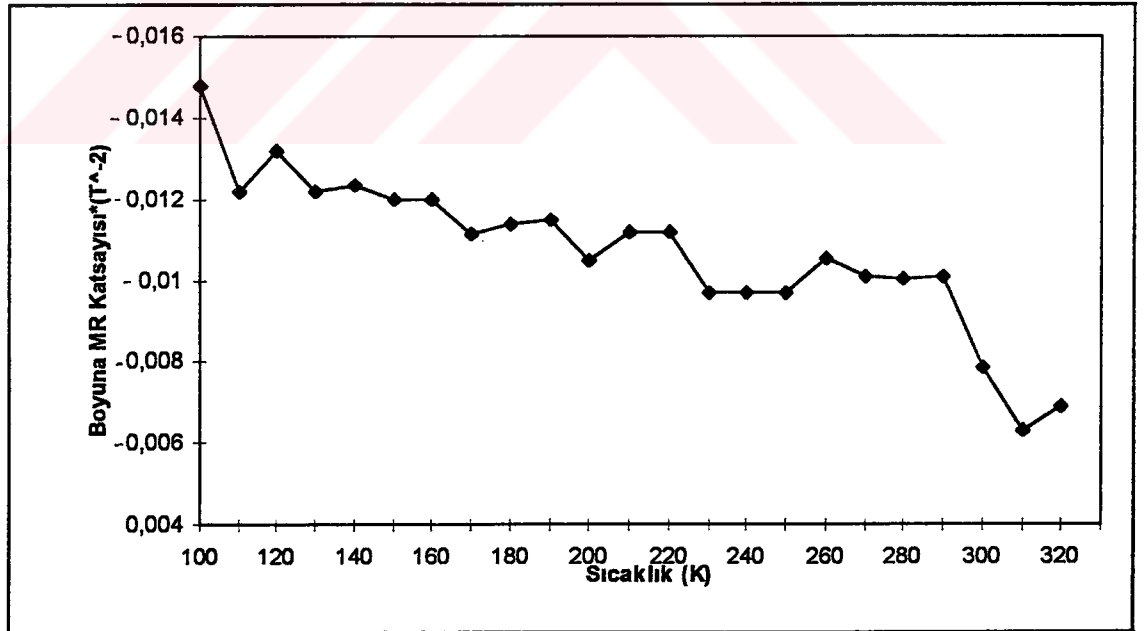


Şekil 5.1.8. Normalize edilmiş özdirençlerin farklı Co konsantrasyonlarının sıcaklıkla değişimi.

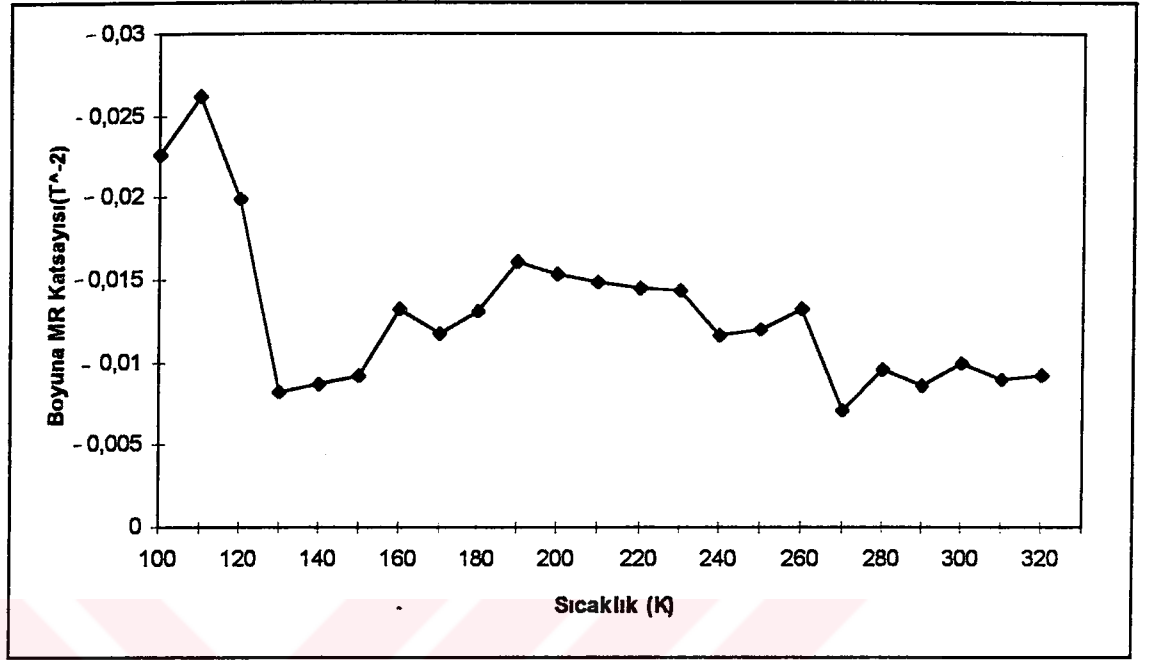
Şekil 5.1.9.'dan 5.1.15'e kadar verilen grafiklerden 1-2-4-5ve 6 numaralı filmlerin boyuna magnetorezistans katsayılarının sıcaklık arttıkça azaldığı görülmektedir. 7 Numaralı filmde magnetorezistans katsayısı 100-190K aralığında hemen hemen sabit kalırken 190K'nın üzerindeki sıcaklıkta $1,2 \times 10^2$ T⁻²'lik bir sıçrama göstererek bu değer civarında 300K sıcaklığa kadar sabit kalmaktadır. 3 Numaralı filmde boyuna magnetorezistans katsayısının değişimi düşük sıcaklıklarda yüksek, yüksek sıcaklıklarda ise 0,01civarında sabit bir değerde kalmaktadır.



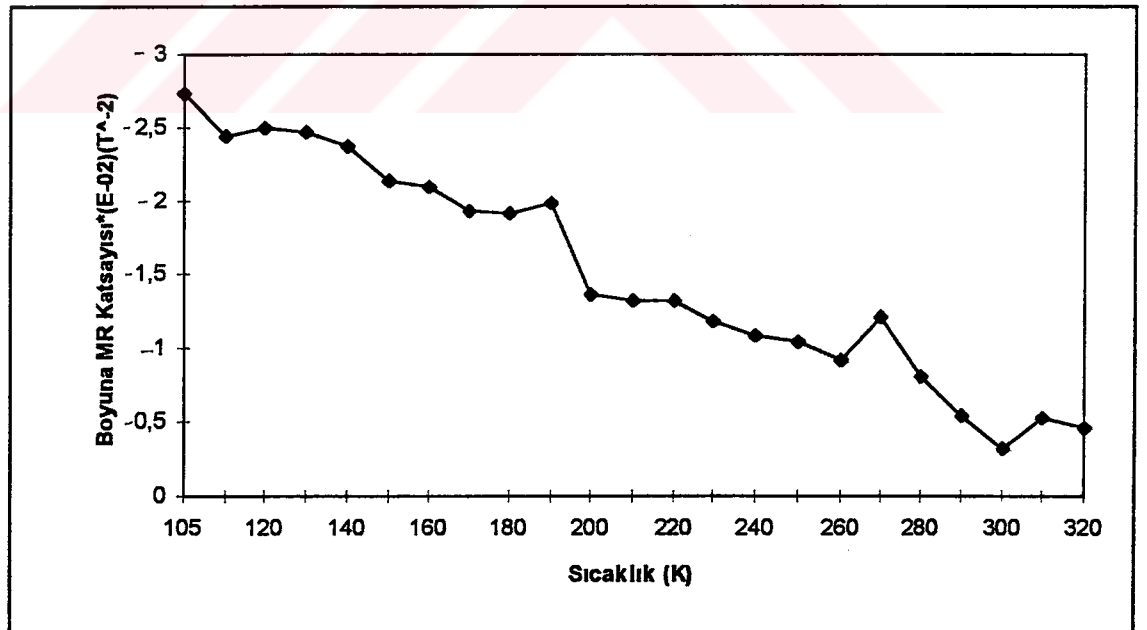
Şekil 5.1.9. Filmdeki kobalt konsantrasyonu %5,97 olan numunenin boyuna magnetorezistans katsayısının sıcaklıkla değişimi.



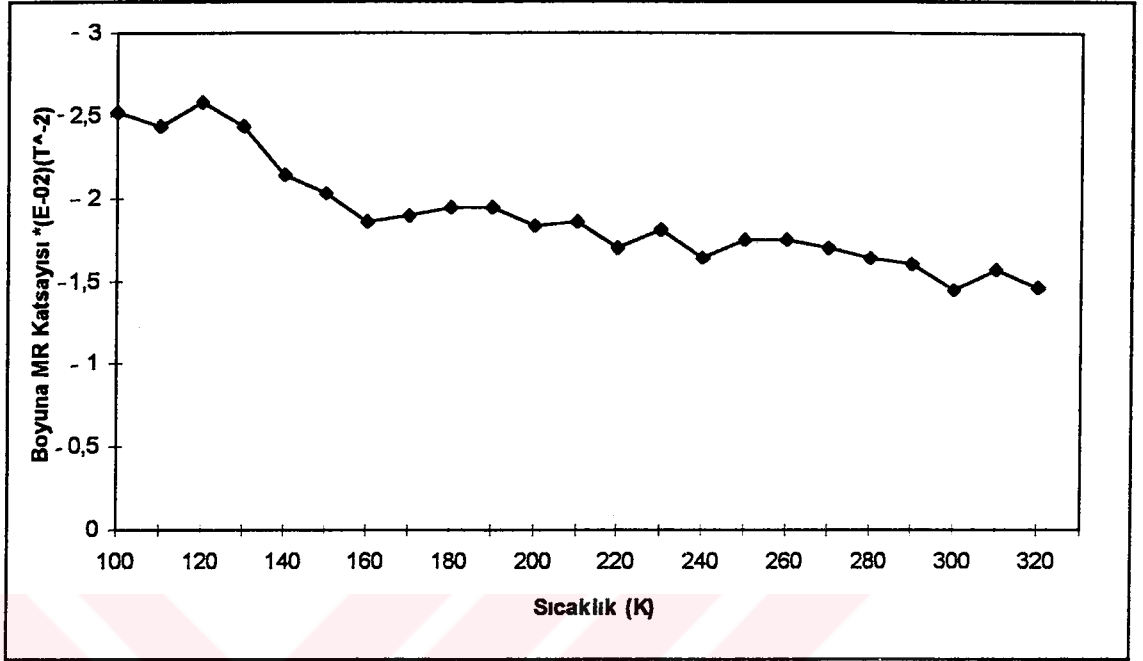
Şekil 5.1.10. Filmdeki kobalt konsantrasyonu %12,87 olan numunenin boyuna magnetorezistans katsayısı-sıcaklık grafiği.



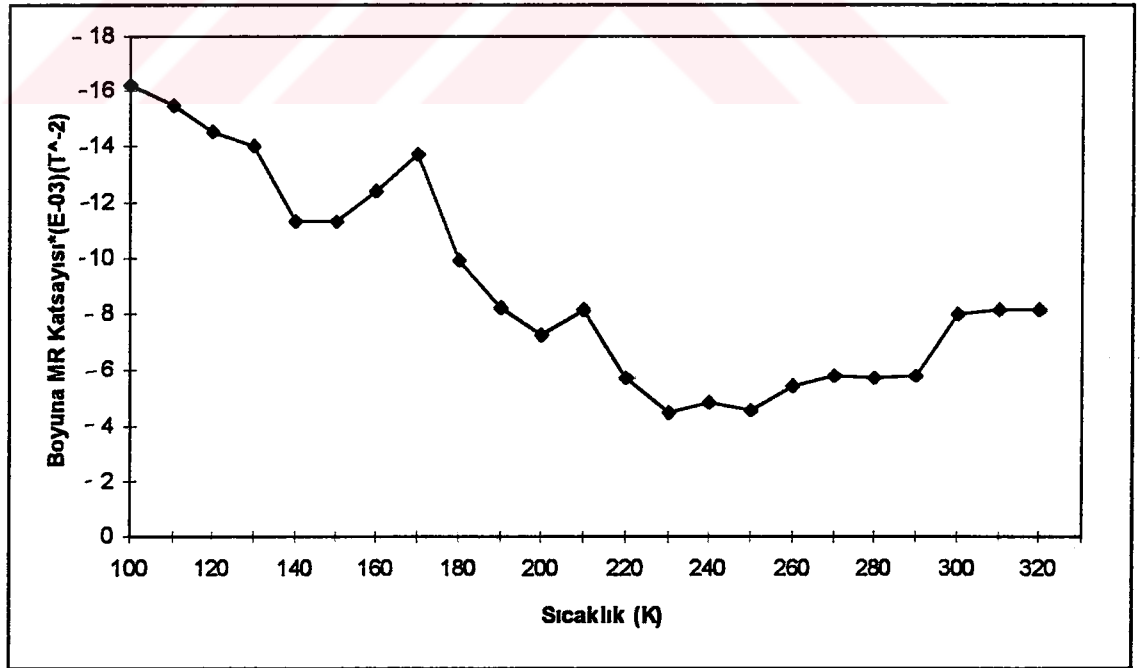
Şekil5.1.11. Filmdeki kobalt konsantrasyonu %17,99 olan numunenin boyuna magnetorezistans-sıcaklık grafiği.



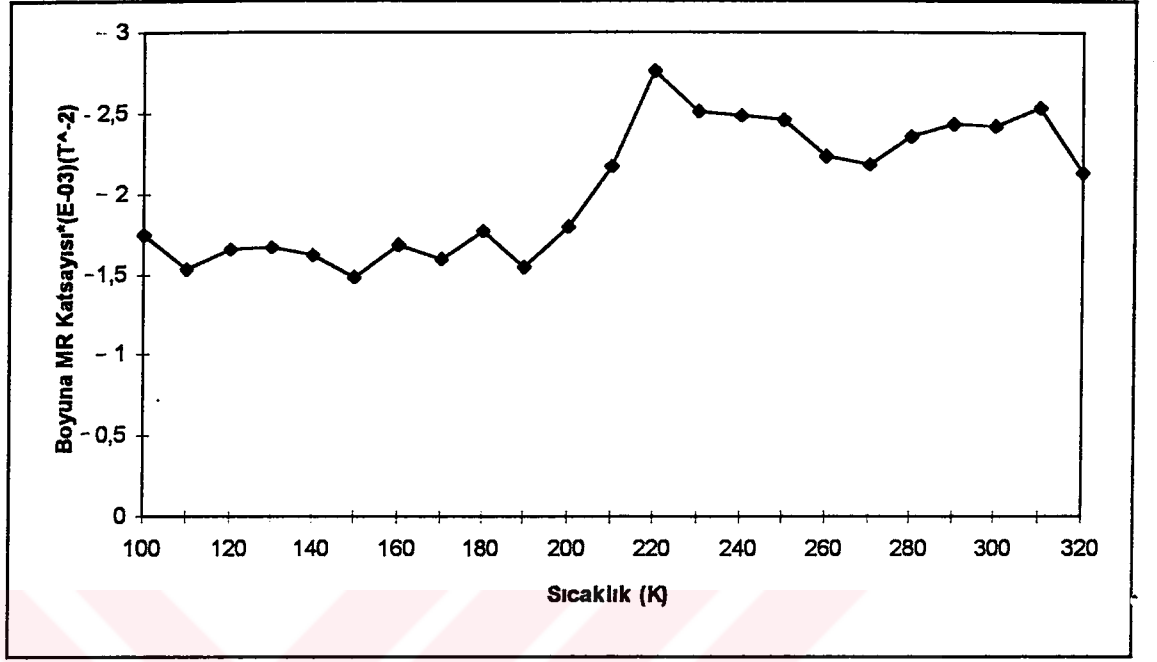
Şekil 5.1.12 . Filmdeki kobalt konsantrasyonu %19,3 olan numunenin boyuna magnetorezistans katsayısı-sıcaklık grafiği.



Şekil 5.1.13. Filmdeki kobalt konsantrasyonu %20,23 olan numunenin boyuna magnetorezistans-sıcaklık grafiği.



Şekil 5.1.14. Filmdeki kobalt konsantrasyonu %20,27 olan numunenin boyuna magnetorezistans katsayısı-sıcaklık grafiği.



Şekil 5.1.15. Filmdeki kobalt konsantrasyonu %26,36 olan numunenin boyuna magnetorezistans katsayısı-sıcaklık grafiği.

6. SONUÇ

Bu çalışmada elektrokimyasal depolama metoduyla değişik kompozisyonlarda Cu-Co alaşımları yapıldı. Bu kobalt bakır alaşımlarının kompozisyon ve kristal yapı analizleri tespit edildi. Özdirençlerin sıcaklığa karşı değişimi normal metallerde görülen özdirenç-sıcaklık değişimi ile uyum içerisindedir. Banyodaki kobalt konsantrasyonu 25 g/l ve 35 g/l olan numunelerde 300 K'nın üzerindeki sıcaklıklarda özdirenç keskin bir artış göstermektedir. Magnetorezistans etkisi tüm numunelerde % 1,83 ile % 0,5 arasında gözlemlendi. En yüksek magnetorezistans etkisi % 1,85 ile kobalt konsantrasyonu % 26,36 olan 7 numaralı filmde gözlenirken en düşük magnetorezistans etkisi içerisindeki kobalt konsantrasyonu en az olan 1 numaralı filmde % 0,5 olarak gözlemlendi. Filmdeki kobalt konsantrasyonu artması beklenirken lineer bir artış gözlemlenemedi.

| Film No | Filmdeki Co Kons. (%) | Magnetorezistans Oranı (%) | Sıcaklık (K) |
|---------|-----------------------|----------------------------|--------------|
| 1 | 5.97 | 0.5 | 30 |
| 2 | 12.87 | 0.99 | 100 |
| 3 | 17.97 | 1.76 | 110 |
| 4 | 19.3 | 1.83 | 105 |
| 5 | 20.23 | 1.73 | 120 |
| 6 | 20.27 | 1.09 | 100 |
| 7 | 26.36 | 1.85 | 220 |

Tablo 6.1. Magnetorezistans değişiminin filmdeki kobalt konsantrasyonuna göre değişimi.

Magnetorezistans katsayısının sıcaklığa göre değişiminde ise, 1, 2, 4, 5, 6 numaralı filmlerde, katsayısının, sıcaklık artarken azaldığı haldeki 3 numaralı numunede katsayısının düşük sıcaklıklarda yüksek, yüksek sıcaklıklarda ise 0,01 civarında bir değerde kaldığı gözlemlendi. Yedi nolu numunede ise $1,2 \times 10^2 \text{ T}^{-2}$ 'lik bir artış göstermektedir.

7. BİR SONRAKİ ÇALIŞMADA YAPILABİLECEKLER

1. Banyodaki kobalt miktarı 25 ve 35 g/l olan filmlerin daha dikkatli bir şekilde hazırlanması suretiyle öz dirençlerinin yüksek sıcaklıklardaki keskin artışı araştırılabilir.
2. Co-Cu alaşım filmleri uygun altlıklara büyütülmek suretiyle tavlama yapılarak magnetorizistans değişimi gözlenebilir.



KAYNAKLAR

1. Putley, E.H., 1960, The Hall Effect and Related Phenomena, Semiconductor Monographs, Butter Worths, London.
2. Baibich, M.N., Broto, J.M., Fert, A., Nguyen van Dau, F., Petroff, F., Etienne, P., Creuzet, G., Friederich, A. and Chazeles, J., 1988, Phys. Rev. Lett. 61, 2472.
3. Parkin, S.S.P., Bhadra, R. and Roche, K.P., 1991, Phys. Rev. Lett. 66.2152.
4. Petroff, F., Barthelemy, A., Masco, D.H., Lottis, D.K., Fret, A., Schroeder, P.A., Pratt, W.P. and Lequien, S., 1991, Phys. Rev. B44, 5355.
5. Velu, E., Dupas, C., Renard, D., Renard, J.P. and Seiden, J., 1988, Phys. Rev B 37, 669.
6. Ueda, Y., Ito, M., 1994, Jpn. J. Appl. Phys. 33 p.L 1403 -L1405.
7. Berkowitz, A.E., Mitchell, J.R., Carey, M.J., Young, A.P., Zhang, S., Spada, F.E., Parker, F.T., Hutten, A. and Thomas, G. 1992, Phys. Rev. Lett. 68. 3745.
8. Gündüz E., 1988, Modern Fiziğe Giriş, Ege Üni. Fen Fak. Kitapları Serisi No:110, 83.
9. Halliday, D., Resnick, R., 1981, Fiziğin Temelleri. (John Willey and Sons. Inc.), p.508.
10. Kittel, C., 1986, Introduction to Solid State Physics, John Willey and Sons, Inc., Newyork, USA, (6'th edition), p.109.
11. Omar, M.A., 1975, Elementary Solid State Physics, (Addison Wesley Publishing Company), p.148.
12. Callity, B.O., 1972, Introduction To Magnetik Materials (Addison Wesley Publishing Company) p.284.
13. Xiao, J.Q., Jiang, J.S. and Chien, C.L., 1992, Phys. Rev. Lett. 68, 3749.
14. Carey, M.J., Young, A.P., Starr, A., Rao, D. and Berkowitz, A.E., 1992, Appl. Phys. Lett. 61. 2935.