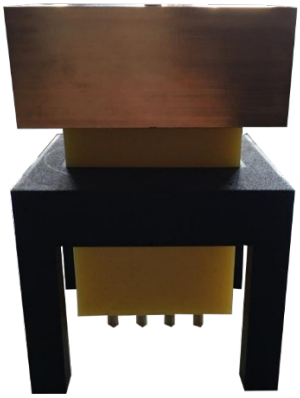
ENTEK ELECTRONICS

FPP 630T

KULLANIM KILAVUZU





1. KURULUM

• Cihazı dikkatlice kutusundan çıkartın ve toz ve partikülden uzak bir alana yerleştirin.

• Cihazla birlikte verilen güç kablosunu bağlayın.

Sistemin tüm bileşenlerinin aynı toprak devresini paylaştığından emin olun. Bu durum tüm bileşenleri çok çıkışlı bir elektrik prizine takarak gerçekleştirilir. Aynı sistem içerisinde kullanılan her cihazı farklı bir güç kaynağına bağlamak topraklama döngüsüne sebep olabilir ve bu da sistemde ölçümlerinizi etkileyecek temel bir elektriksel gürültü üretebilir.

• Cihazı sabit bir zemine yerleştirdiğinizden emin olun. Titreşimler sistemde gürültülere sebep olabilir.

• Cihazın kurulacağı yerin, cam kenarı, hava kanalı, fırın, buzdolabı gibi sistemlerin uzağında olduğundan emin olun.

• Çok kuru alanlardan ve halı kaplı alanlardan kaçının. Statik elektrik, ölçüm performansını etkileyebilir. Gerekirse çalışma alanında anti statik zemin kaplamaları ve tezgâh kaplamaları statik elektrik yükü sorunlarına çözüm olarak kullanılabilir.

ÖNEMLİ NOTLAR:

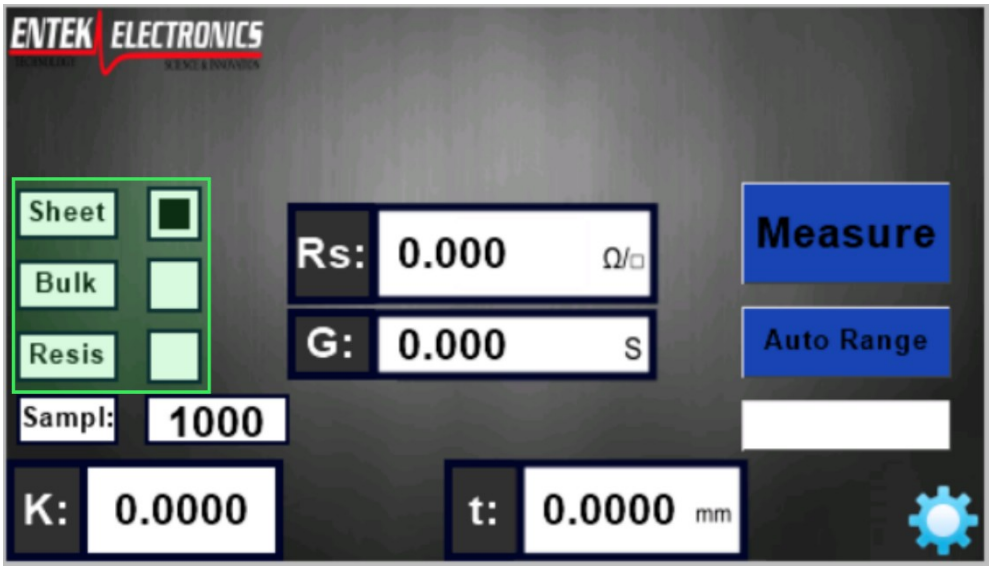
• Cihaz kullanılmadığı zamanlarda, cihazı arka tarafında bulunan açma-kapama düğmesi ile kapatınız.

• Deney bittikten sonra cihaz kullanılmayacaksa; Four point probe'un temiz bırakıldığından emin olunuz. Aksi takdire bazı partiküller platin probeların üzerine yapışarak ölçüm performansını kötü yönde etkilemektedir.

• Probe temizliğini yumuşak tüylü bir fırça yardımı ile yapabilirsiniz. **Pin başlıklarına güç uygulamayınız aksi takdirde platin pin uçları hasar görebilir.**

2. PARAMETRE GİRİŞİ

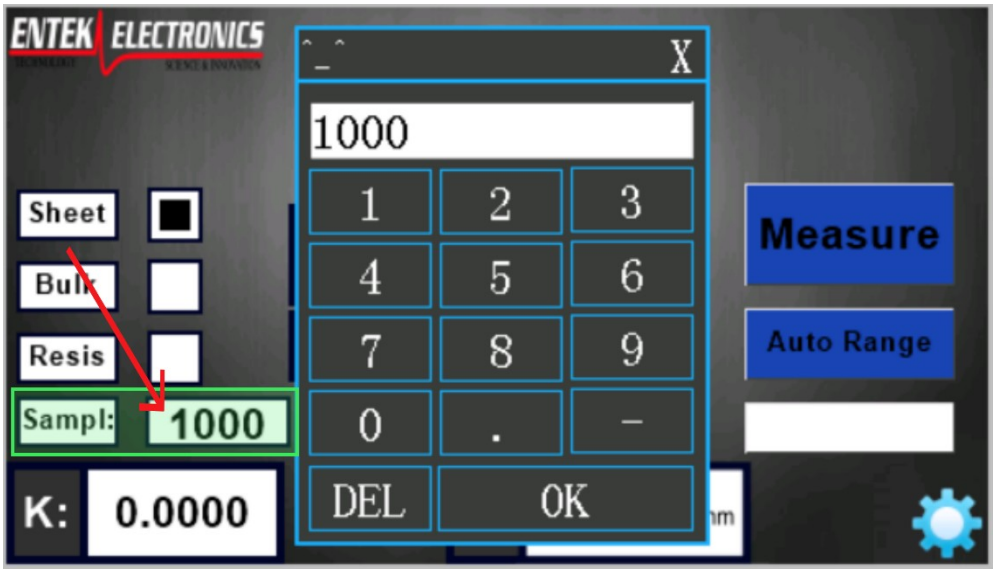
Ölçüm Metodu Girişi



Resim 1: Ekranda ölçüm metodu girişi

Resim 1'de yeşil bölgede üç farklı ölçüm metodu seçilebilmektedir. Bunlar 'Sheet Resistance', 'Bulk Resistivity' ve 'Resistance' metotlarıdır. Cihaz açıldığında halihazırda 'Sheet Resistance' metodunda açılacak. Kullanıcı ölçüm metotlarına karşılık gelen işaret kutularına dokunarak metodu seçebilir.

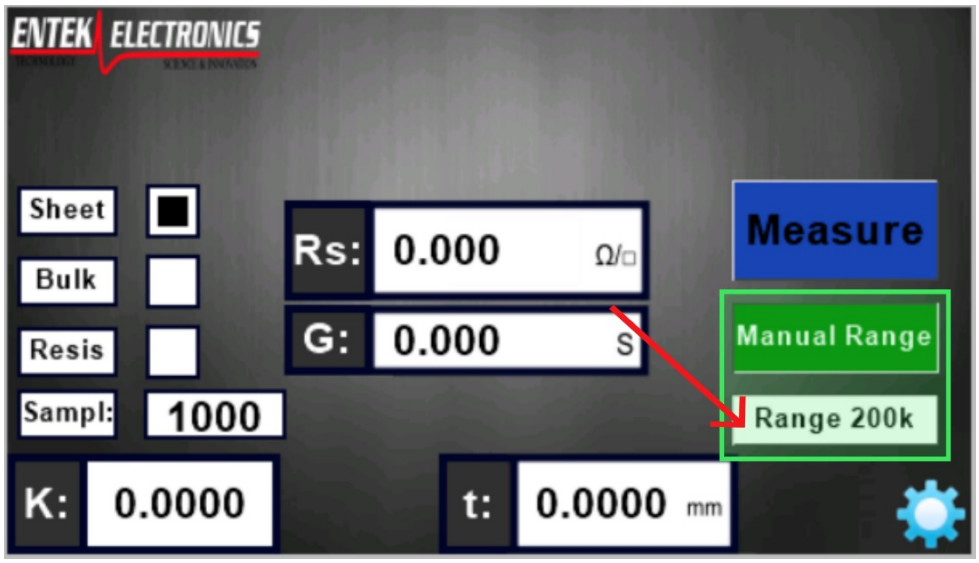
Örnekleme Sayısı – Sampling



Resim 2: Ekranda örnekleme sayısı değerinin girilmesi

Örnekleme sayısı ölçüm sırasında kaç tane değerin ortalamasının alınacağını belirliyor. Cihaz açıldığında halihazırda bu değer 1000 olarak ayarlanmıştır. Eğer örnekleme sayısını değiştirmek istiyorsanız Resim 2'de yeşil kutunun içinde yer alan ve ok ile gösterilen kısma dokunursanız ekran da bir sayısal klavye açılacaktır. Bu klavyeden yeni örnekleme değerini girip 'OK' tuşuna basarsanız yeni örnekleme değeri atanmış olacak.

Otomatik veya El ile Aralık Modu – Auto/Manual Range



Resim 3: Ekranda aralık modu ayarlanması

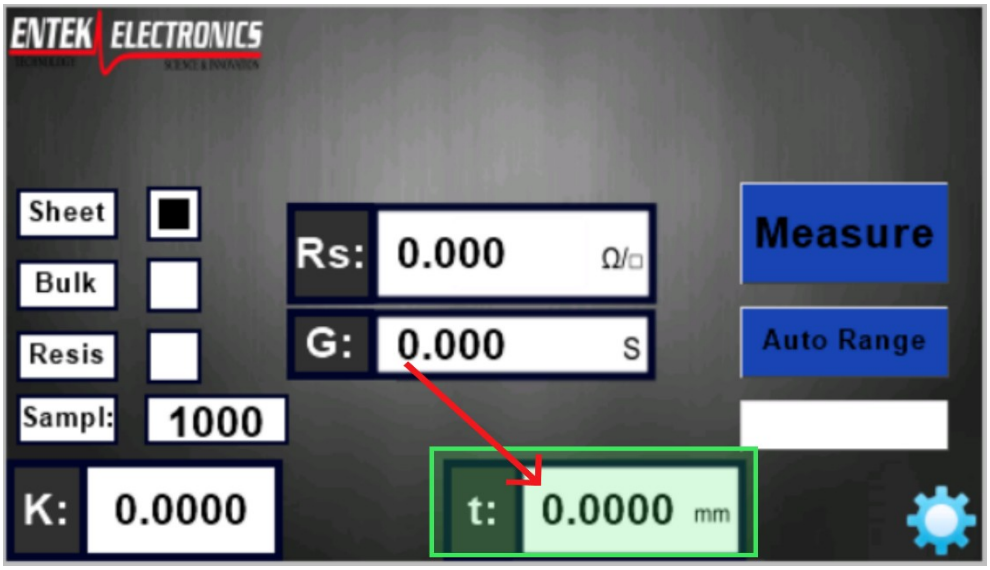
Cihaz açılışta 'Auto Range' modunda bulunuyor. Bu mode da 2 MΩ aralığından başlayarak, 0.05 Ω aralığına kadar ölçülen numunenin direnç değerinin yer aldığı aralık otomatik olarak bulunur. Eğer ölçülen numunenin direnç değeri hakkında bilginiz yoksa 'Auto Range' mode unu kullanmanız tavsiye edilir. 'Auto Range' modunda Resim 3'te kırmızı okla gösterilen kısım kullanıcıya ölçülen direnç değerinin hangi aralıkta olduğunu gösteriyor. Cihazda ayrıca manuel aralık seçimi de mevcuttur; direnç değeri bilinen numunelerde istenen aralık (2 MΩ – 0.05 Ω arası) elle seçilebilir.

Resim 2'de 'Auto Range' tuşuna basıldığında Resim 3'te görüleceği gibi cihaz 'Manual Range' modu na geçecektir. Bu mode u eğer ölçtüğünüz numunenin direnç değerini yaklaşık olarak biliyorsanız kullanmanızı tavsiye ederiz. 'Manual Range' modu na geçtikten sonra Resim 3'te

kırmızı okla gösterilen kısma dokunarak ölçülen numunenin direnç değerinin yer aldığı aralığa getiriniz.

Ürün Kalınlığı – Thickness (t)

Cihaz açıldığında kullanıcı tarafından, ölçülecek olan numunenin kalınlığı girilmelidir. Bu değer “mm” cinsinden hesaplanmalıdır.



Resim 4: Ekranda kalınlık değerinin girilmesi

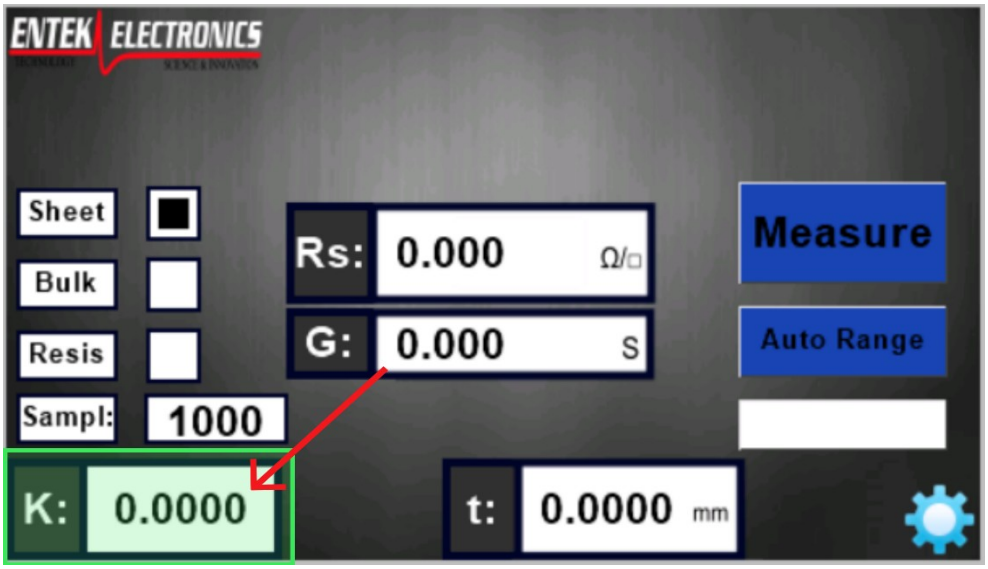
Eğer kalınlık değerini değiştirmek istiyorsanız Resim 4’te yeşil kutunun içinde yer alan ve ok ile gösterilen kısma dokunulduğunda ekran da sayısal klavye açılacaktır. Bu klavyeden yeni kalınlık değerini girip ‘OK’ tuşuna basarsanız yeni kalınlık değeri atanmış olacak. Burada girilen değerler; elektrik iletkenlik (Siemens) ve volume resistivity (Ω.cm) doğru hesaplanması için önemlidir. Cihaz yeniden başlatıldığında ya da deney tekrar edilmek istenildiğinde, bu değer en son girilen kalınlığı gösterecektir.

Dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Probe başlığında bulunan pinlerin merkezlerinin birbirine uzaklığı 10 mm’dir.
- Sheet Resistance modu kullanılırken literatüre göre doğru sonuçlar elde edebilmek için kalınlığın en fazla iki pin ucu arasındaki mesafenin 0.4 katı kadar olmalıdır. Bu mesafe 10 mm olduğu için kalınlık en fazla 4 mm olmalıdır. Bu değerden daha büyük değerler için “Volume Resistivity” hesaplanması önerilmektedir.

Düzeltme Katsayısı - Correction Factor (K)

Ölçüm yapılırken, numunenin kalınlığı ve boyutları önem arz etmektedir. Malzemenin İzotropik veya Anizotropik olması, kalınlığı ve çapı ürün üzerinden geçen akımın gideceği yolu etkilediğinden ölçülen değeri de etkileyecektir. Bu durumda farklı geometriler ve numune kalınlıkları için farklı 'K' değerleri girilmelidir.



Resim 5: Ekranda düzeltme katsayısı değerinin girilmesi

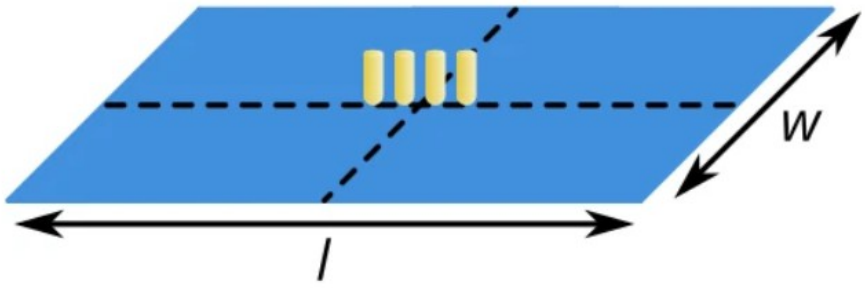
Eğer düzeltme katsayısını değiştirmek istiyorsanız Resim 5'te yeşil kutunun içinde yer alan ve ok ile gösterilen kısma dokunulduğunda ekran da sayısal klavye açılacaktır. Bu klavyeden yeni düzeltme katsayısını değerini girip 'OK' tuşuna basarsanız yeni düzeltme katsayısını değeri atanmış olacak. Cihaz yeniden başlatıldığında ya da deney tekrar edilmek istenildiğinde, bu değer en son girilen düzeltme katsayısını gösterecektir.

Numunenin boyutlarına göre kullanılacak düzeltme katsayısına şu şekilde karar verilmektedir. Örneğin ince dairesel dilim (wafer) numune ölçülürken; d: Numune çapı (diameter), s: Probe pinleri arasındaki mesafe (10 mm) değerlerinin birbirine olan oranına göre düzeltme katsayısı aşağıda yer alan tablo 1'e göre belirlenmelidir.

d/s	Correction
3	0.5
3.448	0.5734
4	0.6462
5	0.7419
6.061	0.8089
7.5	0.8665
8.696	0.8972
10	0.9204
12.5	0.9475
15	0.9628
20	0.9788
28.57	0.9895
40	0.9945
100	0.9991
infinite	1

Tablo 1: İnce dairesel numunenin boyutlarına göre kullanılacak düzeltme katsayısı değerleri

Eğer numune dikdörtgen bir şekle sahip ise; w: Numune genişliği, l: Numune uzunluğu, s: Probe pinleri arasındaki mesafe (10 mm) değerlerinin birbirine olan oranına göre düzeltme katsayısı aşağıda yer alan tablo 2'ye göre belirlenmelidir.



Resim 6: Probe pozisyonun dikdörtgen bir numunede gösterimi l ≥ w

w / s	l / w = 1	l / w = 2	l / w = 3	l / w = 4
1			0.2204	0.2205
1.25			0.2751	0.2751
1.5		0.3263	0.3286	0.3286
1.75		0.3794	0.3803	0.3803
2		0.4292	0.4297	0.4297
2.5		0.5192	0.5194	0.5194
3	0.5422	0.5957	0.5958	0.5958
4	0.6870	0.7115	0.7115	0.7115
5	0.7744	0.7887	0.7887	0.7887
7.5	0.8846	0.8905	0.8905	0.8905
10	0.9313	0.9345	0.9345	0.9345
15	0.9682	0.9696	0.9696	0.9696
20	0.9822	0.9830	0.9830	0.9830
40	0.9955	0.9957	0.9957	0.9957
∞	1	1	1	1

Tablo 2: Dikdörtgen numunenin boyutlarına göre kullanılacak düzeltme katsayısı değerleri

Yukarıda Tablo 1 ve Tablo 2'de görülebileceği gibi numune boyutlarının probe pinleri arasındaki mesafeye (s) oranı ne kadar büyük ise düzeltme katsayısının etkisi o kadar azalmaktadır. Dolayısıyla mümkünse numune hazırlanırken boyutlarının probe pinleri arasındaki mesafeye göre büyük hazırlanması ölçümler sırasında kolaylık sağlayacaktır.

Bir diğer düzeltme katsayısı ise numunenin kalınlığına göre belirlenmektedir. Numunenin kalınlığının iki pin ucu arasındaki mesafeye oranına göre, numunenin ince film mi yoksa kalın film mi olduğuna kara verilir. Eğer numunenin kalınlığı iki pin ucu arasındaki mesafenin (s)

0.625 katından küçükse numune ince film olarak, büyükse kalın film numune olarak adlandırılabilir. İki pin ucu arasındaki mesafe (s) 10 mm olduğundan, kalınlığı 6.25 mm'ye

kadar olan numuneler ince film, kalınlığı 6.25 mm'den yüksek olan numuneler kalın film olacaktır. Burada ince film ve kalın film numunelerin kalınlığına göre iki farklı düzeltme katsayısı tablosu kullanılmaktadır.

İnce film numuneler düzeltme katsayısı tablo 3'te gösterilmektedir. Numunenin kalınlığının probe pin mesafesine oranı 0.4'ten düşük ise düzeltme katsayısı 1 olarak kullanılabilir.

t/s	Correction
0.4	0.9995
0.5	0.9974
0.5555	0.9948
0.625	0.9898
0.7143	0.9798
0.8333	0.9600
1.0	0.9214
1.1111	0.8907
1.25	0.8490
1.4286	0.7938
1.6666	0.7225
2	0.6336
2.5	0.5276
3.3333	0.4067
5	0.2753
10	0.1385

Tablo 3: İnce film numunenin kalınlığına göre kullanılacak düzeltme katsayısı değerleri [1]

Kalın film numuneler düzeltme katsayısı tablo 4'te gösterilmektedir. Numunenin kalınlığının probe pin mesafesine oranı 5'ten büyük ise düzeltme katsayısı 1 olarak kullanılabilir.

t/s	Correction
10	0.999

5	0.993
3.3333	0.978
2.5	0.951
2	0.914
1.6666	0.869
1.4286	0.818
1.25	0.766
1.1111	0.714
1	0.665
0.8333	0.577
0.7143	0.505
0.625	0.446
0.5555	0.399
0.5	0.360
0.4	0.288
0	0

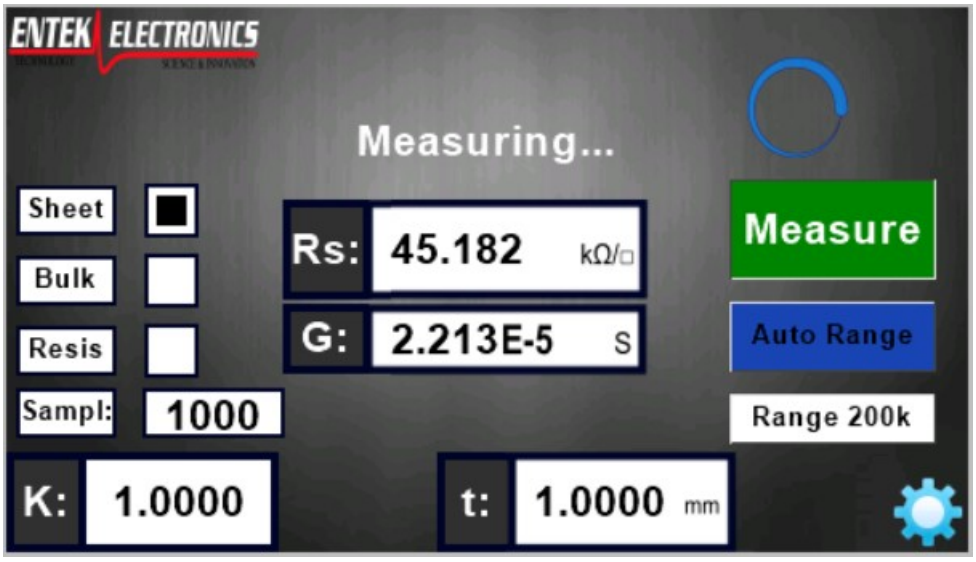
Tablo 4: Kalın film numunenin kalınlığına göre kullanılacak düzeltme katsayısı değerleri [1]

3. İLETKENLİK ÖLÇÜM

A. SHEET RESISTANCE

Literature de aynı zamanda thin film resistance olarak da geçmektedir. Burada hesaplanan Sheet Resistance değerinin birimi [Ω/□] olarak gösterilir. İkinci satırda yer alan değer elektrik iletkenlik değeridir ve birimi Siemens'dir. Parametreler girildikten sonra 'Measure' tuşuna basıldığında önce numunen direnç değerinin olduğu aralık bulunuyor daha sonra Resim 7'de görüldüğü gibi ekranda 'Measuring…' ifadesi yer alıyor. Burada eğer ölçülen direnç değeri 2 MΩ'dan daha büyük ise ekranda 'Over range!' ifadesini göreceksiniz. Çünkü cihaz 2 MΩ'a

kadar olan direnç değerlerini ölçmektedir. Eğer probe pinleri numune üzerinde düzgün bir şekilde oturtulmadıysa ekran 'Please be sure that sample is placed properly!' ifadesini göreceksiniz. Dolayısıyla probe pinlerinin numune üzerinde düzgün bir şekilde oturtulduğundan emin olunuz. Ölçülen direnç değeri R_S'in karşısındaki kutuya, elektrik iletkenlik değeri ise G'nin karşısındaki kutuya yazdırılıyor. Ayrıca sağ alt kısımda ölçülen değerin hangi aralıkta olduğuda gösteriliyor.



Resim 7: Sheet Resistance metodunda ölçüm yapılırken ki ekran görüntüsü

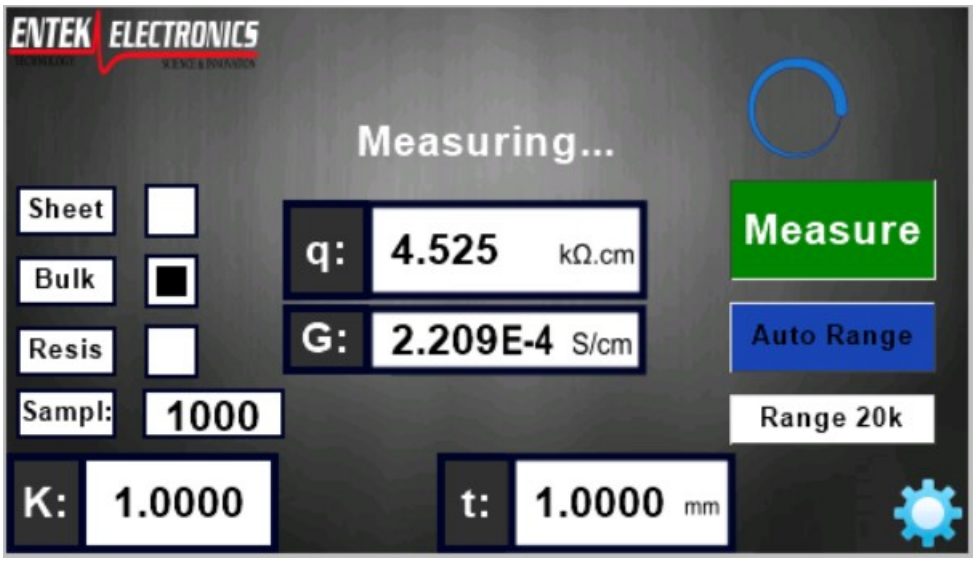
Sheet resistance formülü:

Elektrik iletkenlik formülü:

B. BULK (VOLUME) RESISTIVITY

Bulk resistivity literatür de aynı zamanda volume resistivity olarak da geçmektedir. Burada hesaplanan Bulk Resistivity değerinin birimi [Ω.cm] olarak gösterilir. İkinci satırda yer alan değer elektrik iletkenlik değeridir ve birimi Siemens/cm'dir. Parametreler girildikten sonra 'Measure' tuşuna basıldığında önce numunen direnç değerinin olduğu aralık bulunuyor daha sonra Resim 8'de görüldüğü gibi ekranda 'Measuring…' ifadesi yer alıyor. Burada eğer ölçülen direnç değeri 2 MΩ'dan daha büyük ise ekranda 'Over range!' ifadesini göreceksiniz. Çünkü cihaz 2 MΩ'a kadar olan direnç değerlerini ölçmektedir. Eğer probe pinleri numune üzerinde düzgün bir şekilde oturtulmadıysa ekran 'Please be sure that sample is placed properly!' ifadesini göreceksiniz. Dolayısıyla probe pinlerinin numune üzerinde düzgün bir şekilde

oturtulduğundan emin olunuz. Ölçülen özdirenç değeri q'nun karşısındaki kutuya, elektrik iletkenlik değeri ise G'nin karşısındaki kutuya yazdırılıyor. Ayrıca sağ alt kısımda ölçülen değerin hangi aralıkta olduğuda gösteriliyor.



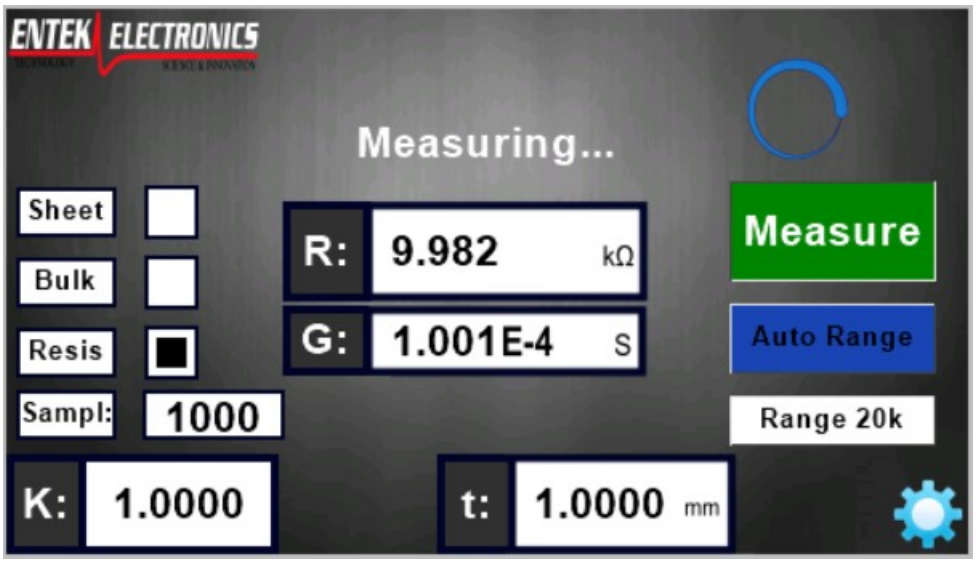
Resim 8: Bulk resistivity metodunda ölçüm yapılırken ki ekran görüntüsü

Bulk resistivity formülü:

Elektrik iletkenlik formülü:

C. RESISTANCE

Burada hesaplanan Resistance değerinin birimi [Ω] olarak gösterilir. İkinci satırda yer alan değer elektrik iletkenlik değeridir ve birimi Siemens/cm'dir. Parametreler girildikten sonra 'Measure' tuşuna basıldığında önce numunen direnç değerinin olduğu aralık bulunuyor daha sonra Resim 9'da görüldüğü gibi ekranda 'Measuring...' ifadesi yer alıyor. Burada eğer ölçülen direnç değeri 2 MΩ'dan daha büyük ise ekranda 'Over range!' ifadesini göreceksiniz. Çünkü cihaz 2 MΩ'a kadar olan direnç değerlerini ölçmektedir. Eğer probe pinleri numune üzerinde düzgün bir şekilde oturtulmadıysa ekranda 'Please be sure that sample is placed properly!' ifadesini göreceksiniz. Dolayısıyla probe pinlerinin numune üzerinde düzgün bir şekilde oturtulduğundan emin olunuz. Ölçülen direnç değeri R'nin karşısındaki kutuya, elektrik iletkenlik değeri ise G'nin karşısındaki kutuya yazdırılıyor. Ayrıca sağ alt kısımda ölçülen değerin hangi aralıkta olduğuda gösteriliyor.



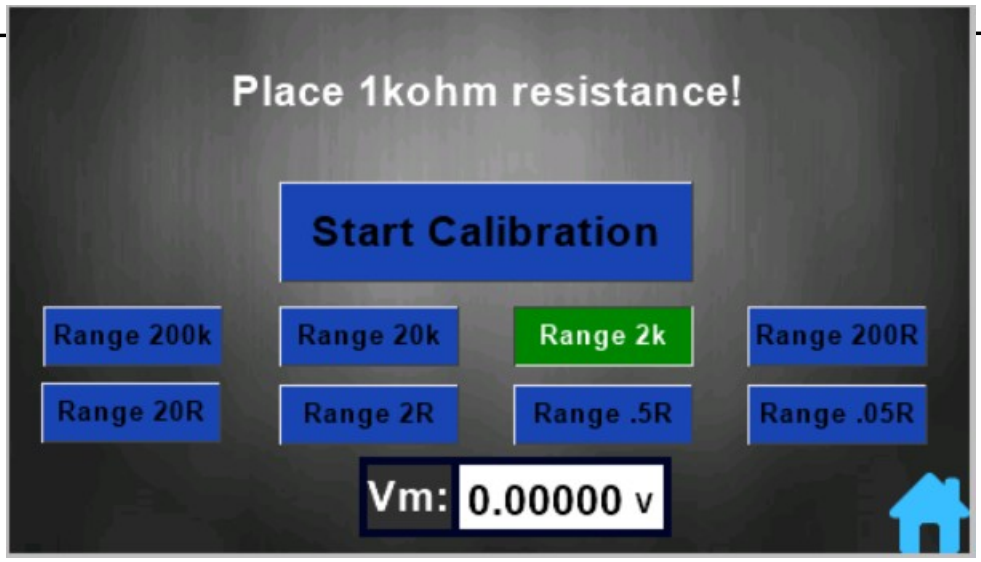
Resim 9: Resistance metodunda ölçüm yapılırken ki ekran görüntüsü

Resistance formülü:

Elektrik iletkenlik formülü:

4. KALİBRASYON

Resim 9'de sağ alt köşedeki 'ayar' ikonuna dokunursanız ekranda Resim 9'da görüldüğü gibi kalibrasyon sayfasını göreceksiniz. Öncelikle kalibrasyonunu yapmak istediğiniz direnç aralığını ekrandan seçiniz. Daha sonra size cihaz ile teslim edilen kalibrasyon dirençlerinden uygun direnç aralığında olanını probe'un altına yerleştiriniz. 'Start Calibration' tuşuna bastıktan sonra kalibrasyon başlayacak ve ekran 'Calibrating!' ifadesi yer alacak. V_m değeri artarak 1.000 V'a ulaştığında kalibrasyon başarılı bir şekilde tamamlanacak ve ekranda 'Calibration was successful!' ifadesi yer alacak. Diğer dirençlerinde kalibrasyonu aynı şekilde tamamlandıktan sonra Resim 10'da sağ alt köşede yer alan 'ev' ikonuna tıklayarak ana ekrana dönülebilir.



Resim 10: Kalibrasyon sayfasının ekran görüntüsü

Referanslar

[1] *Geometric Factors in Four Point Resistivity Measurement*, H. Topsøe, (1966)