



**UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA**

**KESAN RAWATAN HABA TERHADAP SIFAT KENYAL KACA  
TERNARI  $\text{MGCL}_2.\text{ZNO.P}_2\text{O}_5$  DAN  $\text{MGCL}_2.\text{ZNO B202}$ .**

**HASNU RIZAL BIN ZAKARIA.**

**FS 2005 29**



**KESAN RAWATAN HABA TERHADAP SIFAT  
KENYAL KACA TERNARI  
MgCl<sub>2</sub>. ZnO. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DAN MgCl<sub>2</sub>. ZnO. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**HASNU RIZAL BIN ZAKARIA**

**MASTER SAINS  
UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA**

**2005**



**KESAN RAWATAN HABA TERHADAP SIFAT KENYAL  
KACA TERNARI  
MgCl<sub>2</sub>. ZnO. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DAN MgCl<sub>2</sub>. ZnO. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**Oleh**

**HASNU RIZAL BIN ZAKARIA**

**Tesis ini Dikemukakan kepada Sekolah Pengajian Siswazah, Universiti Putra  
Malaysia, Sebagai Memenuhi Keperluan Untuk Ijazah Master Sains**

**April 2005**



**DEDIKASI**

***BUAT EMAM DAN AYAH YANG DICINTAI***

**PUAN RAHMAH BINTI MAJID DAN ZAKARIA BIN  
MD ALI**

***ISTERI TERSAYANG***

**NAZIRAH BINTI MOHD TAHIR**

***ANAK YANG DIKASIHI***

**NURIN QISTINA BINTI HASNU RIZAL**

***INSAN YANG DISANJUNGI***

**PUAN HALIMAH KAMARI  
PROF. MADYA DR WAN DAUD WAN YUSOF  
PROF. MADYA DR SIDEK HJ ABD. AZIZ**

**TERIMA KASIH DI ATAS KESABARAN DAN  
KEPERIHATINAN**



Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Putra Malaysia  
sebagai memenuhi keperluan untuk ijazah Master Sains

**KESAN RAWATAN HABA TERHADAP SIFAT KENYAL  
KACA TERNARI  
MgCl<sub>2</sub>. ZnO. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DAN MgCl<sub>2</sub>. ZnO. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Oleh

**HASNU RIZAL BIN ZAKARIA**

April 2005

**Pengerusi : Profesor Madya Sidek Haji Abdul Aziz, PhD**

**Fakulti : Sains**

Penghasilan kaca dalam pelbagai komposisi pada julat yang luas untuk penggunaan tertentu sedang banyak dilakukan. Dalam kajian ini kesan kemasukkan ion Mg dan Zn dalam set kaca fosfat dan borat dikaji dihasilkan dengan menggunakan penyejukan leburan mendadak. Dua siri kaca ternari telah berjaya disintesis iaitu Magnesium Zink Fosfat [ MgCl<sub>2(1-x)</sub>ZnO<sub>(x)</sub> ]<sub>z</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sub>1-z</sub> dengan peratusan mol z dari 0.5 hingga 0.7 dengan pecahan nilai x antara 0 sehingga 1 dan siri kaca Magnesium Zink Borat [ MgCl<sub>2(1-x)</sub>ZnO<sub>(x)</sub> ]<sub>z</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sub>1-z</sub> juga peratusan mol z dari 0.5 hingga 0.7 dengan pecahan nilai x antara 0 hingga 1. Pengukuran halaju ultrasonik telah dijalankan menggunakan sistem pemperolehan data ultrasonik MBS 8000. Ketumpatan kaca tersebut diukur dengan menggunakan prinsip Archimedes. Daripada halaju dan ketumpatan, ciri-ciri kenyal kaca boleh di dapati.



Modulus Young, modulus pukal dan suhu Debye didapati meningkat dengan penambahan kandungan ZnO dan mula berkurangan dengan penambahan MgCl<sub>2</sub>. Modulus kenyal kedua-dua siri kaca di dapati meningkat dengan penambahan ZnO tetapi corak suhu debye berkurangan dengan meningkatnya MgCl<sub>2</sub>. Ciri-ciri kenyal di dapati berkait rapat dengan kekuatan rangkaian dan struktur kaca. Apabila kedua-dua siri kaca dikenakan rawatan haba, didapati berlakunya peningkatan bagi modulus kenyal dan dapat diperhatikan bahawa kaca semakin tegar dan struktur kaca semakin kuat.

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Putra Malaysia in fulfilment of the requirement for the degree of Master of Science

**EFFECT AND HEAT TREATMENT ON THE ELASTIC PROPERTIES  
OF  $\text{MgCl}_2$ .  $\text{ZnO}$ .  $\text{P}_2\text{O}_5$  AND  $\text{MgCl}_2$ .  $\text{ZnO}$ .  $\text{B}_2\text{O}_3$  GLASSES**

By

**HASNU RIZAL BIN ZAKARIA**

April 2005

**Chairman : Associate Professor Sidek Haji Abd. Aziz, PhD**

**Faculty : Science**

Glasses in various compositions are being produced intensively over a very wide range for a variety of application. In this studies, effect of Mg and Zinc ions on series of phosphate and borate glass former are being studied. Two series of ternary glasses have been successfully synthesized i.e; Magnesium Zink phosphate [  $\text{MgCl}_{2(1-x)}\text{ZnO}_{(x)}$  ]<sub>z</sub> ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )<sub>1-z</sub> with percentage mole z from 0.5 to 0.7 with value of x from 0 to 1 and Magnesium Zink Borate [  $\text{MgCl}_{2(1-x)}\text{ZnO}_{(x)}$  ]<sub>z</sub> ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )<sub>1-z</sub> with percentage mole z from 0.5 to 0.7 with value of x from 0 to 1 to. The ultrasonic velocities of the glass were measured by using the MBS 8000 ultrasonic data acquisition system. The densities of each sample were determined by using the Archimedes' principle. From ultrasonic velocities and densities the elastic properties of these glasses were then obtained. Young's modulus, bulk modulus and Debye temperature of ternary magnesium zinc phosphate and borate were found to increase with mole fraction of ZnO and start to decrease when the mole fraction of  $\text{MgCl}_2$  are added into the glass network. The Young's modulus and bulk



modulus of magnesium zinc phosphate and magnesium zinc borate were increase with addition of ZnO but the Debye temperature was decreased with the addition of MgCl<sub>2</sub>. The elastic properties of these glasses are closely related to the strength of glass networks and structure. Both series of glasses were found to have an increase in elastic modulus with temperature. After heat treatment it was observed that glass became more rigid and structure of glass became stronger.





## PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Bersyukur saya kehadiran Allah s.w.t kerana dengan limpah kurnia dan izinNya telah memberikan saya kesabaran, kekuatan, ketekunan dan keazaman untuk saya menyempurnakan kajian dan penulisan tesis ini terbaik yang mungkin

Jutaan terima kasih saya tujukan kepada penyelia saya, Prof. Madya Dr. Sidek b. Hj. Abd. Aziz di atas segala pemerhatian, kesabaran dan nasihat serta teguran yang membina dari awal hinggalah ke akhir sepanjang saya menjalankan program sarjana ini.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Ahli Jawatan Kuasa Penyelidikan yang lain iaitu Profesor Madya Dr. Wan Daud b. Wan Yusoff dan Prof. Madya Dr. Chow Sai Pew yang telah memberi teguran, tunjuk ajar dan pemerhatian yang mendalam dalam usaha menyiapkan kajian ini.

Jutaan terima kasih kepada Puan Halimah Kamari yang begitu mengambil berat tentang saya dan begitu banyak memberi sokongan dan panduan dalam kehidupan saya dan juga menyiapkan tesis saya. Sesungguhnya dorongan dan pertolongan yang diberikan memberi keyakinan dan semangat kepada saya. Hanya Allah s.w.t yang mendapat membalas jasa mereka.

Kepada bonda dan ayahanda tercinta Puan Rahmah Binti Majid dan Zakaria Bin Md Ali dan juga ahli keluarga yang sanggup berkorban masa dan wang ringgit dan memberi



sokongan moral yang diberikan memberi semangat untuk saya menyiapkan tesis saya. Semoga segala pengorbanan mereka berbaloi dengan kejayaan saya ini.

Tidak dilupakan pada isteri tersayang Nazirah Mohd Tahir kerana masih setia pada diri ini walaupun kesibukan sentiasa memisahkan kita.

Akhir sekali saya mengucapkan terima kasih di atas segalanya kepada mereka yang terlibat baik secara langsung atau tidak langsung dalam menyiapkan kajian ini.

## JADUAL KANDUNGAN

### Muka Surat

DEDIKASI	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
PENGHARGAAN	vii
PENGESAHAN	ix
PERAKUAN	xi
SENARAI JADUAL	xvi
SENARAI RAJAH	xvii
SIMBOL DAN SINGKATAN	xx

### BAB

#### I PENGENALAN

Pengenalan	1
Sejarah Kaca	3
Penggunaan Kaca Dan Kepentingan Komersial	5
Objektif	7

#### II SOROTAN LITERATUR

Pengenalan	8
Kajian Ultrasonik	9
Kaca Borat	10
Kaca Fosfat	10
Sifat kekenyalan dan mikrostruktur	12
Ringkasan	14

#### III TEORI KACA DAN TEORI KEKENYALAN ULTRASONIK

Pengenalan	16
Takrifan Kaca	17
Sebatian Pembentuk Kaca	19
Rangkaian Pembentuk	20
Rangkaian Pengubahsuaian	21
Sebatian Perantaraan	22
Kaca Fosfat	22
Kaca Borat	28
Anomali Oksida Boron	29
Struktur Kaca Alkali Borat	31
Kekuatan Ikatan komponen Kaca Oksida	31
Rawatan haba dan Penguatan (Tempering)	33



Halaju Ultrasonik	37
Transduksi Ultrasonik	37
Pantulan Ultrasonik	38
Teori Halaju Ultrasonik	40
Geometri Sampel	44
Halaju Gelombang Membujur Dan Gelombang Ricih	47
Halaju Gelombang Membujur	47
Halaju Ricih	48
Pelekatan Transduser Kepada Sampel	50
Kaitan Antara Halaju Ultrasonik Dan Modulus Kenyal	51
Nisbah Poisson	54
Suhu Debye	54
Ringkasan	55
<b>IV    METODOLOGI</b>	
Pengenalan	58
Praleburan Bahan-bahan kimia	59
Proses Sepuh lindap	61
Pemotongan dan Penggilapan	62
Pencirian Sampel	63
Rawatan Haba	69
Ralat Ujikaji	70
Ringkasan	71
<b>V     HASIL DAN PERBINCANGAN</b>	
Pengenalan	72
Hasil Perbincang Bagi Kaca Magnesium Zink Fosfat	72
Ketumpatan	72
Halaju Gelombang Ultrasonik	75
Perubahan Pemalar Kenyal Terhadap Komposisi	77
Nisbah Poisson	71
Suhu Debye	71
Kesan Rawatan Haba Ke atas Kaca Magnesium Zink Fosfat	82
Halaju Gelombang Ultrasonik	85
Pemalar Kenyal	89
Nisbah Poisson	98
Suhu Debye	100
Hasil Perbincangan Bagi Kaca Magnesium Zink Borat	103
Ketumpatan	103
Halaju Ultrasonik	106
Modulus Kenyal	108
Modulus Pukul	110
Modulus Young	111



Nisbah Poisson	112
Suhu Debye	113
Kesan Rawatan Haba Ke Atas Kaca Magnesium Zink Borat	114
Halaju Gelombang Ultrasonik	117
Modulus Kenyal	121
Nisbah Poisson	129
Suhu Debye	131
Perbincangan Keseluruhan	133
Perbandingan Kaca Magnesium Zink Fosfat dan kaca magnesium zink borat	134
Kesan Rawatan Haba Ke Atas Kaca Fosfat dan Kaca Borat	139
Ringkasan	141
<b>VI KESIMPULAN</b>	
Pengenalan	143
Kesimpulan	143
Cadangan dan Kajian Lanjutan	145
<b>BIBLIOGRAFI</b>	146
<b>BIODATA PENULIS</b>	151
<b>PENERBITAN DARI KAJIAN</b>	152



## SENARAI JADUAL

<b>Jadual</b>	<b>Mukasurat</b>
3.1 Klasifikasi kation mengikut kekuatan medan.	20
3.2 Kekutan ikatan komponen kaca oksida (perantaraan).	32
3.3 Kekutan ikatan komponen kaca oksida (pengubahsuaian rangkaian).	33
5.1 Nilai ketumpatan dan halaju ultrasonik bagi kaca magnesium zink fosfat.	72
5.2 Nilai pemalar kenyal dan suhu Debye bagi kaca magnesium zink fosfat.	75
5.3 Nilai ketumpatan dan halaju ultrasonik bagi kaca magnesium zink borat.	103
5.4 Nilai pemalar kenyal dan suhu Debye bagi kaca magnesium zink borat.	104



## SENARAI RAJAH

Rajah	Mukasurat
3.1 Skema kesan penambahan alkali Na <sub>2</sub> kepada silikat.	21
3.2 Struktur PO <sub>4</sub> .	23
3.3 Struktur molekul P <sub>4</sub> O <sub>10</sub> .	24
3.4 P <sup>5+</sup> dan Al <sup>3+</sup> menggantikan Si <sup>4+</sup> (Vogel, 1994).	25
3.5 Ikatan P-O adalah lebih kuat pada kedudukan tengah berbanding dengan kedudukan pada kumpulan akhiran.	26
3.6 Skema sebahagian contoh kumpulan fosfat yang hadir dalam kaca fosfat.	27
3.7 Pengujudan oksigen tanpa titian dengan menambahkan alkali (Vershneya, 1994).	28
3.8 Pengujudan kumpulan BO <sub>3</sub> dengan menambahkan oksid alkali (Vershneya, 1994).	29
3.9 Perubahan pekali pengembangan linear sebagai fungsi komposisi bagi kaca binari litium, natrium dan potassium borat (Vogel, 1994).	30
3.10 Kecerunan suhu parabola menghasilkan permukaan mampatan yang dua kali ganda magnitud tegangan dalaman.	35
3.11 Cadangan jadual untuk sepuh lindap bahan kaca silika batu kapur perniagaan (Ihsan Corning Inc.).	36
3.12 Arah-arrah perambatan bagi struktur berbentuk hablur kubus.	41
4.1 Acuan berbelah silinder besi.	58
4.2 Skema bagi sistem pengukuran MBS-8000.	62
4.3 Transduser Kuarza Plat Emas.	65
4.4 Pemegang sampel dan prob.	65
4.5 Paparan dedenyut (pulse) pada monitor.	66



5.1	Perkaitan antara ketumpatan terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink fosfat.	71
5.2	Perkaitan antara halaju ultrasonik terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink fosfat.	74
5.3	Perkaitan antara modulus kenyal terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink fosfat.	77
5.4	Perkaitan antara nisbah Poisson terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink fosfat.	78
5.5	Perkaitan antara suhu Debye terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink fosfat.	80
5.6	Perkaitan antara ketumpatan kaca magnesium zink fosfat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	82
5.7	Perkaitan antara halaju membujur kaca magnesium zink fosfat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	85
5.8	Perkaitan antara halaju melintang kaca magnesium zink fosfat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	86
5.9	Perkaitan antara $C_{11}$ dan modulus Young kaca magnesium zink fosfat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	91
5.10	Perkaitan antara $C_{44}$ dan modulus pukal kaca magnesium zink fosfat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	95
5.11	Perkaitan nisbah poisson kaca magnesium zink fosfat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	97
5.12	Perkaitan antara suhu Debye kaca magnesium zink fosfat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	99
5.13	Perkaitan antara ketumpatan terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink borat.	102
5.14	Perkaitan antara halaju membujur terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink borat.	105
5.15	Perkaitan antara halaju melintang terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink borat.	106





5.16 Perkaitan antara $C_{11}$ terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink borat.	107
5.17 Perkaitan antara modulus pukal dengan pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink borat.	108
5.18 Perkaitan antara modulus Young dengan pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink borat.	109
5.19 Perkaitan antara Nisbah Poisson terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink borat.	111
5.20 Perkaitan antara Suhu Debye terhadap pecahan nilai X bagi kaca magnesium zink borat.	112
5.21 Perkaitan antara ketumpatan kaca magnesium zink borat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	114
5.22 Perkaitan antara halaju membujur kaca magnesium zink borat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	117
5.23 Perkaitan antara halaju melintang kaca magnesium zink borat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	119
5.24 Perkaitan antara modulus Young kaca magnesium zink borat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	121
5.25 Perkaitan antara modulus pukal kaca magnesium zink borat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	123
5.26 Perkaitan antara $C_{11}$ kaca magnesium zink borat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	125
5.27 Perkaitan antara $C_{44}$ kaca magnesium zink borat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	127
5.28 Perkaitan antara nisbah Poisson kaca magnesium zink borat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	129
5.29 Perkaitan antara Suhu Debye kaca magnesium zink borat terhadap perubahan suhu sepuh lindap.	131



## SIMBOL DAN SINGKATAN

$V_L$	=	Halaju gelombang membujur
$V_S$	=	Halaju gelombang melintang
$\rho$	=	Ketumpatan bahan
$\rho_s$	=	Ketumpatan Sampel
$\rho_{as}$	=	Ketumpatan aseton
$W_a$	=	Berat sampel dalam udara
$W_{as}$	=	Berat sampel dalam aseton
$R$	=	Pekali pantulan
$Z_1$	=	Impedens akustik bahantara pertama
$Z_2$	=	Impedens akustik bahantara kedua
$\sigma$	=	Tegasan linear
$C$	=	Pemalar tensor kenyal
$\varepsilon$	=	Terikan linear
$u$	=	Vektor pergerakan satah
$n$	=	Vektor unit bersudut tegak dengan muka gelombang
$E$	=	Modulus Young
$G$	=	Modulus ricih
$K$	=	Modulus pukal
$\nu$	=	Nisbah Poisson
$S$	=	Komplians
$Y_L$	=	Modulus kekakuan berkesan

$Y_0$	=	Modulus kekakuan
$\theta$	=	Suhu Debye
$h/k$	=	Pemalar Planck
$P$	=	Nombor atom per molekul
$N$	=	Nombor Avogadro
$M$	=	Berat atom min
$T$	=	Suhu Mutlak
$C_P$	=	Haba tentu tegasan tetap terma
$\alpha$	=	Pekali pengembangan terma
$F_b$	=	Pemalar daya pembengkokan
$l$	=	Garis pusat cincin atom
$N_b$	=	Bilangan ikatan atom A-O dalam cincin
$r$	=	Panjang ikatan A-O

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **Pengenalan**

Pembuatan kaca telah lama dimulakan bagi kegunaan pelbagai bidang. Walaupun demikian, teknologi kaca sering memerlukan beberapa pembaharuan dan perubahan mengikut perkembangan penyelidikan semasa. Pengetahuan tentang penggunaan kaca pula semakin meningkat dari tahun ke tahun dan ini secara tidak langsung telah menolong perkembangan industri kaca.

Kaca menunjukkan banyak sifat kimia dan fizikal yang berbeza. Ini disebabkan oleh julat komposisi kaca yang meluas yang boleh disintesis daripada bahan mentah yang sedia ada. Walaupun sukar mensintesis kaca daripada bahan mentah, para saintis masih berminat kerana komposisinya yang berbeza pada julat yang luas dan berkemungkinan menghasilkan kaca untuk kegunaan tertentu. Terdapat beberapa perkara penting dalam pembuatan kaca, iaitu kemahiran dalam mencairkan komposisi kaca dan kepandaian merekabentuk model produk yang hendak dihasilkan. Pengalaman membuat kaca sangat perlu dalam perkembangan teknologi kaca kerana mereka yang telah lama berkecimpung dalam bidang ini tidak akan mengalami kesukaran untuk memahami dan menerima penerapan perubahan teknologi kaca yang sentiasa berkembang.



Penemuan pelbagai jenis kaca seperti kaca borosilikat bagi pembuatan kanta telah secara tidak langsung bertanggungjawab dalam perkembangan Sains Astronomi yang dipelopori oleh Galileo. Dengan pengetahuan sains yang lebih luas seperti pembuktian Hukum Boyle atau pembuatan air suling di dalam makmal maka teknologi kaca telah diperluaskan kepada kaedah tiup kaca. Penggunaan kaca untuk kepentingan teknologi adalah berdasarkan kepada beberapa sifat istimewa seperti lutsinar optik, biasan dan serakan, kalis serangan bahan kimia, keseimbangan mekanika dan keseimbangan dalam vakum. Komponen seperti diod dan transistor dibina untuk membuka kepada bidang penggunaan optoeletronik dan juga konsep baru untuk perakam imej.

Dalam sektor perindustrian, kaca merupakan bahan paling akhir mengalami permodenan kerana kaca berada dalam kumpulan kecil pakar pertukangan. Kaca masih dibuat dengan tangan walaupun alat dan mesin digunakan dalam industri lain. Sebagai contoh, pembuatan kaca dalam tahun 1900 tidak jauh bezanya daripada 300 tahun sebelumnya. Namun hasil perkembangan sains yang lain seperti penemuan mikroskop, jangkasuhu dan yang lain telah juga membantu perkembangan industri pembuatan kaca untuk terus berkembang luas terutama di sekitar awal kurun ke tujuh belas. Ini adalah suatu hal yang amat menguntungkan.



## Sejarah Kaca

Sejarah pembuatan kaca dipercayai bermula pada tahun 3000 sebelum masihi di Mesopotamia, iaitu disekitar Iraq dan Syria. Namun begitu, rekod bertulis menunjukkan bahawa pembuatan kaca hanya berlaku dan dicatatkan di sekitar tahun 650 sebelum masihi. Bukti arkeologi menunjukkan kaca asli telah digunakan oleh manusia semenjak zaman awal lagi. Pada mulanya kaca digunakan sebagai perhiasan kemudian diacuankan dan ditekan menjadi bekas. Pada tahun 1660 Hukum Boyle dapat dibuktikan. Ujikaji tersebut sesungguhnya tidak akan berjaya jika tidak menggunakan peralatan kaca. Walaubagaimanapun, kaca yang dibuat mempunyai ketahanan kimia yang sangat rendah. Ini diikuti dengan penerbitan buku bertajuk 'Optics' oleh Newton pada 1704. Buku ini bukan sahaja mengandungi maklumat yang berkenaan dengan sifat kaca tetapi juga tentang cara membuat hipotesis dan kaedah melakukan ujikaji bagi memeriksa hipotesis yang dibuat.

Stokes, pada tahun 1871 telah berjaya membuat kaca fosfat dan kaca borat. Namun begitu, kandungan kaca tersebut tidak direkodkan. Penyelidikan tentang komposisi kaca pertama kali telah dibuat oleh Abbe dan Schott pada tahun 1881. Beliau juga telah berjaya mencipta kanta berkualiti tinggi untuk kegunaan fotografi. Kajian awal dan asas kaca telah dilakukan oleh Michael Faraday. Beliau mengkaji elektrolisis dan konduktiviti leburan pelbagai kaca dan mendapati sebahagian kaca 'terurai atau mereput' dengan kesan medan. Kaca dengan konduktiviti tinggi mudah mereput. Pada 1920an Profesor W. E. S. Turner dari Jabatan Teknologi Kaca di Sheffield, England