

# 小型表面電荷誘導型 靜電모터의 開發을 위한 研究

이 동 훈\*

A Study on Development of Miniature Size Surface  
Charge Electrostatic Induction Motor

D. H. Lee

**Key words** : Surface resistivity(표면저항율), Dielectric constant(유전율), Relaxation time(완화시간), Continuous coated(연속형), Discrete coated(불연속형)

## Abstract

A miniature size electrostatic induction motor has been fabricated and studied with emphasis on the role of the surface resistivity, the relative dielectric constant of the rotor surface materials and the rotor liner materials, which control the charge induction and relaxation on the rotor surface and the field intensity between the rotor and the stator.

It is found that the higher resistivity and/or the higher relative dielectric constant, concurrently the longer relaxation time constant of the rotor surface materials make the motor speed get higher speed. In case of discrete coated rotor surface it is found that the motor speed was increased logarithmically as narrow as width of the discrete coated Ti. And the degree of width of discrete coated Ti to the axial direction of the rotor was 60° and 150°, the motor has got a 125% higher than that at the degree of 0°.

## 1. 序 論

靜電型電動機는 18~19세기에 걸쳐 많은 研究가 시도되었으나 현재까지 실용에 이르지 못하는 실정이다<sup>1)~6)</sup>. 그러나, 1980年代에 들어 機械, 電氣와 電子産業들의 技術向上과 半導體素子 및 部品の 全般的인 超小型化 趨勢와 실리콘高集

積素子製造技術과 微細構造操作技術(Micromachining technology)이 진전됨에 따라 超小型電動機의 開發이 크게 요구되고, 靜電마이크로전동기가 大量生産性, 效率性, 消費電力의 極小性 등 종래의 磁氣型 電動機가 갖지 못하는 우수한 特性과 再現性을 가짐이 확인 됨에 따라 많은 研究者들에 의해 폭넓은 研究가 수행되고 있는 실정이다<sup>7)~9)</sup>.

\* 정희원, 부산공업대학교

한편, 靜電誘導型電動機의 回轉機構는 固定子에 인가되는 電源周波數의 變化에 따라서 回轉子 表層에는 遲延된 誘起雙極子電荷(Time lag induction of dipole charge)가 유도되어, 이로 인해서 회전력이 발생하므로 回轉子表層에 誘起된 電荷의 密度, 誘起와 緩和時間, 그리고 電荷의 分布와 分散이 靜電誘導型 電動機의 基本特性을 決定하기 때문에 이에 대한 實驗的 研究檢討는 매우 필요한 실정이나 아직 國內外로 크게 研究되지 못한 실정이며, 다만, 이에 대한 이론적인 간단한 검토는 일부 발표된 바 있다<sup>10)</sup>.

본 論文은 마이크로크기의 靜電誘導型電動機의 開發을 위한 基礎研究로서, 비교적 제작이 용이한 센티미터 크기의 전동기를 製作하고, 1 단계 연구로서 回轉子의 全表面을 도전성 및 강유전성 물질로 連續的(Continuous)으로 증착 또는 코팅하여 固定子에 인가되는 電源 및 周波數 變化, 回轉子 材料 內外의 表面抵抗率(Surface resistivity), 比誘電率(Relative dielectric constant) 및 誘起電荷緩和 時定數(Induced charge relaxation time constant)의 變化가 試作된 전동기의 回轉數에 미치는 영향을 검토하고, 2 단계의 연구로서 回轉子의 전표면을 도전성물질인 티타늄 (Titanium)으로 不連續的(Discrete)으로 진공 증착한 물질을 回轉子 表面物質로 사용하였을 때 不連續한 띠의 폭과 경사각의 變化가 전동기의 回轉數에 미치는 영향을 검토하였다<sup>11)~13)</sup>. 따라서 본 논문은 향후 마이크로 크기의 電動機를 제작하는데 필요로 하는 기초 연구자료를 제공하는 데에 그 의의를 찾고자 한다.

## 2. 實驗方法 및 實驗裝置

본 장에서는 靜電誘導型電動機의 제작과 전동기 구동 및 특성을 조사하기 위한 실험장치에 대해서 서술한다. Fig. 1은 本 實驗을 위해 제작된 靜電 誘導型電動機의 外形 사진이다. 전동기의 回轉子는 내부가 빈 絕緣圓筒型(Nylon-66)으로 外徑은 24mm, 內徑은 23mm, 長이는 50mm 로서 직경 2mm의 스테인레스金屬(Stainless steel)棒을 軸 으로하여 支持되어 있고, 質量은 10.00g이다. 또 전동기의 固定子(Nylon-66)는 圓筒型으로 內徑

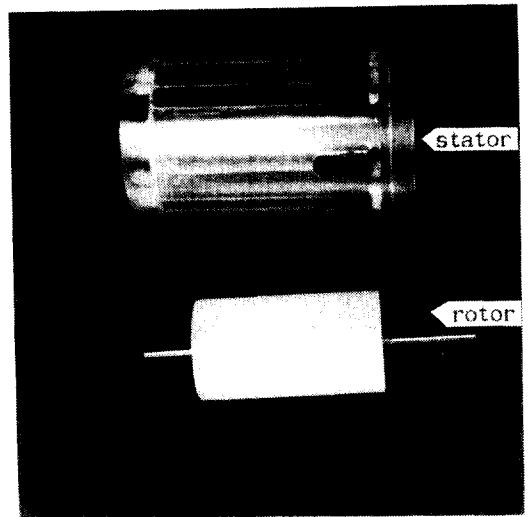


Fig. 1 Photograph of surface charge electrostatic induction motor fabricated

Table 1 Specifications of fabricated motor.

specifications of tested motor	
air gap	0.5 [mm]
outer diameter of rotor	25.0 [mm]
inner diameter of rotor	23.0 [mm]
length of rotor	50.0 [mm]
weight of rotor	10.0 [g]
surface area of rotor	$98.2 \times 10^3$ [mm <sup>2</sup> ]
diameter of stator	26.0 [mm]
width of stator electrode	7.0 [mm]
interelectrode spacing between stator electrode	8.0 [mm]
number of pole pair	2
applied voltage to the motor tested, V	0 - 5000 [V]
applied frequency to the motor tested, f	0 - 300 [Hz]

은 26mm, 長이는 60mm 로서 內部表面(回轉子의 對向面)에는 導電性테이프(Copper tape, 7mm width, 90 $\mu$ m thick)로 된 6개의 固定電極이 回轉子 表面과 對向하여 설치되어 있다.

固定子電極 間의 間隔(Interelectrode spacing)은 좁게 하는 것이 전동기의 小型化 및 固定電極數를 늘릴 수 있는 長點이 있으나, 너무 좁으면 고정자전극 間에 스파크가 발생하기 때문에 印加電壓을 낮게 해야 하는 문제점이 있다. 本 實驗에서는 固定子電極 間의 間隔을 設定하기 위하여 基礎實驗으로서 고정자전극 間隔을 7mm 와 8mm인 경우에 대해 I - V 特性을 測定한 結果 인접 電極間의 部分放電開始電壓이 간격이 8mm일때 약

5.1kV 임을 확인하고, 固定子 電極間의 間隔을 8mm, 最大印加電壓은 약 5kV로 결정하여 실험했다. 또한 回轉子와 固定子사이의 空隙(Air gap)은 토오크를 증가시키기 위해 가능한 적게 할수록 좋으나 固定子와 回轉子사이의 放電特性, 機械的인 製作의 精密性을 고려하여 本實驗에서는 0.5mm로 決定하여 實驗했다.

전동기驅動을 위한 印加電源裝置의 출력과형은 상용의 교류전원과 동일하며, 다만 電壓은 최대 10kV까지, 周波數는 최대 1 kHz 까지 가변되도록 되어 있다. Table 1, 2 및 3은 각각 本實驗을 위하여 제작된 전동기의 상세한 사양과 回轉子表面物質의 電氣의 特性을 나타낸 것으로, Table 2는 回轉子內層物質(Rotor liner materials)의 表面抵抗率의 變化를 위해서 polypropylene sheet(두께 85[μm] PP)를 基本物質로 하여 PP(Polypropylene) 위에 Ti(Titanium, Rare Metal Co., Japan, 4N)을 5Å에서 50Å, 그리고 Ni(Nickel, Catayama Chemical Co., Japan, 4N)을 10Å에서 20Å까지 眞空蒸着裝置(Anelva Co., Japan, EVD-500A)를 이용하여 증착한 回轉子內層物質의 電氣

의 特性을 나타낸다. Table 3에는 回轉子表面物質(Rotor surface materials)의 比誘電率을 變化시키기 위하여 比誘電率이 비교적 큰 BaTiO<sub>3</sub>와 TiO<sub>2</sub>(Aldrich Co., USA)을 10%에서 80%까지 함유량별로 絶緣性結合劑(Resin binder)와 混合해서 攪拌器로 약 800rpm에서 12時間 以上 교반해서 Screen Printer法에 의해 두께 약 20μm로 제작한 回轉子表面物質의 電氣의 特性을 나타내었다.

本實驗에 적용한 表面抵抗率(Surface resistivity) ρ<sub>s</sub>, 比誘電率(Relative dielectric constant) ε<sub>r</sub>은 恒溫恒濕(20℃, 35% RH)의 電磁遮蔽室(Electromagnetic shield room)에서 表面抵抗測定裝置(Hewlett Packard Co., USA, 4329A) 및 digital LCR meter(ED Engineering Co., Korea, EDC-1620)을 사용해서 直接 測定하였다. 또한 전동기의 回轉數는 digital tacho-meter(Ono Sokki Co., Japan, HT-431)로 測定하였으며, 印加電壓 및 周波數는 高電壓測定器(Keithley Co., England, 1600A), 디지털電壓計(Fluke 73) 및 오실로스코프(Gold Star Co., Korea, OS-8020R)을 이용하였다.

Table 2 Electric characteristics of rotor liner materials.

surface materials of the rotor	surface resistivity rs(W/□)	symbol	surface materials of the rotor	surface resistivity rs(W/□)	symbol
polypropylene	8.5 × 10 <sup>11</sup>	PP	Ti 50 Å vapour deposited on polypropylene	2.6 × 10 <sup>9</sup>	
Ti 50 Å vapour deposited on polypropylene	4.3 × 10 <sup>11</sup>	Ti 5 Å	Ni 10 Å vapour deposited on polypropylene	1.4 × 10 <sup>9</sup>	Ni 10 Å
Ti 10 Å vapour deposited on polypropylene	3.2 × 10 <sup>11</sup>	Ti 10 Å	Ni 15 Å vapour deposited on polypropylene	2 × 10 <sup>6</sup>	Ni 15 Å
Ti 20 Å vapour deposited on polypropylene	2.8 × 10 <sup>11</sup>	Ti 20 Å	Ni 20 Å vapour deposited on polypropylene	2 × 10 <sup>6</sup>	Ni 20 Å
Ti 30 Å vapour deposited on polypropylene	3.4 × 10 <sup>10</sup>	Ti 30 Å	copper tape	0	Cu
Ti 40 Å vapour deposited on polypropylene	3.4 × 10 <sup>9</sup>	Ti 40 Å			

Table 3 Electric characteristics of rotor surface materials.

rotor materials	dielectric constant ( $\epsilon_r$ ) at 120 Hz	surface resistivity $\rho_s$ ( $\Omega/\square$ )	relaxation time constant $\tau = \epsilon_0 \epsilon_r \rho_s$ ( $\times 10^{-12}$ sec)	symbol
Binder+10% TiO <sub>2</sub>	10.5	$0.6 \times 10^{10}$	55.8	TiO <sub>2</sub> 10%
Binder+20% TiO <sub>2</sub>	12.5	$0.6 \times 10^{10}$	63.8	TiO <sub>2</sub> 20%
Binder+30% TiO <sub>2</sub>	14.3	$0.6 \times 10^{10}$	76.0	TiO <sub>2</sub> 30%
Binder+50% TiO <sub>2</sub>	20.7	$0.7 \times 10^{10}$	128.3	TiO <sub>2</sub> 50%
Binder+70% TiO <sub>2</sub>	38.6	$0.8 \times 10^{10}$	273.4	TiO <sub>2</sub> 70%
Binder+10% BaTiO <sub>3</sub>	19.2	$0.7 \times 10^{10}$	119.0	BaTiO <sub>3</sub> 10%
Binder+20% BaTiO <sub>3</sub>	27.6	$0.8 \times 10^{10}$	195.5	BaTiO <sub>3</sub> 20%
Binder+30% BaTiO <sub>3</sub>	33.7	$0.8 \times 10^{10}$	238.7	BaTiO <sub>3</sub> 30%
Binder+40% BaTiO <sub>3</sub>	45.9	$0.8 \times 10^{10}$	325.2	BaTiO <sub>3</sub> 40%
Binder+50% BaTiO <sub>3</sub>	57.3	$0.8 \times 10^{10}$	405.9	BaTiO <sub>3</sub> 50%
Binder+60% BaTiO <sub>3</sub>	63.9	$0.9 \times 10^{10}$	509.3	BaTiO <sub>3</sub> 60%
Binder+70% BaTiO <sub>3</sub>	75.5	$0.9 \times 10^{10}$	580.9	BaTiO <sub>3</sub> 70%
Binder+80% BaTiO <sub>3</sub>	85.4	$1.1 \times 10^{10}$	831.8	BaTiO <sub>3</sub> 80%

### 3. 實驗 結果 및 考察

#### 3.1 表面電荷 連續型 전동기의 特性

본 장에서는 靜電誘導型電動機의 無負荷回轉數 特性을 실험적으로 고찰한다. 특히 모든 실험은 再現性을 확인하기 위해서 평균 3회 이상 실험을 하였다. Fig. 2는 靜電誘導型電動機의 動作機構上 가장 중요한 요인중의 하나인 回轉子表層物質(Rotor surface material)의 誘起電荷密度 및 誘起電荷緩和時定數를 결정짓는 比誘電率 및 表面抵抗率이 전동기의 特性에 미치는 영향을 검토하기 위한 실험결과이다. 즉, Fig. 2는 回轉子表層 및 內層物質으로서 표 2 및 표 3에 나타난 것을 사용하였을 경우, 固定子電極에는 제작된 전원장치로부터 3相交流電壓 4.5 [kV](실효값)을 固定 印加하고 인가전압의 周波數만 可變하였을 때 10 種類의 回轉子表層物質에 대한 回轉子의 回轉數  $n$ 의 變化를 나타낸 것이다. 10 種類의 回轉子表層物質 모두 回轉數는 一定 電壓 에서 印加周波數가 증가할수록 直線的으로 증가였다. 한편 周波數가 낮은 15Hz 以下에서 불안정한 상태로 회전하고 周波數가 높아지면

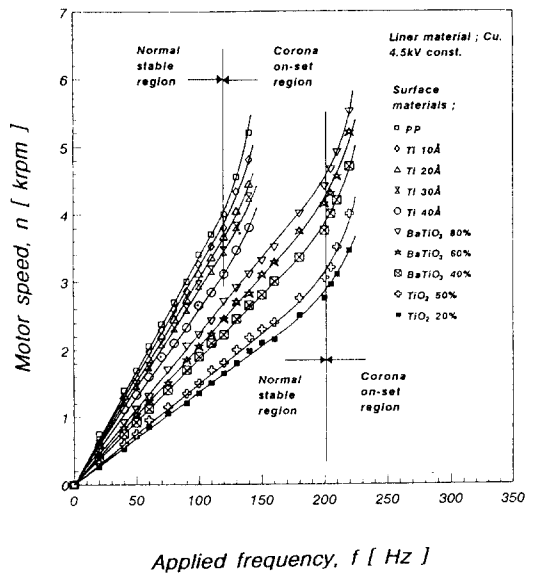


Fig. 2 Motor speed as a function of frequency of power source(liner material ; Cu, V=4.5 [kV]).

전동기의 공극이 容量性負荷이기 때문에 容量임피던스가 적어져서 회전자와 고정자 사이에는 가시적으로는 코로나가 나타날 뿐만 아니라, 입력전류를 측정하기 위한 전류계의 指示値가 급격히 상

승하는 것으로 미루어 보아 공극에서는 部分放電이 발생하고, 이로 인해 공극에는 空間電荷雲이 생성된다. 이러한 空間電荷雲은 회전자의 표면에 유도된 電荷密度의 증가를 가져오는 쪽으로 작용해서 회전수를 급격히 증가시키는 비정상고속회전 상태(Abnormal high speed region)를 보인다. 回轉子表層物質로서 Ti를 眞空 증착한 경우는 印加周波數가 120Hz, BaTiO<sub>3</sub> 및 TiO<sub>2</sub> 粉末을 분산시킨 경우는 印加周波數가 200Hz를 넘으면 固定子와 回轉子 間隔사이에서 부분방전이 발생한다. 이는 도전성물질인 Ti를 증착한 회전자표층물질의 경우는 유전성물질인 TiO<sub>2</sub>나 BaTiO<sub>3</sub>를 분산시킨 경우에 비해서 전하완화시정수가 작기 때문에 인가주파수의 변화에 따른 電荷의 誘起速度 및 誘起電荷密度의 증가가 전동기의 回轉速度變化率을 증가시키기 때문이다. 인가주파수의 변화에 따른 最大回轉數는 회전자표층물질 BaTiO<sub>3</sub> 80%인 시편에서 V=4.5 kV, f=220Hz 일때 약 4500rpm을 나타내었다. 이에 대한 자세한 것은 Fig. 5에서 다시 설명한다.

전술했듯이, 靜電誘導型電動機의 動作機構중 다른 중요한 요인 중의 하나는 誘起 및 誘起電荷의 緩和(Charge relaxation)를 결정하는 回轉子表層 및 內層物質의 電氣抵抗이라고 할 수 있다. 따라서, 回轉子表層 및 內層物質의 電氣抵抗이 回轉子の 回轉數에 미치는 영향을 실험적으로 검토하였다. Fig. 3는 回轉子表層物質로서 표 2 및 표 3에 나타난 것과 같은 PP, Ti 5Å, Ti 15Å, Ti 60Å 및 BaTiO<sub>3</sub> 80%로 하고, 印加電壓 및 周波數를 4.5kV 및 60Hz로 각각 固定하였을때, 回轉子內層物質의 表面抵抗率  $\rho_{sl}$ 의 변화에 따른 回轉子の 回轉數를 나타낸 것이다. 이때 回轉子內層物質의 表面抵抗率의 변화는 回轉子物質의 內側表面에 Ni의 증착량을 적절히 조절함으로써 가능하였다. Fig. 4에서 보듯이 回轉子內層物質의 表面抵抗率이 增加할수록 回轉子の 回轉數가 減少함을 보여준다. 이는 回轉子內層物質의 表面抵抗率이 적을수록 回轉子表面上的 誘起分極된 雙極子の 밀집상태를 균일하게 함으로서 상대적으로 誘起電荷數를 증가시킨 것과 같은 효과를 갖기 때문이다.

Fig. 4는 回轉子內層物質로서 Cu, Ni 10Å 및

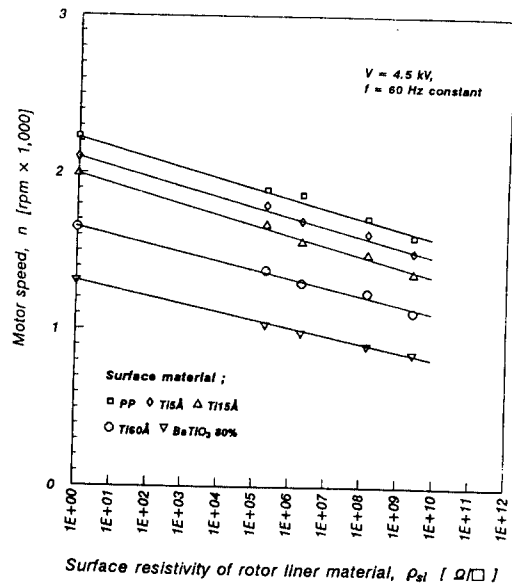


Fig. 3 Motor speed as a function of surface resistivity of rotor liner material

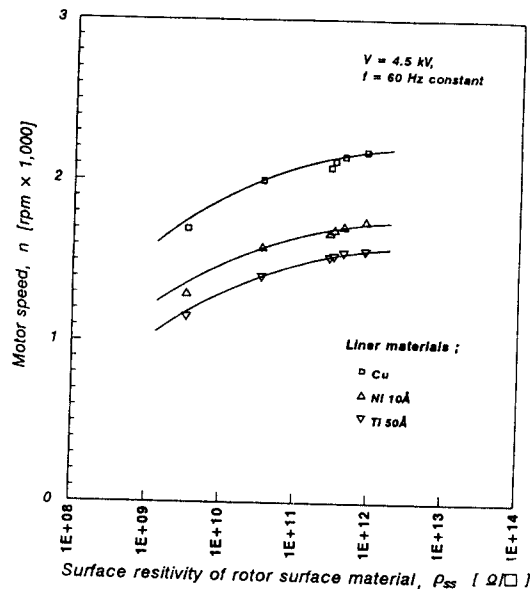


Fig. 4 Motor speed as a function of surface resistivity of rotor surface material

Ti 50Å을 사용하고 回轉子表層物質의 表面抵抗率  $\rho_{ss}$ 의 變化에 따른 回轉子の 回轉數를 나타낸 것이다. 이때 回轉子表層物質의 表面抵抗率의 變化는 回轉子の 內측표면에 Ti의 증착량을 조절함으로써 가능하였다. 回轉子表層物質의 表面抵抗率이 增加할수록 回轉數가 完滿히 增加하면서 어

는 값 이상으로 되면 포화됨을 보여 주었다. 이는 회轉子表層物質의 表面抵抗率이 적을수록 회轉子表層物質의 表面上에 誘起된 電荷의 緩和時間이 짧아지고, 이로 인하여 상대적인 誘起電荷密度가 작아지기 때문에 회轉子の 회轉數가 감소한다. 또한 表面抵抗率이 증가 할수록 회轉子表層物質의 表面上에 誘起된 電荷의 緩和時間이 비교적 길어지기 때문에 誘起電荷의 殘存時間이 커짐에 따라 殘存誘起電荷密度가 상대적으로 커져서 회轉數가 증가하기 때문이다. 그러나 表面抵抗率  $\rho_{ss}$  가  $10^{12} \Omega/\square$  이상 되면 유기된 電荷의 緩和時間이 너무 길어져서 오히려 殘存誘起電荷密度가 어느값에서 포화됨으로 인해 회轉속도가 일정한 값으로 된다. 따라서, 실용적인 면에서는 회轉子表層物質로서는 電氣抵抗이 큰 물질을, 內層物質로서는 電氣抵抗이 작은 물질을 사용함이 좋다.

Fig. 5는 회轉子表層物質의 比誘電率  $\epsilon_r$ 의 변화와 印加電壓을 4.1kV, 4.5kV, 4.7kV, 4.9kV 및 5.1kV로 변화시켰을 때의 회轉子の 회轉數特性을 나타낸 것으로 印加電壓이 낮은 4.1kV, 4.5kV, 4.7kV의 경우에는  $\epsilon_r$ 의 값이 50일 때 까지는 회轉數가 완만히 증가하다가  $\epsilon_r$ 이 60 이상이 되면 회轉數가 서서히 飽和하는 경향을 보여준다. 한편 인가 전압이 높은 4.9kV 및 5.1kV에서는  $\epsilon_r$ 의 값이 50

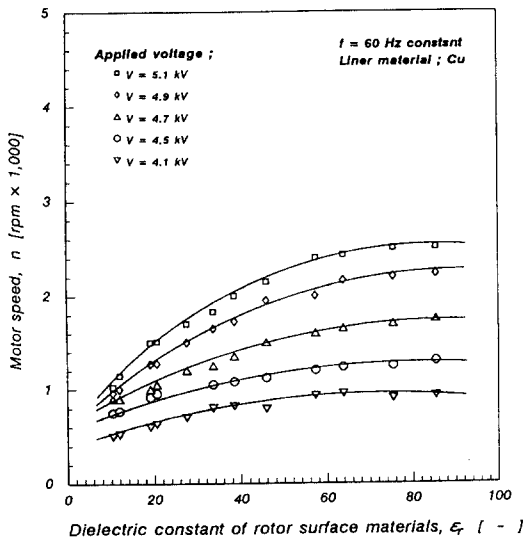


Fig. 5 Motor speed as a function of dielectric constant of rotor surface material

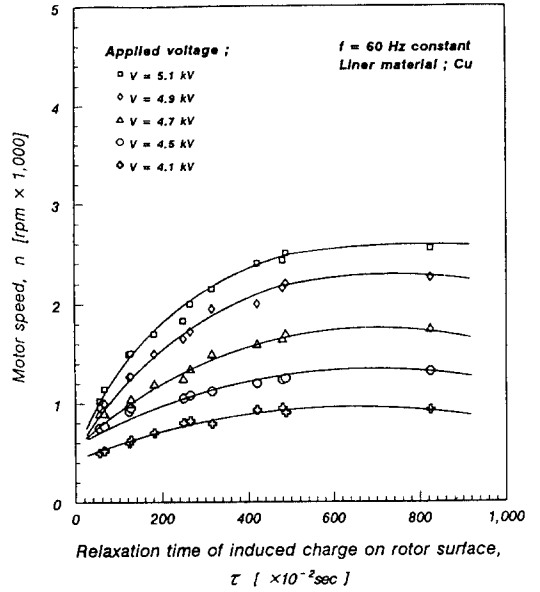


Fig. 6 Motor speed as a function of charge relaxation time constant of rotor surface material

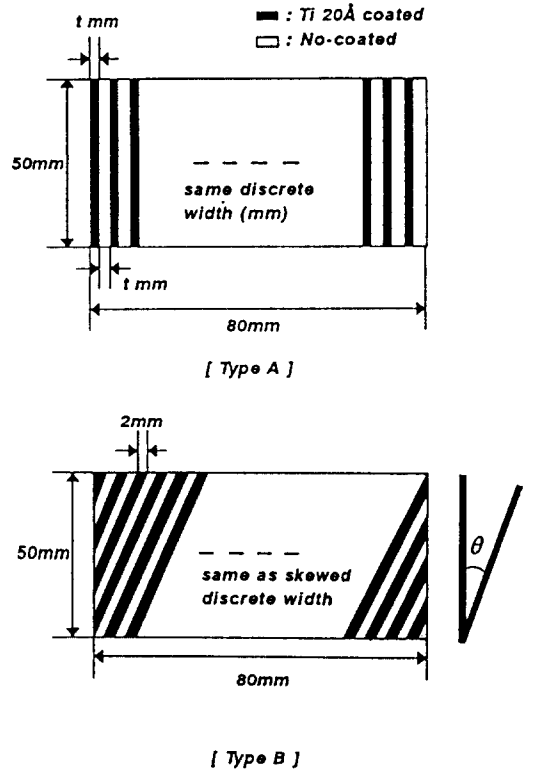


Fig. 7 Discrete type for rotor surface materials.

일 때 까지는 回轉數가 급격히 증가하다가 그 이후에는 低電壓의 경우와 같이 서서히 飽和하는 경향을 나타냈다. 이와 같이 回轉子表層物質의  $\epsilon_r$ 이 클수록 回轉子의 回轉數가 增加하는 이유는 單位面積當 誘起分極된 電荷의 數가  $\epsilon_r$ 에 비례하여 증가하지만,  $\epsilon_r$ 의 값이 50 또는 60 이상으로 커지면 誘起分極의 수가 포화하여 더 이상 回轉數를 상승시

키지 못하고 어느 일정한 값으로 되기 때문이다.

한편, Fig. 2, 3, 4 및 5의 실험결과로부터 구한 回轉子表層物質의 表面上의 誘起電荷의 電荷緩和時定數(Charge relaxation time constant)  $\tau$ 의 변화에 따른 回轉子의 回轉數特性을 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 보듯이 回轉子表層物質의 종류에 관계없이 回轉子表層物質의 電荷緩和時定數가 5

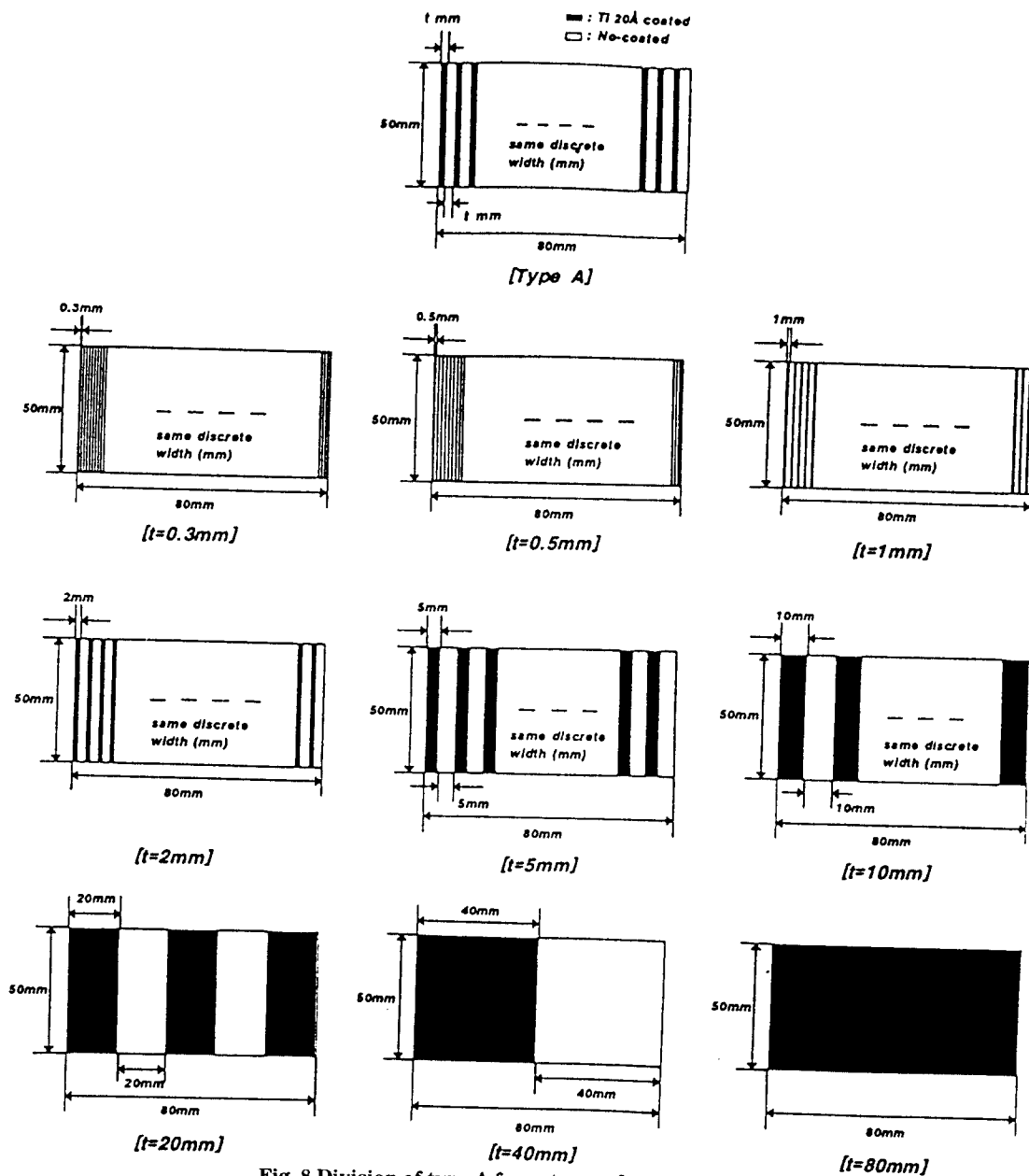


Fig. 8 Division of type A for rotor surface material.

秒 이내에서는 電荷緩和時定數의 증가에 따라 回轉數가 증가하나, 電荷緩和時定數가 5秒 이상으로 커지면 回轉數의 回轉數는 Fig. 4 및 5와 같이 어느 일정한 값으로 飽和하였다.

### 3.2 表面電荷 不連續型 電動機의 特性

앞에서 실험한 연속형의 回轉數表面物質을 갖는 回轉數의 回轉數特性을 개선하기 위하여 PP위에 Fig. 7과 같이 Ti을 不連續的(Discrete)으로 증착 처리하였다. 이와 같은 不連續型의 구조에 대하여 실험을 하게 된 이유는 靜電誘導型電動機의 동작기구상 중요한 요인으로 지적해왔던 回轉數表面物質의 誘起電荷 및 電荷緩和時定數를 回轉數의 全表面에 걸쳐 일정하게 하지 않고 不連續적으로 분산시킴으로서 상대적으로 回轉數의 回轉數가 증가할 것이라고 생각할 수 있기 때문이다. 不連續인 回轉數表面物質을 갖는 電動機의 特性을 具體적이고 組織적으로 조사하기 위해서 Fig. 7 중에서 A형을 다시 균등하게 세분화한 것을 Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 9는 回轉數表面物質을 Fig. 8에서의 등간격(t)의 변화에 따른 回轉數의 回轉數特性을 조사한 것이다. 등간격(t)가 적어질수록 回轉數의 回轉數는 거의 지수함수적으로 증가함을 알 수 있다. 이는 固定子에 인가한 3상 교류전압의 주파수 변화에 따른 回轉數表面上的 誘起雙極子電荷密度 및 誘起電荷緩和時定數가 세분된 등간격이 많을수록 커지게 되므로 固定子上的 回轉數電荷와 回轉數上的 誘起電荷와의 반발력이 커져서 回轉數의 回轉數速度를 증가시키기 때문이다. Fig. 9으로부터 최소자승법에 의해 回轉數特性을 회귀해 보면 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$n = \frac{V}{5} [445.8 - 738.38 \log t + 51.641 f] \text{ [rpm]}$$

여기서 n은 회전수 [rpm], V는 인가전압 [V], t는 등간격의 폭 [mm], f는 인가주파수 [Hz]이다.

Fig. 10은 Fig. 8에 부가해서 등간격(t=2 mm)으로 세분화한 것을 回轉數의 축에 대해서 경사각 θ만큼 기울인 회전자표층물질의 구조를 나타낸 것이다. Fig. 11은 Fig. 10의 시료를 回轉數表面物質

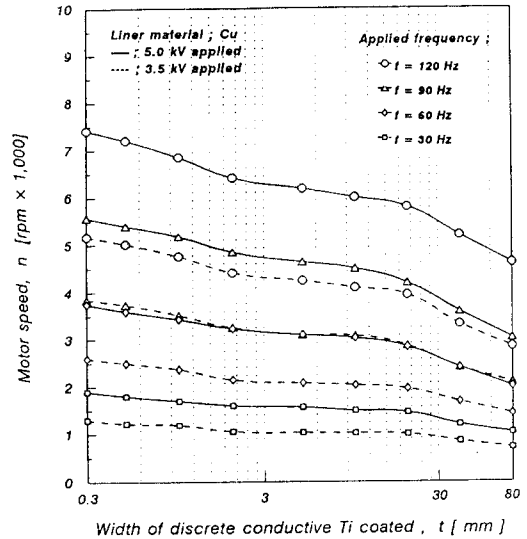


Fig. 9 Motor speed as a function of width of discrete in type A

로 하고 回轉數內層物質로서는 Cu로 하여, 인가주파수를 30Hz에서 120Hz까지 변화시켰을 때 경사각의 변화에 따른 回轉數의 回轉數特性을 보여준 것이다. 경사각 θ의 변화에 따른 回轉數의 回轉數는 경사각 θ=60° 및 150°일 때가 가장 큰 것으로 나타났으며, 이때 경사각 θ=0°일 때에 비해서 약 125% 정도 높은 回轉數를 나타냈다. 만약 Fig. 11과 달리 回轉數의 회전방향이 반시계방향(Anti-clockwise)이라면, Fig. 11로부터 미루어 볼 때 回轉數의 回轉數는 경사각 θ=30° 및 120°일 때가 상대적으로 가장 크게 될 것이다. 이는 등간격의 띠가 회전방향으로 경사각을 가지므로서, 誘起雙極子の 密度가 回轉數方向으로 附加해서 증가되어 回轉數의 回轉數를 상승시킨 요인으로 작용하기 때문이다.

### 4. 結 論

超小型 靜電誘導型電動機의 開發을 위한 基礎研究로서, 電動機의 固定子에 인가하는 電壓의 주파수, 회전자표층물질 및 내층물질의 표면저항율, 비도전율 및 전하완화 시정수의 변화에 따른 회전자의 회전특성을 조사하였다. 또한 回轉數表面物質로서 도전성물질(titanium)을 PP위에 不連續



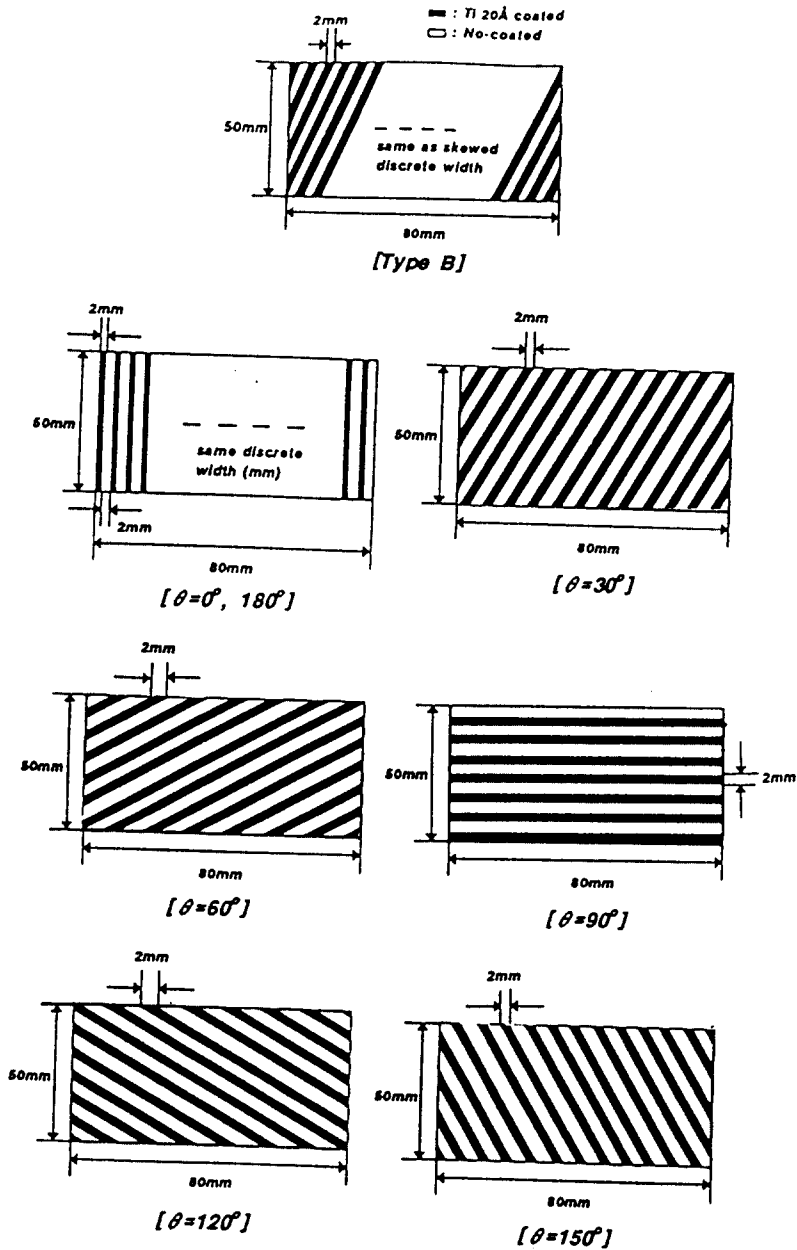


Fig. 10 Division of type B for rotor surface material.

的으로, 즉 띠의 모양으로 증착한 시료를 사용하여 띠의 폭 및 경사각의 변화에 따른 회전자의 회전수 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

4.1 連續型 電動機 경우 ;

(1) 印加電壓이 일정할 때는 印加周波數의 增加

에 따라서 回轉子의 回轉數가 直線的으로 增加함을 보여 주었으나, 印加周波數가 크게 增加하여 臨界周波數(120Hz, 200Hz) 以上の 周波數에서는 固定子와 回轉子 사이에 部分放電이 발생하여 轉동기는 非正常的으로 급속히 增加하는 高速回轉現象을 보였다.

(2) 本 轉동기의 경우 回轉數가 印加周波數 變化

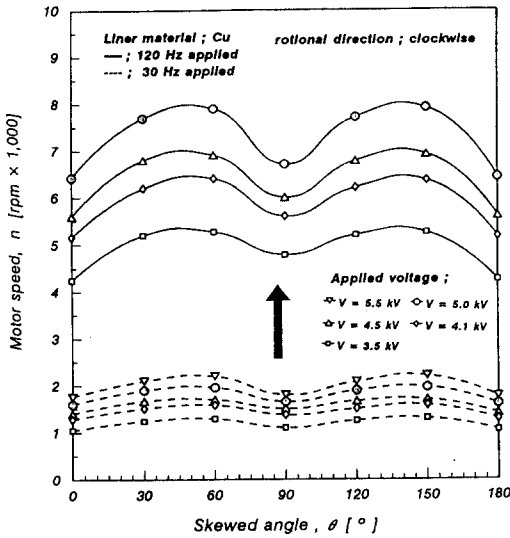


Fig. 11 Motor speed as a function of width of discrete in type B

에 따라 직선적으로 증가 (또는 감소)하기 때문에 회轉數調節이 매우 간단함을 보여준다. 특히, 一定電壓下에 印加周波數를 가변시킴으로 회전속도가 넓은 속도범위(1,000 - 5,000rpm)에 걸쳐 유효하게 가변될 수 있음을 보여주었다.

(3) 回轉子表層物質의 比誘電率 및 表面抵抗率は 클수록 回轉子の 回轉數는 증가하였다. 따라서 이 두 요소를 곱한 回轉子表面에 유도된 電荷의 緩和時定數가 클수록 回轉數는 증가하나, 시정수  $\tau \geq 5$ 초에서는 回轉數가 일정한 값으로 수렴하였다.

(4) 회전자표면에 유도된 電荷의 分布 및 回轉子와 固定子間의 電界調節을 위한 回轉子內層物質의 電氣抵抗率이 적을수록 回轉數를 증가시켰다.

#### 4.2 不連續型 電動機의 경우 ;

(1) 도전성물질을 띠의 모양으로 증착한 경우, 띠의 폭이 적어질수록 다음 식과 같이 지수함수적으로 증가하였다.

$$n = \frac{V}{5} [445.8 - 738.38 \log t + 51.641 t] \text{ [rpm]}$$

(2) 등간격으로 세분화한 것을 回轉子の 축에 대해서 회전방향으로 경사각  $\theta$  만큼 기울였을 때  $\theta = 60^\circ$  및  $150^\circ$  일 때 회전자의 回轉數가 가장 큰 것으로 나타났으며, 특히 경사각  $\theta = 0^\circ$  일 때에 비해서 약 125% 정도 높은 회전수를 보였다.

#### 參考文獻

- 1) P. Benjamin, A History of Electricity, John Wiley & Sons, pp. 506, 1898
- 2) 日本靜電氣學會編, 靜電氣 핸드북, 오ーム社, pp. 664 - 672, 1981
- 3) 日本高分子學會編, 靜電氣 핸드북, 日本地人書館, pp. 494 - 514, 1972
- 4) Oleg D. Jefimenko, Electrostatic Motors, Electret Science Company, Star City, 1973
- 5) A. D. Moore, Electrostatics and Its Application, Department Electrical and Computer Engineeringt University of Michigan, pp. 131 - 147, 1972
- 6) 安宅産三郎, 野村精一, 靜電界における誘電体の回轉について, 日本 電氣學會誌, 79, 846, pp. 37 - 46, 1959
- 7) W. S. N. Trimmer and K. J. Garbriel, Design Considerations for a Practical Electrostatic Micromotor, Sensors and Actuators, 11, pp. 189 - 206, 1987
- 8) P. E. Secker and I. N. Scialom, A Simple Liquid Immersed Dielectric Motor, Journal of Applied physics, 39, 6, pp. 2957 - 2961, 1968
- 9) 양상식, 극소형 전자 기계 장치에 관한 연구전망, 대한전기학회지 (ISSN 1013 - 0772), pp. 14 - 19, 1970
- 10) Soon Dal Choi and Donald A. Dunn ; A Surface Charge Induction Motor, Proc. of the IEEE, 59, 5, pp. 737 - 748, 1971
- 11) 이동훈, 문재덕 ; A Surface Charge Induction Electrostatic Motor, 日本靜電氣學會講演論文集, pp. 153 - 156, 1994
- 12) J. D. Moon, D. H. Lee ; A Miniature Size Electrostatic Induction Moter, Proc. of Annual Meetings IEEE / IAS, pp. 1754 - 1759, 1993
- 13) 문재덕, 이동훈 ; 소형 정전유도형 모터의 기초연구, 센서학회지, 2, 1, pp. 65 - 74, 1993
- 14) 이동훈 ; Basic Study of induction Type Electrostatic Motor, 日本靜電氣學會講演論文集, pp. 77 - 80, 1992
- 15) 문재덕, 이동훈 ; 정전유도형 모터의 기초연구(Ⅳ), 한국센서학회기술학술대회 논문집, pp. 144 - 145, 1993
- 16) 문재덕, 이동훈 ; 정전유도형 모터의 기초연구(Ⅲ),

- 한국센서학회기술학술대회 논문집, pp. 110 - 113, 1992
- 17) 문재덕, 이동훈; 정전유도형 모터의 기초연구(Ⅱ), 대한전기학회학술대회 논문집, pp. 699 - 702, 1992
- 18) 문재덕, 이동훈; 정전유도형 모터의 기초연구(Ⅰ), 대한전기학회학술대회 논문집, pp. 322 - 325, 1991
- 19) 문재덕, 이동훈; 정전모터의 연구현황과 기술동향, 대한전기학회지, 40, 2, pp. 8 - 19, 1991