สปินรีแลคเซชั่นในผลึกเหลว พี เอ เอ

นาย พิชัย ตรีวิจิตรเกษม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

แผนกวิชา ฟิสิคส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2515

002032

I16674394

SPIN RELAXATION IN PAA LIQUID CRYSTAL

Phietoon Trivijitkasem

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1972

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.

B. Tamthai
Dean of the Graduate School

Thesis Committee

Vichai Hayodom ..... Chairman

Virulh Saweatwijit

Preedeeporn Limcharoen

Wijit Senghaphan

Thesis Supervisor Dr. Wijit Senghaphan

Thesis Title Spin Relaxation in PAA Liquid Crystal

Name Mr. Phietoon Trivijitkasem, Department of Physics

Academic Year 1971

ABSTRACT

The proton spin-lattice relaxation time (T_1) and the proton spin-spin relaxation time (T_2) of the liquid crystal, para-azoxyanisole (PAA), have been measured by using the nmr spin-echo method at the resonance frequency 10 MHz, in the temperature range 380-450°K. It is found that for the zone refined sample of PAA, the nematic-isotropic phase transition is at 408°K and has T_1 in the order of 1 second, and it is about 10% longer than that of the sample used without zone refining which has the transition point at 407°K. In the temperature range 380-401°K, in the nematic phase, T_1 increases with temperature, and in the temperature range 401-408°K, T_1 decreases as temperature increases. The relaxation mechanism in the nematic phase is interpreted in terms of translational diffusion and fluctuation in orientational order. The results of T_1 also agree with the theoretical approach which assumes that the translational diffusion is very weak in the nematic phase and the contribution to T_1 is mainly arising from the fluctuations in orientational order. In the isotropic phase T_1

rises smoothly with temperature as in the case of an ordinary liquid.

The spin-spin relaxation time (T_2) is of the order of 10^2 millisecond in isotropic phase and is the order of 10^2 microsecond in the nematic phase. T_2 is nearly constant in nematic range below 401° K, and above 401° K, T_2 rises with temperature to the transition point. This confirms that the translational diffusion is very weak and temperature independent in the nematic range. Consequently, there is a change of relaxation mechanisms at 401°K in the nematic phase.

หัวข้อวิทยานิพนธ์ สปินรีแลคเซชั่นในผลึกเหลว พี เอ เอ

ชื่อ นาย พิทูร ตรีวิจิตรเกษม แผนกวิชาฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2514

บทคัดย่อ

ได้วัดค่าเวลาของโปรตอน สปิน-แลททิซ รีแลคเซชั่น T_1(Proton spin-Lattice relaxation) และเวลาของโปรตอน สปิน-สปิน รีแลคเซชั่น T_2(Proton spin-spin relaxation) ของผลึกเหลว พี เอ เอ ด้วยวิธี สปิน-เอคโค(Spin-echo) โดยใช้ความถี่ รีโซแนนซ์(Resonance) ที่ 10 เมกกาเฮิทซ์ (MHz.)ตลอดช่วง อุณหภูมิ ตั้งแต่ 380 ถึง 450 องศาสัมบูรณ์ พบว่า พี เอ เอ ที่ได้ทำโซนรีฟายน์(Zone refined) มีจุดแปรสภาวะ นีมาติค-ไอโซโตรปิค (Nematic-isotropic) อยู่ที่ 408 องศาสัมบูรณ์ และ T_1 มีค่าเป็นขนาดของ 1 วินาที และมีเวลายาวกว่าของ พี เอ เอ ที่ไม่ได้ทำโซนรีฟายน์ ประมาณ 10 % ซึ่งมีจุดแปรสภาวะ นีมาติค-ไอโซโตรปิค ที่ 407 องศาสัมบูรณ์ ในช่วงอุณหภูมิ 380 ถึง 401 องศาสัมบูรณ์ ซึ่งอยู่ในสภาวะที่เป็นผลึกเหลวนีมาติค T_1 จะมีค่ามากขึ้นแปรตามอุณหภูมิ และที่ 401 ถึง 408 องศาสัมบูรณ์ ค่า T_1 จะลดลงทั้งๆที่อุณหภูมิสูงขึ้น เมกกานิซึม(Mechansm) ของการรีแลคเซชั่น ในสภาวะนีมาติค อธิบายได้ในความหมายของการแพร่แบบ ทรานสเลชั่น (Translation diffusion) และการแปรเปลี่ยนของระเบียบการจัดตัวของโมเลกุล

จากผลการทดลองได้ค่า T_1 ตรงตามทฤษฎี ที่ถือเอาว่า มีการแพร่แบบ ทรานสเลชั่นน้อยมาก ในสภาวะนีมาติค และสาเหตุส่วนใหญ่ของ T_1 เกิดจากการแปรเปลี่ยนของระเบียบการจัดตัว ของโมเลกุล ส่วนในสภาวะไอโซโตรปิค T_1 จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิเหมือนอย่างของเหลวธรรมดา

สำหรับ T_2 จะมีค่าเป็นขนาดของ 10^2 มิลลิวินาที ในสภาวะไอโซโตรปิค และเป็นขนาดของ 10^2 ไมโครวินาที ในสภาวะนีมาติค T_2 มีค่าเกือบคงที่ตลอดสภาวะนีมาติค ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 401 องศาสัมบูรณ์ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 401 องศาสัมบูรณ์ ค่า T_2 จะเริ่มเพิ่มตามอุณหภูมิจนถึงจุดแปรสภาวะ ซึ่งเป็นการยืนยันว่า การแพร่แบบ ทรานสเลชั่น จะมีค่าน้อยมาก และไม่ขึ้นกับอุณหภูมิในช่วงนีมาติค และมีการเปลี่ยนแปลงทาง รีแลคเซชั่น เมกกานิซึม ที่401 องศาสัมบูรณ์

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his deep gratitude to Professor Yunyong Natakuatoong, Head of the Physics Department, for his kindness on the author's graduate programme, and to Assistant Professor Dr. Wijit Senghaphan, for his excellent advice, guidance and supervision in the course of this reseach.

Appreciation is extended to Assistant Professor Dr.Kopr Kritayakirana for his valuable suggestions in the course of of this study.

He is also grateful to Dr. Preedeeporn Limcharoen and Miss Laddawan Pdungsab, for providing the partially zone refined PAA.

Finally, the author would like to acknowledge the kind support of the University Development Commission, National Council of Education in providing the graduate scholarship, and the National Research Council of Thailand in providing some apparatus in this research.

TABLE OF CONTENTS

Page

ABSTRACT iii

ACKNOWLEDGMENTS v

LIST OF TABLES viii

LIST OF ILLUSTRATIONS ix

Chapter

I. INTRODUCTION 1

1.1 General Study of Liquid Crystals 1

1.2 Scope of This Experiment 3

II. PRINCIPLES OF MEASUREMENTS 6

2.1 Motion of Free Spin under a Static Field 6

2.2 Motion of Free Spin under an Alternating Magnetic Field 9

2.3 The Proton Spin-Echo 12

2.4 Method for Measuring Spin-Spin Relaxation Time (T_2) 15

2.5 Method for Measuring Spin-Lattice Relaxation Time (T_1) 16

III. EXPERIMENTAL DETAILS 18

3.1 Apparatus for Measurement of T_1 and T_2 .. 18

3.2 Sample and Construction of Sample Cell .. 19

3.2.1 Sample 19

3.2.2 Construction of Sample Cell 21

Page

3.3 Experimental Procedure 21
3.3.1 T_1 Measurement 21
3.3.2 T_2 Measurement 24
3.4 Details of Electronics Units 28
3.4.1 Pre-Amplifier 28
3.4.2 RF-Amplifier 28
3.4.3 Pulse Amplifier 29
3.4.4 Phase Sensitive Detector 29
3.3.5 Pulse Sequence Trigger Unit 29
3.5 Temperature Control and Measurement.. 30
3.5.1 Temperature Control 30
3.5.2 Temperature Measurement 30
IV. EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION 34
4.1 Experimental Results 34
4.1.1 The Spin-Lattice Relaxation Time of PAA 34
4.1.2 The Spin-Spin Relaxation Time of PAA 40
4.2 The Reviewed Theory of Spin Relaxation in Liquid Crystal 42
4.3 Discussion 44
APPENDIX I 48
APPENDIX II 54
BIBLIOGRAPHY 61
VITA 64

LIST OF TABLES

Table		Page
4.1	The spin-lattice relaxation time of zone refined PAA	35
4.2	The spin-lattice relaxation time of commercial PAA	36
4.3	The spin-lattice relaxation time of zone refined PAA	39
4.4	The spin-lattice relaxation time of commercial PAA	39
4.5	The spin-spin relaxation time of zone refined PAA	40

LIST OF ILLUSTRATIONS

Figure		Page
1.1	Molecular alignment of liquid crystals	1
2.1	Zeeman levels of spin $\frac{1}{2}$	7
2.2	Motion of magnetic moment in rf field	11
2.3	Motion of magnetic moment perturbed by a 90°- 180° pulse in a rotating frame and a spin-echo formation	14
2.4	The induced signal 90°, 180° and echo	15
3.1-2	Apparatus	20
3.3	Sample cell	22
3.4	Block diagram for measuring T_1	23
3.5	Induction tail of 90° pulse	25
3.6	180° pulse induced signal	25
3.7	Block diagram for measuring T_2	26
3.8	Echoes induced by Carr-Purcell pulse series ...	27
3.9	90° pulse induction tail in nematic phase	27
3.10	Pulse sequence trigger unit	30
3.11	Temperature calibration	31
3.12	Block diagram of a d.c. bridge	32
4.1	T_1 of zone refined and commercial PAA plotted versus temperature.....	37
4.2	T_1 of zone refined and commercial PAA plotted versus inverse temperature	38
4.3	T_2 of zone refined PAA plotted versus temperature	41