

アルミ薄膜表面の微細加工に関する研究

中 村 勇 夫

要 旨

現在、大部分の表示装置には液晶ディスプレイが使用されるようになった。このように液晶ディスプレイが様々なものに使用されるようになった要因として、ITの時代によりいつでもどこでも情報を得ることが出来るように望まれるなか、小型・軽量化が可能な液晶ディスプレイが最適な表示装置であったためである。また、液晶ディスプレイは消費電力が小さく、省スペースであることから注目され、大型化が進んできたことにより液晶テレビも大幅に普及してきている。現在、テレビは液晶ディスプレイとプラズマディスプレイが主流となっており、プラズマディスプレイは大型で応答速度が速い特徴があり、液晶ディスプレイは消費電力が少なく画面への移りこみの影響も少ないという特徴がある。この2つのディスプレイが、現在はテレビの主流となり、それぞれの目的により選ばれている。

このように現在では小型で携帯電話の画面に使われるものから30インチを超える大型テレビにまで使用されるようになった液晶ディスプレイは、その幅広い使用用途から更なる高性能化が望まれる。高性能化を進めるための改善点として挙げられるものは、視野角の拡大、画面輝度向上、ノンラビング化などがあるが、このなかでもラビングを要しない配向処理法の開発が強く望まれている。そこで本研究ではノンラビング化による液晶ディスプレイの高性能化に注目した。

ラビングとは、ポリイミドと呼ばれる樹脂から作った配向膜を、柔らかい布で一定方向に配向膜上を擦って表面に傷をつけ、液晶分子が一定方向に並ぶための溝を作製することを指す。配向膜は液晶分子を基板と平行に拘束するために必要であり、ラビングはこの平行に並べられた液晶分子を一定方向に並べるために行うものである。これにより液晶分子が一定方向に並び、さらにこの液晶分子が必ず一方から立ち上がるように液晶分子を少し傾けるためプレチルト角を与える。このための液晶分子を並べる溝がラビングによって擦れることによってできた溝である。またラビングによるプレチルト角の大きさは、ラビングの条件（ローラーの回転スピード、使用する布、布の圧力など）や配向膜材料で変わってくる。このラビングは精密機器の製造工程としては、とても荒っぽい工程である。しかし、液晶ディスプレイの製造工程としては非常に重要な部分でもある。また、このラビング法の問題点として、この工程を行う際に塵や静電気などを発生するために、薄膜トランジスタの静電気破壊するなどの問題点がある。そこで現在では、このラビングをしない方法がいくつか考えられている。その方法にはいくつかあるが、LB法、磁界印加表面吸着法などである。

本研究ではこのラビングに変わる新しい方法として高密度刻線機（ルーリングエンジン）に使用して制御された微細刻線（マイクログループ）を作成することで液晶を規則正しく並べる方法を試みた。この方法の特徴として、溝の間隔を任意に制御することが可能である、溝形状を任意に設定することが可能であるなどの特徴がある。また、これらの制御により従来のバックライト方式はも

学位記番号と学位：第26号，博士（工学）

授与年月日：平成17年3月19日

授与時の所属：大学院工学研究科機械システム専攻博士後期課程

とより、反射光を利用するフロントライト方式へ応用することも可能であると考え。

これらのことから、本研究では液晶ディスプレイへの応用を目的とし、アルミ薄膜表面の微細加工、解析を行い、新しい液晶配向法を示したものである。

本論文はその一連の研究内容をまとめたもので全7章からなる。

第1章は序論であり、液晶ディスプレイの現状と問題点、その解決策としての本研究の背景ならびに目的を述べたものである。

第2章は本研究の最大の特徴である制御させたマイクログループを形成するための装置ルーリングエンジンについて述べたものであり、装置の特徴およびマイクログループを作製する上で重要な実験環境について考察を行った結果、温度・湿度・振動条件はともにルーリングエンジンで切削を行う際には非常に重要な条件であり、温度・湿度は常に一定であることが望ましく、振動は切削結果に最も影響を与えることが明らかとなった。

第3章は実験基板について述べたものでありルーリングエンジンを用いたマイクログループ切削を行う上で最適なアルミニウム基板の作製を目指し、スパッタ装置を用いて必要な膜厚を確保し、基板表面の面あらかさが最小となるようなスパッタ条件を求めたものである。その結果、実験試料として最適なスパッタ条件はRF出力0.3[kW]、基板回転数8[rpm]、でベイクヒーターを使用し、スパッタ時間を1時間未満として3回に分けてスパッタを行う方法であることが明らかとなった。

第4章はマイクログループ切削過程を動的シミュレーション解析ソフトLS-DYNAにより、ルーリングエンジンでマイクログループ切削を行った際の溝形成過程を求めた。これによりごく小さい範囲の可視化の難しい現象を目で捉えることで溝形成のメカニズムを解明し、溝形成に与える影響について考察した。その結果、ピッチが小さい場合の溝形成時の、ダイヤモンドバイト形状の違いによる影響を可視化でき、切れ刃が円弧状であることが望ましいことが確認できた。

第5章は第3章で求めたスパッタ条件および、第4章で求めたシミュレーション解析結果をもとに、アルミニウム膜を切削した結果ならびに、酸化インジウム膜、配向膜を様々なピッチで切削した。これによりピッチが液晶分子を配向した際に与える影響と、液晶デバイスとして応用が可能であるか求めるとともに、ラビング法との比較を行った結果である。その結果、ルーリングエンジンによるマイクログループ切削ではすべての結果において安定したピッチでのマイクログループ切削に成功した。また、ルーリングエンジンにより切削する方法ではラビング法と比較して弾性エネルギーは小さい値となったが、液晶分子が一定な方向性を持ち配向していることが明らかとなった。

第6章はルーリングエンジンで切削した基板を液晶ディスプレイへ応用する際の高性能化を目指すため、マイクログループ切削結果に現われた光の干渉を防ぐためにスパッタ装置を使用した二次加工により新しい反射膜としての利用を目指し、考察を行ったものである。これにより、直接切削基板へスパッタを行うよりも空間フィルター(平織金網・綾織金網)を使用することで、より効果的に切削基板の干渉色を消すことができることが明らかとなった。この金網を使用した切削基板の二次加工は簡単な方法で有効な方法であり、新しい反射膜の応用として利用できる可能性があることを示した。また、WinMASPHYCを使用した二次加工のシミュレーション解析により、結晶成長時の溝形状に与える影響を求めることできた。

第7章は本論文の結論であり、本研究で得られた。

主指導教員 小野 陽

Study on micromachining on surface of aluminum thin film

Isao NAKAMURA

Abstract

At present, a liquid crystal display is being used for information device of most part. It is hoped to obtain information anytime and anywhere as the factor that the liquid crystal display becomes to be used variously, for example, in a computer, handy telephone and TV. The reason why the liquid crystal display is best device is that is small and can be lightened. Moreover, a higher performance is hoped for the usage as for the liquid crystal display. The expansion of viewing angle, the improvement of the screen luminescence, and the nonrubbing process, etc. are enumerated as an improvement to advance to high performance. Then, it is the purpose of this study to analyze the microstructure of the micro groove of the liquid crystal display by making to the nonrubbing process.

As for the alignment film made from the resin called a polyimide, the rubbing method is brushing the surface with a soft cloth in a constant direction, and making the random grooves for the liquid crystal molecule to queue up in an one way direction. There is some problem in this rubbing method. There is a problem of the static electricity destruction of the TFT (thin film transistor) to generate the dust and the static electricity, etc. in the process of the rubbing. Then, the rubbing methods are being devised now.

The liquid crystal display by making the micro groove that had been controlled as a new method of the change with a ruling engine, was tried in this study. The feature of this method can arbitrarily control the spacing of the groove. In addition, there is a feature such as being able to set the groove form arbitrarily.

To apply it to the liquid crystal display, the micromachining and the simulation analysis on the surface of the aluminum thin film was performed. As a result, a new alignment method of liquid crystal was shown.

This paper consists of 7 chapters as following.

Chapter 1 is an introduction. The current state of the liquid crystal display, the problem, the solution, and the purpose this study were described.

In chapter 2, the precision machine device named ruling engine to form the controlled the profile of the micro groove that was the maximum feature of this research was described. To make the feature and the micro groove of the device, an important experimental environment were considered. As a result, on cutting with the ruling engine, the temperature, humidity, and the vibration condition were very important conditions. It became clear that the temperature and humidity were always preferable constancy, and the vibration was mostly influenced the cutting result.

In chapter 3, the experimental results were described. The best specimen to cut the micro groove with a ruling engine was made. A necessary thickness of film was secured with a sputtering device, and the sputtering condition that surface roughness of the substrate surface was minimized was requested. As a result, it was clarified that the best sputtering condition was as follows.

- RF power output 0.3 kW
- “Substrate rotating speed 8 rpm
- “Bake heater was used

The sputtering time was adjusted to less than one hour, and the sputtering was processed into three times.

Chapter 4 denoted the micro groove cutting process and the groove formation process when the micro groove was cut with the ruling engine, according to dynamic simulation analysis software LS-DYNA. As a result, the influence by the difference of the diamond bit shape when the pitch was formed in small distance was able to be made visible as an animation. As a result, it was able to be confirmed that the blade was a circular arc.

In Chapter 5, cutting pattern on the aluminum film, the ITO film, and the alignment film in various pitches were denoted. As a result, application to the liquid crystal device was requested. As a result, it succeeded in the micro groove cutting in the stable pitch with the ruling engine. Moreover, the elastic energy reached a small value in the method of cutting with the ruling engine comparing with the rubbing method. However, the possession of directionality with a constant liquid crystal molecule and aligning became clear.

Chapter 6 was denoted the high performance in the liquid crystal display when the substrate cut by the ruling engine. To erase the interference color on the cutting substrate, the spatial filter (plain weave wire net and twill wire net) was used. It was shown that the secondary working on the cutting substrate using this wire net was a new effective method in the simple expedient, and had the possibility to be able to use as an application of a new reflection plate. Moreover, the influence given to the groove form by aluminum molecular dynamics could be obtained by the simulation analysis of the secondary working by using WinMASPHYC.

Chapter 7 was the summary of the present study.

Professor (Chairperson) Noboru ONO