

平成22年 3月31日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19560140
 研究課題名（和文）磁気ディスク潤滑剤のコンタクトバニッシュ処理による磁気ヘッド摩耗低減の研究
 研究課題名（英文）Reserach on head wear reduction using contact-burnishing on disk surface lubricant.
 研究代表者
 川久保 洋一（KAWAKUBO YOUICHI）
 信州大学・工学部・教授
 研究者番号：40313829

研究成果の概要（和文）：磁気ディスク装置の高密度高信頼性を目的とし、コンタクトバニッシュ（CB）法の解析を手がかりとし摩耗低減効果について検討した。その結果、CB法では未結合の潤滑剤を表面に固着させることで摩耗低減の効果が生じていると推定した。そこで、各種潤滑剤処理法を比較し、ディスク面を潤滑剤塗布前に紫外線で処理することにより潤滑剤の固着率が向上し、摩耗も低減できることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：To increase the recording density and durability of hard disk drives, wear reduction of magnetic heads was studied analyzing the effects of contact burnishing operation. As a result, it was considered that free lubricant was bonded by mechanical sliding by CB operation resulting in low wear. From this result, several surface and lubricant treatments were compared and ultraviolet light irradiation before lubricant dipping (UV pre-treatment) was found to be effective in increasing bonding ratio and reducing wear.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：磁気ディスク装置のトライボロジー

科研費の分科・細目：機械工学，設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：トライボロジー

1. 研究開始当初の背景

磁気ディスク装置（以下 HDD と略）は現在の情報化社会を支える最も重要な情報記録装置であり、さらなる大容量化が強く求められていた。このための課題の一つに磁気ヘッドの摩耗低減がある。

研究提案時に、研究代表者らはコンタクトバニッシュ処理（CB法）により摩耗低減の可能性を見いだしていたが、その

メカニズムは明確ではなかった。

2. 研究の目的

本研究ではコンタクトバニッシュ処理の研究を更に進め、潤滑剤表面の摩擦により何が起きているか、どのようにして摩耗低減効果が発言されるかを明かにし、その結果、磁気ディスク装置の磁気ヘッドの摩耗低減の指針を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

磁気ディスク潤滑剤塗布面に対する、機械的なCB処理と化学的な熱処理、紫外線処理を行い、その結果得られる面の潤滑剤膜厚変化により固着率を、ピン・オン・ディスク摩擦試験により摩擦特性を、接触角測定から表面エネルギー変化を解析した。また、途中から潤滑剤塗布前のディスク面に対する紫外線前処理も加えた。

4. 研究成果

最初にCB処理の効果の理由を解析した。潤滑剤を変えたときのCB回数と摩擦量の変化を図1に示す。従来の低固着率(30%)潤滑剤複合潤滑膜ディスクではCB1往復で摩擦量が約1/4に低下したが、最近の高固着率(50%)複合膜ディスクあるいは、可動膜を持たない固着膜ディスクではCBの効果はほとんど認められなかった。この結果から、CBでは可動膜が摩擦によりディスク面に固着することが摩擦低減効果を生む原因になっていると推定した。

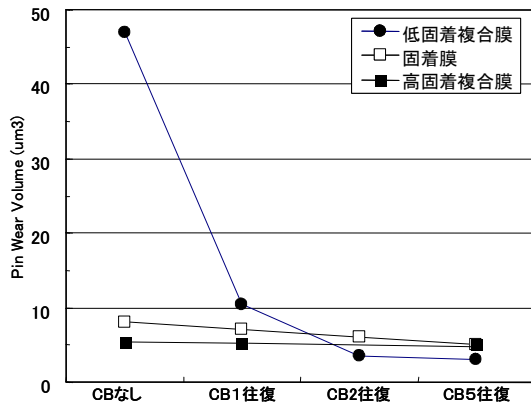


図1 潤滑剤とCB回数による摩擦量変化

このように従来不明であったCB処理による摩擦特性変化が潤滑剤固着率によるとの知見から、機械的処理によらない潤滑剤処理法である熱処理(HTと略)、紫外線処理(UVと略)の影響を次に解析した。最初に、稼働潤滑剤の影響を除くため、高固着率潤滑剤を用いた固着潤滑剤のみの場合を解析した。固着潤滑剤膜厚と摩擦量の関係を図2に示す。全体としては、固着潤滑剤膜厚が大きいと摩擦が減少している。しかし、固着膜厚約9Åの場合、熱処理と紫外線処理では同じ膜厚にもかかわらず、熱処理の場合に摩擦が小さい。これから固着膜厚のみで摩擦が決まっているのではないと考えた。

次のステップとして、潤滑剤被覆率の指標となる臨界表面エネルギーの変化を解析した。これについては、非極性潤滑剤を複数用いた接触角測定からジスマン線図により表面エネルギーの分散成分を求めた。これは、使用する潤滑剤は両末端に複数の水酸基を

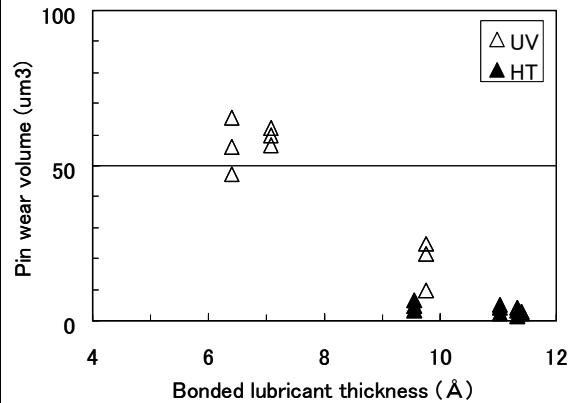


図2 固着膜厚による摩擦量変化

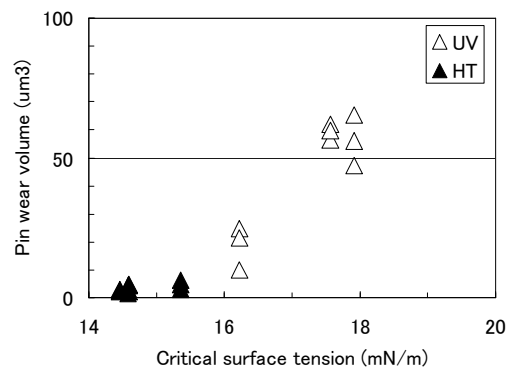


図3 表面エネルギーによる摩擦量変化

持つ極性潤滑剤であり、表面エネルギーの極性成分は極性基の状態に影響を受ける可能性があり、被覆率の指標として不適当と考えたからである。臨界表面エネルギー(分散成分)と摩擦量の関係を図3に示す。固着潤滑剤膜厚約9Åの場合、熱処理ディスクは紫外線処理ディスクより臨界表面エネルギーが低く、臨界表面エネルギーで整理すると明確に変化する曲線が得られた。固着潤滑剤のみを持つディスクの場合、摩擦量は臨界表面エネルギーの大小、すなわち潤滑剤の表面被覆率の大小によって決まると考えた。

以上の固着潤滑剤のみの場合の結果、潤滑剤被覆率を高める方法が重要であると考えた。熱処理、紫外線後処理では固着率をあまり高くできなかったため、潤滑剤未塗布面の汚染低減により被覆率の向上に有効であると考えられる。紫外線前処理(PreUV)を導入した。同一膜厚の高固着率潤滑剤複合膜に対する紫外線後処理、熱処理、紫外線前処理による摩擦量と潤滑剤固着率(ボンド率)の変化を図4、5、6に示す。

紫外線後処理の結果(図4)では処理時間の増加とともに潤滑剤固着率は増加するが、摩擦量は知る時間5秒で最低となりそれ以上の処理時間では逆にむしろ増加する

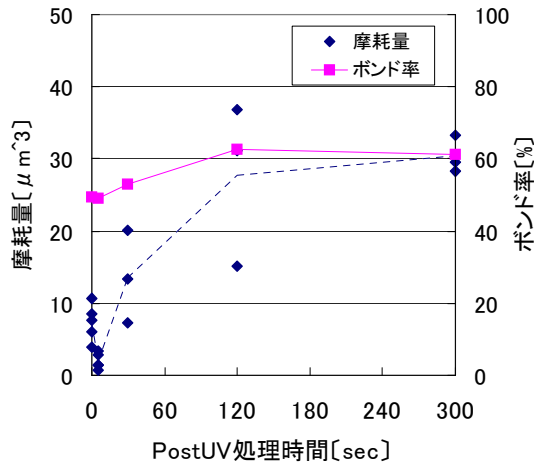


図4 紫外線後処理による複合膜ディスク上の摩耗量と固着率（ボンド率）変化

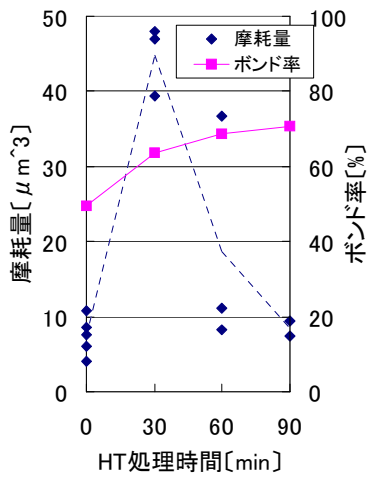


図5 熱処理による複合膜ディスク上の摩耗量と固着率（ボンド率）変化

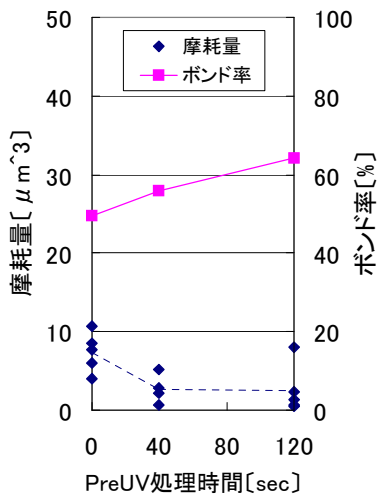


図6 紫外線前処理による複合膜ディスク上の摩耗量と固着率（ボンド率）変化
ことがあることがわかる。

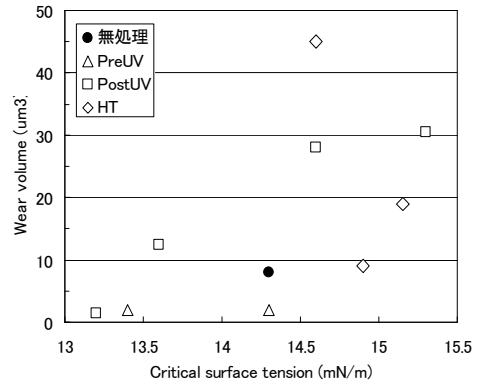


図7 複合膜ディスク上の臨界表面エネルギー（分散成分）と摩耗量の関係

熱処理の結果（図5）でも、熱処理時間の増加とともに潤滑剤固着率は増加しているが、摩耗量は熱処理30分で増加し、60分、90分では無処理と同程度に低下している。

新たに導入した紫外線前処理の結果（図6）では、前処理時間の増加とともに固着率が増加し、摩耗量も減少している。

これらの複合膜における結果を臨界表面エネルギーの分散成分を横軸にとって図7に示す。図3と同様に、臨界表面エネルギーが低いと摩耗量が少ない。複合膜ディスクにおいても、潤滑剤被覆率が大きいことが摩耗量を低減させるための条件であることがわかる。

従来の潤滑剤塗布後の熱/紫外線処理で固着率の増加が被覆率の増加につながっていない理由を知るために、純水の接触角を加えて、表面エネルギーの極性成分の変化を解析した。結果を図8に示す。図7の結果では表面エネルギーの分散成分は13~16 mN/mの間で大幅な変化はないが、極性成分は2~22 mN/mと大きく変化していることがわかる。そして、紫外線後処理、熱処理ともに処理により潤滑剤固着率（ボンド率）が増加す

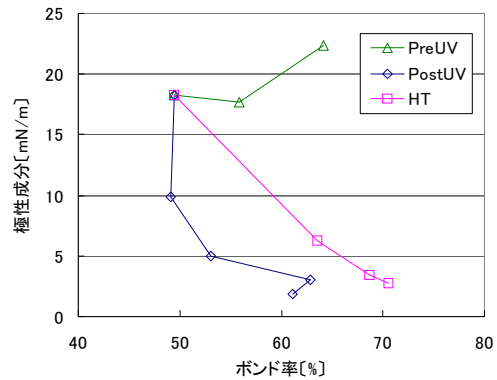


図8 複合膜ディスクの潤滑剤処理条件による表面エネルギー極性成分の変化

ると極性成分も減少している。これに対し紫外線前処理では極性成分はわずかに増加する方向に変化している。このことから、紫外線後処理、熱処理ともに潤滑剤膜に加えられたエネルギーは潤滑剤とカーボン膜との結合ではなく潤滑剤極性基同士の結合に消費され、その結果として固着量は増加するが被覆率の増加には結びついていないためと推定した。

今後、紫外線前処理により潤滑剤をディスク表面に直接固着させることが、被覆率向上、摩耗低減に効果が大きいと考えられる。

この結果は、これまでの潤滑剤塗布後の熱/紫外線処理ではなく紫外線前処理の重要性を明らかにしており、今後の潤滑剤薄膜化の一つの鍵と考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Y. Kawakubo, M. Kamijou, T. Hiraide, and S. Kitamura, Change in Surface Tension and Pin Wear Characteristics of Thin-Film Disks by Heat Treatment and UV Irradiation, JAST, Tribology Online, Vol. 5, 1-5, 2010. 査読有
- ② Y. Kawakubo and K. Gyouri, Effects of Environmental Conditions on Tribological Characteristics of Thin-Film Disks, JSME, J. of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol. 4, 15-22, 2010. 査読有.
- ③ T. Hiraide, M. Aoki, and Y. Kawakubo, Effects of Lubricants and Their Treatments on Tribological Characteristics of Thin-Film Disks, JAST, Tribology Online, Vol. 3, 143-147, 2008. 査読有.
- ④ Y. Kawakubo, S. Nakazawa, and S. Kobatake, Head wear reduction in future hard-disk drives, Int. J. Product Development, Vol. 5, 349-358, 2008. 査読有

[学会発表] (計 11 件)

- ① 松本悠喜, 川久保洋一, 磁気ディスク潤滑剤の前処理および後処理による摩耗低減効果の解析, 日本機械学会北陸信越支部第47期講演会, 2010-3-12, 新潟.
- ② Y. Kawakubo, T. Hayakawa, Y. Sugawara, Y. Ikeda, and S. Kitamura, tribological characteristics of thin-film disks with and without mobile lubricant, STLE/ASME International Joint Tribology Conference 2009, 2009-10-20, USA.
- ③ Y. Kawakubo, S. Kitamura, T. Hiraide, M. Kamijo, and K. Ikeda, Lubricant treatments for head wear reduction on thin-film disks,

World Tribology Congress 2009, 京都.

- ④ K. Gyouri and Y. Kawakubo, Effects of environmental conditions on tribological characteristics of thin-film disks, JSME-IIP/ASME-ISPS MIPE 2009, 2009-6-18. つくば.
- ⑤ 川久保洋一, 北村理, 池田光示, 紫外線前処理による薄膜磁気ディスクトライボロジー特性の変化の研究, トライボロジー会議(東京 2009), 2009-5-19, 東京.
- ⑥ 北村理, 川久保洋一, 松本悠喜, 池田光示, 磁気ディスク表面の紫外線前処理によるヘッド摩耗低減の研究, 日本機械学会北陸信越支部第46期講演会, 2009-3-7. 富山.
- ⑦ 川久保洋一, 上条昌樹, 平出登志人, 北村理, 磁気ディスク用潤滑剤の熱処理およびUV処理による接触角変化の解析, トライボロジー会議, (名古屋 2008), 2008, 名古屋.
- ⑧ 行力聖人, 渡辺武・中澤眞一, 川久保洋一, 湿度による薄膜磁気ディスク上の摩耗特性変化の解析, トライボロジー会議(東京 2008), 2008-5-14, 東京
- ⑨ 川久保洋一, 平出登志人, 上条昌樹, 北村理, 青木聖和, 固着潤滑剤膜厚による薄膜磁気ディスク上の摩耗特性変化の解析, トライボロジー会議(東京 2008), 2008-5-14, 東京.
- ⑩ T. Hiraide, Y. Kawakubo, and M. Aoki, Effects of Lubricant UV Irradiation on Pin Wear on Thin-Film Disks, ASME/STLE International Joint Tribology Conference 2007, 2007-10-22, USA.
- ⑪ 平出登志人, 青木聖和, 川久保洋一, 磁気ディスク用潤滑剤とその処理条件による摩耗特性の解析, トライボロジー会議(佐賀 2007), 佐賀.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川久保 洋一 (KAWAKUBO YOUICHI)
信州大学・工学部・教授
研究者番号: 40313829

(2) 研究分担者

三浦 義正 (MIURA YOSHIMASA)
信州大学・工学部・教授
研究者番号: 30362099