

Аналіз можливого впливу пружних деформацій на властивості акустoeлектронних пристроїв на ПАХ

Мельничук Андрій

Кафедра Електронні засоби інформаційно-комп'ютерних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м. Львів, вул. Професорська, 2, E-mail: andriimelnychuk@gmail.com

Abstract – in this paper the argumentation of appropriateness of research and analysis of possible elastic deformation affect on surface acoustic wave devices characteristics is described.

Ключові слова – surface acoustic wave, elastic deformation, strain.

I. Вступ

'The history of science teems with examples of discoveries which attracted little notice at the time, but afterwards have taken root downwards and borne much fruit upwards'

Lord Rayleigh

(Presidential Address to the British Association, Montreal, 1884)

Стосовно поверхневих акустичних хвиль, цю фразу можна сприйняти як пророкування. У 1885 році Релей описав рух акустичних хвиль. Це зіграло важливу роль у сейсмології і через деякий час, набувши нового змісту, лягло в основу створення нового ряду електронних приладів і зародження нового напрямку - акустoeлектроніки[1].

З середини 1960-их років і до наших днів акустoeлектронні прилади набули широкого розповсюдження і застосування. Та з розвитком мікроелектроніки постають нові вимоги до параметрів акустoeлектронних приладів. Саме тому необхідно проводити дослідження усіх можливих дестабілізуючих факторів на їх параметри.

II. Джерела пружних деформацій

Акустoeлектронні пристрої на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ) завдяки конструкції та технологічній сумісності з інтегральними мікросхемами широко застосовуються при побудові електронних апаратів. В основі їхнього функціонування лежить перетворення електричних сигналів в акустичні та навпаки. Тому у всіх акустoeлектронних функційних пристроях наявні акустoeлектронні перетворювачі. Перетворення акустичного сигналу в електричний або навпаки, в залежності від частоти, здійснюється завдяки п'єзо ефекту або зміщеному в зворотньому напрямку р-п переході. Але у будь-якому випадку в них присутні тонкі плівки, які по своїй природі відрізняються від масивного матеріалу. Наприклад, у мідній плівці, осадженій в вакуумі 0,01 Па при температурі 90°C, мікронапруження сягали близько 600 мН/м². Укрупнення блоків і зниження мікродеформацій (мікронапружень) проходять симбатно. Наявність малих блоків вказує на розвиток повернення в зоні плівки, прилягаючій до підложки. Нагрів плівок металів у процесі відпалювання спричиняє складні впливи на субструктуру. Залежність мікро-

деформацій у плівках від температури наведена на Рис.1 на прикладі плівки міді [2,3].

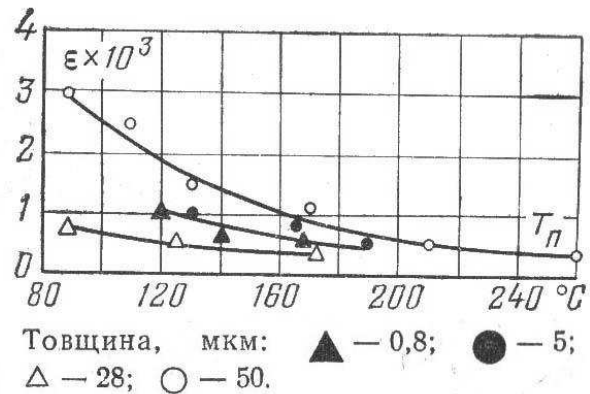


Рис. 1. Залежність мікродеформації ϵ від температури T_p для плівок міді

Також особливо небезпечними є напруження, які виникають при контактному виділенні фрагментів плівки (наприклад фотолітографія), тому що вони порушують локальну механічну рівновагу, яка разом із силами адгезії утримувала плівку від руйнування.

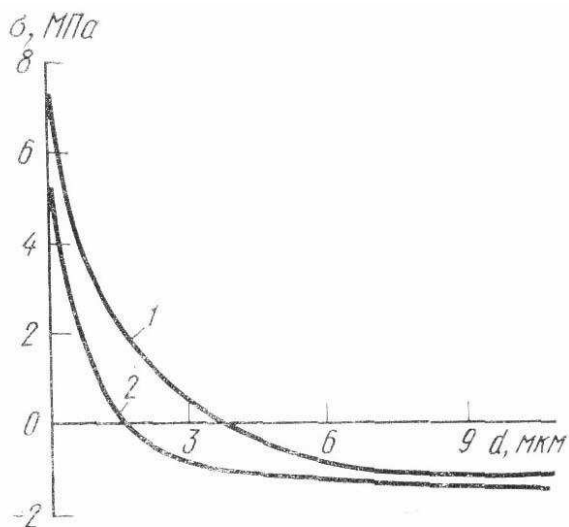


Рис. 2. Зміна механічних напружень в пластинах кремнію, шліфованих мікропорошками з величиною частинок 5 (1) та 10 (2) мкм в залежності від товщини видаленого поверхневого шару

Джерелом напружень виступає підкладка, оскільки її поверхня не є ідеально рівна. Після шліфування структура порушеного шару має складну будову і може бути поділена на три різних зони. Перша зона

представляє собою порушений рельєфний шар, що складається з хаотично розташованих виступів та впадин з кутами $150^\circ - 170^\circ$. Далі розташована друга (найбільша зона), яка характеризується окремими волокнами і тріщинами, які беруть початок від нерівностей рельєфу. Третя зона являє собою монокристал без механічних пошкоджень, який має в собі пружні деформації (напружений шар). Товщина напруженого шару залежить від діаметра зерна абразивного порошка, а також методу обробки та структури матеріалу, що обробляється. Величина механічних напружень при видаленні поверхневих шарів монотонно зменшується, а потім напруження міняють знак як показано на Рис.2. Сумарне поле напружень від шліфування приводить до згинання пластини (ефект Тваймана)[4,5].

Таким чином при наявності напружень у підкладці при нанесенні на неї плівки, в ній також виникатимуть напруження – тієї ж величини, але з протилежним знаком. Отже на плівках ми отримуємо два види напружень: власні (викликані внутрішніми напруженнями плівки) та зовнішні (ті що виникли внаслідок взаємодії із підкладкою). Тому ПАХ розповсюджуються не в бездефектному, а навпаки в дефектному середовищі, яке має інші пружні характеристики (модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, густину і т.п.)

III. Вплив пружних деформацій

При виборі матеріалу акустoeлектронного пристрою в першу чергу звертають увагу на такі його властивості: швидкість розповсюдження хвилі, п'єзоелектричні властивості, температурні ефекти, диракція, затухання і рівень генерування небажаних хвиль. Багато з властивостей матеріалу, пов'язаних з поверхневими хвилями, може бути вираховано через швидкість розповсюдження хвилі, наприклад коефіцієнт електромеханічного зв'язку(1).

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{(v_f - v_m)}{v_f} = \frac{K^2}{2} \quad (1)$$

Де v_f, v_m – швидкості розповсюдження хвилі по вільній та металізованій поверхні, K – коефіцієнт електромеханічного зв'язку[1,6]. Акустичні коливання

являють собою пружні зміщення атомів у вузлах кристалічної ґратки. Глибина проникнення ПАХ співрозмірна з товщиною напруженого шару, що утворився в наслідок механічної обробки матеріалу. Оскільки поверхня не ідеально рівна, і в ній є пружні деформації, це буде впливати на швидкість поверхневої хвилі, а саме зменшувати її. Таким чином напруження в хвилеводі, та перетворювачах можуть суттєво змінювати параметри приладів. І якщо напруження в хвилеводі впливають на швидкість розповсюдження хвилі, то напруження в матеріалі перетворювача може впливати на якість самого сигналу.

Висновок

Пружні деформації, що виникають у підкладці та тонких плівках, впливають на вихідні параметри акустoeлектронних функційних пристроїв. Тому дослідження механізмів їх впливу – актуальне завдання.

References

- [1] David Morgan, "Surface Acoustic Wave Filters With Applications to Electronic Communications and Signal Processing", Elsevier Ltd., pp. xi, 7-9, 2007.
- [2] Л.С. Палатник, В.К. Сорокин, "Материаловедение в микроэлектронике", Москва «Энергия», стор. 149-153, 1978.
- [3] А.І. Курносов, В.В. Юдін, "Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем", Москва «ВЫСШАЯ ШКОЛА», стор. 37-39, 1979.
- [4] Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова, "Физико-химические основы технологии микроэлектроники", Москва, «МЕТАЛУРГИЯ», стор. 206-210, 1979.
- [5] Clemens C.W. Ruppel, Tor A. Fjeldly, "ADVANCES IN SURFACE ACOUSTIC WAVE TECHNOLOGY, SYSTEMS AND APPLICATIONS – VOL. 2", World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Selected Topics in Electronics and Systems - Vol. 20, pp. 255-261, 2001.
- [6] М. Д. Матвійків, В. М. Когут, О. М. Матвійків, "Елементна база електронних апаратів", Львів, Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», стор. 323-324, 2005.