

ПРИЛОЖЕНИЕ НА FODEL ТЕХНОЛОГИЯТА ЗА СТРУКТУРИ С ВИСОКА СТЕПЕН НА ИНТЕГРАЦИЯ

инж. Божидар Георгиев Авджийски, доц. д-р инж. Радосвет Георгиев
Арнаулов, гл. ас. инж. Николай Стефанов Йорданов - "Скай Гейт" -
София;

инж. Младен Николов Александров, инж. Кръстин Петков Батев -
"ХИС" - София

***Avjiiski, B. G., R. Arnaudov, N. Jordanov, M. N. Aleksandrov, K. P. Batev. Implementation of Fodel technology for High Density Interconnections (HDI) hybrid structures.** This paper describes the process of production of test structures of Fodel thick film conductive materials and the results from the investigation of its capabilities for producing HDI hybrid circuits. The photolithographic patterning of Fodel materials provides a comparable resolution of lines/spaces to those of the expensive thin film technology. In this study limiting resolution of 25 μm wide lines and 50 μm spaces has been achieved. The investigation of the structure (profile) of the produced conductor lines shows a good comparison to those of Cr/Ni/Au thin film lines.*

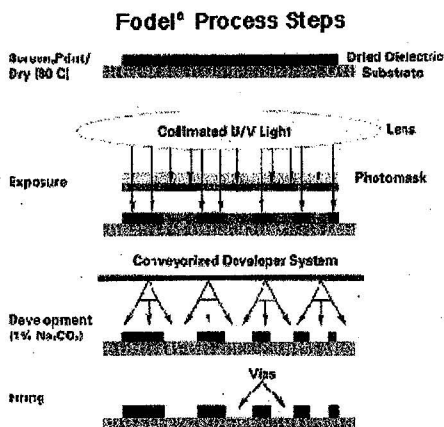
УВОД

Тенденцията в микроелектрониката към по-висока функционална интеграция и миниатюризация поставя предизвикателни задачи за създаване на корпуси с все по-малка стъпка на изводите и развитие на нови технологии за изграждане на връзки между отделните компоненти. Дебелослойната хибридна технология доскоро бе една от алтернативите за удовлетворяване на тези изисквания. Възможностите на тази технология позволяват създаването на линии с ширина до 150 μm (или и изграждане на многослойни структури с много добро съвместяване между отделните нива при доказана надеждност и висок рандеман.

Новите материали за дебелослоен печат комбинират предимствата на хибридна технология и фотолитографските процеси. Разработената от фирмата DuPont технология Fodel дава възможност за изграждане на многослойни системи с висока планарност на слоевете при ширина на линиите 40 μm и разстояние между тях 50 μm . [1]. Семействата материали Fodel включва Au, Ag и AgPt проводящи паста, диелектрик и паста за опроводяване на проходни отвори между слоеве, които имат пълна съвместимост с класическите материали за дебелослойни хибридни схеми. Представеното в този материал изследване има за цел да установи граничните размери на разделителната способност на линиите създадени с Ag Fodel паста и възможностите за приложението и за създаване на структури с висока степен на интеграция.

ОПИСАНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЯТА

Fodel технологията е развита на базата на комбинация между неорганични компоненти използвани в дебелислонните материали и фотохимични градивни частици съдържащи се във фоторезистивните материали за производство на хибридни модули. [2]



Фиг.1: Технологичен ред

Технологичният ред за изграждане на отделните проводящи и диелектрични слоеве в структурата е показан на фиг. 1 и включва следните стъпки:

1. *Ситопечат.* Нанасянето на пастата върху подложката се извършва по същият начин както и при дебелислонните хибридни схеми. Основната разлика е че се покрива цялата площ на подложката или отделни нейни области, върху които по-късно се формира изображението на слоя. При печата е използвано сито 250 меша и скорост на печатане 6 см/сек.

2. *Изсушаване.* След изравняване на слоя за 10 мин при стайна температура, структурата се поставя в сушилни за 20 мин при 80°C. Степента на изсъхване на слоя е един от важните параметри на технологията и изисква добър контрол. Не добре изсъхналият слой е труден за манипулация и лесно се поврежда по време на експонация. По-продължителното сушене на изделиято удължава времето за експонация и води до намаляване или загуба на фоточувствителност.

3. *Експониране.* При засветяване с ултравиолетова светлина (дължина на вълната около 360 nm) в откритите области на материала протича процес на полимеризация. Това свойство на материала се използва за формиране на изображението върху изсушения слой с помощта на негативен фотошаблон.

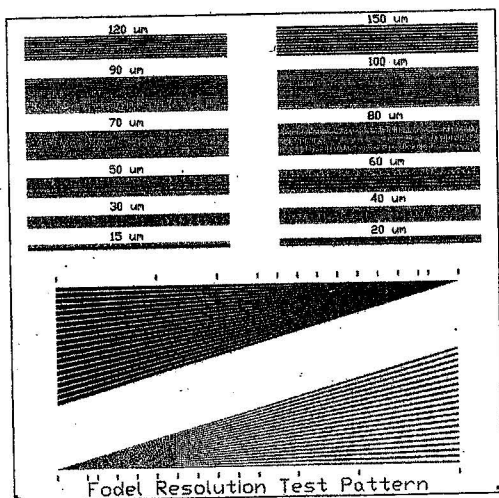
Времето за експонация зависи от енергията необходима за полимеризация на материала и мощността на светлинният източник. При настоящото изследване е използван негативен фотошаблон, изработен върху стъклена плака. Времето за експониране е 60 сек.

4. *Проявяване.* За окончателно формиране на изображението се използва разтвор на Na_2CO_3 . Чрез струйно отмиване се отстраняват неекспонираните области от слоя. Скоростта на проявяване зависи от концентрацията на разтвора, неговата температура, вида на оборудването и дебелината на слоя.

5. *Изтичане.* Така формираната структура се изпича при стандартен профил използван за дебелослойни хибридни схеми – 60 мин с пикова температура 850°C за 10 мин. На този етап изгарят остатъците от органични примеси в материала.

ИЗСЛЕДВАНИЯ

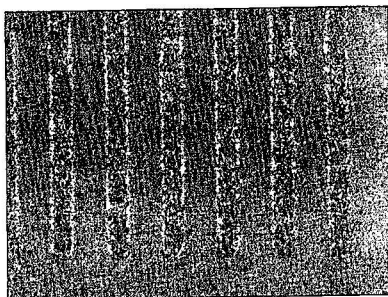
За целта на настоящото изследване беше разработена специална тестова структура (фиг. 2), която беше експонирана върху партида от 10 подложки. Тестовата структура съдържа 3 области, като всяка от тях има за цел да определи специфичен параметър на технологията. Чрез клинообразните линии в долната половина на структурата се определя граничната разделителна способност на линиите и разстоянията между тях, а паралелните линии в горна-



Фиг. 2: Тестова структура

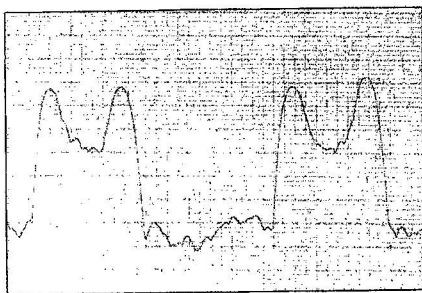
та половина на структурата се използват за определяне на планарността, дебелината и профила на линиите. След направените микроскопски измервания беше определена граничната разделителна способност на линиите – 25 μm при 50 μm разстояние между тях. Наблюдаваното отклонение в планарността беше

не по-голямо от 5 μm . На Фиг. 3 е представена микроскопска фотография на паралелни линии с широчина 30 μm .

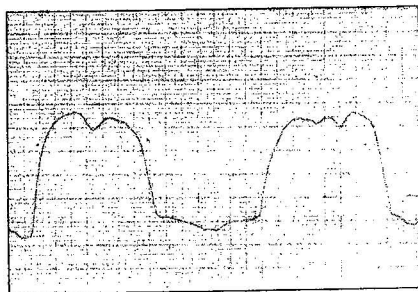


Фиг. 3: 30 μm линии

Една от характерните особености на Fodel технологията е свиването на материала по време на изпичането. Свиването зависи от състава на пастата и използваната технологична екипировка. При настоящото изследване беше установено свиване от 20 μm в X-Y равнината и 10 μm в Z равнината. Като страничен ефект от свиването се получава своеобразно “издуване” на ръбовете на линиите (фиг. 4). Този ефект се дължи на състава на пастата, нейното омеквяне към подложката и подецване на линиите в процеса на експониране. Обикновено “издуването” се появява при линии с широчина 200 + 450 μm , но в нашия случай то се наблюдаваше и при линии от 100 μm . С намаляване на широчината на линията този ефект бързо намалява и при 60 μm линии изчезва (фиг. 5).



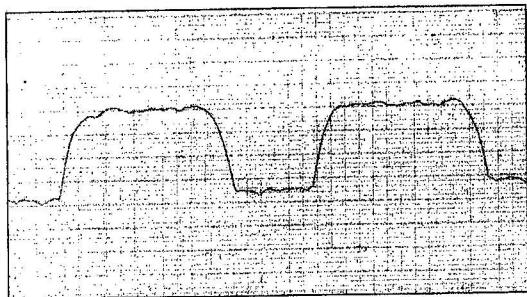
Фиг. 4: Профил на 100 μm линия



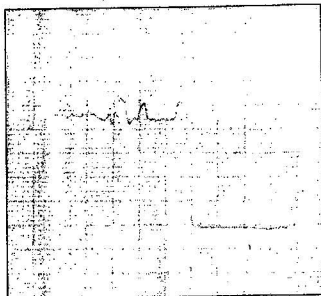
Фиг. 5: Профил на 60 μm линия

Дебелината на линията и нейния профил бяха определени с помощта на профиломер “ α -step” след сравнение на профилограмите на подложки с изсушени (фиг. 6) и изпечени линии. Измерената средна дебелина на линията

беше 10 μm в централната част на линиите и 16 μm при ръбовете. За сравнение беше измерена и Cr/Ni/Au тънкослойна линия, изготвена по стандартна тънкослойна технология с последващо галванично удебеляване на златото (фиг. 7). Измерената дебелина на тънкослойната линия беше 11 μm .



Фиг. 6 Профил на 100 nm изсушена линия



Фиг. 7 Профил на тънкослойна Cr/Ni/Au линия

С помощта на четиризондова установка FPP "Veeco" беше измерено листовото съпротивление на изготвените Fodel линии, като получените стойности от $1,5 \pm 2 \text{ m}\Omega/\square$ са с по-добри параметри от тези на тънкослойната линия – $3,11 \text{ m}\Omega/\square$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящата работа описва изследванията за определена на основните технологични параметри на Fodel технологията: разделителна способност на линии/разстояния между линиите, дебелина и профил на линията, свиване и листово съпротивление. Разработената от фирмата DuPont технология дава възможност за изграждане на многослойни системи с висока планарност на слоевете при ширина на линиите до $25\mu\text{m}$, разстояние между тях $50\mu\text{m}$ и листово съпротивление $1,5 \pm 2 \text{ m}\Omega/\square$. С показаните параметри Fodel технологията показва, че тя може да бъде използвана като по-евтина алтернатива на конвенционалната тънкослойна технология при създаването на структури с висока степен на интеграция.

ЛИТЕРАТУРА

1. Terry R. Suess, Michael A. Skurski, "Fodel Photoprintable film; Materials and processing",
2. Gallo, S. A., "Technology Choises for Multilayer Hybrids", Electronic Packaging & Production, pp. 42-44, October 1992